- WINTERTON, J. (2009). Competence across Europe: highest common factor or lowest common demoninator? *Journal of European Industrial Training* 33, 8/9, 681-700
- WOYKE, A.; GRÖGER, M.; SCHARF, V. (2009). "Erlebbare Zusammenhänge" als wesentlicher Gesichtspunkt bei der Konzipierung des Science Forums in Siegen. *Chim. &ct. did.* 35, 102, 55-79
- Zehren, W.; Neber, H.; Hempelmann, R. (2009). NanoBioLab Wie wirkt sich ein erweitertes außerschulisches Experimentierlabor auf chemiebezogene Interessen und Auffassungen aus? Manuskript (unveröffentlicht)
- ZIENER, G. (2008). Bildungsstandards in der Praxis kompetenzorientiert unterrichten. Seelze-Velber: Kallmeyer

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Michael Anton, Ludwig-Maximilians-Universität, Didaktik und Mathetik der Chemie, Butenandtstr. 5-13 Haus D / 2. OG, D-81377 München-Großhadern, E-Mail: mao@cup.uni-muenchen.de

Das Wissenschaftsverständnis von Lehramtsstudierenden

von

Kerstin Höner, Alexander Strahl, Rainer Müller, Axel Eghtessad, Verena Pietzner, Maike Looß, Konstantin Klingenberg und Eva Gläser

Universitäten Braunschweig, Hildesheim und Osnabrück

Zusammenfassung

Das Verstehen der "Natur der Naturwissenschaften" gewinnt eine immer größere Bedeutung in den Zielsetzungen des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Haupteinflussfaktoren für die Vermittlung eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses sind die Überzeugungen und Einstellungen seitens der Lehrkräfte. Da es derzeit noch an deutschsprachigen Verfahren fehlt, um wenigstens einige grundlegende Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaft ohne großen Aufwand zu ermitteln, wurden in der vorliegenden Studie 237 Lehramtsstudierende an drei Universitätsstandorten mittels eines standardisierten Fragebogens befragt. Ziele der Untersuchung sind zum einen die Praktikabilität des aus einer anderen Studie adaptierten Fragebogens an einer Stichprobe von Lehramtsstudierenden zu testen sowie erste explorative Ergebnisse über einige Ansichten der Probanden zu gewinnen. Insgesamt zeigt sich, dass die überwiegende Zahl der Lehramtsstudierenden eine angemessene Vorstellung von der Arbeitsweise von Naturwissenschaftlern bei den betrachteten Dimensionen besitzt. Die Ergebnisse werden hinsichtlich der Studienfächer, der Studienziele und der Studiendauer differenziert.

Abstract

Understanding the Nature of Science is gaining in importance in teaching Science as a subject at school. The main factors in imparting an adequate concept of science are the beliefs and attitudes of the teachers. Since no procedures exist in German to determine at least the elementary concepts and beliefs about the Nature of Science in an economical way, 237 students of teacher training courses at three universities in Germany have been asked to fill in a standardised questionnaire. The main research interest is to examine the practicability of the questionnaire, which was adapted from another study, with a sample of students and to find first explorative results about some concepts and beliefs the study participants have. On the whole it can be observed that the majority of the students have an appropriate conception of scientific modes of operation with regard to the dimensions investigated. The results are differentiated between length of study, subjects of study, and course of study (i.e. students studying to become teachers at either German primary school, or schools of secondary education ("Hauptschule", "Realschule", "Gymnasium")).

1. Einleitung

Der Begriff "Wissenschaftsverständnis" wird üblicherweise für das Verständnis von Aspekten der Wissenschaftsphilosophie verwendet. Im Zusammenhang mit Naturwissenschaften geht es dabei um Vorstellungen und Auffassungen über die Natur der Naturwissenschaften ("Nature of Science" – NoS) (Grygier 2008). Die Natur der Naturwissenschaften beinhaltet erkenntnistheoretische, wissenschaftstheoretische und wissenschaftsethische Aspekte. Den Schwerpunkt bilden dabei die wissenschaftstheoretischen Aspekte (Kircher 2007), die Teil der Erkenntnistheorie sind und fragen: Wie kommt Wissen zustande? Welche Erkenntnisprozesse sind möglich? Von diesen Fragen ausgehend kommt man zum Nachdenken über die Natur der Naturwissenschaften, die Rolle des Beobachtens und Experimentierens und die Natur der Theorie. Vorstellungen dazu werden auch als epistemologisch bezeichnet. Epistemologische Vorstellungen sind aber noch weiter gefasst und beinhalten Aspekte der Vorstellungsbildung.

International hat sich in den vergangenen 20 Jahren die Auffassung etabliert, dass das Verständnis von der Natur der Naturwissenschaften im Unterricht mindestens gleichberechtigt neben die Vermittlung von Sachwissen treten sollte (z.B. im AAAS-Project 2061 "Science for All Americans"; Rutherford & Ahlgren 1991). Dieser Standpunkt hat sich auch in den Aufgabenformulierungen der internationalen Vergleichsuntersuchungen niedergeschlagen und in Deutschland Anlass zu Besorgnis gegeben, weil die entsprechende Kultur im Unterricht nicht sehr ausgeprägt ist (Tesch & Duit 2004).

Das Wissen über die Natur der Naturwissenschaften ist Teil der Scientific Literacy, d.h. der naturwissenschaftlichen Grundbildung und beruht auf dem Verständnis zentraler Konzepte (Begriffe, Prinzipien), naturwissenschaftlicher Denkweisen und Untersuchungsmethoden sowie Beziehungen zwischen Naturwissenschaften, Technik und Gesellschaft (Grygier 2008). Für den Unterricht relevant erscheinen dabei z.B. folgende Aspekte: Die Fragen der Wissenschaftler können häufig nicht eindeutig oder endgültig beantwortet werden (Science and Certainty), empirische Daten können immer interpretationsabhängig bleiben (Analysis and Interpretation of Data), wissenschaftliche Experimente dienen dazu, Ideen zu testen (Scientific Methods and Critical Testing), Vorhersagen aufzustellen und Evidenzen zur Überprüfung zu suchen (Hypothesis and Prediction) (McComas et al. 1998; Osborne et al. 2003).

Für die Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften ist das Experiment (von lateinisch *experimentum* "Versuch, Beweis, Prüfung, Probe") besonders charakteristisch. Im Sinne der Wissenschaft ist es eine methodisch an-

gelegte Untersuchungsanordnung, um eine zuvor aufgestellte Hypothese zu überprüfen und aus den Ergebnissen Schlussfolgerungen zu ziehen. Die Wichtigkeit der Erkenntnismethode "Experiment" in den Naturwissenschaften spiegelt sich in der Bedeutung des Experimentierens als Erkenntnismethode im naturwissenschaftlichen Unterricht der Fächer Biologie, Chemie, Physik und in den naturwissenschaftlichen Anteilen des Sachunterrichts wider. Die Ergebnisse von Videostudien (z. B. Tesch & Duit 2004) zeigen, dass experimentelle Tätigkeiten den Verlauf des Physikunterrichts in weiten Teilen prägen.

Wichtig ist dabei, dass ein Experiment als Teilschritt des Forschungsprozesses nicht losgelöst von einer Hypothese bzw. einer übergreifenden Theorie durchgeführt wird. Es dient nicht dazu, planlos Dinge auszuprobieren oder Daten zu sammeln, die keine weitere Verwendung finden. Ein Experiment steht immer in engem Zusammenhang mit einer wissenschaftlichen Fragestellung, und durch die Interpretation seiner Ergebnisse (Evidenzen) wird die aufgestellte Hypothese bestätigt oder widerlegt (Grygier 2008).

Es stellt sich allerdings die Frage, welche Vorstellungen vom Einsatz des Experiments im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess den Schülerinnen und Schülern im Unterricht tatsächlich vermittelt werden und inwiefern die Lernenden adäquate Vorstellungen über das wissenschaftliche Arbeiten und die Beständigkeit von Wissen erworben haben. Die Beantwortung dieser Fragen ist auch in Bezug auf die Ausbildung von Lehramtsstudierenden wichtig, da diese in Zukunft ihre Ansichten im Unterricht implizit oder explizit vermitteln werden. Außerdem ist diese Fragestellung schon allein deshalb von großem Interesse, weil sie einen wesentlichen Punkt der NoS-Debatte trifft.

Es fehlen aber bisher deutschsprachige Verfahren, die es erlauben wenigstens Ausschnitte epistemologischer Überzeugungen ohne großen Aufwand zu erheben. Der in der vorliegenden Untersuchung verwendete Fragebogen wurde aus einer anderen Studie entnommen (Duit, Gromadecke & Mikelskis-Seifert 2007) und in leicht modifizierter Art für die Befragung von Lehramtsstudierenden verwendet. Neben dem Ziel der explorativen Datenanalyse für diese Stichprobe soll die Entwicklung einer standardisierten Erfassung einzelner Ausschnitte epistemologischer Überzeugungen mithilfe eines Fragebogens vorangetrieben werden.

2. Zum Forschungsstand

Viele naturwissenschaftsdidaktische und psychologische Studien widmen sich Fragen der Herkunft, der Bedeutung und des Einflusses epistemologischer Überzeugungen. Während bei den psychologischen Studien eher die Konstruktion eines theoretischen Modells im Mittelpunkt steht, fokussiert die naturwissenschaftsdidaktische Forschung auf die Ansichten in ihren Domänen (Ansichten über NoS). Es geht dabei z. B. um Ansichten über die Praxis naturwissenschaftlichen Arbeitens oder um den Status naturwissenschaftlichen Wissens.

Mögliche Methoden der Erfassung solcher Vorstellungen reichen je nach den Zielsetzungen der Untersuchungen von Interviews bis zu Fragebögen. Aufgrund der großen inhaltlichen Breite epistemologischer Überzeugungen ist die Konstruktion geeigneter Messinstrumente schwierig. Dazu kommt, dass die Auffassungen von Experten darüber, welche Ansichten als adäquat gelten, unter Umständen unterschiedlich sind. Dies liegt daran, dass viele Aussagen stark verkürzt ohne konkreten Kontext verwendet werden und so einen relativ großen Interpretationsspielraum haben (Priemer 2006). Für die Naturwissenschaften liegt aber eine Liste von "adäquaten" Aussagen vor, die auf weitgehende Akzeptanz bei Naturwissenschaftlern stößt (McComas et al. 1998), und McComas (1998) hat eine ähnliche Liste von inadäguaten Vorstellungen zusammengestellt. So besteht z. B. Expertenkonsens darüber, dass das Wissen in den Naturwissenschaften nur vorübergehend gültig und nicht exakt und absolut ist (Priemer 2003).

Bei der folgenden Darstellung des Forschungsstands sei deshalb ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener Studien nur sehr eingeschränkt gegeben ist (Priemer 2006).

Einer der Haupteinflussfaktoren für die Vermittlung eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses sind die Überzeugungen und Einstellungen der Lehrkräfte. Wie Tesch und Duit feststellen, bekommen die Schülerinnen und Schüler "über die Unterrichtsmethodik stets auch implizit eine Vorstellung von naturwissenschaftlichem Forschen vermittelt". Bei der Planung von Unterricht spielen die Auffassungen der Lehrperson über die "Natur der Naturwissenschaften" also eine wichtige Rolle (Tesch & Duit 2004).

Im englischsprachigen Raum sind die Vorstellungen von Schülern und Studierenden über die Natur der Naturwissenschaften gut untersucht (Lederman 1992; Abell & Smith 1994; Ryder, Leach & Driver 1999; s. auch die Zusammenfassung in Höttecke 2001). Die meisten bisherigen Studien wurden mit Middle- oder Highschool-Schülern durchgeführt, wobei meist quantitative Tests zum Einsatz kamen. Ein durchgängiges Ergebnis war dabei die Vorstellung, dass das naturwissenschaftliche Wissen unumstößlich ist (Wilson 1954), sodass man von einem inadäquaten epistemologischen Verständnis sprechen kann. Eine relativ große Bandbreite an epistemologischen Vorstellungen untersuchten Driver et al. (1996). Sie kamen zu dem Ergebnis, dass Schüler im normalen Unterricht keine adäquaten, epistemologischen Ansichten entwickeln.

Auch bei Lehrkräften wurden entsprechende Erhebungen durchgeführt (Lederman 1992; Brickhouse 1990; Pomeroy 1993). Es zeigte sich, dass ein adäquates Verständnis der Lehrer Voraussetzung für eine erfolgreiche Vermittlung metakonzeptueller Unterrichtsinhalte ist. Einige deskriptive Studien wiesen nach, dass Naturwissenschaftslehrer keine adäquaten Vorstellungen haben (Behnke 1961; Miller 1963; Schmidt 1967). Andere Studien zeigten einen interessanten Unterschied zwischen dem Wissenschaftsverständnis von Fachlehrern der Sekundarstufe und Primarstufenlehrern (Abd-El-Khalick & Lederman 2000; Pomery 1993; Thoermer & Sodian 2002). Das Wissenschaftsverständnis von Fachlehrern scheint durch die methodische Vorbildung im Studium geprägt zu sein (Nott & Wellington 1998; Palmquist & Finley 1997; Mellado 1997). Die Lehrer verfügen über methodenorientierte, teils naiv-realistische Ansichten über Wissenschaft. Sekundarstufenlehrer tendieren dazu, den "objektiven" Charakter der Naturwissenschaften zu sehr zu betonen, was ebenfalls in ihrer fachlichen Ausbildung begründet liegen kann (Pomeroy 1993; Grygier 2008). Durch das Vermitteln der wissenschaftlichen Methode als Idealbild werden simplifizierende und teilweise falsche Vorstellungen von Wissenschaft erzeugt (Abd-El-Khalick & Lederman 2000).

Primarstufenlehrerinnen und -lehrer in Großbritannien zeigten dagegen ein adäquateres Wissenschaftsverständnis (Pomeroy 1993), was von Lunn (2002) bestätigt wurde. Dies wurde auf eine stärkere Verankerung konstruktivistischer Lernbegriffe in der Primarstufe zurückgeführt. Günther et al. (2004) fanden dagegen bei Grundschullehrkräften Deutschland ein sehr heterogenes Bild vor, meist aber waren die Vorstellungen unzureichend.

Die Europäische Umfrage von Welzel et al. (1998) liefert Ergebnisse zu Zielen, die Lehrende unterschiedlicher naturwissenschaftlicher Fächer in Dänemark, Deutschland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien und Italien mit Experimenten erreichen wollen und bezieht sich damit nicht direkt auf epistemologische Auffassungen.

Es liegen auch einige Studien mit Lehramtsstudierenden vor, die einheitlich ergeben haben, dass diese Studierenden nicht über angemessene Vorstellungen verfügen (nicht "scientifically literate" sind) (Bloom 1989; Abell & Smith 1994; Murcia & Schibeci 1999). Insbesondere die Studien an Naturwissenschaftsstudierenden zeigten, dass ein Verständnis des zyklisch-kumulativen Charakters wissenschaftlicher Erkenntnis nur selten erreicht wird (Thoermer & Sodian 2002).

Für den deutschsprachigen Raum liegt nur eine relativ geringe Anzahl von Untersuchungen vor. Zum Wissenschaftsverständnis von Lehrerinnen und Lehrern gibt es bisher in Deutschland kaum Studien (Grygier 2008). Duit, Mikelskis-Seifert und Gromadecki (2007) sowie Gromadecki und Mikelskis-Seifert (2006) untersuchten das naturwissenschaftliche Argumentieren von Schülerinnen und Schülern im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. Urhahne & Hopf (2004) betrachteten die epistemologischen Überzeugungen von Schülerinnen und Schülern der neunten Klasse. Auch sie weisen auf die Wichtigkeit der Vorstellungen der Lehrkräfte hin: Die Schülerinnen und Schüler entwickeln "erkenntnistheoretische Überzeugungen durch die Handlungen und Aussagen des Lehrers meist auf einer unbewussten Ebene." Priemer (2003) untersuchte bei Leistungskursschülern deren Ansichten über Physik und das Lernen von Physik mithilfe eines diagnostischen Tests, der drei naturwissenschaftliche und drei kognitive Dimensionen berücksichtigte. Er kam zu ähnlichen Ergebnissen wie in anderen internationalen Untersuchungen, dass ca. ein Drittel der Schüler als Laien bezeichnet werden müssen.

Mit dem Wissenschaftsverständnis von Lehrkräften – insbesondere im Zusammenhang mit der Unterrichtstätigkeit "Experimentieren" – beschäftigte sich die Studie von Jonas-Ahrend (2004). Es zeigte sich, dass die Lehrkräfte Experimente als ein wichtiges methodisches Hilfsmittel im Unterricht einschätzen, dass dabei aber affektive Aspekte eine größere Rolle spielen als kognitive.

Höttecke & Rieß (2007) führten eine Untersuchung mit zehn Physikstudierenden durch, deren Ergebnisse aufgrund der Anlage der Untersuchung kaum mit anderen vergleichbar sind. Rehrl et al. (2003) untersuchten die epistemologischen Überzeugungen von 300 Studierenden im Hinblick auf das Studienfach bzw. die Studienrichtung und -dauer. Sie gingen von der Annahme aus, dass sich epistemologische Überzeugungen im Verlauf des Studiums verändern und dass sie sich in verschiedenen Studienfachgruppen unterschiedlich entwickeln. Die Studierenden kamen aus den Studienrichtungen Sozialwissenschaften, Wirtschaftswissenschaften und Naturwissenschaften. Hinsichtlich der Studiendauer handelte es sich um Studienanfänger und fortgeschrittene Studierende. Es zeigten sich Unterschiede zwischen den Studienrichtungen (Naturwissenschaftler glauben mehr als andere Studierende, Wissen sei etwas absolut und uneingeschränkt Gültiges), sowie zwischen Studierenden unterschiedlicher Studiendauer (fortgeschrittene Studierende relativieren eher die Gültigkeit von Wissen).

Letztere Untersuchung kommt der Fragestellung der vorliegenden sehr nahe, auch wenn unsere Probanden andere Studienfächer studierten. Leider sind die Ergebnisse von Rehrl et al. (2003) nicht ausführlicher publiziert.

3. Die Fragestellung der Untersuchung

Für die vorliegende Untersuchung wurde im Wesentlichen der Fragebogen von Duit, Gromadecki und Mikelskis-Seifert (2007) verwendet, der ursprünglich im Rahmen eines breiteren Analyseinstruments entwickelt wurde, um Argumentationsstrategien von Sechstklässlern zu untersuchen (Duit et al. 2007; Gromadecki & Mikelskis-Seifert 2006). Die dreizehn Items des Fragebogens umfassen inhaltlich nur einen relativ kleinen Ausschnitt epistemologischer Vorstellungen: Eindeutigkeit, Beständigkeit und Generierung von Wissen. Über Aussagen zu diesen Bereichen besteht im Wesentlichen Expertenkonsens, was die Beurteilung "angemessener" Ansichten betrifft (Priemer 2006). Die Itemformulierungen wurden von uns dahingehend modifiziert, dass "Physiker" durch "Naturwissenschaftler" und "physikalisches Wissen" durch "naturwissenschaftliches Wissen" ersetzt wurden. Unseres Erachtens lassen sich die Aussagen auf alle drei Naturwissenschaften anwenden, da sie ein zusammenhängendes Konstrukt über Naturvorgänge widerspiegeln, das durch Untersuchungen gewonnen wird (Priemer 2003).

Die vorliegende Untersuchung diente dazu, zu überprüfen, ob das hier verwendete Testinstrument sich für die Erfassung eines Teils des Wissenschaftsverständnisses bei Studierenden eignet. Bedingt durch die Zusammensetzung der Gelegenheitsstichprobe handelt es sich dabei nicht um eine hypothesenprüfende Untersuchung an einer repräsentativen Stichprobe. Neben der Prüfung der Praktikabilität des Tests sollten erste explorative Ergebnisse zu folgenden Fragestellungen gewonnen werden:

- Ändern sich mit der Studiendauer die Ansichten der Lehramtsstudierenden über die Vorgehensweise in den Naturwissenschaften?
- Unterscheiden sich die epistemologischen Vorstellungen von Lehramtsstudierenden verschiedener Studienziele und verschiedener Studienfächer?

Die bisherige Fragestellung aus der Untersuchung von Duit, Gromadecki und Mikelskis-Seifert (2007) wurde in zwei Richtungen erweitert: Zum einen werden Studierende statt Schülerinnen und Schüler betrachtet. Es ist zu vermuten, dass sich in der Zeit des Studiums mit zunehmender Einsicht in die Vorgehensweise der Wissenschaft die wissenschaftstheoretischen Vorstellungen der Studierenden entwickeln und verändern. Zum anderen wurden Studierende aller drei Naturwissenschaften (Biologie, Chemie, Physik) und des Sachunterrichts sowie Studierende anderer Fächer in die Untersuchung einbezogen, um möglicherweise unterschiedliche Vorstellungen erfassen zu können. In Bezug auf diese Fächervielfalt knüpft die vorliegende Untersuchung an die von Welzel et al. (1998) an, unterscheidet sich aber von der von Rehrl et al. (2003). Um Standorteffekte zu minimieren, wurden Studierende an drei Universitäten befragt.

4. Die Anlage der Untersuchung

Die vorliegende Studie hat ein deskriptives Design, da nur eine einmalige Erhebung erfolgte. Es handelt sich um eine standardisierte Untersuchung, da jedem Probanden dieselben Fragen mit derselben Formulierung und in derselben Reihenfolge gestellt wurden.

4.1 Struktur des Fragebogens

Die Befragung der Probanden erfolgte schriftlich mithilfe eines Fragebogens, der in enger Anlehnung an denjenigen von Duit, Gromadecki und Mikelskis-Seifert (2007) konzipiert wurde. Er bestand aus zwei Teilen:

- 1. Teile A und B: Allgemeine Angaben zum Alter, Studiengang, Studienfächern, Studienziel.
- 2. Teil C: Wie Naturwissenschaftler arbeiten. Die Probanden sollten Aussagen zur Arbeitsweise von Naturwissenschaftlern beurteilen, um zu untersuchen, welche Ansichten die Studierenden unterschieden nach Fächern, Studiendauer und Studiengängen zu diesen Teilaspekten der NOS erworben haben. Anders als im Fragebogen von Gromadecki (vierstufige Ordinalskala) sollten die Probanden hier auf einer fünfstufigen Ordinalskala ankreuzen, ob die Aussagen aus ihrer Sicht zutreffen oder nicht. Unseres Erachtens erzwingt eine vierstufige Skala eine Positionierung jenseits der Mitte und gibt damit ein weniger realistisches Bild wieder (Raithel 2006).

4.2 Durchführung und Auswertung

Da es sich um eine standardisierte Untersuchung handelt und die Fragebögen nach dem Vorlesen einer einheitlichen Instruktion innerhalb fachdidaktischer Lehrveranstaltungen an den drei Befragungsorten anonym ausgefüllt wurden, ist Durchführungsobjektivität gewährleistet. Der Fragebogen enthielt 100% geschlossene Aufgabenbeantwortungen, die Auswertungen wurden mit SPSS durchgeführt und die Ergebnisse in einer Expertengruppe (sieben Lehrende der Naturwissenschaftsdidaktiken) diskutiert. Damit sind auch Auswertungsund Interpretationsobjektivität sichergestellt.

Da der Fragebogen von uns bei einer anderen Probandengruppe als bei Duit, Gromadecki und Mikelskis-Seifert (2007) verwendet wurde, mussten Reliabilität und Validität überprüft werden.

4.3 Probanden

An der Studie nahmen 237 Studierende des Lehramts bzw. Bachelor (mit dem Ziel Lehramt) an den drei Universitätsstandorten Braunschweig, Heidelberg und Würzburg teil. Davon waren 207 (87,3 %) weiblich; 73,8 % der Probanden waren jünger als 25 Jahre. 71 Probanden studierten einen 2-Fächer-Bachelor-Studiengang (30 %) und 166 Probanden auf "altes" (Staatsexamens-) Lehramt (70 %). Bei der Auswahl der Probanden handelt es sich um eine Gelegenheitsstichprobe, die aus ökonomischen Gründen gewählt wurde.

Die meisten Probanden haben das Ziel, Grundschullehrerin bzw. Grundschullehrer zu werden (s. Tabelle 1), gefolgt vom Lehramt für Haupt- und Realschulen. Gymnasial- und Sonderschulstudierende machen nur einen relativ kleinen Teil der Probanden aus. Der größte Teil der Probanden (93,3 %) stammte aus den Semestern 1-7 (siehe Tabelle 2), der Rest aus höheren Semestern. Im Hinblick auf die Studiendauer kann man von einer Querschnittsuntersuchung sprechen, da sich die Probanden in unterschiedlichen Semestern befanden.

Studienziel	Anzahl	Anteil (%)	Studienort	Anteil (%)
Sonderschule	20	8,7	Braunschweig	30,0
Grundschule	161	69,0	Heidelberg	56,2
Haupt-/Realschule	37	16,2	Würzburg	13,7
Gymnasium	15	6,1		

Tabelle 1: Verteilung der Probanden nach Studienziel und Studienort

Die Studierenden verteilten sich wie folgt auf die Semester.

Semester	Anteil (%)	Semester	Anteil (%)
1.	0,4	7.	6,9
2.	22,7	8.	5,2
3.	7,7	9.	0,9
4.	35,2	10.	0,4
5.	5,2	12.	0,4
6.	15,0		

Tabelle 2: Semesterverteilung der Probanden

Fasst man die Semesterverteilung in drei Gruppen zusammen, so studieren 23,1 % im 1. und 2. Semester, 42,9 % im 3. und 4. Semester und 33,8 % im 5. Semester oder höher. Dabei gibt es einen hochsignifikanten Unterschied bei den Studiengängen im Hinblick auf die Studiendauer (Spearman-Rho: 0,379; p < 0,01). Die Studierenden der alten Lehramtsstudiengänge sind erwartungsgemäß wegen der Umstellung auf Bachelor/Masterstrukturen in höheren Semestern als die BA-Studierenden.

Die Verteilung auf die einzelnen Studienfächer der Probanden zeigt die folgende Tabelle. Es ergeben sich in Summe mehr als 100 %, da alle Studierenden mindestens zwei Fächer studieren.

Studienfach	Anteil (%)	Studienfach	Anteil (%)
Biologie	57,1	Germanistik	47,2
Chemie	22,3	Anglistik	4,3
Physik	7,7	Erdkunde	11,2
Mathematik	37,8	Sonstiges*	9,4
Sachunterricht	3,0		

^{*} Religion 4,3 %, Geschichte 3,4 %, Haushalt und Textil 1,7 %

Tabelle 3: Studienfächer

Studienfächer	Anzahl	Studienfächer	Anzahl
Biologie + Chemie	23	Chemie + Physik	1
Biologie + Physik	2	Chemie + Sachunterricht	1
Biologie + Mathematik	42	Chemie + Mathematik	21
Biologie + Deutsch	61	Chemie + Englisch	1
Biologie + Religion	1	Chemie + Deutsch	3
Biologie + Englisch	3 Chemie + Erdkunde		2
Physik + Mathematik	13	Mathematik + Geschichte	2
Physik + Englisch	1	Mathematik + Erdkunde	5
Physik + Deutsch	1	Mathematik + Religion	1
		Mathematik + Haushalt/Textil	1
		Mathematik + Sachunterricht	3

Tabelle 4: Studienfachkombinationen

Bei den Studienfächern studieren 50 Probanden (21,3 %) weder eine Naturwissenschaft noch Mathematik oder Sachunterricht. Der Anteil dieser Studierenden ist signifikant höher (Spearman Rho: 0,329; p< 0,01) bei den alten Lehramtsstudiengängen. Dies kann daran liegen, dass nach der Umstellung auf BA/Ma-Strukturen Sachunterrichtsstudierende zum Teil mindestens eine Naturwissenschaft studieren müssen. Die vorkommenden Fachkombinationen der naturwissenschaftlichen Fächer und der Mathematik mit den absoluten Zahlen zeigt Tabelle 4.

5. Ergebnisse des Teils C der Befragung: Wie Naturwissenschaftler arbeiten

5.1 Antwortverhalten auf Itemebene

Das Skalenniveau der fünfstufigen Ratingskala ist ordinalskaliert. Die Mittelwerte der Itembeantwortungen mit den dazugehörenden Standardabweichungen sind in Tabelle 3 (Spalten 2 und 3) zusammengefasst. Die Codierung erfolgte von "5 = trifft völlig zu" bis "1 = trifft gar nicht zu". In den Spalten 4 und 5 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen einer Expertengruppe (sieben Lehrende aus den Fachdidaktiken der Naturwissenschaften) angegeben.

Item	Mittelwert (N = 237)	Standard- abweichung	Mittelwert Experten (N=7)	Standard- abweichung Experten
Eine Vermutung ist eine Überlegung, wie Dinge sein könnten.	4,37	0,67	5,00	0,00
Die Vermutungen von Naturwissenschaftlern treffen immer zu.	1,76	0,77	1,14	0,38
Bevor man ein Experiment plant, muss man zuerst eine Vermutung haben.	3,90	0,97	4,29	0,76
Die Ergebnisse von Versuchen dienen dazu, Vermutungen zu überprüfen.	4,26	0,73	3,71	1,60
5. Naturwissenschaftler können sich nicht sicher sein, dass ihre Erkennt- nisse auch morgen noch richtig sind.	3,74	1,08	3,86	1,07
6. Manchmal stimmt das Versuchs- ergebnis nicht mit der Vermutung überein.	4,73	0,49	4,43	0,79

Item	Mittelwert (N = 237)	Standard -abweichung	Mittelwert Experten (N = 7)	Standard -abweichung Experten
7. Beim Experimentieren muss man sich vorher überlegen, wie man vorgehen will.	4,43	0,79	4,86	0,38
8. Naturwissenschaftler haben oft unter- schiedliche Vermutungen zu einem naturwissenschaftlichen Thema.	4,22	0,80	4,43	0,79
9. Das naturwissenschaftliche Wissen wird sich in Zukunft nicht ändern.	1,68	0,91	1,00	0,00
10. In einem Experiment untersucht man eine Vermutung.	3,57	0,87	4,43	0,79
11. Die Ergebnisse von Versuchen sind immer gültig.	1,97	0,84	2,14	1,21
12. Naturwissenschaftler können unterschiedliche Ergebnisse auf die gleiche Frage erhalten.	4,01	0,82	4,14	1,46
13. Wenn Vermutungen und Ergebnis nicht übereinstimmen, dann kann man seine Vermutung ändern und sie in einem neuen Versuch über- prüfen.	4,22	0,80	5,00	0,00

Tabelle 5: Mittelwerte und Standardabweichungen zu Teil C: Wie Naturwissenschaftler arbeiten

Im Boxplot-Diagramm (Abbildung 1) werden verschiedene Maße der zentralen Tendenz, Streuung und Schiefe der Daten der Probanden zusammengefasst. Die linke und rechte Linie geben dabei jeweils Maximum und Minimum an. Die linke Begrenzung der Box gibt das 1. Quartil mit P_{25} , die rechte das 3. Quartil mit P_{75} und die dicke Linie den Median bzw. das 2. Quartil mit P_{50} an.

Besonders auffällig sind die Boxplots der Items C3 und C5. Bei beiden Items wird die gesamte Skala ausgenutzt und auch die Boxen sind sehr breit, sodass hier eine relativ große Spannbreite der Antworten vorliegt. Möglicherweise wurden die Aussagen der Items unterschiedlich gedeutet. Aufgrund der schwierigen Interpretation der Antwortverteilungen wurden die erwarteten Antworten in einer Expertengruppe diskutiert (s. Tab. 3, Spalten 4 und 5). Man erkennt an den Standardabweichungen der Items 4 und 12, dass hier auch die Expertenmeinungen stark variieren (s. Diskussion und Zusammenfassung). Die Studierendenantworten stimmen aber in den meisten Fällen im Rahmen der Standardabweichung mit der Expertenmeinung überein und bekunden eine weitgehend realistische Einschätzung der Arbeitsweise von Na-

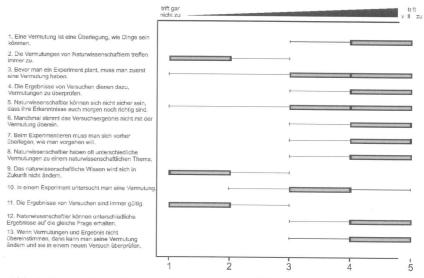


Abb. 1: Boxplot-Darstellung der Itemantworten zu Teil C

turwissenschaftlern durch die Studierenden, wenn man davon ausgeht, dass die Expertenmeinung als "angemessen" angesehen werden kann.

5.2 Auswertung nach Studienzielen

Unterscheidet sich das Antwortverhalten der Studierenden mit verschiedenen Studienzielen (Sonder- und Grundschule, Haupt- und Realschule, Gymnasium)? Um dies zu untersuchen, wurde wegen der Abweichung der Daten von der Normalverteilung der Kruskal-Wallis-Test verwendet und damit die mittleren Rangwerte mehrerer unabhängiger Stichproben verglichen.

Es ergaben sich nur ein signifikanter Unterschied bei der Zustimmung zum Item C5 ("Naturwissenschaftler können sich nicht sicher sein, dass ihre Erkenntnisse auch morgen noch richtig sind.", asymptotische Signifikanz Kruskal-Wallis: 0,002). Tendenziell signifikant unterschiedlich war auch der Mittelwert zu Item C7 ("Beim Experimentieren muss man sich vorher überlegen, wie man vorgehen will.", asymptotische Signifikanz Kruskal-Wallis: 0,056). Bei C5 und C7 sind es die Probanden mit dem Studienziel Sonderoder Grundschule, die diesen Items signifikant seltener zugestimmt haben; sie gehen eher von einem "dauerhaften Wissen" aus bzw. sehen das Experimentieren als "planloses Handeln" an. Beim Item C9 ("Das naturwissenschaftli-

che Wissen wird sich in Zukunft nicht ändern."), das dem Item C7 inhaltlich ähnelt, gibt es dagegen keinen signifikanten Unterschied, sondern nur die Tendenz, dass die Probanden mit dem Studienziel Gymnasium diesem Item seltener zugestimmt haben.

5.3 Auswertung nach Studiendauer und Studiengang

Um zu überprüfen, ob eine Entwicklung der Einstellung im Verlauf des Studiums festgestellt werden kann, wurden die Daten auch hinsichtlich ihrer mittleren Rangwerte in Abhängigkeit von der bisherigen Studiendauer überprüft. Dabei wurden die Semester zu folgenden Gruppen zusammengefasst: 1. und 2. Semester, 3. und 4. Semester, 5. Semester und höher.

Signifikante Unterschiede ergaben sich hier bei den Items C1 ("Eine Vermutung ist eine Überlegung, wie Dinge sein könnten."; asymptotische Signifikanz Kruskal-Wallis: 0,001) und bei C11 ("Die Ergebnisse von Versuchen sind immer gültig.", asymptotische Signifikanz Kruskal-Wallis: 0,027). Bei C1 stimmen die Studierenden ab dem 5. Semester dieser Aussage häufiger zu, d.h. ihnen ist das Aufstellen einer Hypothese, wie es in den Naturwissenschaften erfolgt, geläufiger. Bei C11 sind es die Studierenden aus dem 1. und 2. Semester, die hier häufiger zustimmen. Dies kann daran liegen, dass die Aussage anders interpretiert wird (in einem anderen Sinn als "zeitlich"). Es könnte aber auch bedeuten, dass diese Probanden noch ein "unrealistischeres" Bild von der Natur der Naturwissenschaften haben und glauben, dass naturwissenschaftliches Wissen zeitüberdauernd ist.

Hinsichtlich des Studiengangs befinden sich die BA-Studierenden signifikant häufiger in einem niedrigeren Semester als die Studierenden der alten Lehramtsstudiengänge. Deshalb ergibt die Auswertung differenziert nach Studiengang die gleichen signifikanten Unterschiede bei den Items C1 und C11. Darüber hinaus weist der Mann-Whitney-Test aber auch noch ein signifikant anderes Antwortverhalten für die Items C2, C3, C7 und C8 auf. Beim Item C2 (asymptotische Signifikanz: 0,006) stimmen die BA-Studierenden häufiger zu, dass die Vermutungen von Wissenschaftlern immer zutreffen. Ebenso sind es diese Studierenden, die öfter antworten, dass man zuerst eine Vermutung haben muss, bevor man ein Experiment plant (Item C3, asymptotische Signifikanz: 0,003). Letzteres kann damit zusammenhängen, dass in der geänderten fachdidaktischen Ausbildung für die BA-Studierenden die Vermittlung des Weges der Erkenntnisgewinnung eine größere Rolle spielt, während die Studierenden der alten Lehramtsstudiengänge diese Vorgehensweise auch durch ihre schulpraktischen Erfahrungen seltener erlebt haben. Dazu passt

auch, dass die BA-Studierenden häufiger sagen, dass man sich beim Experimentieren vorher überlegen muss, wie man vorgehen will (Item C7, asymptotische Signifikanz: 0,011). Die Studierenden der alten Lehramtsstudiengänge sind es oft gewohnt, Experimente nach "Kochvorschrift" durchzuführen und kennen dies auch aus ihren Schulpraktika. Die "neue Aufgabenkultur" mit offeneren Aufgabenstellungen hat erst nach und nach einen höheren Stellenwert eingenommen. Beim Item C8 (asymptotische Signifikanz: 0,006) sind es dann aber die Lehramtsstudierenden, die häufiger zustimmen, dass Naturwissenschaftler unterschiedliche Vermutungen zu einem naturwissenschaftlichen Thema haben können. Sie verfügen hier über ein differenzierteres Bild, was sicherlich mit der längeren Studiendauer zusammenhängt.

5.4 Auswertung nach Studienfächern

Um zu überprüfen, ob sich das Ankreuzverhalten der Studierenden unterschiedlicher Fächer unterscheidet, wurde eine neue Variable eingefügt und eine Unterteilung in zwei Subgruppen vorgenommen. Alle Studierenden, die mindestens eine Naturwissenschaft und/oder Mathematik als Studienfach hatten, kommen in Gruppe 1 (185 Probanden) und die anderen in Gruppe 2 (50 Probanden).

Der Mann-Whitney-Test ergab signifikante Unterschiede für die Items C2 (Die Vermutungen von Naturwissenschaftlern treffen immer zu; asymptotische Signifikanz: 0,043) und C7 (Beim Experimentieren muss man sich vorher überlegen, wie man vorgehen will; asymptotische Signifikanz: 0,001). Dabei wurde die Aussage C2 von den Studierenden der Naturwissenschaften öfter angenommen als von den anderen Studierenden. Sie gehen also eher davon aus, dass Wissenschaftler mit ihren Vermutungen richtig liegen. Der Aussage C7 stimmten die Naturwissenschaftsstudierenden ebenfalls häufiger zu, d.h. sie sehen das Experimentieren als geplantes Vorgehen.

6. Ergebnisse für das Testinstrument für das Konstrukt Wissenschaftsverständnis

6.1 hinsichtlich der Faktorenanalyse

Die Berechnung der Korrelationen nach Spearman-Rho zwischen den einzelnen Items ergab eine Vielzahl an Korrelationen. Um die Dimensionsanzahl der dreizehn Items zu reduzieren, wurde eine explorative Faktorenanalyse (Hauptkomponentenanalyse) durchgeführt, um die Items zu Faktoren zusammenzufassen. Auch wenn die Faktorenanalyse zu den parametrischen Verfahren gehört und damit intervallskalierte Daten voraussetzt, wird sie üblicherweise wie auch hier auf ordinalskalierte Daten angewendet, da man äquidistante Abstände zwischen den Ausprägungen annehmen kann (Rost, 2005). Außerdem zeigte der Bartlett-Wert, dass es eindeutige signifikante Korrelationen gibt.

Als Maß für die Stichprobeneignung nach Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ergab sich ein zufrieden stellender Wert von 0,660 (Rost 2005).

Die Faktorenanalyse liefert vier Faktoren, die das Kaiserkriterium (Eigenwert > 1) erfüllen. Diese vier Faktoren zusammen erklären 51,01 % der Gesamtsstreuung der beobachteten Variablen. Zwölf der dreizehn Items ließen sich aufgrund ihrer Faktorenladungen eindeutig einem Faktor zuordnen. Lediglich Item C12 lud zwar am stärksten auf Faktor 1, zeigte aber relativ hohe Nebenladungen auf den anderen drei Faktoren. Eine erneute Faktorenanalyse ohne Item C12 brachte keine nennenswerte Verbesserung der Faktorenladungen der anderen Items, sodass Item C12 für die Analyse beibehalten wurde.

In den folgenden Tabellen sind die rotierten Faktorladungen der einzelnen Items aus der rotierten Komponentenmatrix (Varimax-Rotation) zu den jeweiligen Faktoren angegeben.

Faktor 1: Eindeutigkeit von Wissen

Item	Aussage	Faktorladung			
C6	Manchmal stimmt das Versuchsergebnis nicht mit der Vermutung überein.				
C2	Die Vermutungen von Wissenschaftlern treffen immer zu.	-0,647			
C8	Naturwissenschaftler haben oft unterschiedliche Vermutungen zu einem naturwissenschaftlichen Thema.	0,600			
C12	Naturwissenschaftler können unterschiedliche Ergebnisse auf die gleiche Frage erhalten.	0,410			

Faktor 2: Bedeutung von Experimenten

Item	Aussage	Faktorladung
C4	Die Ergebnisse von Versuchen dienen dazu, Vermutungen zu überprüfen.	0,731
СЗ	Bevor man ein Experiment plant, muss man zuerst eine Vermutung haben.	0,690
C10	In einem Experiment untersucht man eine Vermutung.	0,624

Faktor 3: Beständigkeit von Wissen

Item	Aussage	Faktorladung
C5	Naturwissenschaftler können sich nicht sicher sein, dass ihre Erkenntnisse auch morgen noch richtig sind.	-0,700
С9	Das naturwissenschaftliche Wissen wird sich in Zukunft nicht ändern.	0,682
C11	Die Ergebnisse von Versuchen sind immer gültig.	0,560

Faktor 4: Vorgehensweise beim Wissenserwerb

Item	Aussage	Faktorladung
C13	Wenn Vermutungen und Ergebnis nicht übereinstimmen, dann kann man seine Vermutung ändern und sie in einem neuen Versuch überprüfen.	
C7	Beim Experimentieren muss man sich vorher überlegen, wie man vorgehen will.	0,590
C1	Eine Vermutung ist eine Überlegung, wie Dinge sein könnten.	0,534

Insgesamt ergibt die Faktorenanalyse eine Extrahierung von vier Faktoren, die sich mit den jeweiligen Aussagen der Items decken, sodass man von einer validen Beschreibung sprechen kann. Dies wird durch die Reliabilitätsprüfung (Cronbachs $\alpha=0,57)$ bestätigt, was gleichzeitig auch einen Indikator für die Konstruktvalidität liefert (Rost 2005). Im Idealfall sollte der Wert für Cronbachs α bei 0,8 liegen, aber da es in der vorliegenden Studie nur um einen Gruppenvergleich geht, wird ein Wert \geq 0,55 als ausreichend angesehen (Rost 2005).

Für das Konstrukt Wissenschaftsverständnis lassen sich also vier Unterkonstrukte für diesen Test angeben: Eindeutigkeit von Wissen, Bedeutung von Experimenten, Beständigkeit von Wissen und Vorgehensweise beim Wissenserwerb.

Für die Items der vier Faktoren wurde erneut eine Faktorenanalyse vorgenommen, um die Reliabilität bzw. Gesamttrennschärfe (Cronbachs α) der Subtests und die Trennschärfe der einzelnen Items (Item-Skala-Korrelation) für die Unterkonstrukte zu überprüfen. Die entsprechende Tabelle mit den Ergebnissen befindet sich im Anhang.

Es ergaben sich zufrieden stellende Werte. Cronbachs α ist bei den Faktoren 3 und 4 nicht sehr hoch, aber der Wert bessert sich auch nicht bei Weglassen eines Items. Die Trennschärfen der Einzelitems sind alle > 0,2 und können deshalb beibehalten werden (Zöfel 2002).

6.2 hinsichtlich des Antwortverhaltens auf Faktorenebene

Im Anschluss an die Faktorenanalyse wurde überprüft, ob sich das unterschiedliche Ankreuzverhalten der verschiedenen Subgruppen ebenfalls bei den dimensionsreduzierten Daten widerspiegelt.

Im Hinblick auf das Studienziel ergaben der Kruskal-Wallis- und der Mediantest keinen bei den vier Faktoren signifikanten Unterschied für die vier Subgruppen.

Der Kruskal-Wallis-Test für die drei Subgruppen "Studiendauer" ergab beim ersten Faktor (Eindeutigkeit von Wissen) einen signifikanten Unterschied (asymptotosche Signifikanz: 0,04). Die Ränge nahmen in folgender Reihenfolge ab: ≥ 5. Semester (mittlerer Rang = 131,33), 3. + 4. Semester (mittlerer Rang = 109,31), dann 1. + 2. Semester (mittlerer Rang = 106,18). Auch dieses bestätigt die Auswertung für die Einzelitems.

Der Mann-Whitney-Test für die beiden Subgruppen "Studiengang" (BA oder Lehramt) ergibt einen hochsignifikanten Unterschied bei Faktor 1 (Eindeutigkeit von Wissen) (asymptotische Signifikanz: 0,002). Studierende des alten Lehramts haben hier öfter entsprechend der erwarteten Ankreuzmöglichkeit zugestimmt. Dieses wurde durch den Mediantest bestätigt.

Weiterhin wurde untersucht, ob sich die Studierenden der Naturwissenschaften und/oder der Mathematik von den Studierenden der anderen Fächer unterscheiden. Der Mann-Whitney-Test ergab hier für den Faktor 1 (asymptotische Signifikanz: 0,003) einen signifikanten Unterschied. Überraschenderweise sind es aber die Studierenden ohne ein naturwissenschaftliches Fach, die "angemessener" angekreuzt haben.

7. Diskussion und Zusammenfassung

Aufgrund der recht unterschiedlichen Probandenzahlen in den Subgruppen (Studienziel, -dauer, -fächer) bei der verwendeten Stichprobe müssen die quantitativen Auswertungen mit der gebotenen Vorsicht interpretiert werden und sind ggf. nicht zu verallgemeinern, sondern evtl. nur typisch für diese Stichprobe. Mit dem verwendeten Testinstrument werden Ansichten zu bestimmten Aussagen auf den Grad der Zustimmung bzw. Ablehnung geprüft. Da die Items stark verkürzte Aussagen ohne direkten Kontext darstellen, handelt es sich um eine eher oberflächliche Erfassung einzelner epistemologischer Vorstellungen, die Gründe oder Argumentationen der Ansichten nicht aufdecken kann. Aus diesem Grund wäre eine Zuordnung eines Probanden z. B. zum Typ "naiver Realist" wie es in anderen Studien erfolgt (vgl. Develaki

1998) sicherlich eine Überschätzung der Aussagekraft des Instrumentes. Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen können aber mit dem vorliegenden Fragebogen Felder aufgedeckt werden, bei denen die Probanden sich bestimmten Positionen zuordnen lassen.

Insgesamt zeigt sich, dass die überwiegende Zahl der Lehramtsstudierenden eine angemessene Vorstellung zu den erhobenen Aspekten der Arbeitsweise von Naturwissenschaftlern besitzt. Außerdem sind die Unterschiede bei den verschiedenen Subgruppen (Studienziel, Studiendauer, Studienfach) nicht sehr stark ausgeprägt.

Die gestellte Forschungsfrage, ob sich die epistemologischen Vorstellungen von Lehramtsstudierenden verschiedener Studienziele unterscheiden, lässt sich positiv beantworten. Eine signifikante Abweichung ergibt sich beim Aspekt der Dauerhaftigkeit des naturwissenschaftlichen Wissens, wo die Studierenden des Lehramts Sonder- und Grundschule sich eher in Richtung des zeitlich Feststehenden äußern und auch das Experimentieren, als weniger zielgerichtet betrachten. Diese Ergebnisse unterscheiden sich damit von denen von Pomery (1993) und Lunn (2002), die für Primarstufenlehrer ein adäquateres Wissenschaftsverständnis nachwiesen als für andere Lehrkräfte. Da es sich in unserem Fall aber noch um Studierende handelt, können diese Unterschiede auch aus ihrer geringeren fachlichen Erfahrung resultieren.

Ein realistischeres Bild von der Rolle des Experimentierens bzw. von der Vorgehensweise haben, anders als bei Abd-El-Khalick et al. (2000), eher die Naturwissenschaftsstudierenden als die anderen Studierenden. Hinsichtlich der Auffassung der "Beständigkeit" des Wissens konnten wir anders als Rehrl et al. (2003) keinen Unterschied zwischen den Studierenden der Naturwissenschaften und denen anderer Fächer feststellen. Hiermit lässt sich die gestellte Forschungsfrage hinsichtlich der Unterschiede bei verschiedenen Studienfächern für unsere Stichproben verneinen: Die epistemologischen Vorstellungen von Lehramtsstudierenden verschiedener Fächer unterscheiden sich nicht.

Der entscheidende Faktor ist die Studiendauer, wie auch bei Rehrl et al. (2003). Mit zunehmender Studiendauer haben die Studierenden ein adäguateres Bild entwickelt. Dieses betrifft vor allem die Beständigkeit und die Eindeutigkeit des Wissens. Die eingangs formulierte Forschungsfrage, ob sich die Ansichten über die Vorgehensweise in den Naturwissenschaften im Verlauf ihres Studiums ändern, lässt sich damit positiv beantworten.

Ein Vergleich der Ergebnisse mit denen der Literatur ist allerdings grundsätzlich schwierig, da sich die Untersuchungen, sowohl hinsichtlich der Probanden, der Methodik und der Messinstrumente, in der Regel deutlich unterscheiden. Priemer hat in seinem Übersichtsartikel zusammengefasst, welche deutschsprachigen Verfahren zur Erfassung epistemologischer Überzeugungen bisher benutzt wurden und mit welchen Problemen die Erhebungsverfahren behaftet sind (Priemer 2006). Eines der Grundprobleme liegt darin begründet, dass Expertenmeinungen auseinandergehen, auch wenn es inzwischen eine Liste von Aussagen gibt, die auf weitgehende Akzeptanz stößt (McComas et al. 1998; Osborne et al. 2003).

Viele Items bieten einen Interpretationsspielraum, da sie nicht speziellen detailliert beschriebenen Kontexten zugeordnet sind und extrem verkürzte Aussagen darstellen (Priemer 2006). Dies traf bei dem hier verwendeten Testinstrument z. B. auf die Items 4, 11 und 12 zu, die zu hohen Standardabweichungen bei den Mittelwerten der Probanden und der Experteneinschätzungen führten. Die Standardabweichungen liegen weit über der mittleren Standardabweichung (0,71) für die Experten. Alle drei Items enthalten das Wort "Ergebnisse". Um die Problematik besser zu beschreiben, soll auf ein Item genauer eingegangen werden:

Bei Item 12 "Die Ergebnisse von Versuchen sind immer gültig." gibt es bei den Experten eine Abweichung von 1,21. Die hohe Standardabweichung kann darin begründet sein, dass bei dem Wort an zwei unterschiedliche Konzepte gedacht wurde. Einerseits an die Ergebnisse aus Versuchen, also die reinen Messdaten, die oft auch als Ergebnisse bezeichnet werden. Diese sollten bei gleicher Versuchsdurchführung und Fehlerminimierung und -analyse immer die gleichen sein, da dies eines der wesentlichen Axiome der Naturwissenschaften ist. Würde man hiervon nicht ausgehen, dann wäre eine empirische Naturwissenschaft nicht möglich. Andererseits kann an die Ergebnisse eines Versuchs im Sinne der Interpretation der Messdaten gedacht werden. Die Interpretation von Messdaten ist ein rationaler Akt, der somit zwar von empirischen Daten ausgeht, selbst aber nicht mehr als empirisch angesehen werden kann. Dies bedeutet, dass solche Ergebnisse später umgedeutet werden können, somit nicht immer gültig sind. Als historisches Beispiel kann das Michelson-Morley Experiment zum Ätherwind dienen. Als Messergebnis kam heraus, dass sich die Lichtgeschwindigkeit in allen Raumrichtungen nicht ändert. Führt man diesen Versuch heute durch, kommt man zu den gleichen Messergebnissen. Michelson-Morley hielten an der Theorie des Ätherwindes fest und passten die Eigenschaften des Ätherwindes an die Messergebnisse an. Erst achtzehn Jahre später kam Einstein durch die Interpretation der Messergebnisse zu dem Ergebnis, dass es wohl keinen Äther gibt. An diesem Beispiel lässt sich zeigen, dass es je nach semantischem Verständnis ebenso richtig sein kann der Aussage des Items 11 zuzustimmen oder sie abzulehnen. Es kommt darauf an, was beim Wort "Ergebnis" verstanden wurde.

Um die Eindeutigkeit der Itemaussagen zu verbessern, erscheint es uns deshalb sinnvoll, für die Items 4, 11 und 12 folgende Alternativformulierungen zu verwenden:

Item C4: Versuche dienen dazu, Vermutungen zu überprüfen.

Item C11: Die Messdaten von Versuchen sind immer gültig.

Item C12: Verschiedene Naturwissenschaftler können an der gleichen Fragestellung arbeiten, aber unterschiedliche Interpretationsergebnisse erhalten.

Hinsichtlich der Validität lässt sich sagen, dass die Reliabilitätsanalyse zwar einen Hinweis auf die Konstruktvalidität liefert, aber nur eine notwendige und nicht hinreichende Voraussetzung für die Validität darstellt. Wie bei vielen anderen Untersuchungen (vgl. Priemer 2006) gibt es auch hier Probleme mit der Validitätsprüfung. Dies hängt unter Anderem damit zusammen, dass die Validität nur bestimmt werden kann, wenn bereits eine gültig anerkannte Beurteilung als Außenkriterium vorliegt (Zöfel 2002).

Insgesamt erwies sich der Fragebogen von der Grundstruktur als geeignet, um einzelne Aspekte epistemologischer Ansichten unserer Probanden zu erfassen. Die Faktorenanalyse lieferte eine zufrieden stellende Dimensionsreduktion auf vier Unterkonstrukte des Wissenschaftsverständnisses. Die Items der Faktoren 1 (Eindeutigkeit von Wissen) und 3 (Beständigkeit von Wissen), die ausdrücken, dass die Fragen der Wissenschaftler häufig nicht eindeutig oder endgültig beantwortet werden können, erfassen den im englischsprachigen Raum als "Science and Certainty" (McComas et al. 1998; Osborne et al. 2003) bezeichneten Aspekt der NOS. Die Items des Faktors 2 (Bedeutung von Experimenten) repräsentieren das Unterkonstrukt "Methods and Hypothesis", und Faktor 4 (Vorgehensweise beim Wissenserwerb) erfasst z. T das Unterkonstrukt "Hypothesis and Prediction" (McComas et al. 1998; Osborne et al. 2003).

Damit ist der vorliegende Fragebogen mit den vorgeschlagenen Modifikationen geeignet, um bei Studierenden einige Aspekte des Wissenschaftsverständnisses zu erfassen. Im Vergleich zu anderen Methoden wie z. B. Interviews liegen die Vorteile des Fragebogenverfahrens in der Einfachheit der Anwendung, der schnellen Durchführbarkeit und der objektiven Auswertung. Außerdem besteht die Möglichkeit das Antwortverhalten verschiedener Probanden oder eines Probanden zu verschiedenen Zeitpunkten zu vergleichen. Die Ergebnisse könnten z. B. dafür genutzt werden, im Rahmen der Lehramtsausbildung mit den Studierenden deren Positionen zu diskutieren.

- ABD-EL-KHALICK, F., LEDERMAN, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. In: International Journal of Science Education 22, Heft 7, 665-701
- ABELL, S. K., SMITH, D. C. (1994). What is science? Preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science. In: International Journal of Science Education 16, 475-487
- BEHNKE, F. L. (1961). Reactions of scientists and science teachers to statements bearing on certain aspects of science and science teaching. In: School Science and Mathematics 61, 193-207
- BLOOM, J. W. (1989). Preservice elementary teachers' conceptions of science: Science, theories and evolution. In: International Journal of Science Education 11, 401-415
- BRICKHOUSE, N. W. (1990). Teachers' Beliefs About the Nature of Science and Their Relationship to Classroom Practice. In: Journal of Teacher Education, 41(3), 53-62
- DEVELAKI, M. (1998). Die Relevanz der Wissenschaftstheorie für das Physikverstehen und Physiklernen. Dissertation, Freie Universität Berlin
- DRIVER, R., LEACH, J., MILLAR, R., SCOTT, P. (1996). Young people's images of science. Bristol: Open University Press
- Duit, R., Mikelskis-Seifert, S., Gromadecki, U. (2007). "Erkenntnisgewinnung" in den Bildungsstandards Physik. In: NiU-Physik, 18(97), 12-19
- GROMADECKI, U., MIKELSKIS-SEIFERT, S. (2006). Naturwissenschaftliches Argumentieren. Schülerfragebogen, Klasse 6, Kiel: IPN
- GROMADECKI, U., MIKELSKIS-SEIFERT, S., DUIT, R. (2007). Argumentation in elementary instruction - findings on students' preferences of arguments in physical contexts. In: M. Ekborg et al.: European Science Education Research Association (ESERA) International Conference Presentations. Malmö: University of Malmö, http://www.mna.hkr.se/~ll/eseraconf/filer.htm
- GRYGIER, P. (2008). Wissenschaftsverständnis von Grundschülern im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- GÜNTHER, J. GRYGIER, P., KIRCHER, E., SODIAN, B., THOERMER, C. (2004). Studien zum Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften. In: Doll, J. & Prenzel, M. (Hrsg.): Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung. Münster: Waxmann, 93-113
- HÖTTECKE, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der "Natur der Naturwissenschaften", ZfDN, 7, 25-32
- HÖTTECKE, D., F. RIEß (2007). Rekonstruktion der Vorstellungen von Physikstudierenden über die Natur der Naturwissenschaften – eine explorative Studie. PhyDid, 1/6, 1-14

Jonas-Ahrend, G. (2004). Physiklehrervorstellungen zum Experiment im Physikunterricht. Berlin: Logos

Wissenschaftsverständnis von Lehramtsstudierenden

- KIRCHER, E. (2007a). Physikalische Aspekte. In: Kahlert, J., Fölling-Albers, M., Götz, M., Hartinger, A., Reeken, D. v., Wittowske, S. (Hrsg.): Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 129-135
- LEDERMAN, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research, In: Journal of Research in Science Teaching 29, 331-
- LUNN, S. (2002). What we think we can safely say ...: Primary teachers' views of the nature of science. In: British Educational Research Journal 28, Heft 5, 649-
- McComas, W. F. (1998). The Principal Elements of the Nature of Science: Dispelling the Myths. In: McComas, W. F. (Ed.): The nature of science in science education: Rationales and Strategies. Dordrecht: Kluwer, 53-70
- McComas, W. F., Clough, M. P., Almazroa, H. (1998). The Role and Character of the Nature of Science in Science Education. In: McComas, W. F. (Ed.): The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies. Dordrecht: Kluwer, 3-39
- MELLADO, V. (1997). Preservice teachers' classroom practice and their conceptions of the nature of science. In: Science and Education 6, Heft 4, 331-354
- MILLER, P. E. (1963). A comparison of the abilities of secondary teachers and students of biology to understand science. In: Iowa Academy of science, 70, 510-513
- MURCIA, K., SCHIBECI, R. (1999). Primary student teachers' conceptions of the nature of science. In: International Journal of Science Education 21, Heft 11, 1123-
- NOTT, M., WELLINGTON, J. (1998). Eliciting, interpreting and developing teachers' understanding of the nature of Science. In: Science and Education 7, Heft. 6, 579-594
- 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. In: Journal of Research in Science Teaching 40, Heft 7, 692-720
- PALMQUIST, B.C., FINLEY, F.N. (1997). Preservice teachers' view of the nature of science during a post-baccalaureate science teaching program. In: Journal of Research in Science Teaching 34, Heft 6, 595-616
- POMEROY, D. (1993). Implications of teachers' beliefs about the nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. In: Science Education, 77, 261-278
- PRIEMER, B. (2003). Ein diagnostischer Test zu Schüleransichten über Physik und Lernen von Physik - eine deutsche Version des Tests "Views About Science Survey". In: ZfDN Jg. 9,. 160-178

- PRIEMER, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen In: ZfDN Jg. 12, 159-175
- RAITHEL, J. (2006). Quantitative Forschung. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften, 40
- REHRL, M., GRUBER, H., RENKL, A. (2003). Epistemologische Überzeugungen im Vergleich: Die Rolle von Studiendauer und Studienfach, Beitrag zur 64. Tagung der Arbeitsgemeinschaft für empirisch-pädagogische Forschung (AEPF) der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaften. Hamburg
- ROST, D. H. (2005). Interpretation und Bewertung pädagogisch-psychologischer Studie. Weinheim und Basel: Beltz
- RUTHERFORD, J. F. & AHLGREN, A. (1991): Science for All Americans. New York (NY) & Cary (NC): Oxford University Press
- RYDER, J., LEACH, J., DRIVER, R. (1999) Undergraduate science students' images of science. In: Journal of Research in Science Teaching, 36, 201-219
- SCHMIDT, D. J. (1967). Test on understanding science: A comparison among school groups. In: Journal of Research in Science Teaching 5, Heft. 4, 365-366
- TESCH, M. & DUIT, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht Ergebnisse einer Videostudie. ZfDN 10, 71-87
- THOERMER, C., SODIAN, B. (2002). Science undergrates' and graduates' epistemologies of science: The notion of interpretative frameworks. In: New Ideas in Psychology 20, 263-283
- URHAHNE, D., HOPF, M. (2004). Epistemologische Überzeugungen in den Naturwissenschaften und ihre Zusammenhänge mit Motivation, Selbstkonzept und Lernstrategien. ZfDN 10, 71-87
- Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammeley, D., Koumaras, P., Niedderer, H., PAULSEN, A., ROBINAULT, K., VON AUFSCHNAITER, S. (1998). Ziele, die Lehrende mit experimentellen Arbeiten in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden – Ergebnisse einer europäischen Umfrage. ZfDN 4, 29-44
- WILSON, L. (1954). A study of opinions related to the nature of science and ist purpose in society. In: Science Education 38, Heft 2, 159-164
- ZÖFEL, P. (2002). Statistik verstehen. München: Addison-Wesley

Anhang: Fragebogen "Experimentieren im Unterricht", Teil C C. Wie Naturwissenschaftler arbeiten

Naturwissenschaftler arbeiten auf eine bestimmte Weise. Hier finden Sie einige Aussagen dazu. Geben Sie bitte an, welche Aussagen zutreffend sind! Bitte in jeder Zeile nur ein Kästchen ankreuzen.

Di	Diese Aussage			zu triff	t gar n	icht zu
1.	Eine Vermutung ist eine Überlegung, wie Dinge sein könnten.					
2.	Die Vermutungen von Naturwissenschaftlern treffen immer zu.					
3.	Bevor man ein Experiment plant, muss man zuerst eine Vermutung haben.					
4.	Die Ergebnisse von Versuchen dienen dazu, Vermutungen zu überprüfen.					
5.	Naturwissenschaftler können sich nicht sicher sein, dass ihre Erkenntnisse auch morgen noch richtig sind.					
6.	Manchmal stimmt das Versuchsergebnis nicht mit der Vermutung überein.					
7.	Beim Experimentieren muss man sich vorher überlegen, wie man vorgehen will.					
8.	Naturwissenschaftler haben oft unterschiedliche Vermutungen zu einem naturwissenschaftlichen Thema.					
9.	Das naturwissenschaftliche Wissen wird sich in Zukunft nicht ändern.					
10.	In einem Experiment untersucht man eine Vermutung.					
11.	Die Ergebnisse von Versuchen sind immer gültig.					
12.	Naturwissenschaftler können unterschiedliche Ergebnisse auf die gleiche Frage erhalten.					
13.	Wenn Vermutungen und Ergebnis nicht übereinstimmen, dann kann man seine Vermutung ändern und sie in einem neuen Versuch überprüfen.					

Teil C: Wissenschaftsverständnis: Eindeutigkeit von Wissen, Bedeutung von Experimenten, Beständigkeit von Wissen, Vorgehensweise beim Wissenserwerb

Ergebnisse der Faktorenanalyse

Erklärte Gesamtvarianz (Faktor 1: Eindeutigkeit von Wissen)

IZ	Anfängliche Eigenwerte			Summen von quadrierten Faktorladungen für Extraktion		
Komponente	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %
1	1,754	43,852	43,852	1,754	43,852	43,852
2	,888	22,210	66,062			
3	,686	17,158	83,220			
4	,671	16,789	100,00			

Erklärte Gesamtvarianz (Faktor 2: Bedeutung von Experimenten)

Vammananta	Anfängliche Eigenwerte			Summen von quadrierten Faktorladungen für Extraktion		
Komponente	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %
1	1,541	51,379	51,379	1,541	51,379	51,379
2	,746	24,877	76,257			
3	,712	23,743	100,00			

Erklärte Gesamtvarianz (Faktor 3: Beständigkeit von Wissen)

Vampapanta	Anfängliche Eigenwerte			Summen von quadrierten Faktorladungen für Extraktion		
Komponente	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %
1	1,446	48,186	48,186	1,446	48,186	48,186
2	,877	29,239	77,427			
3	,677	22,575	100,00			

Erklärte Gesamtvarianz (Faktor 4: Vorgehensweise beim Wissenserwerb)

Wissenschaftsverständnis von Lehramtsstudierenden

Komponente	Anfängliche Eigenwerte			Summen von quadrierten Faktorladungen für Extraktion		
Komponente	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %
1	1,401	46,685	46,685	1,401	46,685	46,685
2	,892	29,736	76,421			
3	,707	23,579	100,00			

Ergebnisse der Reliabilitätsanalyse: Eindeutigkeit von Wissen

Reliabilitätsstatistiken (Faktor 1)

Cronbachs Alpha	Anzahl Items
,555	4

Item-Skala-Statistiken (Faktor 1)

	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item- Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen
C6	12,4515	2,850	,359	,494
C8	12,9620	2,088	,406	,421
C12	13,1730	2,288	,298	,524
RC2	12,9451	2,306	,337	,485

Ergebnisse der Reliabilitäsanalyse: Bedeutung von Experimenten

Reliabilitätsstatistiken (Faktor 2)

Cronbachs Alpha	Anzahl Items
,517	3

Item-Skala-Statistiken (Faktor 2)

	Skalenmittelwert, wenn Item weg- gelassen	Skalenvarianz, wenn Item weg- gelassen	Korrigierte Item- Skala-Korrelation	
C3	7,84	1,646	,324	,439
C4	7,48	2,130	,334	,423
C10	8,16	1,827	,348	,387

Ergebnisse der Reliabilitäsanalyse: Beständigkeit von Wissen

Reliabilitätsstatistiken (Faktor 3)

Cronbachs Alpha	Anzahl Items
,448	3

Item-Skala-Statistiken (Faktor 3)

	Skalenmittelwert, wenn Item weg- gelassen	Skalenvarianz, wenn Item weg- gelassen	Korrigierte Item- Skala-Korrelation	
C5	8,3319	1,932	,243	,429
RC9	7,7362	2,118	,352	,213
RC11	8,0255	2,512	,240	,407

Ergebnisse der Reliabilitäsanalyse: Vorgehensweise beim Wissenserwerb

Reliabilitätsstatistiken (Faktor 4)

Cronbachs Alpha	Anzahl Items
,428	3

Item-Skala-Statistiken (Faktor 4)

	Skalenmittelwert, wenn Item weg- gelassen	Skalenvarianz, wenn Item weg- gelassen	Korrigierte Item- Skala-Korrelation	
C1	8,65	1,538	,205	,420
C7	8,60	1,317	,250	,349
C13	8,81	1,174	,324	,198

Ergebnisse der Reliabilitäsanalyse: Vorgehensweise beim Wissenserwerb

Anschriften der Verfasser:

Prof. Dr. Kerstin Höner, Technische Universität Braunschweig, Fakultät für Geistesund Erziehungswissenschaften, Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften, Abteilung Chemie und Chemiedidaktik, Pockelsstr. 11, 38106 Braunschweig, Tel. 0531-3912876, E-Mail: k.hoener@tu-bs.de

Axel Eghtessad, Konstantin Klingenberg, Prof. Dr. Maike Looß, Prof. Dr. Rainer Müller, Dr. Alexander Strahl, Technische Universität Braunschweig, Fakultät für Geistesund Erziehungswissenschaften, Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften, Pockelsstr. 11, 38106 Braunschweig

Prof. Dr. Eva Gläser, Universität Osnabrück, Fachbereich 3: Erziehungs- und Kulturwissenschaften, Sachunterricht, Seminarstr. 20, 49069 Osnabrück

Prof. Dr. Verena Pietzner, Stiftung Universität Hildesheim, Institut für Biologie und Chemie, Marienburger Platz 22, 31141 Hildesheim

Oxidation und Reduktion im Chemieanfangsunterricht

chim. &ct. did. Nr. 103 – 36. Jg. (2010)

Schülervorstellungen – Begriffsdefinitionen - mögliche Lehr-Lern-Wege Teil 1

von

Rosina Steininger

Universität Wien – Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie

Zusammenfassung

Zahlreiche Untersuchungen zeigen, dass die Vorstellungen vieler SchülerInnen zum Thema "Verbrennungsreaktionen" von den wissenschaftlich akzeptierten Konzepten erheblich abweichen. Die Untersuchungen lassen erkennen, dass häufig weder die Rolle des Sauerstoffs verstanden worden ist, noch die grundlegenden Prinzipien chemischer Reaktionen wie Stoffumwandlung, Massenerhaltung und Energieumsatz.

Es scheint daher notwendig, bei der Behandlung des Themas "Redoxreaktionen" neben der Erarbeitung der Begriffe "Oxidation" und "Reduktion", dem Verstehen der diesen Begriffen zugrunde liegenden Prinzipien besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Teil 1 beschreibt Schülervorstellungen zum Thema Redoxreaktionen und thematisiert die Wichtigkeit einer schülerInnengerechten Sprache im Unterricht und in den Schulbüchern. Teil 2 (in der online-Ausgabe) stellt Etappen für einen Lehr-Lernweg vor, der SchülerInnen dabei unterstützen soll, ihr allgemeines Verständnis von chemischen Stoffumwandlungen zu festigen und die Begriffe Oxidation und Reduktion sinnstiftend zu erarbeiten.

Abstract

Numerous investigations indicate that pupils' understanding of burning processes are often not in accordance with today's scientific principles. The results of such investigations show that the role of oxygen and the basic concepts/principles of chemical reactions such as conversion of matter, conservation of mass and transformation of energy are often poorly understood.

Therefore, when teaching redox reactions it is necessary not only to focus on the terms "oxidation" and "reduction", but also to pay special attention to the comprehension of these basic concepts of chemistry.