

Urhahne, Detlef; Hopf, Martin

Epistemologische Überzeugungen in den Naturwissenschaften und ihre Zusammenhänge mit Motivation, Selbstkonzept und Lernstrategien

Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 10 (2004), S. 71-87



Quellenangabe/ Reference:

Urhahne, Detlef; Hopf, Martin: Epistemologische Überzeugungen in den Naturwissenschaften und ihre Zusammenhänge mit Motivation, Selbstkonzept und Lernstrategien - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 10 (2004), S. 71-87 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-315981 - DOI: 10.25656/01:31598

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-315981>

<https://doi.org/10.25656/01:31598>

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

DETLEF URHAHNE UND MARTIN HOPF

Epistemologische Überzeugungen in den Naturwissenschaften und ihre Zusammenhänge mit Motivation, Selbstkonzept und Lernstrategien

Zusammenfassung

Epistemologische Überzeugungen sind Vorstellungen über die Struktur des Wissens und des Wissenserwerbs. Durch eine Vorstrukturierung der wahrgenommenen Inhalte beeinflussen sie das Lernen. Wissenschaftlich angemessene epistemologische Überzeugungen sind zudem Kernbestandteil einer naturwissenschaftlichen Grundbildung. Der Beitrag stellt die Übersetzung eines Messinstrument zur Erfassung epistemologischer Überzeugungen in den Naturwissenschaften (Conley, Pintrich, Vekiri & Harrison, 2004) vor und untersucht die Zusammenhänge zu anderen lernrelevanten Konstrukten. 167 Schülerinnen und Schüler der neunten Klasse nahmen an der Fragebogenuntersuchung teil. Die vermutete vierdimensionale Faktorenstruktur des Messinstruments konnte durch die Studienergebnisse repliziert werden. Höher entwickelte epistemologische Überzeugungen stehen in einem positiven Zusammenhang mit Leistungsmotivation und den fachspezifischen Selbstkonzepten in Biologie und Physik. Eine stärkere Überzeugung von der Sicherheit des Wissens verbindet sich mit der Bevorzugung von einfachen Memorierstrategien. Eine stärkere Überzeugung von der Veränderlichkeit des Wissens, eine angemessenere Einschätzung der Rolle von Experimenten für den naturwissenschaftlichen Wissenserwerb und ein stärkere Überzeugung von Autoritäten als Wissensvermittlern gehen mit kognitiv aufwändigeren Lernstrategien einher.

Abstract

Epistemological beliefs are beliefs about the nature of knowledge and knowing. They influence learning by previously structuring perceived contents. Furthermore, scientifically appropriate epistemological beliefs are a constituent part of scientific literacy. The article presents the translation of a measuring instrument for assessing epistemological beliefs in science (Conley, Pintrich, Vekiri, & Harrison, 2004). Relationships to other concepts of learning are investigated. One hundred and sixty-seven ninth class students took part in the questionnaire study. Study results could replicate the assumed four-dimensional factor structure of the measuring instrument. More sophisticated epistemological beliefs are positively related to achievement motivation and domain-specific self concepts in biology and physics. A stronger belief in the certainty of knowledge is associated with a preference for simple rote learning strategies. A stronger belief in the development of knowledge, an appropriately appreciation of the role of experiments for scientific knowledge acquisition, and a stronger belief in authorities as imparting knowledge are positively related to cognitively elaborated learning strategies.

1 Einführung

Ist unser Wissen für alle Zeit sicher oder verändert es sich mit der Zeit? Besteht Wissen aus einer Ansammlung von Fakten oder aus zusammenhängenden Konzepten? Wird Wissen von Autoritäten wie Eltern und Lehrern weitergegeben oder entsteht es in der sozialen Interaktion mit anderen? Wer auf diese Fragen Antworten sucht, entwickelt epistemologische Überzeugungen. Epistemologische oder auch erkenntnistheoretische Überzeugungen sind Vorstellungen über die Struktur des Wissens

und des Wissenserwerbs. Verschiedene Forscher vertreten die berechnete Annahme, dass diese intuitiven Theorien Lernprozesse und Lernleistungen durch eine Vorstrukturierung der wahrgenommenen Inhalte beeinflussen (Ryan, 1984a,b; Hofer & Pintrich, 1997; Köller, Baumert & Neubrand, 2000; Hofer, 2002). Doch ist es nicht allein die instrumentelle Funktion für das Lernen, die epistemologische Überzeugungen zu einem bedeutsamen Forschungsgegenstand machen. Genauso wichtig ist das Bildungsziel, Lernende zu

wissenschaftlich angemessenen erkenntnistheoretischen Überzeugungen zu führen (McComas, Almazroa & Clough, 1998). Sie sollen erfahren, wie sich das Wissen in den Fächern verändert, welche Methoden zur Erkenntnisgewinnung herangezogen werden und wo die Wissenschaft an ihre Grenzen stößt. Dieses gilt insbesondere für den naturwissenschaftlichen Bereich, in welchem epistemologische Überzeugungen als Kernbestandteil einer naturwissenschaftlichen Grundbildung anerkannt werden (Hogan, 2000; Köller, Baumert et al., 2000; Harms, Mayer, Hammann, Bayrhuber & Kattmann, 2004). So sollten Schülerinnen und Schüler zum Beispiel eine Vorstellung davon erhalten, dass das meiste naturwissenschaftliche Wissen zwar relativ dauerhaft ist, aber nicht als absolute Wahrheit betrachtet werden darf. Vielmehr charakterisiert das naturwissenschaftliche Wissen ein Wechselspiel von Kontinuität und Veränderung.

In den letzten Jahren hat sich die Forschung zu epistemologischen Überzeugungen stark entwickelt. Dabei richten sich die Untersuchungen vor allem auf die Erfassung (Duell & Schommer-Aikins, 2001), die Entwicklung (Schommer, 1993; Kuhn, Cheney & Weinstock, 2000), die Domänenspezifität (Hofer, 2000; Buehl, Alexander & Murphy, 2002; Schommer-Aikins, Duell & Barker, 2003) sowie die Einflüsse auf das Lernen (Schommer, Crouse & Rhodes, 1992; Hofer & Pintrich, 1997; Windschitl & Andre, 1998).

In diesem Beitrag wird ein Fragebogen zur Erfassung epistemologischer Überzeugungen in den Naturwissenschaften vorgestellt. Das Messinstrument wurde in den Vereinigten Staaten von Amerika von Conley, Pintrich, Vekiri und Harrison (2004) entwickelt. In unserer Studie wird geprüft, inwieweit der ins Deutsche übersetzte Fragebogen epistemologische Überzeugungen in den Naturwissenschaften zuverlässig erfasst. Darüber hinaus wird auf der Grundlage eines theoretischen Modells von Hofer (2001) untersucht, welche Zusammenhänge zu Motivation, fachspezifischem Selbstkonzept und Lernstrategien bestehen, um ein besseres Verständnis vom Zusammenspiel epistemologischer Überzeugungen

mit anderen lernrelevanten Konstrukten zu erhalten.

2 Theorie

2.1 Geschichtliche Entwicklung

Die Erforschung epistemologischer Überzeugungen hat seinen Ursprung in den Arbeiten von William G. Perry Junior (1968/1999). Der Harvardprofessor begann in den späten 1950er Jahren damit, Collegestudenten in einer Reihe offener Interviews über ihre Erfahrungen und Einsichten während der Collegezeit zu befragen (Moore, 2002). Glaubten Studenten in den Anfangssemestern noch, dass Wissen als einfache, unveränderliche Tatsachen von scheinbar allwissenden Autoritäten weitergegeben wird, so veränderte sich diese Vorstellung zum Ende des Collegeaufenthalts. Jetzt vertraten mehr Studenten die Auffassung, dass Wissen komplex und wandelbar sei und auf der Ratio und empirischen Untersuchungen beruht (Schommer-Aikins, 2004). In einem neunstufigen Entwicklungsschema beschreibt Perry die gedanklichen Veränderungen der Studenten. Angefangen von einem einfachen Dualismus, der Wissen in richtig oder falsch unterteilt, entwickelt sich die Haltung zu einer relativistischen Position. Wissen wird nun zunehmend als auf Vermutungen beruhend, unsicher und offen für Interpretationen angesehen.

Perrys Arbeiten regten weitere Forscher an, epistemologische Überzeugungen zu untersuchen. King und Kitchener (1994, 2002, 2004) gelangten in Interviewstudien zu einem siebenstufigen Entwicklungsmodell. Es enthält neben der jeweiligen Vorstellung von der Struktur des Wissens auch eine Rechtfertigung der vertretenen Wissensposition. Auf der untersten Stufe wird Wissen als feststehend und konkret angesehen. Es kann durch direkte Beobachtung erworben werden. Diese Vorstellungen zur Struktur des Wissens werden nicht begründet, weil Personen auf der untersten Entwicklungsstufe nicht zwischen geglaubter und tatsächlicher Wirklichkeit unterscheiden. Auf der mittleren, vierten Stufe wird Wissen als unsicher, individuell und mehrdeutig erkannt. Diese Vorstellungen zur Struktur des Wissens werden durch Erklärungen und

Belege begründet. Doch sind die Argumente und gewählten Evidenzen von persönlichen Präferenzen geprägt. Auf der obersten Stufe wird Wissen als das Ergebnis eines Prozesses gesehen, in dem durch angemessene Untersuchungen Lösungen für schlecht-strukturierte Probleme erarbeitet werden. Diese Vorstellungen zur Struktur des Wissens werden durch eine Vielzahl interpretativer Überlegungen begründet. Schlussfolgerungen werden damit verteidigt, dass sie auf der Grundlage der bestehenden Evidenzen das vollständigste, plausibelste und zwingendste Verständnis eines Problems darstellen. Ein solches Verständnis vom Wissen wird jedoch nicht häufig erreicht. Die epistemologischen Überzeugungen vieler älterer Collegestudenten lassen sich nach den Ergebnissen empirischer Untersuchungen am ehesten auf der vierten Stufe einordnen (King & Kitchener, 2002).

Eine weitere Forschungslinie widmete sich dem Vergleich der epistemologischen Überzeugungen von Frauen und Männern. Auch hier wurden von Belenky, Clinchy, Goldberger und Tarule (1986) sowie Baxter Magolda (1989, 1992, 2002) Stufenmodelle vorgeschlagen, die einen geschlechtstypischen Entwicklungsverlauf der Vorstellungen von der Struktur des Wissens und des Wissenserwerbs aufzeigen. Wie schon die anderen Forscher vor ihnen versuchten sie, mithilfe längerer Interviews die Entwicklung der epistemologischen Überzeugungen in einem graduell ansteigenden Modell mit einer detaillierten Darstellung jedes einzelnen Entwicklungspunktes zu beschreiben.

In den 1990er Jahren setzte bei der Erforschung epistemologischer Überzeugungen ein gedanklicher Wandel ein. Marlene Schommer (1990) vertrat nun die Annahme, dass es sich bei epistemologischen Überzeugungen nicht um ein einheitliches Konstrukt, sondern um ein vielschichtiges System mehr oder weniger voneinander unabhängiger Vorstellungen handelt. Ihre Ansicht belegte sie durch Untersuchungen mit einem 63 Items umfassenden Fragebogen (Schommer, 1998). Er erfasst vier epistemologische Überzeugungen: (a) die Stabilität des Wissens, die von „sich nie verändernd“ bis zu „sich ständig weiterentwickelnd“

reicht, (b) die Struktur des Wissens, die von „vereinzelteten Stücken“ bis zu „stark in Wechselbeziehung stehenden Konzepten“ reicht, (c) die Geschwindigkeit des Lernens, die von „sehr schnell oder niemals“ bis zu „schrittweise“ reicht und (d) die Fähigkeit zu lernen, die von „von Geburt an festgelegt“ bis zu „lebenslanger Verbesserung“ reicht (Schommer-Aikins et al., 2003). Schommers multidimensionaler Ansatz berücksichtigt zudem eine fünfte Dimension, die (e) Quelle des Wissens, die von „von Autoritäten weitergereicht“ bis zu „durch empirische Belege und logisches Denken erworben“ reicht. Diese Dimension konnte jedoch nur in den Fragebogenuntersuchungen anderer Forscher faktorenanalytisch nachgewiesen werden (Jehng, Johnson & Anderson, 1993; Schraw, Bendixen & Dunkle, 2002).

Hofer und Pintrich (1997) unterzogen Schommers Modellansatz einer kritischen Analyse. Sie beanstanden, dass nur zwei der vier von Schommer gemessenen erkenntnistheoretischen Überzeugungen mit anderen epistemologischen Modellen und Theorien übereinstimmen. Dieses sind die Stabilität und die Struktur des Wissens. Die Geschwindigkeit des Lernens beinhaltet dagegen mehr eine Vorstellung über die Schwierigkeit der anstehenden Lernaufgabe als eine Vorstellung über die Struktur des Wissens und des Wissenserwerbs. Genauso beinhaltet die Fähigkeit zu lernen mehr eine Vorstellung über die eigene Intelligenz; sie berührt aber nicht den theoretischen Kern epistemologischer Überzeugungen.

In einer zusammenfassenden Beurteilung verschiedener epistemologischer Modellvorstellungen sprechen sich Hofer und Pintrich (1997) für ein vierdimensionales Modell aus. Dabei trennen sie zwischen einem Bereich „Vorstellungen über die Struktur des Wissens“ und einem Bereich „Vorstellungen über die Struktur des Wissenserwerbs“. Beide Bereiche beinhalten jeweils zwei epistemologische Dimensionen. Im Bereich der „Vorstellungen über die Struktur des Wissens“ enthält das Modell die Dimensionen Sicherheit des Wissens und Komplexität des Wissens. Die Dimension Sicherheit des Wissens meint dabei die erkenntnistheoretische Vorstellung, dass Wissen

eher als feststehend oder eher als veränderlich wahrgenommen wird. Die Dimension Komplexität des Wissens bringt zum Ausdruck, dass Wissen eher einer Ansammlung von Fakten oder eher stark in Wechselbeziehung stehenden Konzepten gleicht. Diese beiden Dimensionen sind bedeutungsgleich mit der Stabilität des Wissens und der Struktur des Wissens aus Schommers Modellansatz. Im Bereich der „Vorstellungen über die Struktur des Wissenserwerbs“ unterscheiden Hofer und Pintrich (1997) zwischen den Dimensionen Quelle des Wissens und Rechtfertigung des Wissens. Die Dimension Quelle des Wissens betrifft die epistemologische Vorstellung, dass Wissen eher von außen über Autoritäten an Lernende herangetragen wird oder eher auf der Fähigkeit der Lernenden aufbaut, in Interaktion mit anderen Wissen zu konstruieren. Diese Dimension bildet eine Parallele zu Schommers fünfter Modelldimension. Die Dimension Rechtfertigung des Wissens fragt danach, wie Lernende mit Behauptungen umgehen, von Beweisen Gebrauch machen und Aussagen von Lehrern und Experten nutzen und bewerten. Auch hier kann unterschieden werden, ob Lernende eher zu einem Schwarz-Weiß-Denken im Sinne von richtig oder falsch oder eher zu vielfältigen Meinungen und begründeten Urteilen neigen. Die Dimension Rechtfertigung des Wissens ist nicht in Schommers Ansatz enthalten, lässt sich aber im Modell von King und Kitchener (1994) wiederfinden. Tabelle 1 bietet einen Vergleich der Komponenten verschiedener epistemologischer Theorien.

2.2 Messverfahren

Die Meinungen, wie sich Vorstellungen über die Struktur des Wissens und des Wissenserwerbs erfassen lassen, sind uneinheitlich. In einigen Fällen kommen qualitative Interviews zum Einsatz (Perry, 1968/1999; Boyes & Chandler, 1992; King & Kitchener, 1994; Hofer, 2004a), in anderen Fällen werden Fragebogenverfahren vorgezogen (Ryan, 1984a; Belenky et al., 1986; Schommer, 1990; Jehng et al., 1993; Köller, Baumert et al., 2000; Hofer, 2000; Kuhn et al., 2000; Schraw et al., 2002; Schiefele, Streblov, Ermgassen & Moschner, 2003; Conley et al., 2004). Daneben gibt es auch Versuche, durch Beobachtungen (Hofer, 2004a) oder Protokolle lauten Denkens (Hofer, 2004b) Erkenntnisse zu gewinnen. Insgesamt lässt sich eine Tendenz ausmachen, dass die zuerst entstandenen, eindimensionalen Entwicklungsmodelle sich stärker auf längere, in die Tiefe gehende Interviews stützen, während die später entstandenen, mehrdimensionalen Theorien auf die Erhebung per Fragebogen zurückgreifen (Duell & Schommer-Aikins, 2001). Häufig bereitet es bei Fragebogenmessungen von epistemologischen Überzeugungen Probleme, Reliabilität und Replizierbarkeit der angenommenen Faktorenstruktur nachzuweisen (Wood & Kardash, 2002). In besonderer Weise wird das von Schommer (1990, 1998) bereitgestellte Verfahren zur Messung epistemologischer Überzeugungen kritisiert – wohl auch, weil es am häufigsten verwendet worden ist. So setzten Qian und Alvermann (1995) einen 53 Items umfassenden Fragebogen von Schommer und Dunnell (1994) bei Schülerin-

	Perry	King & Kitchener	Schommer	Hofer & Pintrich	Conley et al.
Stabilität / Sicherheit des Wissens	X	X	X	X	X
Struktur / Komplexität des Wissens		X	X	X	
Quelle des Wissens	X	X	X	X	X
Rechtfertigung des Wissens		X		X	X
Entwicklung des Wissens					X
Geschwindigkeit des Lernens			X		
Fähigkeit zu lernen			X		

Tabelle 1: Komponenten verschiedener epistemologischer Theorien

nen und Schülern der neunten bis zwölften Klassenstufe ein. Nur 32 Items zeigten in der explorativen Faktorenanalyse bedeutsame Faktorladungen größer als .30. Einundzwanzig Items mussten von den weiteren Berechnungen ausgeschlossen werden. Zudem konnten statt den angestrebten vier nur drei Faktoren plausibel nachgewiesen werden. Stabilität und Struktur des Wissens bildeten einen gemeinsamen Faktor. Daneben ließen sich die Faktoren Geschwindigkeit des Lernens und Fähigkeit zu lernen empirisch belegen. Eine neuere Forschungsarbeit von Clarebout, Elen, Luyten und Bamps (2001) bestätigt die Schwierigkeiten mit Schommers Erhebungsinstrument. In keiner ihrer zwei empirischen Untersuchungen konnte die Faktorenstruktur Schommers repliziert werden. Versuche, aus den erhobenen Daten einen akzeptablen Fragebogen zu konstruieren, lieferten nur wenig messzuverlässige Ergebnisse.

In unserer Untersuchung wird ein Fragebogen zur Messung epistemologischer Überzeugungen in den Naturwissenschaften (Conley et al., 2004) auf seine Reliabilität und die Replizierbarkeit der angenommenen Faktorenstruktur überprüft. Der Fragebogen basiert im Wesentlichen auf dem vierdimensionalen Modellansatz von Hofer und Pintrich (1997) und ist im Anhang wiedergegeben. Im Bereich der „Vorstellungen über die Struktur des Wissenserwerbs“ enthält der Fragebogen die Dimensionen Quelle des Wissens und Rechtfertigung des Wissens. Die Dimension Quelle des Wissens thematisiert die Vorstellung, dass Wissen über allwissende Autoritäten an Lernende weitergegeben wird. Eine Aussage zu dieser Dimension wie „Was in Naturwissenschaftsbüchern steht, muss man glauben.“ sollte bei gereiften epistemologischen Überzeugungen verneint werden. Dazu ist zu sagen, dass die Items dieser Dimension – wenn eine weitgehende Äquivalenz mit der englischsprachigen Vorlage erhalten bleiben soll – nicht ganz unkompliziert zu übersetzen sind. So hat das Wort „glauben“ (believe) auch eine starke religiöse Konnotation. Ein Begriff wie „wahr“ (true) kann neben zutreffend auch wirklich oder aufrichtig bedeuten. Wir meinen aber, dass durch den naturwissenschaftlichen

Kontext die Bedeutung der Items klar wird. Die Dimension Rechtfertigung des Wissens beschäftigt sich mit der Rolle des Experiments und wie Personen naturwissenschaftliche Erkenntnisse erklären. Eine Aussage zu dieser Dimension lautet: „Gute Theorien stützen sich auf die Ergebnisse aus vielen verschiedenen Experimenten.“ Im Bereich der „Vorstellungen über die Struktur des Wissens“ heißen die Dimensionen Sicherheit des Wissens und Entwicklung des Wissens (vgl. Tab. 1). Die Dimension Sicherheit des Wissens bezieht sich auf die irriige Annahme nur einer richtigen Lösung von naturwissenschaftlichen Problemen. Eine Item wie „Alle Fragen in den Naturwissenschaften haben genau eine Lösung.“ sollte bei einem differenzierten epistemologischen Verständnis abgelehnt werden. Die neu hinzu gekommene Entwicklungsdimension beschreibt die Vorstellung, dass sich die Naturwissenschaften als Disziplin entwickeln und sich Konzepte und Theorien auf der Grundlage neuer Daten und Beweise verändern können. Sie ersetzt die Dimension Komplexität des Wissens aus den Arbeiten von Hofer (2000; Hofer & Pintrich, 1997). Eine Aussage wie „Manchmal ändern Naturwissenschaftler ihre Meinung darüber, was in ihrem Fach wahr ist.“ bringt die fortschreitende Entwicklung des naturwissenschaftlichen Wissens zum Ausdruck.

2.3 Verbindungen zu anderen Konstrukten
Inzwischen liegen auch theoretische Modelle vor, die epistemologischen Überzeugungen in einen größeren Rahmen mit anderen affektiven und kognitiven Variablen einordnen (Schommer-Aikins, 2002, 2004; Hofer, 2001; Köller, Baumert et al., 2000). Für unsere Untersuchung greifen wir auf ein Modell von Hofer (2001) zurück, das den Einfluss epistemologischer Überzeugungen auf das Lernen in der Schule beschreibt. Das in Abbildung 1 dargestellte Modell veranschaulicht einerseits, dass epistemologische Theorien der Schülerinnen und Schüler von den epistemologischen Theorien der Lehrer und ihren Handlungen im Unterricht beeinflusst werden. Es zeigt andererseits, dass Lernmotivation, Lernstrategien und Überzeugungen über Lernen und Unterricht

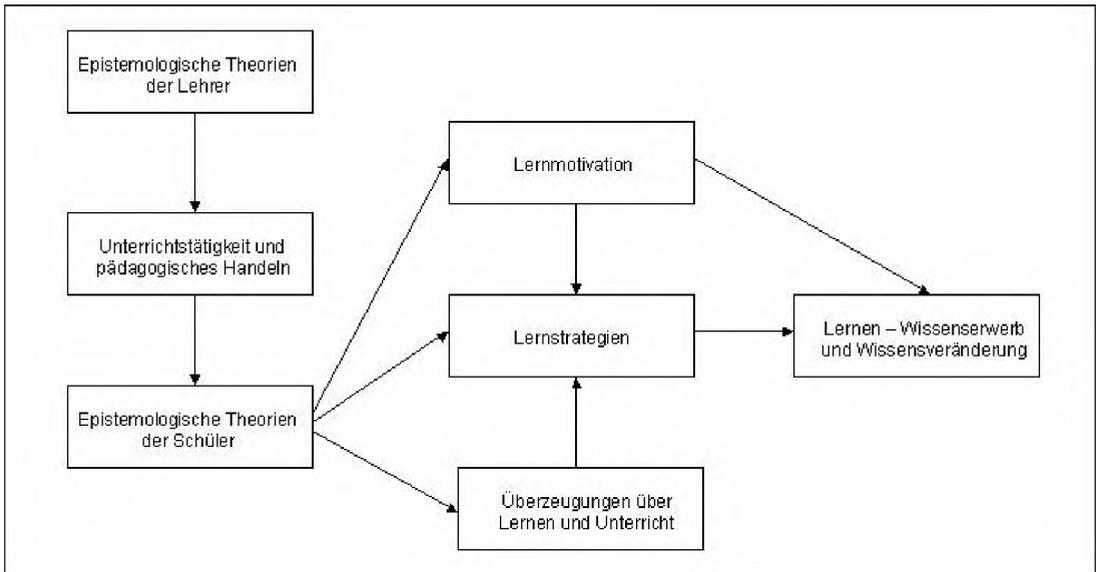


Abbildung 1: Hofers Modell zum Einfluss epistemologischer Theorien auf das Lernen in der Schule (nach Hofer, 2001, 372)

potenzielle Mediatoren des Zusammenhangs von epistemologischen Überzeugungen und Lernergebnissen der Schülerinnen und Schüler sind.

In unserer Studie wollten wir testen, ob die drei genannten Mediatoren in Hofers Modell Zusammenhänge zu den epistemologischen Theorien der Schülerinnen und Schüler aufweisen. Dazu wählten wir aus dem Bereich der Lernmotivation das Interesse (Krapp, 2001) an den Naturwissenschaften und die Leistungsmotivation (Heckhausen, 1989) als zwei der bekanntesten Konstrukte aus. Im Bereich der Lernstrategien (Wild, 2001) orientierten wir uns an den Vorgaben aus der nationalen Erhebung zu PISA 2000 (Artelt, Baumert & Julius-McElvany, 2003) und überprüften Wiederholungs-, Elaborations-, Anstrengungs- und Kontrollstrategien. Im Bereich der Überzeugungen über Lernen und Unterricht wurden die fachspezifischen Selbstkonzepte (Moschner, 2001) in Biologie und Physik erhoben. Mit den fachspezifischen Selbstkonzepten für Biologie und Physik sollten die Begabungspole für die Naturwissenschaften erfasst werden. Naturwissenschaftsdidaktische Studien rechtfertigen die Überlegung, der Chemie beim fachspezifischen Selbstkonzept eine Mittel-

stellung zwischen der Biologie und der Physik zuzuweisen (Häußler, Bündler, Duit, Gräber & Mayer, 1998).

2.4 Hypothesen

Im Bereich der Lernmotivation vermuteten wir, dass reifere epistemologische Überzeugungen mit einem höheren Interesse und einer höheren Leistungsmotivation einhergehen. Diese Hypothese lässt sich zum Teil mit Untersuchungsergebnissen von Köller, Baumert et al. (2000) belegen, die überwiegend positive Zusammenhänge zwischen den epistemologischen Überzeugungen in Physik und dem Fachinteresse fanden.

Im Bereich der Lernstrategien verfolgten wir die Hypothese, dass entwickeltere epistemologische Überzeugungen mit einer höheren Nutzung von Elaborations-, Kontroll- und Anstrengungsstrategien einhergehen. Dagegen sollten reifere epistemologische Überzeugungen mit einer geringeren Nutzung von Wiederholungsstrategien, einem einfachen Memorieren der Lerninhalte, verbunden sein. Belege für diese Hypothese bietet eine naturwissenschaftsdidaktische Arbeit von Tsai (1998). Er fand in einer Interviewstudie, dass bei reiferen epistemologischen Überzeugungen mehr bedeu-

tungsvolle Lernstrategien eingesetzt werden, wohingegen bei geringer entwickelten epistemologischen Überzeugungen die Schülerinnen und Schüler stärker zum Auswendiglernen der Inhalte neigen.

Im Bereich der Überzeugungen über Lernen und Unterricht sollten entwickeltere epistemologische Überzeugungen mit einem höheren fachspezifischen Selbstkonzept verbunden sein. Belege für diese Hypothese finden sich bei Baumert und Köller (2000). Für das Fach Physik konnten die Forscher nachweisen, dass epistemologische Überzeugungen mehrheitlich positiv mit dem fachspezifischem Selbstkonzept korrelierten.

3 Methode

An der Untersuchung nahmen 167 Schülerinnen und Schüler (102 Jungen und 65 Mädchen) der neunten Jahrgangsstufe von drei Gymnasien aus dem Großraum München teil. Die Schülerinnen und Schüler waren zum Erhebungszeitpunkt gegen Ende des Schuljahres im Mittel $M = 15.36$ ($SD = .61$) Jahre alt. In der Schule bearbeiteten sie einen etwa zwanzigminütigen Fragebogen.

Im Fragebogen wurden entsprechend der Vorgabe von Conley et al. (2004) die Dimension „Rechtfertigung des Wissens“ mit neun Items („Es ist wichtig, Experimente mehr als einmal durchzuführen, um Ergebnisse abzusichern.“, $\alpha = .68$), die Dimension „Quelle des Wissens“ mit fünf Items („Was Naturwissenschaftler herausfinden, muss man glauben.“ (-), Cronbachs $\alpha = .67$), die Dimension „Entwicklung des Wissens“ mit sechs Items („Durch neue Entdeckungen kann sich verändern, was Naturwissenschaftler für wahr halten.“, $\alpha = .66$) und die Dimension „Sicherheit des Wissens“ mit sechs Items („Das Wissen in den Naturwissenschaften ist für alle Zeit wahr.“(-), $\alpha = .41$) erfasst. Die Reliabilitäten der ersten drei Dimensionen liegen im Rahmen der Kennwerte, die für epistemologische Überzeugungen gemeinhin berichtet werden. Die Reliabilität der Sicherheitsdimension ist allerdings gering. Dadurch werden bestehende Zusammenhänge mit anderen Konstrukten tendenziell unterschätzt (Wood & Kardash, 2002). Nach Rücksprache

mit der Erstautorin A. M. Conley (persönliche Mitteilung, 05. August 2004) werden Veränderungen im Wortlaut des sechsten und elften Items vorgeschlagen (s. Anhang). Damit höhere Skalenwerte auf stärker entwickelte epistemologische Überzeugungen hindeuten, wurden alle Items der Dimensionen Quelle des Wissens und Sicherheit des Wissens umgepolt. Des Weiteren wurde das naturwissenschaftliche Interesse mit fünf Items („Über naturwissenschaftliche Fragen nachzudenken, macht mir einfach Spaß.“, $\alpha = .88$) und die fachspezifischen Selbstkonzepte für Biologie und Physik mit je fünf inhaltlich gleichen Items („Für Biologie/Physik bin ich einfach nicht so begabt.“ (-), $\alpha_{\text{Biologie}} = .77$, $\alpha_{\text{Physik}} = .89$) nach Skalen von Köller, Schnabel und Baumert (2000) erfasst. Zur Messung der Leistungsmotivation wurde eine Kurzversion zum Leistungsmotivationsfragebogen (AMS) von Gjesme und Nygard (1970) eingesetzt (Engeser, 2004). Das Leistungsmotiv setzt sich aus den beiden Komponenten „Hoffnung auf Erfolg“ (fünf Items, „Probleme, die schwierig zu lösen sind, reizen mich.“, $\alpha = .76$) und „Furcht vor Misserfolg“ (fünf Items, „Wenn ich ein Problem nicht sofort verstehe, werde ich ängstlich.“, $\alpha = .77$) zusammen. Der Differenzwert der beiden Skalen bietet ein Maß für die Leistungsmotivation.

Vier Lernstrategieskalen wurden der Dokumentation der Erhebungsinstrumente aus PISA 2000 entnommen (Kunter et al., 2003). Die Lernstrategie „Wiederholung“ (vier Items, „Wenn ich lerne, versuche ich alles auswendig zu lernen, was drankommen könnte.“, $\alpha = .81$) wird als eine wenig vorteilhafte Art des Lernens betrachtet, weil das Arbeitsgedächtnis stark mit Informationen belastet wird. Bei der Lernstrategie „Elaboration“ (vier Items, „Wenn ich lerne, versuche ich neuen Stoff mit Dingen zu verbinden, die ich in anderen Fächern gelernt habe.“, $\alpha = .69$) werden dagegen die Informationen mit bekannten Wissensinhalten verknüpft, so dass etwas Neues leichter behalten werden kann. Die Lernstrategie „Kontrolle“ (fünf Items, „Wenn ich lerne, kontrolliere ich mich selbst, ob ich das Gelernte auch behalten habe.“, $\alpha = .67$) umfasst metakognitive Überlegungen zur Steuerung des Lernprozesses.

Dadurch wird das eigene Lernen geplant, werden Lernfortschritte überprüft und das Lernverhalten reguliert (Wild, 2001). Schließlich bezieht sich die Lernstrategie „Anstrengung“ (vier Items, „Wenn ich lerne, arbeite ich so fleißig wie möglich.“, $\alpha = .73$) darauf, mit wie viel Fleiß, Beharrlichkeit und Ausdauer etwas gelernt wird.

4 Ergebnisse

Um die Faktoreneinteilung des Fragebogens zur Erfassung der epistemologischen Überzeugungen in den Naturwissenschaften zu überprüfen, wurde eine konfirmatorische Faktorenanalyse nach der Hauptkomponentenmethode mit Varimax-Rotation und vier voreingestellten Faktoren berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt. Die vier

Faktoren besitzen alle Eigenwerte > 1 , klären 39,8% der Gesamtvarianz auf und bestätigen im Wesentlichen die Faktoreneinteilung von Conley et al. (2004). Der erklärungs mächtigste Faktor ist die Dimension Rechtfertigung, gefolgt von den Dimensionen Quelle, Entwicklung und Sicherheit. Nur drei (Entwicklung 14, Entwicklung 17 und Sicherheit 6) der 26 Items zeigen ein hypothesendiskonformes Ladungsmuster. Zur Absicherung der Befunde wurde die Faktoreneinteilung zusätzlich auf der Basis eines Strukturgleichungsmodells mithilfe der Software Amos 4.0 (Arbuckle, 1999) überprüft. Dabei zeigt das theoretische Modell signifikante Abweichungen von den empirisch ermittelten Daten ($\chi^2 = 521.21$, $df = 293$, $p < .001$). Doch ist der absolute Chi-Quadrat-Wert nicht sehr aussagekräftig (Schiefele & Urhahne,

	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4
Rechtfertigung 18	.280			
Rechtfertigung 19	.449			
Rechtfertigung 20	.496			
Rechtfertigung 21	.584			
Rechtfertigung 22	.309			
Rechtfertigung 23	.556			
Rechtfertigung 24	.595			
Rechtfertigung 25	.452			
Rechtfertigung 26	.552			
Quelle 1		.680		
Quelle 2		.427		
Quelle 3		.623		
Quelle 4	-.429	.564		
Quelle 5	-.421	.628		
Entwicklung 12			.552	
Entwicklung 13			.759	
Entwicklung 14			.326	.532
Entwicklung 15			.607	
Entwicklung 16			.675	
Entwicklung 17			.173	.471
Sicherheit 6		.502		-.010
Sicherheit 7				.391
Sicherheit 8				.519
Sicherheit 9				.522
Sicherheit 10				.498
Sicherheit 11				.352
Eigenwert	3.25	2.58	2.50	2.02
Erklärte Varianz	12.48%	9.93%	9.63%	7.50%

Tabelle 2: Faktorladungsmatrix der rotierten Lösung

Anmerkung: Aufgeführt sind alle Ladungen $> |.40|$ sowie geringere Ladungen, wenn das Item inhaltlich einem bestimmten Faktor zuzurechnen ist.

Skala	M	SD	(1)	(2)	(3)	(4)
(1) Rechtfertigung	3.96	.50	—	-.31***	.37***	-.06
(2) Quelle	3.94	.58			.00	.31***
(3) Entwicklung	3.22	.67				.26**
(4) Sicherheit	3.69	.50				

Tabelle 3: Mittelwerte, Standardabweichungen und Interkorrelationen der epistemologischen Überzeugungen

Anmerkungen. ** p < .01; *** p < .001.

2000). Der relative Chi-Quadrat-Wert (χ^2 / df), der unter einem Wert von 2 (Byrne, 1989) liegen sollte, fällt mit 1.78 hingegen recht günstig aus. Auch weitere Fit-Indizes wie der RMSEA (root mean square error of approximation) = 0.068, der 0.08 unterschreiten sollte, sowie der TLI (Tucker-Lewis-Index) = 0.98 und der CFI (comparative fit index) = 0.98, die über 0.95 liegen sollten, erreichen zufrieden stellende Werte (Hu & Bentler, 1999). Im Vergleich zu den oben geschilderten Erfahrungen anderer Forscher mit fremden Messinstrumenten dürfen diese Ergebnisse als ermutigend bezeichnet werden.

Auf Schommer (1990) geht die Annahme zurück, dass es sich bei epistemologischen Überzeugungen um ein multidimensionales System weitgehend voneinander unabhängiger Faktoren handelt. Die Interkorrelationen der vier erfassten, erkenntnistheoretischen Überzeugungen belegen diese Annahme. Tabelle 3 zeigt, dass die höchste Interkorrelation zwischen den Dimensionen Rechtfertigung und Entwicklung auftritt. Insgesamt teilen die beiden Dimensi-

onen aber gerade einmal etwas mehr als 10% gemeinsamer Varianz. Des Weiteren sind in Tabelle 3 die deskriptiven Kennwerte der vier Skalen aufgeführt. Sie dokumentieren, dass die Schülerinnen und Schüler auf der fünfstufigen Ratingskala zwar überdurchschnittliche, aber noch steigerbare epistemologische Überzeugungen angeben.

Zur Frage, in welchem Zusammenhang die erkenntnistheoretischen Überzeugungen mit anderen lernrelevanten Konzepten stehen, wurden auf der Grundlage von Hofers Modell Hypothesen formuliert. Die in Tabelle 4 dargestellten korrelativen Berechnungen erbringen Aufschlüsse zu ihrer Richtigkeit.

Im Bereich der Lernmotivation wurden positive Zusammenhänge zwischen den epistemologischen Überzeugungen sowie dem naturwissenschaftlichen Interesse und der Leistungsmotivation vermutet. Diese Hypothesen finden aber nur teilweise Bestätigung. Naturwissenschaftlich interessierte und leistungsmotivierte Schülerinnen und Schüler wissen mehr über die Rolle von Experimenten

	Dimension epistemologischer Überzeugung			
	Rechtfertigung	Quelle	Entwicklung	Sicherheit
Naturwiss. Interesse	.22**	-.25**	.10	-.20*
Leistungsmotivation	.22**	-.04	.27**	.10
Wiederholungsstrategien	-.14	-.03	-.12	-.19*
Elaborationsstrategien	.34***	-.22**	.12	-.11
Kontrollstrategien	.35***	-.26**	.21**	-.05
Anstrengungsstrategien	.13	-.23**	.05	-.12
Selbstkonzept Biologie	.39***	-.08	.44***	.15
Selbstkonzept Physik	.28**	-.13	.18*	.12

Tabelle 4: Bivariate Korrelationen zwischen epistemologischen Überzeugungen sowie Motivation, Lernstrategien und fachspezifischen Selbstkonzepten

Anmerkungen. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001.

für den naturwissenschaftlichen Wissenserwerb und wie neue naturwissenschaftliche Erkenntnisse zustande kommen. Ebenso gilt: Hoch leistungsmotivierte Jugendliche zeigen einen stärkeren Glauben an die Entwicklung des Wissens in den Naturwissenschaften. Hingegen erkennen – im Gegensatz zu unseren Vermutungen – naturwissenschaftlich interessierte Schülerinnen und Schüler eher die Rolle von Autoritäten als Wissensvermittlern an und glauben stärker an die Sicherheit des Wissens in den Naturwissenschaften.

Im Bereich der Lernstrategien wurde eine differenzierte Hypothese aufgestellt. Sie besagt, dass entwickeltere epistemologische Überzeugungen mit einer geringeren Verwendung von einfachen Wiederholungsstrategien, aber einem stärkerem Gebrauch von anspruchsvollen Lernstrategien einhergehen. Für drei der vier erkenntnistheoretischen Dimensionen kann diese Hypothese aufrecht erhalten werden. So zeigt sich bei einem stärkeren Glauben in die Sicherheit des Wissens auch eine erhöhte Nutzung von Wiederholungsstrategien. Bei einem stärkeren Glauben in die Entwicklung des Wissens werden vermehrt metakognitive Kontrollstrategien eingesetzt. Schließlich wird bei einem besseren Verständnis der Rolle von Experimenten für den naturwissenschaftlichen Wissenserwerb häufiger von Elaborations- und Kontrollstrategien Gebrauch gemacht. Eine Sonderrolle nimmt die Dimension Quelle des Wissens ein. Hier geht der starke Glaube an Autoritäten wie zum Beispiel Lehrern als Wissensvermittlern mit kognitiv aufwändigeren Lernstrategien einher. Diese autoritätsgebundenen Schülerinnen und Schüler sind eher bereit, sich anzustrengen, ihre Lernprozesse zu kontrollieren und zu versuchen, inhaltlich Neues mit bereits Bekanntem zu verbinden.

Im Bereich der Überzeugungen über Lernen und Unterricht wurden positive Zusammenhänge zwischen den epistemologischen Überzeugungen und den fachspezifischen Selbstkonzepten für Biologie und Physik erwartet. Obwohl sich die beiden Selbstkonzepte vom Niveau her beträchtlich unterscheiden (Biologie: $M = 3.87$, $SD = .80$; Physik: $M = 3.45$, $SD = 1.07$; $t = 4.90$, $df = 154$, $p < .001$),

weisen sie doch gleiche Zusammenhänge zu den verschiedenen erkenntnistheoretischen Überzeugungen auf. Schülerinnen und Schüler mit einem höheren fachspezifischen Selbstkonzept zeigen eine angemessenere Einschätzung der Rolle von Experimenten für naturwissenschaftlichen Wissenserwerb. Bei einem höheren Selbstkonzept wird zudem vermehrt die Auffassung vertreten, dass sich die Naturwissenschaften entwickeln und das naturwissenschaftliche Wissen Veränderungen unterliegt. Geschlechtsunterschiede treten bei den epistemologischen Überzeugungen nicht auf.

5 Diskussion

Mit diesem Beitrag wurden sowohl Evaluations- als auch Forschungsziele verfolgt. So wurde der Fragebogen zur Erfassung epistemologischer Überzeugungen in den Naturwissenschaften von Conley et al. (2004) auf seine psychometrischen Eigenschaften hin evaluiert. Die vermutete vierdimensionale Faktorenstruktur ließ sich bei weitgehender Unabhängigkeit der Faktoren gut replizieren. Als ein Manko zeigte jedoch die Dimension Sicherheit des Wissens keine befriedigende Messzuverlässigkeit. Darüber hinaus wurden die Zusammenhänge epistemologischer Überzeugungen mit anderen lernrelevanten Konstrukten auf der Grundlage des theoretischen Modells von Hofer (2001) erforscht. Die vielfältigen Beziehungen zwischen den Variablen sind geeignet, die getroffenen theoretischen Annahmen empirisch zu unterstützen.

Nachdem in den Anfangsjahren der Erforschung epistemologischer Überzeugungen vorrangig Interviews zum Einsatz kamen, lässt sich nunmehr der Trend beobachten, mittels Fragebogen an die Vorstellungen über die Struktur des Wissens und des Wissenserwerbs zu gelangen. Dabei geht es weniger darum, eine Art von Testverfahren durch eine andere zu ersetzen. Gerade im methodischen Reichtum eines Forschungsbereichs liegt ein wichtiger Schlüssel zur Gewinnung valider Erkenntnisse. Vielmehr sollte es das Ziel sein, die vorhandenen Messinstrumente schrittweise zu verbessern und durch sinnvolle Alternativen

zu ergänzen. Hier hat die Forschung zu epistemologischen Überzeugungen nicht immer gute Fortschritte gemacht. Forschungsarbeiten, die auf Schommers prominentem, multidimensionalen Ansatz aufbauten und das bereitgestellte Forschungsinstrumentarium nutzten, haben messtechnische Schwierigkeiten offenbart (Qian & Alvermann, 1995; Clarebout et al., 2001). Insofern ist es ein bedeutsames Ergebnis, wenn ein Fragebogen zur Erfassung epistemologischer Überzeugungen in der Hand anderer Forscher seine psychometrischen Qualitäten unter Beweis stellt.

Dabei zeigte sich, dass die angenommene vierfaktorielle Struktur des Fragebogens von Conley et al. (2004) repliziert werden konnte. Auch die Überlappungen zwischen den einzelnen Dimensionen sind nicht sehr groß, was für die Unterschiedlichkeit der Faktoren spricht. Lediglich die Reliabilität des Fragebogens fällt geringer aus als in den Analysen von Conley et al. (2004). Für dieses Ergebnis einer niedrigeren Messzuverlässigkeit sehen wir zwei Probleme als ausschlaggebend an: die Ichferne und die mangelnde Explikation von erkenntnistheoretischen Überzeugungen. Mit Ichferne ist gemeint, dass Vorstellungen über die Struktur des Wissens und des Wissenserwerbs deshalb schwierig einzuschätzen sind, weil hierbei keine Informationen über die eigene Person abgerufen werden. Es wird auch nicht nach einem konkreten Gegenstand gefragt, sondern nach einem Abstraktum. Dass solche Vorstellungen zweifelsohne vorhanden sind, zeigen die offenen Befragungen von Perry (1968/1999) oder die Interviews, die im Rahmen der „Nature of Science“-Forschung (McComas, 1998; Höttecke, 2001) entstanden sind. Dennoch dürften ichferne epistemologische Überzeugungen weitaus seltener reflektiert werden als ichnahe Konstrukte wie beispielsweise das Selbstkonzept einer Person. Bei einer spontanen Abfrage im Fragebogen leidet dann die Messzuverlässigkeit, da die Antworten weniger gut überdacht sind. Ein anderes Problem, das zur Unreliabilität der Messung beiträgt, ist die mangelnde Explikation von epistemologischen Überzeugungen im Unterricht. Wie sollen Schülerinnen und

Schüler wissenschaftlich angemessene Vorstellungen vom Wissen und Wissenserwerb in den Naturwissenschaften entwickeln, wenn diese nicht zum Gegenstand des naturwissenschaftlichen Unterrichts gemacht werden (Irwin, 2000)? Stattdessen entwickeln sie erkenntnistheoretische Überzeugungen durch die Handlungen und Aussagen des Lehrers meist auf einer unbewussten Ebene. Dieses „versteckte naturwissenschaftliche Curriculum“ (Hodson, 1986) kann nicht in gleicher Weise zur begründeten Meinungsbildung beitragen wie ein Curriculum, das die Vorstellungen über das Wissen und den Wissenserwerb in den Naturwissenschaften explizit zur Diskussion stellt. Die mangelnde Explikation von epistemologischen Überzeugungen ist in erster Linie ein bildungstheoretisches Problem. Es ist an dieser Stelle jedoch auch ein messtechnisches Thema: Schülerinnen und Schüler sind sich nicht ausreichend darüber bewusst, welche erkenntnistheoretischen Überzeugungen sie vertreten. Das trägt entscheidend zur geringeren Messzuverlässigkeit eines Fragebogens bei. Darüber hinaus könnten im konkreten Fall auch Übersetzungsschwierigkeiten zu einer geringer ausfallenden Reliabilität beigetragen haben. Für neue Forschungsprojekte erscheint es deshalb ratsam, Veränderungen im Wortlaut der Items kritisch zu prüfen und durch Hinzufügung weiterer Items die Klarheit und Deutlichkeit der Aussagen zu verbessern.

Alles in allem bietet der Fragebogen zur Erfassung epistemologischer Überzeugungen in den Naturwissenschaften jedoch eine gute Ausgangsbasis für weitere Studien. So untersuchten Conley et al. (2004) bereits die Frage, ob sich durch eine neunwöchige Lehreinheit über die chemischen Eigenschaften von Stoffen bei einem stark handlungsorientierten Unterricht die erkenntnistheoretischen Überzeugungen von Fünftklässlern verändern. In der Lehreinheit wurden die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler gefördert, eigene naturwissenschaftliche Untersuchungen durchzuführen, Daten zu sammeln, Beobachtungen anzustellen, Ergebnisse zu interpretieren, Schlussfolgerungen zu ziehen und diese auf der Grundlage von Beobachtungen zu

rechtfertigen. Substanzielle Verbesserungen hin zu wissenschaftlich angemesseneren Vorstellungen waren auf allen vier Dimensionen nachweisbar. Damit bietet das geprüfte Messinstrument auch eine Möglichkeit zur Evaluation von naturwissenschaftlichem Unterricht. In weitergehenden Analysen bearbeiteten Conley et al. (2004) die Frage, ob der sozioökonomische Status, das Geschlecht oder die ethnische Zugehörigkeit einen Einfluss auf die epistemologischen Überzeugungen haben. Ein höherer sozioökonomischer Status geht mit reiferen epistemologischen Überzeugungen einher. Geschlecht und ethnische Zugehörigkeit spielen dagegen keine Rolle.

Hier erweitern unsere Analysen zum Zusammenhang der vier epistemologischen Dimensionen mit Motivation, Selbstkonzept und Lernstrategien das Forschungsfeld. Dadurch konnten Teile des Modells zum Einfluss epistemologischer Theorien auf das Lernen in der Schule von Hofer (2001) überprüft werden. Dabei zeigte die Dimension Rechtfertigung des Wissens, die die Rolle von Experimenten für den naturwissenschaftlichen Wissenserwerb und das Zustandekommen von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen thematisiert, die stärksten Zusammenhänge. Schülerinnen und Schüler, die den Gewinn naturwissenschaftlicher Erkenntnisse begründen können, sind fachlich interessierter, leistungsmotivierter, haben ein höheres fachspezifisches Selbstkonzept und setzen vermehrt kognitiv anspruchsvolle Lernstrategien ein. Ähnliches gilt auch für Schülerinnen und Schüler, die von der Entwicklung des Wissens in den Naturwissenschaften überzeugt sind. Sie sind leistungsmotivierter, haben ein höheres fachspezifisches Selbstkonzept und überwachen ihre Lernprozesse eigenständig. Zusammengefasst bestätigen diese Befunde, die aus den Arbeiten von Köller, Baumert et al. (2000) und Baumert und Köller (2000) abgeleiteten Hypothesen. Zugleich sind sie ein wichtiger Beleg für die Plausibilität von Hofers Modellannahmen. Zu allen drei Bereichen, die von epistemologischen Theorien der Schülerinnen und Schüler mutmaßlich beeinflusst werden, ließen sich signifikante Zusammenhänge nachweisen.

Wenn Schülerinnen und Schüler an gesicherte Erkenntnisse glauben, ist es eine naheliegende Strategie, die Inhalte eines Fachs auswendig zu lernen. Schließlich, so die dahinter stehende Überlegung, verändert sich das Wissen nicht und was man weiß, das weiß man. Genau diese Strategie des Wiederholens von Lerninhalten wird von denjenigen Schülerinnen und Schülern bevorzugt, die an die Sicherheit des Wissens glauben. Sie setzen auf das Wiederholen des Unterrichtsstoffs. Sie strengen sich beim Lernen aber nicht mehr an, kontrollieren ihre Lernprozesse auch nicht stärker oder versuchen, Verbindungen von Neuem zu Bekanntem herzustellen. Alle drei Lernstrategien können sehr sinnvoll sein. Sie werden jedoch von Schülerinnen und Schülern, die an sicheres Wissen glauben, nicht vermehrt eingesetzt. Anspruchsvolle Lernstrategien werden dagegen eher von Personen mit reiferen epistemologischen Überzeugungen bevorzugt. Insgesamt stimmen diese Ergebnisse gut mit den Befunden aus der Arbeit von Tsai (1998) überein und belegen empirisch die zu den Lernstrategien verfolgten Hypothesen.

Eine Ausnahme in den Ergebnissen bildet die Dimension Quelle des Wissens. Schülerinnen und Schüler, die Autoritäten als Vermittler des naturwissenschaftlichen Wissens anerkennen, zeigen nicht nur ein höheres fachliches Interesse, sondern nutzen vermehrt auch kognitiv anspruchsvolle Lernstrategien. Sie lernen mit größerer Ausdauer und Beharrlichkeit, durchdenken den Lernstoff und kontrollieren ihren Lernerfolg. Zur Erklärung dieses nicht hypothetengerechten Befunds gilt es zu bedenken, dass es sich bei den untersuchten Schülerinnen und Schülern um 15- bis 16-jährige Jugendliche handelt. Diejenigen unter ihnen, die Autoritäten als Wissensvermittler stärker in Frage stellen, zeigen sich fachlich weniger interessiert und nutzen seltener kognitiv aufwändige Lernstrategien. So herum gelesen, machen diese Ergebnisse bei pubertierenden Jugendlichen durchaus Sinn. Es wäre interessant zu überprüfen, ob sich dieses Phänomen bei einer Stichprobe von Naturwissenschaftsstudierenden umkehrt.

Gesamt gesehen liegt mit dem Fragebogen zur

Erfassung epistemologischer Überzeugungen in den Naturwissenschaften ein Messinstrument vor, das zur Evaluation von naturwissenschaftlichem Unterricht genauso geeignet erscheint wie zum Einsatz in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. In Zeiten von PISA hat das Wissen in den Naturwissenschaften eine enorme Bedeutung erlangt, doch sind die Vorstellungen über das Wissen und den Wissenserwerb in den Naturwissenschaften nicht minder zu schätzen.

6 Literatur

- Arbuckle, J. L. (1999). Amos 4.0 [Computerprogramm]. Chicago, IL: SmallWaters Corporation.
- Artelt, C., Baumert, J. & Julius-McElvany, N. (2003). Selbstreguliertes Lernen: Motivation und Strategien in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland. In J. Baumert et al. (Hrsg.), PISA 2000 - Ein differenzierter Blick auf die Länder der Bundesrepublik Deutschland. Opladen: Leske + Budrich, 131-164.
- Baumert, J. & Köller, O. (2000). Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Hrsg.), TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie - Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn (Bd. 2: Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe). Opladen: Leske + Budrich, 271-315.
- Baxter Magolda, M. B. (1989). Gender differences in cognitive development: An analysis of cognitive complexity and learning styles. *Journal of College Student Development* 30, 213-220.
- Baxter Magolda, M. B. (1992). *Knowing and reasoning in college: Gender-related patterns in students' intellectual development*. San Francisco, CA: Jossey Bass.
- Baxter Magolda, M. B. (2002). Epistemological reflection: The evolution of epistemological assumptions from age 18 to 30. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology. The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ: Erlbaum, 89-102.
- Belenky, M., Clinchy, B., Goldberger, N. & Tarule, J. (1986). *Women's ways of knowing: The development of self, voice, and mind*. New York: Basic Books.
- Boyes, M. C. & Chandler, M. J. (1992). Cognitive development, epistemic doubt, and identity formation in adolescence. *Journal of Youth and Adolescence* 21, 277-303.
- 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.
- Byrne, B. M. (1989). *A primer of LISREL: Basic ap-*

- plications and programming for confirmatory factor analytic models. New York: Springer.
- Clarebout, G., Elen, J., Luyten, L. & Bamps, H. (2001). Assessing epistemological beliefs: Schommer's questionnaire revisited. *Educational Research and Evaluation* 7, 53-77.
- 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.
- Duell, O. K. & Schommer-Aikins, M. (2001). Measures of people's beliefs about knowledge and learning. *Educational Psychology Review* 13, 419-449.
- Engeser, S. (2004). Motivation, Lernaufwand und Lernleistung in der Statistikausbildung der Psychologie. Dissertation. Potsdam: Institut für Psychologie.
- Gjesme, T. & Nygard, R. (1970). Achievement-related motives: Theoretical considerations and construction of a measuring instrument. Unpublished manuscript: University of Oslo.
- Häußler, P., Bündler, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998). Naturwissenschaftsdidaktische Forschung. Perspektiven für die Unterrichtspraxis. Kiel: IPN.
- Harms, U., Mayer, J., Hammann, M., Bayrhuber, H. & Kattmann, U. (2004). Kerncurriculum und Standards für den Biologieunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In H.-E. Ternothe (Hrsg.), *Kerncurriculum Oberstufe. Biologie, Chemie, Physik, Geschichte, Politik*. Weinheim: Beltz, 22-84.
- Heckhausen, H. (1989). *Motivation und Handeln*. Berlin: Springer.
- Hodson, D. (1986). Philosophy of science and science education. *Journal of Philosophy of Education* 20, 215-225.
- Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der "Natur der Naturwissenschaften". *Zeitschrift für die 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. (2001). Personal epistemology research: Implications for learning and transfer. *Educational Psychology Review* 13, 353-383.
- Hofer, B. K. (2002). Personal Epistemology as a psychological and educational construct: An introduction. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology. The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ: Erlbaum, 3-14.
- Hofer, B. K. (2004a). Exploring the dimensions of personal epistemology in differing classroom contexts: Student interpretations during the first year of college. *Contemporary Educational Psychology* 29, 129-163.
- Hofer, B. K. (2004b). Epistemological understanding as a metacognitive process: Thinking aloud during online searching. *Educational Psychologist* 39, 43-55.
- 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.
- Hogan, K. (2000). Exploring a process view of students' knowledge about the nature of science. *Science Education* 84, 51-70.
- Hu, L. & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling* 6, 1-55.
- Irwin, A. R. (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education* 84, 5-26.
- Jehng, J.-C. J., Johnson, S. D. & Anderson, R. C. (1993). Schooling and students' epistemological beliefs about learning. *Contemporary Educational Psychology* 18, 23-35.
- King, P. M. & Kitchener, K. S. (1994). *Developing reflective judgment*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- King, P. M. & Kitchener, K. S. (2002). The reflective judgment model: Twenty years of research on epistemic cognition. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 37-61.
- King, P. M. & Kitchener, K. S. (2004). Reflective Judgment: Theory and research on the development of epistemic assumptions through adulthood. *Educational Psychologist* 39, 5-18.

- 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 (Bd. 2: Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe). Opladen: Leske+Budrich, 229-269.
- Köller, O., Schnabel, K. U. & Baumert, J. (2000). Der Einfluss der Leistungsstärke von Schulen auf das fachspezifische Selbstkonzept der Begabung und das Interesse. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie* 32, 70-80.
- Krapp, A. (2001). Interesse. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. Weinheim: BeltzPVU, 286-294.
- Kuhn, D., Cheney, R. & Weinstock, M. (2000). The development of epistemological understanding. *Cognitive Development* 15, 309-328.
- Kunter, M., Schümer, G., Artelt, C., Baumert, J., Klie-me, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Tillmann, K.-J. & Weiß, M. (2003). PISA 2000: Dokumentation der Erhebungsinstrumente. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- McComas, W. F. (Ed.). (1998). *The nature of science in science education. Rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic.
- McComas, W. F., Almazroa, H. & Clough, M. P. (1998). The nature of science in science education: An introduction. *Science and Education* 7, 511-532.
- Moore, W. S. (2002). Understanding learning in a postmodern world: Reconsidering the Perry scheme of intellectual and ethical development. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 17-36.
- Moschner, B. (2001). Selbstkonzept. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. Weinheim: BeltzPVU, 629-635.
- Perry Jr., W. G. (1999). *Forms of ethical and intellectual development in the college years. A scheme*. San Francisco, CA: Jossey-Bass (Original erschienen 1968).
- Qian, G. & Alvermann, D. (1995). Role of epistemological beliefs and learned helplessness in secondary school students' learning science concepts from text. *Journal of Educational Psychology* 87, 282-292.
- Ryan, M. P. (1984a). Monitoring text comprehension: Individual differences in epistemological standards. *Journal of Educational Psychology* 76, 248-258.
- Ryan, M. P. (1984b). Conceptions of prose coherence: Individual differences in epistemological standards. *Journal of Educational Psychology* 76, 1226-1238.
- Schiefele, U., Streblov, L., Ermgassen, U. & Moschner, B. (2003). Lernmotivation und Lernstrategien als Bedingungen der Studienleistung. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 17, 185-198.
- Schiefele, U. & Urhahne, D. (2000). Motivationale und volitionale Bedingungen der Studienleistung. In U. Schiefele & K.-P. Wild (Hrsg.), *Interesse und Lernmotivation*. Münster: Waxmann, 183-205.
- Schommer, M. (1990). Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension. *Journal of Educational Psychology* 82, 498-504.
- Schommer, M. (1993). Epistemological development and academic performance among secondary students. *Journal of Educational Psychology* 85, 406-411.
- Schommer, M. (1998). The influence of age and education on epistemological beliefs. *British Journal of Educational Psychology* 68, 551-562.
- Schommer, M., Crouse, A. & Rhodes, N. (1992). Epistemological beliefs and mathematical text comprehension: Believing it is simple does not make it so. *Journal of Educational Psychology* 84, 435-443.
- Schommer, M. & Dunnell, P. A. (1994). A comparison of epistemological beliefs between gifted and non-gifted high school students. *Roeper Review* 16, 207-210.
- Schommer-Aikins, M. (2002). An evolving theoretical framework for an epistemological belief system. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology. The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ: Erlbaum, 103-118.

- Schommer-Aikins, M. (2004). Explaining the epistemological belief system: Introducing the embedded systemic model and coordinated research approach. *Educational Psychologist* 39, 19-29.
- Schommer-Aikins, M., Duell, O. K. & Barker, S. (2003). Epistemological beliefs across domains using Biglan's classification of academic disciplines. *Research in Higher Education* 44, 347-366.
- 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*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum, 261-275.
- Tsai, C.-C. (1998). An analysis of scientific epistemological beliefs and learning orientations of Taiwanese eighth graders. *Science Education* 82, 473-489.
- Wild, K.-P. (2001). Lernstrategien und Lernstile. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. Weinheim: BeltzPVU, 424-429.
- Windschitl, M. & Andre, T. (1998). Using computer simulations to enhance conceptual change: The roles of constructivist instruction and student epistemological beliefs. *Journal of Research in Science Teaching* 35, 145-160.
- 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: Erlbaum, 231-260.

Dr. Detlef Urhahne ist wissenschaftlicher Assistent in der Didaktik der Biologie der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Studienrat Martin Hopf ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Didaktik der Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Anhang

Fragebogen zur Erfassung epistemologischer Überzeugungen in den Naturwissenschaften

Quelle des Wissens

1. Was in Naturwissenschaftsbüchern steht, muss man glauben. (-)
2. Nur Naturwissenschaftler wissen genau, was in ihrem Fach wahr ist. (-)
3. Was Naturwissenschaftler herausfinden, muss man glauben. (-)
4. Was der Lehrer im Naturwissenschaftsunterricht sagt, ist wahr. (-)
5. Was man in einem Naturwissenschaftsbuch liest, ist sicher wahr. (-)

Sicherheit des Wissens

6. Es gibt nur die eine Lösung, wenn Naturwissenschaftler einmal das Ergebnis eines Experiments gefunden haben.¹ (-)
7. Alle Fragen in den Naturwissenschaften haben genau eine Lösung. (-)
8. In den Naturwissenschaften ist beinahe alles bekannt; es gibt nicht mehr viel, was man herausfinden könnte. (-)
9. Das Wissen in den Naturwissenschaften ist für alle Zeit wahr. (-)
10. Naturwissenschaftler stimmen immer darin überein, was in ihrem Fach wahr ist. (-)
11. Der wichtigste Teil der Naturwissenschaften ist die Suche nach den einzig richtigen Lösungen.² (-)

Entwicklung des Wissens

12. Durch neue Entdeckungen kann sich verändern, was Naturwissenschaftler für wahr halten.
13. Die Vorstellungen in Naturwissenschaftsbüchern verändern sich manchmal.
14. Einige Vorstellungen in den Naturwissenschaften sind heute anders als das, was Naturwissenschaftler früher dachten.
15. Manchmal ändern Naturwissenschaftler ihre Meinung darüber, was in ihrem Fach wahr ist.
16. Manchmal verändern sich die Vorstellungen in den Naturwissenschaften.

17. Es gibt manche Fragen in den Naturwissenschaften, die auch Naturwissenschaftler nicht beantworten können.

Rechtfertigung des Wissens

18. In den Naturwissenschaften können sich neue Vorstellungen aus den eigenen Fragen und Experimenten entwickeln.
19. Ein wichtiger Teil der Naturwissenschaften ist es, Experimente durchzuführen, um neue Ideen zu finden.
20. In den Naturwissenschaften kann es mehrere Wege geben, um Vorstellungen zu überprüfen.
21. Die Ideen zu naturwissenschaftlichen Experimenten kommen daher, dass man neugierig ist und darüber nachdenkt, wie etwas funktioniert.
22. Es ist wichtig, eine konkrete Vorstellung zu haben, bevor man mit einem Experiment beginnt.
23. Ein Experiment ist ein guter Weg um herauszufinden, ob etwas wahr ist.
24. Es ist wichtig, Experimente mehr als einmal durchzuführen, um Ergebnisse abzuschern.
25. Gute Theorien stützen sich auf die Ergebnisse aus vielen verschiedenen Experimenten.
26. Gute Ideen in den Naturwissenschaften können von jedem kommen, nicht nur von Naturwissenschaftlern.

Fußnoten

- ¹ Vorderer und hinterer Satzteil wurden vertauscht.
- ² Die Worte „einzig richtigen“ wurden in das Item eingefügt.

