



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Zur Bedeutung der Natur der Naturwissenschaften für den Aufbau einer
naturwissenschaftlichen Grundbildung. – Beispielhafte
Lerngelegenheiten im Chemieunterricht durch historische Vignetten.

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer.nat.)

Verfasserin:	Anja Schwingenschlögl
Matrikel-Nummer:	0303161
Studienrichtung (lt. Studienblatt):	A 423 UF Chemie A 299 UF Psychologie und Philosophie
Betreuerin:	Prof. Dr. Anja Lembens

Wien, am 5. Juni 2009

„ES GIBT NICHTS WICHTIGERES AUF DER WELT, ALS DIE
MENSCHEN ZUM NACHDENKEN ZU BRINGEN.“ (SIGMUND GRAFF)

0 Inhaltsverzeichnis

0	INHALTSVERZEICHNIS	2
1	EINLEITUNG	4
1.1	BEGRÜNDUNG DER THEMENWAHL.....	4
1.2	AUFBAU DER ARBEIT	7
2	EPISTEMOLOGISCHE ÜBERZEUGUNGEN	9
2.1	MODELLE EPISTEMOLOGISCHER ÜBERZEUGUNGEN.....	9
2.2	METHODEN ZUR ERFASSUNG VON EPISTEMOLOGISCHEN ÜBERZEUGUNGEN.....	11
2.3	EINFLUSS EPISTEMOLOGISCHER ÜBERZEUGUNGEN AUF DAS LERNEN	13
2.4	ZUSAMMENFASSUNG.....	17
3	DIE NATUR DER NATURWISSENSCHAFTEN	18
3.1	WAS IST DIE NATUR DER NATURWISSENSCHAFTEN?	18
3.2	WARUM ÜBER DIE NATUR DER NATURWISSENSCHAFTEN LEHREN UND LERNEN?.....	23
3.3	ADÄQUATE SICHTWEISEN VON DER NATUR DER NATURWISSENSCHAFTEN	25
3.4	SCHÜLERVORSTELLUNGEN ÜBER DIE NATUR DER NATURWISSENSCHAFTEN.....	26
3.4.1	<i>Schülervorstellungen nach Höttecke</i>	27
3.4.2	<i>Inadäquate Naturwissenschaftsvorstellungen nach McComas</i>	33
3.5	VORSTELLUNGEN VON LEHRAMTSSTUDIERENDEN ÜBER DIE NATUR DER NATURWISSENSCHAFTEN	40
3.5.1	<i>Naturwissenschaftsvorstellungen von Studierenden des Lehramts Physik an der Universität Oldenburg</i>	41
3.5.2	<i>NOS-Vorstellungen von Studierenden des Lehramts Chemie an der Universität Wien</i>	45
3.6	DIE NATUR DER NATURWISSENSCHAFTEN IM DEUTSCHSPRACHIGEN RAUM	46
3.6.1	<i>Gründe für die zunehmende Beachtung von NOS-Aspekten</i>	46
3.6.2	<i>NOS-Projekte in Deutschland</i>	48
3.6.3	<i>PISA 2006</i>	52
3.7	ZUSAMMENFASSUNG.....	58
4	GESCHICHTE DER NATURWISSENSCHAFTEN	60
4.1	NATURWISSENSCHAFTEN - EINE AKTIVITÄT DES MENSCHEN UND EIN PROZESS	61
4.1.1	<i>„Naturwissenschaften als Aktivität von Menschen verstehen“</i>	61
4.1.2	<i>„Naturwissenschaften als Prozess verstehen“</i>	63

4.2	HISTORISCH ORIENTIERTER NATURWISSENSCHAFTSUNTERRICHT – PRO UND CONTRA ...	64
4.3	ZUSAMMENFASSUNG	65
5	INTERAKTIVE HISTORISCHE VIGNETTEN (IHV).....	67
5.1	INTERAKTIVE HISTORISCHE VIGNETTEN – EINE BESCHREIBUNG	67
5.2	SINN UND ZWECK VON INTERAKTIVEN HISTORISCHEN VIGNETTEN IM CHEMIEUNTERRICHT	69
5.3	DIE NATUR DER NATURWISSENSCHAFTEN IN INTERAKTIVEN HISTORISCHEN VIGNETTEN ..	70
5.4	UNTERSUCHUNGEN ZUM EINSATZ VON INTERAKTIVEN HISTORISCHEN VIGNETTEN.....	71
5.5	MÖGLICHE SCHWIERIGKEITEN BEI DER ERSTELLUNG EINER VIGNETTE	72
5.6	INTERAKTIVE HISTORISCHE VIGNETTE: CLARA IMMERWAHR	73
5.6.1	<i>Biographie von Clara Immerwahr</i>	<i>73</i>
5.6.2	<i>Interaktive historische Vignette: Clara Immerwahr und ihr Leben für eine menschenwürdige Wissenschaft</i>	<i>75</i>
5.6.3	<i>Einbindung in den Unterricht</i>	<i>77</i>
5.6.4	<i>Hinweise auf NOS-Aspekte</i>	<i>78</i>
5.7	INTERAKTIVE HISTORISCHE VIGNETTE: TEFLON.....	80
5.7.1	<i>Interaktive historische Vignette: „Entdeckung“ des Teflons</i>	<i>80</i>
5.7.2	<i>Reflexion über die vorliegende Vignette</i>	<i>82</i>
5.8	ZUSAMMENFASSUNG	83
6	ZUSAMMENFASSUNG	85
7	ANHANG	87
8	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	88
9	LITERATURVERZEICHNIS	89
10	ERKLÄRUNG.....	93
11	LEBENS LAUF.....	94

1 Einleitung

Was sind Naturwissenschaften? Welche Denk- und Arbeitsweisen liegen in den Naturwissenschaften vor? Wodurch werden diese beeinflusst? Wie kommt naturwissenschaftliches Wissen zustande? Die Auseinandersetzung mit diesen und anderen Fragen fällt in jenen thematischen Bereich, der gemeinhin als „Natur der Naturwissenschaften“ (NdN) oder „nature of science“ (NOS) bezeichnet wird. Der Ausdruck „Natur“ bzw. „nature“ bezieht sich in diesem Zusammenhang jedoch „nicht auf den Gegenstandsbereich der Naturwissenschaften“ (Höttecke 2001a, S. 19), sondern wird in der Bedeutung von Wesen oder Beschaffenheit verwendet. Die Natur der Naturwissenschaften beschäftigt sich demnach mit charakteristischen Merkmalen der Naturwissenschaften. Eine eindeutige Antwort auf die Frage, was die Natur der Naturwissenschaften ist, gibt es nicht. Nicht nur die Naturwissenschaften selbst, sondern auch andere Disziplinen wie die Geschichte (Wissenschaftsgeschichte), die Soziologie oder die Philosophie (Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie) reflektieren darüber und versuchen auf die Frage, was unter Naturwissenschaften zu verstehen ist und wie diese funktionieren, Antworten zu geben (vgl. Höttecke 2001a, S. 1, 19).

1.1 Begründung der Themenwahl

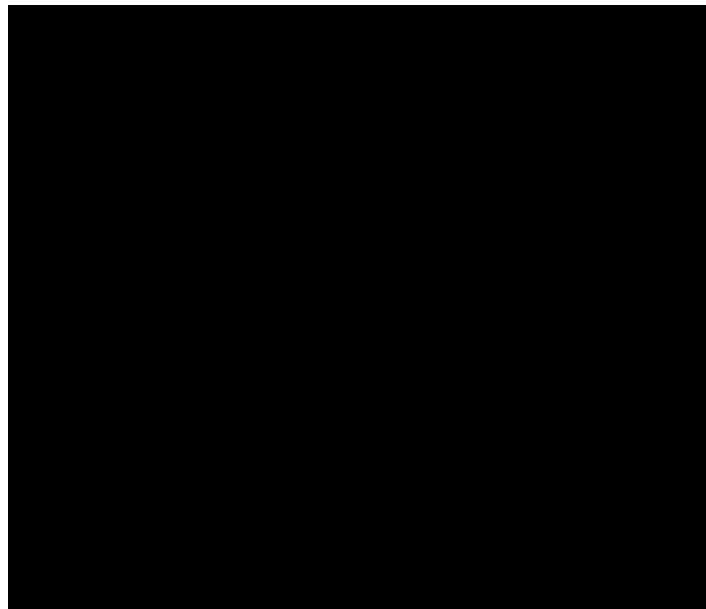
Im Rahmen meiner Ausbildung (Lehramt Chemie, Psychologie und Philosophie) warf ich des Öfteren einen Blick in den Lehrplan der allgemein bildenden höheren Schule (AHS). Dabei wurde mir immer wieder vor Augen geführt, dass Schule neben der Vermittlung von Wissen noch viele weitere Beiträge zur Bildung der Schüler und Schülerinnen liefert, denn „Bildung ist mehr als die Summe des Wissens, das in den einzelnen Unterrichtsgegenständen erworben werden kann“ (Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur o.J., S. 3). Dazu ist etwa folgendes im Lehrplan zu lesen:

„Die allgemein bildende höhere Schule hat im Sinne des § 2 des Schulorganisationsgesetzes an der Heranbildung der jungen Menschen mitzuwirken, nämlich beim Erwerb von Wissen, bei der Entwicklung von Kompetenzen und bei der Vermittlung von Werten. Dabei ist die Bereitschaft zum selbstständigen Denken und zur kritischen Reflexion besonders zu fördern. Die Schülerinnen und Schüler sind in ihrem Entwicklungsprozess zu einer sozial orientierten und positiven Lebensgestaltung zu unterstützen.“ (Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur o.J., S. 1)

In diesem Sinne kann auch eine umfassende naturwissenschaftliche Bildung nicht mit der bloßen Beherrschung von Fachwissen gleichgesetzt werden. Dennoch habe ich

aus meinen eigenen Erfahrungen und aus vielen Erzählungen meiner Verwandten und Bekannten oftmals den Eindruck gewonnen, der herkömmliche naturwissenschaftliche Unterricht orientiere sich allein an der Vermittlung von fachlichen Inhalten.

Interessant in diesem Zusammenhang ist auch das Konzept der Scientific Literacy, die im Rahmen von PISA als „naturwissenschaftliche Grundbildung“ (Gräber & Nentwig 2002a, S. 13) oder als „Naturwissenschafts-Kompetenz“ (Schreiner 2007b, S. 8) übersetzt wird. Eine einheitliche Definition existiert nicht. Sehr interessant finde ich die Definition von Scientific Literacy als „Schnittmenge verschiedener Kompetenzen“ (Gräber, Nentwig & Nicolson 2002b, S. 136), die in Abbildung 1 illustriert wird.



Zu erkennen ist auch hier, dass für den Erwerb einer naturwissenschaftlichen Grundbildung nicht ausschließlich die Beherrschung des Sachwissens ausschlaggebend ist. Die in Abbildung 1 angeführten Kompetenzen sind aber natürlich nicht allein für das Erlangen einer naturwissenschaftlichen Kompetenz wesentlich, sondern diese sind in Abhängigkeit von der jeweiligen Domäne unterschiedlich ausgeprägt (vgl. Gräber u.a. 2002b, S. 137-139). So unterscheidet sich nach Gräber u.a. (2002b, S. 138) etwa die Lernkompetenz, die für das Lernen einer Gedichtinterpretation von Bedeutung ist, von jener, die für das Verstehen von naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten notwendig ist. Im Hinblick auf das Thema der vorliegenden Arbeit sind v.a. die epistemologische und die ethische

Kompetenz hervorzuheben. Für die Aneignung einer epistemologischen Kompetenz ist es z.B. wichtig zu wissen, wie naturwissenschaftliches Wissen zustande kommt, welche Fragestellungen im Rahmen der Naturwissenschaften eine Rolle spielen oder Bescheid zu wissen, dass naturwissenschaftliches Wissen und dessen Objektivität durch außerwissenschaftliche Bedingungen beeinflusst werden (vgl. Gräber u.a. 2002b, S. 138). Auch der Erwerb einer ethischen Kompetenz wird in diesem Zusammenhang gefordert. Epistemologische und ethische Aspekte sind im Bereich der Natur der Naturwissenschaften von großer Wichtigkeit.

Mit obigen Ausführungen möchte ich die Bedeutung meines Diplomarbeitsthemas für den praktischen Unterricht demonstrieren. Die zentrale Aufgabe des Naturwissenschaftsunterrichts besteht darin, Schülern und Schülerinnen naturwissenschaftliches Wissen zu vermitteln. Dieses Wissen mit NOS-Aspekten zu ergänzen, kann als eine Bereicherung für die Bildung der Schüler und Schülerinnen gesehen werden. Der Gesichtspunkt, dass das Schreiben der Arbeit für meine Zukunft als Chemielehrerin einen Nutzen haben sollte, stellte ein Kriterium bei der Auswahl meines Diplomarbeitsthemas dar.

Da mir die Vorlesung zur Geschichte der Chemie, die ich während meiner universitären Ausbildung zu absolvieren hatte, besonders gut gefiel, und ich sehr gerne Erzählungen über das Leben und über Schicksale berühmter Personen höre, wollte ich die Geschichte der Naturwissenschaften in der einen oder anderen Weise in meine Arbeit einbinden. Meiner Ansicht nach kann die Einbeziehung von spannenden Geschichten den naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere die beiden Fächer Chemie und Physik, zum Leben erwecken und dadurch möglicherweise die Beliebtheit dieser Fächer steigern. Außerdem können Anekdoten etwas Abwechslung in den Unterricht hineinbringen und die Bereitschaft zuzuhören eventuell erhöhen (vgl. Story Telling).

Diese Arbeit soll dazu beitragen, das Thema „Natur der Naturwissenschaften“ generell sowie seine Relevanz für den praktischen Unterricht zu verdeutlichen. Es soll zudem Aufmerksamkeit auf die Möglichkeit, naturwissenschaftsgeschichtliche Aspekte in den Unterricht einzuflechten, gerichtet werden. Zwei interaktive historische Vignetten gegen Ende der Arbeit sollen interessierten Lesern und Leserinnen eine Methode zeigen, mit deren Hilfe eine Diskussion und Reflexion von NOS-Aspekten im Unterricht stattfinden könnte. Des Weiteren soll diese Arbeit dazu anregen, über

Naturwissenschaften und den naturwissenschaftlichen Unterricht im Allgemeinen nachzudenken.

1.2 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit setzt sich eingehend mit der Natur der Naturwissenschaften auseinander. Zunächst wird eine fundierte theoretische Basis geschaffen, im Rahmen derer das Thema in vielerlei Hinsicht näher beleuchtet wird. Aber auch praktische Gesichtspunkte kommen nicht zu kurz. Es wird des Öfteren auf Studien eingegangen, die im Zusammenhang mit der Natur der Naturwissenschaften stehen. Zudem wird eine Unterrichtsmethode vorgestellt, die Schülern und Schülerinnen Kennzeichen der Naturwissenschaften näherbringen und den Aufbau eines adäquaten Naturwissenschaftsverständnisses fördern soll.

In Kapitel 2 steht der Ausdruck der epistemologischen Überzeugungen im Mittelpunkt. Es handelt sich hierbei um subjektive Vorstellungen über Wissen im Allgemeinen oder über Wissen in spezifischen Domänen wie z.B. den Naturwissenschaften (vgl. Köller u.a. 2000, S. 230). Nach einer Begriffsklärung werden drei Ansätze zu epistemologischen Theorien dargestellt und Methoden zur Erfassung derartiger Ansichten skizziert. Ausführungen zum Einfluss epistemologischer Überzeugungen auf das Lernen in der Schule beschließen Kapitel 2.

Die Natur der Naturwissenschaften im Speziellen bildet den thematischen Schwerpunkt des 3. Kapitels. Zu Beginn wird der Frage, was unter der Natur der Naturwissenschaften zu verstehen ist, nachgegangen. Es kann jedoch bereits vorweggenommen werden, dass es eine allgemeingültige Definition für diesen Ausdruck nicht gibt. Im Anschluss daran werden Argumente genannt, die für eine Einbindung von NOS-Aspekten in den Unterricht sprechen. Um überhaupt diese Gesichtspunkte in den Unterricht einfließen lassen zu können, ist es essentiell, adäquate Ansichten über die Naturwissenschaften, die unter Experten und Expertinnen einen weitgehenden Konsens erzielen, zu identifizieren und sich darüber Gedanken zu machen. Dabei ist zu bedenken, dass jede Person, sei es ein Schüler, eine Schülerin oder eine (angehende) Lehrperson, über solche Vorstellungen verfügt. Oftmals sind diese Auffassungen – wie vielen Untersuchungen zu entnehmen ist – relativ unreflektiert und entsprechen nicht der Realität. Daher wird in Kapitel 3 das

Naturwissenschaftsverständnis der Schüler und Schülerinnen näher in den Blick genommen. Die Aussage Hötteckes „Gar nicht über die NdN zu unterrichten, ist also nicht möglich.“ (Höttecke u.a. 2007, S. 2) weist darauf hin, wie wichtig adäquate Ansichten über die Naturwissenschaften v.a. auch auf Seiten der Lehrer und Lehrerinnen sind, um ein angemessenes Verständnis der Schüler und Schülerinnen über Naturwissenschaften zu fördern. Daher werden im Weiteren Vorstellungen von Lehramtsstudierenden zur Natur der Naturwissenschaften aufgegriffen und näher betrachtet. Zudem werden ausgewählte Projekte aus dem deutschsprachigen Raum, die sich auf die vorliegende Thematik beziehen, geschildert. Den Abschluss des 3. Kapitels bildet die PISA-Studie 2006, in der Aufgaben zum Kenntnisstand der Schüler und Schülerinnen über die Naturwissenschaften enthalten sind. Damit ist es bis zu einem gewissen Grad möglich, auf das Naturwissenschaftsverständnis der Probanden und Probandinnen zu schließen.

Zentral in Kapitel 4 ist die Geschichte der Naturwissenschaften. Zunächst wird den von Höttecke formulierten Sichtweisen „Naturwissenschaften als Aktivität von Menschen verstehen“ (Höttecke 2004a, S. 45) und „Naturwissenschaften als Prozess verstehen“ (Höttecke 2004a, S. 47) Beachtung geschenkt. Anschließend wird im Besonderen auf den Einsatz der Chemieggeschichte im Unterricht eingegangen. Es werden Gründe, die für eine derartige Einbindung, und Argumente, die dagegen sprechen, angeführt.

Eine Möglichkeit, um die Geschichte der Naturwissenschaften in den Unterricht zu integrieren und auf diesem Wege Merkmale der Naturwissenschaften zu veranschaulichen, stellt die interaktive historische Vignette dar. Diese Methode wird im Folgenden ausführlich beschrieben. Zwei interaktive historische Vignetten, die im Rahmen dieser Diplomarbeit entwickelt wurden, runden die theoretischen Darstellungen ab.

2 Epistemologische Überzeugungen

Jeder Mensch hat eine eigene Sichtweise davon, wie Wissen in den Wissenschaften gewonnen wird, welche Methoden dafür verwendet werden oder welche Gültigkeit wissenschaftliches Wissen aufweist. Diese und ähnliche Ansichten werden in der Literatur unter dem Begriff der epistemologischen¹ Überzeugungen zusammengefasst und von Priemer folgendermaßen charakterisiert: „Epistemologische Überzeugungen bezeichnen individuelle subjektive Ansichten, Auffassungen und Theorien über die Genese, Ontologie, Bedeutung, Rechtfertigung und Gültigkeit von Wissen in den Wissenschaften. Sie spiegeln damit Grundauffassungen und Einstellungen gegenüber Wissenschaften wider“ (Priemer 2006, S. 160). Bei epistemologischen Überzeugungen handelt es sich um Vorstellungen, „die Personen über das Wissen und den Wissenserwerb generell oder in spezifischen Domänen entwickeln“ (Köller, Baumert & Neubrand 2000, S. 230).

2.1 Modelle epistemologischer Überzeugungen

In Anlehnung an Priemer (2006, S. 162-164) sowie Urhahne und Hopf (2004, S. 72-74) werden im Folgenden verschiedene Modelle epistemologischer Überzeugungen kurz dargestellt.

- Entwicklungs- und Stufenmodelle

Ein Modell, das sich mit der Entwicklung epistemologischer Überzeugungen in Stufen auseinandersetzt, ist jenes von William G. Perry. Bereits Ende der 1950er Jahre interviewte Perry Collegestudenten und Collegestudentinnen zu ihren Vorstellungen und Veränderungen ihrer Ansichten im Laufe der Ausbildung. In einem neunstufigen Entwicklungsschema zeigte er, dass ein zu Beginn vorliegendes dualistisches Verständnis, Wissen als richtig oder als falsch zu betrachten, von einer zunehmend relativistischen Perspektive (Wissen ist unsicher, veränderlich und interpretierbar) gegen Ende der Collegezeit abgelöst wurde. Während die untersuchten Studenten

¹ Der Ausdruck „Epistemologie“ kommt aus dem Griechischen und setzt sich aus den beiden Begriffen „episteme“ (Wissen, Kenntnis, Wissenschaft) und „logos“ (Vernunft, Lehre) zusammen (vgl. Prechtl u.a. 2008, S. 144).

und Studentinnen am Anfang der Auffassung waren, „dass Wissen als einfache, unveränderliche Tatsachen von scheinbar allwissenden Autoritäten weitergegeben wird“ (Urhahne u.a. 2004, S. 72), änderte sich gegen Ende ihre Sichtweise dahingehend, „dass Wissen komplex und wandelbar sei und auf der Ratio und empirischen Untersuchungen beruht“ (Urhahne u.a. 2004, S. 72).

- Modelle mit unabhängigen Dimensionen

Bedeutend in diesem Zusammenhang sind u.a. Arbeiten von Marlene Schommer (1990). Diese versteht unter epistemologischen Überzeugungen ein multidimensionales System, das aus voneinander unabhängigen Ansichten besteht. Anhand eines Fragebogens wurden die Ausprägungen folgender vier epistemologischer Überzeugungen auf einem Kontinuum erfasst:

1. „Stabilität des Wissens“: Die Vorstellungen zur Beständigkeit von Wissen sind zwischen den extremen Polen „Wissen bleibt immer gleich“ und „Wissen entwickelt sich andauernd weiter“ angesiedelt.
2. „Struktur des Wissens“: Die Spannweite der Auffassungen reicht hier von „Wissen setzt sich aus einzelnen, isoliert nebeneinander stehenden Fakten zusammen“ bis „Wissen besteht aus voneinander abhängigen Konzepten“.
3. „Lerngeschwindigkeit“: Die Vorstellungen über die Schnelligkeit des Lernens liegen zwischen den konträren Sichtweisen „Wissen wird sehr rasch oder gar nicht angeeignet“ und „Lernen erfolgt allmählich“.
4. „Lernfähigkeit“: Diese Dimension bezieht sich auf Ansichten „zur Bedeutung angeborener Fähigkeiten zum Lernen“ (Priemer 2006, S. 163).

Der fünfte Faktor, die „Quelle des Wissens“, konnte von Schommer nicht entsprechend nachgewiesen werden.

Ein weiteres multidimensionales Modell stammt von Hofer und Pintrich (1997). Es handelt sich hierbei um einen vierdimensionalen Ansatz bestehend aus den beiden Bereichen „Vorstellungen über die Struktur des Wissens“ und „Vorstellungen über die Struktur des Wissenserwerbs“. Jeder dieser beiden Bereiche weist jeweils wieder zwei epistemologische Komponenten auf. Der erste Bereich beinhaltet die Dimension „Sicherheit des Wissens“, die Schommers „Stabilität des Wissens“ entspricht, und die Dimension „Komplexität des Wissens“, die mit der „Struktur des Wissens“ aus Schommers Modell vergleichbar ist. Der Bereich „Vorstellungen über die Struktur des Wissenserwerbs“ enthält zudem die Dimensionen „Quelle des Wissens“ und

„Rechtfertigung des Wissens“. Die „Quelle des Wissens“ beschäftigt sich mit der epistemologischen Theorie, wie jemand zu Wissen kommt (z.B. durch Übernahme des Wissens von Autoritäten oder durch Konstruktion). Die Dimension „Rechtfertigung des Wissens“ bezieht sich auf den Umgang einer Person mit Aussagen und Beweisen.

- Ansätze der Naturwissenschaftsdidaktik

Im Rahmen von naturwissenschaftsdidaktischen Ansätzen wird das Augenmerk verstärkt auf die Erfassung von Vorstellungen über Naturwissenschaften gelegt. Damit ist auch eine Prüfung in Hinblick auf deren Konsistenz und Adäquatheit verbunden. Dieser Bereich der Forschung zielt darauf ab, Schülern und Schülerinnen durch eine entsprechende Unterrichtsgestaltung zu möglichst angemessenen Ansichten über Naturwissenschaften zu verhelfen. Dabei besteht jedoch die Schwierigkeit, dass Expertenmeinungen, welche epistemologischen Auffassungen bzw. welche Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften als adäquat anzusehen sind und unterrichtet werden sollen, oftmals divergieren. Ein Minimalkonsens ist diesbezüglich aber vorhanden.

2.2 Methoden zur Erfassung von epistemologischen Überzeugungen

In diesem Kontext weisen Urhahne u.a. (2004, S. 74) darauf hin, dass eindimensionale Entwicklungsmodelle eher auf Interviews zurückgreifen, um epistemologische Überzeugungen festzustellen, im Gegensatz zu mehrdimensionalen Ansätzen, die zur Verwendung von Fragebögen tendieren. Neben Interviews und Fragebögen gibt es noch andere Verfahren, um Vorstellungen über Wissen und Wissenserwerb zu erfassen. Priemer (2006, S. 164-165) führt folgende Methoden an, die zu diesem Zweck eingesetzt werden: Fragebögen, nicht-teilnehmende Beobachtungen, Interviews, lautes Denken, Situationseinschätzungen und die Auswertung von Material. Dabei ist das Ziel der Untersuchung ausschlaggebend dafür, welches Verfahren Verwendung findet. Bei Priemer ist dazu folgendes zu lesen: „Bei der Wahl der Instrumente ist dem Ziel der Untersuchung folgend abzuwägen zwischen der erwünschten Standardisierung, der Vergleichbarkeit, dem inhaltlichen Umfang, der Objektivität, der Möglichkeiten der

Interpretation der Daten und Ergebnisse bzw. der Aussagekraft und Nutzung der Ergebnisse und des Aufwands der Erhebung“ (Priemer 2006, S. 166).

- Fragebögen („Paper-Pencil-Tests“)

Ein Fragebogen setzt sich aus mehreren Multiple-Choice- und / oder offenen Fragen zusammen, die in einer gewissen Zeitspanne bearbeitet werden (vgl. Priemer 2006, S. 164). Die Vor- und Nachteile dieser Methode werden von Priemer (2006, S. 165,167) wie folgt beschrieben: Einerseits ist es beim Einsatz von Fragebögen möglich, sehr viele Probanden und Probandinnen in relativ kurzer Zeit zu befragen, die Antworten ein- und derselben Person oder unterschiedlicher Menschen zu verschiedenen Zeitpunkten zu vergleichen, Daten quantitativ zu erfassen und auszuwerten. Andererseits können insbesondere auf diesem Wege epistemologische Überzeugungen oft nur in verzerrter Form, oberflächlich und fragmentarisch erhoben werden, da häufig vereinfachte, verkürzte Items mit extremen Polen vorliegen.

- Nicht-teilnehmende Beobachtungen

Aktivitäten von Probanden und Probandinnen werden unter bestimmten Kriterien beobachtet und ausgewertet, mit dem Ziel vorhandene epistemologische Vorstellungen der untersuchten Personen festzustellen (vgl. Priemer 2006, S. 164). (Schwierigkeiten siehe „Auswertung von Material“)

- Interviews

Epistemologische Überzeugungen können auch mit Hilfe von Interviews erfasst werden. Unter einem Interview wird ein Gespräch zwischen einem Fragesteller / einer Fragestellerin und einer zu befragenden Person verstanden, um an bestimmte Informationen zu kommen (vgl. Zimbardo u.a. 2004, S. 43). Dabei ist wiederum zu bedenken, dass auch dieses Verfahren mit bestimmten Vorzügen und Schwierigkeiten behaftet ist. Priemer (2006, S. 164) zufolge weisen Interviews etwa den Vorteil auf, dass Rückfragen gestellt werden können, um entsprechende Ansichten der Probanden und Probandinnen besser nachvollziehen zu können. Problematisch im Falle von Interviews sind nach Priemer (2006, S. 165,167) u.a. der hohe Zeitaufwand und die Vergleichbarkeit, ebenso wie die Tatsache, dass die Antworten der Probanden und Probandinnen vom Untersuchungsleiter / von der

Untersuchungsleiterin verschieden interpretiert und die Fragestellungen selbst unterschiedlich verstanden werden können.

- Lautes Denken

Die Methode des lauten Denkens ermöglicht einen Einblick in Denkprozesse, indem der Proband / die Probandin seine / ihre Gedanken laut ausspricht, während er / sie eine komplexe Aufgabe löst (vgl. Zimbardo u.a. 2004, S. 208). Da das Verfahren des lauten Denkens für die untersuchten Personen ungewohnt ist, stellt sich die Frage, inwieweit die Methode an sich einen Einfluss auf deren Meinungsbildung ausübt (vgl. Priemer 2006, S. 166).

- Situationseinschätzungen („Critical Incidents“)

Den Probanden und Probandinnen werden bestimmte Situationen gezeigt, über die sie ihre Meinung äußern sollen (vgl. Priemer, S. 164). (Schwierigkeiten siehe „Auswertung von Material“)

- Auswertung von Material

Durch die Auswertung von schriftlichem Material (z.B. im Unterricht verwendete Arbeitsblätter, Lehrplan) ist es zu einem gewissen Teil möglich, auf Ansichten der Autoren und Autorinnen Rückschlüsse zu ziehen (vgl. Priemer 2006, S. 164-165). Priemer (2006, S. 166) zufolge tritt jedoch hierbei, ebenso wie bei der Beschreibung von Situationen oder bei Beobachtungen, die Frage auf, inwiefern daraus tatsächlich auf entsprechende Auffassungen der Probanden und Probandinnen geschlossen werden kann.

2.3 Einfluss epistemologischer Überzeugungen auf das Lernen

Beeinflussen epistemologische Überzeugungen Lernprozesse? Und wenn ja, welche Auswirkungen können epistemologische Theorien auf das Lernen in der Schule haben?

Die Relevanz von epistemologischen Überzeugungen für das schulische Lernen konnte bereits in mehreren Untersuchungen demonstriert werden, so auch in

Arbeiten von Köller u.a. (2000). Diese stellten Einflüsse epistemologischer Überzeugungen auf das Interesse, auf die Wahl der Lernstrategien (Memorier- und Elaborationsstrategien) und auf die Fachleistung fest (vgl. Köller u.a. 2000, S. 260-269). Daher zogen sie aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen den Schluss, „dass epistemologische Überzeugungen ein wichtiges, bislang nicht ausreichend gewürdigtes Element motivierten und verständnisvollen Lernens in der Schule darstellen“ (Köller u.a. 2000, S. 269).

Auch Urhahne u.a. (2004, S. 75-83), auf deren Ausführungen sich dieser Abschnitt im Weiteren stützt, gingen der Frage nach der Bedeutung epistemologischer Überzeugungen für schulisches Lernen nach. Für ihre Untersuchung wurde ein Modell von Hofer (2001) herangezogen (siehe Abbildung 2). Diesem zufolge wirken sich epistemologische Theorien der Lehrer und Lehrerinnen auf deren Handeln im Unterricht und in weiterer Folge auf epistemologische Überzeugungen der Schüler und Schülerinnen aus. Hofers Modell illustriert zudem den Zusammenhang zwischen epistemologischen Theorien der Schüler und Schülerinnen und ihren Lernprozessen, der durch die drei Variablen Lernmotivation, Lernstrategien und Überzeugungen über Lernen und Unterricht vermittelt wird.

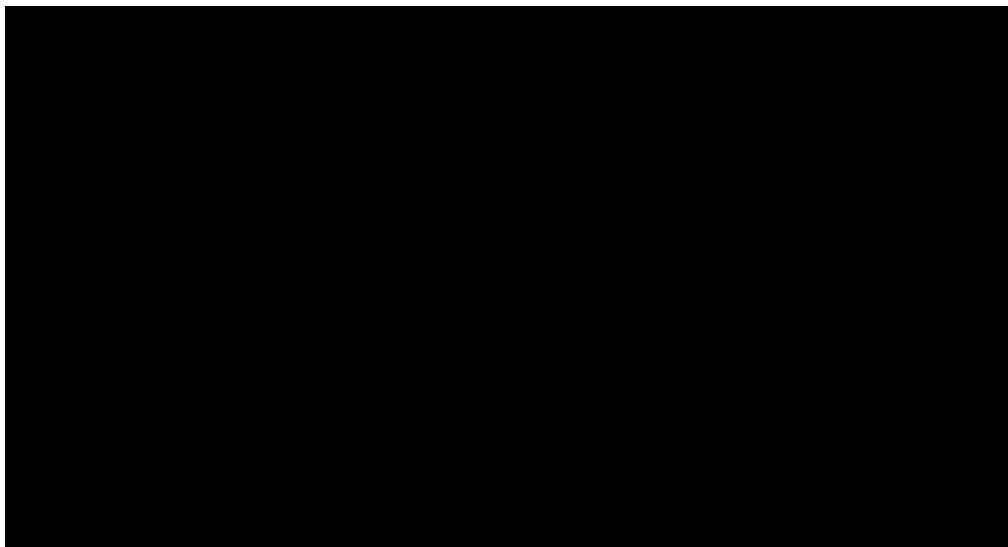


Abbildung 2: Hofers Modell zum Einfluss epistemologischer Überzeugungen auf das schulische Lernen (Urhahne u.a. 2004, S. 76)

Urhahne u.a. zielten mit ihrer Untersuchung darauf ab, mögliche Zusammenhänge zwischen den epistemologischen Theorien der Schüler und Schülerinnen und den drei angesprochenen Mediatorvariablen festzustellen. Dabei wurde das Augenmerk im Bereich der Lernmotivation auf das naturwissenschaftliche Interesse und die

Leistungsmotivation gelegt. Im Falle der Lernstrategien wurden Wiederholungs-, Elaborations-, Anstrengungs- und Kontrollstrategien in den Blick genommen. Bei den Überzeugungen über Lernen und Unterricht wurden fachspezifische Selbstkonzepte in Biologie und Physik erfasst. Das fachspezifische Selbstkonzept in Chemie nimmt dabei – Studien zufolge – eine Mittelposition zwischen der Biologie und der Physik ein.

Zur Erfassung epistemologischer Überzeugungen in den Naturwissenschaften wurde ein Fragebogen mit 26 Items verwendet, wodurch die vier Dimensionen „Quelle des Wissens“, „Sicherheit des Wissens“, „Entwicklung des Wissens“ und „Rechtfertigung des Wissens“ erhoben wurden. Es handelt sich hierbei um eine Übersetzung eines Fragebogens von Conley u.a. („Certain Epistemological Beliefs Scale“, 2004) aus dem englischsprachigen Raum (vgl. Priemer 2006, S. 170). Ein Blick auf die vier Dimensionen lässt erkennen, dass der Fragebogen im Grunde auf dem bereits erwähnten vierdimensionalen Ansatz von Hofer und Pintrich (1997) beruht. Anstelle der Dimension „Komplexität des Wissens“ findet sich jedoch die Dimension „Entwicklung des Wissens“.

167 deutsche Schüler und Schülerinnen aus drei Gymnasien (9. Schulstufe) bearbeiteten zusätzlich zu diesem Fragebogen mehrere Items zu ihrem naturwissenschaftlichen Interesse, zu ihrer Leistungsmotivation, zu fachspezifischen Selbstkonzepten in Biologie und Physik sowie zu ihren Lernstrategien. Im Rahmen der Lernstrategien wurden – wie bereits angeführt – Wiederholungsstrategien (Auswendiglernen), Elaborationsstrategien (Vernetzung von neuen Inhalten mit bereits bestehendem Wissen), Kontrollstrategien (Planen und Überprüfen des Lernprozesses) und Anstrengungsstrategien (Lernfleiß) erfasst.

Die Ergebnisse dieser Studie werden im Folgenden kurz dargestellt (siehe auch Abbildung 3):

- Schüler und Schülerinnen, die über die Entstehung von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen besser Bescheid wissen und die Bedeutung von Experimenten für den Wissenserwerb in den Naturwissenschaften adäquater einschätzen können (Dimension „Rechtfertigung des Wissens“), weisen ein größeres naturwissenschaftliches Interesse, eine höhere Leistungsmotivation, ein höheres fachspezifisches Selbstkonzept auf und nutzen verstärkt Elaborationsstrategien und Kontrollstrategien.

- Schüler und Schülerinnen, die an eine Entwicklung des Wissens glauben, besitzen eine höhere Leistungsmotivation sowie ein höheres fachspezifisches Selbstkonzept und kontrollieren vermehrt ihre Lernprozesse.
- Schüler und Schülerinnen, die sich für die Sicherheit des Wissens aussprechen, wenden öfter Wiederholungsstrategien beim Lernen an. Entgegen den Erwartungen zeigte sich, dass naturwissenschaftlich interessierte Schüler und Schülerinnen vermehrt von der Sicherheit des Wissens überzeugt sind.
- Die von Urhahne u.a. formulierte Hypothese, dass reifere epistemologische Überzeugungen nicht nur ein größeres naturwissenschaftliches Interesse, eine höhere Leistungsmotivation und ein höheres fachspezifisches Selbstkonzept mit sich bringen, sondern auch mit einer stärkeren Verwendung von kognitiv aufwendigeren Elaborations-, Kontroll- und Anstrengungsstrategien und einem geringeren Gebrauch von weniger anspruchsvollen Wiederholungsstrategien verknüpft sind, konnte im Bereich der Dimension „Quelle des Wissens“ nicht bestätigt werden. Schüler und Schülerinnen, die „Autoritäten als Vermittler des naturwissenschaftlichen Wissens anerkennen“ (Urhahne u.a. 2004, S. 82), sind naturwissenschaftlich interessierter, zeigen eine größere Anstrengungsbereitschaft, überwachen ihr Lernen und durchdenken die Lerninhalte. Nach Urhahne u.a. können diese vorliegenden Ergebnisse möglicherweise auf den Entwicklungsstand (Pubertät) der Schüler und Schülerinnen zurückgeführt werden.

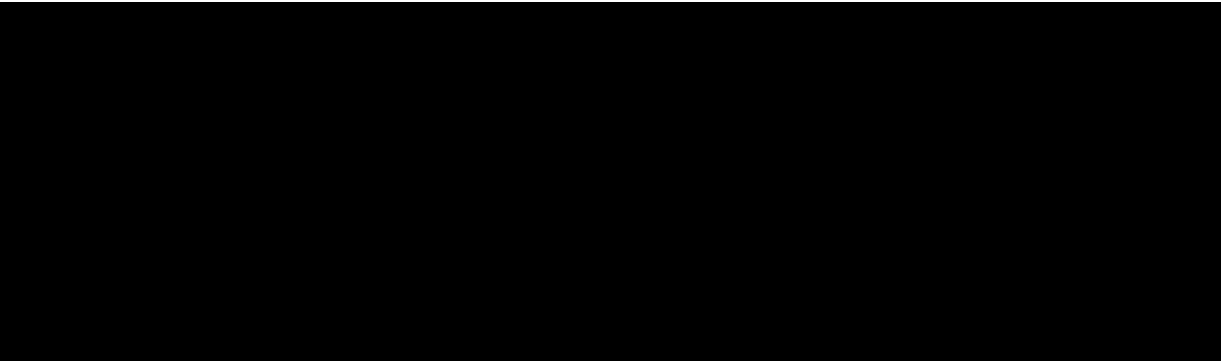


Abbildung 3: Bivariate Korrelationen zwischen epistemologischen Überzeugungen sowie Motivation, Lernstrategien und fachspezifischen Selbstkonzepten (Urhahne u.a. 2004, S. 79)
Anmerkungen: * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

2.4 Zusammenfassung

Unter epistemologischen Überzeugungen können sowohl generelle, domänenunspezifische Ansichten über Wissen und Wissenserzeugung als auch entsprechende Auffassungen in bestimmten Wissenschaftsdisziplinen subsumiert sein. Epistemologische Überzeugungen, die in direktem Zusammenhang zu Naturwissenschaften stehen, werden häufig als Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften bezeichnet und spielen in Ansätzen der Naturwissenschaftsdidaktik eine zentrale Rolle. Als weitere Ansätze epistemologischer Überzeugungen sind Entwicklungs- und Stufenmodelle sowie multidimensionale Modelle zu nennen. Die Erfassung epistemologischer Ansichten kann auf unterschiedlichen Wegen erfolgen: über Fragebögen, nicht-teilnehmende Beobachtungen, Interviews, lautes Denken, Situationseinschätzungen oder über die Auswertung von Material. Jedes Verfahren weist dabei gewisse Stärken und Schwächen auf, die bei der Verwendung der jeweiligen Methode nicht aus den Augen verloren werden sollten. Durch Einsatz dieser Verfahren war es möglich, die Bedeutung epistemologischer Überzeugungen auf das Lernen in der Schule zu demonstrieren. Zusammenhänge zwischen epistemologischen Theorien und Interesse, Lernstrategien und Leistung wurden gefunden und stellen einen Grund dar, der für eine Beachtung epistemologischer Überzeugungen im Unterricht spricht.

3 Die Natur der Naturwissenschaften

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts plädieren Pädagogen und Pädagoginnen sowie Naturwissenschaftsdidaktiker und -didaktikerinnen dafür, über das Wesen der Naturwissenschaften im Unterricht zu reflektieren (vgl. Kircher & Dittmer 2004, S. 2). Die hier angesprochene Thematik wird gemäß der im englischsprachigen Raum üblichen Formulierung „nature of science“ als „Natur der Naturwissenschaften“ bezeichnet. Grygier, Günther und Kircher sprechen in diesem Zusammenhang vereinfachend von „Wissenschaftsverständnis“ (Grygier u.a. 2007, S. 1).

3.1 Was ist die Natur der Naturwissenschaften?

Eine allgemeingültige Definition für den Ausdruck „Natur der Naturwissenschaften“ lässt sich in der Literatur nicht finden. Nach Kircher u.a. (2004, S. 3) wurden darunter zunächst erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Gesichtspunkte der Naturwissenschaften verstanden. Mittlerweile hat sich das Verständnis diesbezüglich etwas gewandelt und es werden zusätzlich noch gesellschaftliche, politische und ethische Aspekte der Naturwissenschaften damit gemeint (vgl. Kircher u.a. 2004, S. 3).

McComas und Olson (1998, S. 49-51) weisen ebenfalls darauf hin, dass die Formulierung „Natur der Naturwissenschaften“ kein Synonym für philosophische Aspekte der Naturwissenschaften ist. Neben der Philosophie der Naturwissenschaften sind ihrer Ansicht nach noch drei weitere Disziplinen für ein umfassendes Naturwissenschaftsverständnis relevant: die Geschichte, die Soziologie und die Psychologie der Naturwissenschaften. Abbildung 4 illustriert die „Natur der Naturwissenschaften“ als Schnittfläche dieser vier Bereiche, wobei die Größe der Kreise das Ausmaß verdeutlicht, zu dem die Philosophie, die Geschichte, die Soziologie und die Psychologie der Naturwissenschaften zum Naturwissenschaftsverständnis beitragen (vgl. McComas u.a. 1998, S. 49-51).



Abbildung 4: Beiträge verschiedener Disziplinen zur Natur der Naturwissenschaften (McComas u.a. 1998, S. 50)

Einen schematischen Überblick zu zentralen NOS-Aspekten mit entsprechenden Beispielen bietet auch Abbildung 5.

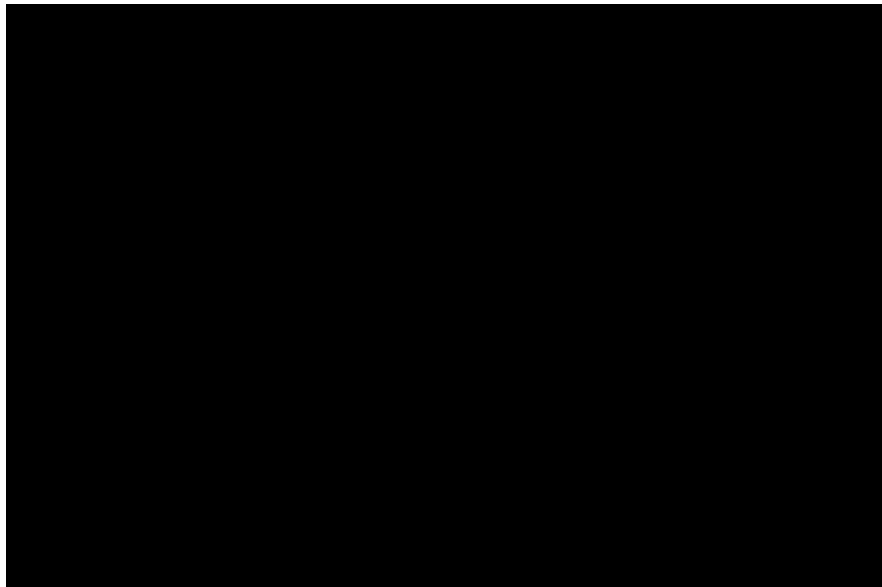


Abbildung 5: Überblick über die Natur der Naturwissenschaften (Kircher u.a. 2004, S. 19)

Die in der Graphik skizzierten Bereiche der Erkenntnistheorie, Wissenschaftstheorie und Ethik werden im Weiteren ausführlicher behandelt.

- Erkenntnistheoretische Aspekte

Kircher (1995, S. 223) nennt z.B. folgende zwei Fragen, die im Rahmen der Erkenntnistheorie wesentlich sind: Wie bilden naturwissenschaftliche Theorien die Realität ab? Welches Wissen können wir über die Wirklichkeit erlangen? Erkenntnistheoretische Aspekte beschäftigen sich demnach mit dem Verhältnis von Naturwissenschaften und Wirklichkeit und setzen sich mit den „Bedingungen, Möglichkeiten und Grenzen“ (Hügli u.a. 1998, S. 183) des Erkennens auseinander.

Im Zusammenhang mit den Naturwissenschaften sind – Kircher u.a. (2004, S. 9) zufolge – der Realismus und der Pragmatismus die zwei bedeutendsten Erkenntnistheorien.

Vertreter des Realismus gehen generell von der Auffassung aus, „daß die Wirklichkeit unabhängig von unserer Erfahrung und von unserem Bewußtsein existiert“ (Hügli u.a. 1998, S. 529). Der Realismus zeigt sich in verschiedenen Formen, z.B. als naiver, kritischer oder hypothetischer Realismus:

- Der naive Realismus, der mittlerweile als widerlegt betrachtet wird, geht von der Annahme aus, dass eine reale Welt existiert, die genauso ist, wie der Mensch sie wahrnimmt (vgl. Vollmer 1994, S. 35). Er spricht sich dafür aus, dass der Mensch mit Hilfe seiner sinnlichen Erfahrungen die Wirklichkeit auf direktem und sicherem Wege erkennen kann (vgl. Hügli u.a. 1998, S. 529).
- Der kritische Realismus nimmt ebenfalls an, dass es eine Realität gibt. Im Gegensatz zum naiven Realismus ist die reale Welt aus Sicht des kritischen Realismus jedoch nicht genauso beschaffen, wie sie auf den Menschen wirkt (vgl. Vollmer 1994, S. 35). Die Realität kann nicht direkt durch die Sinne erfasst werden, sondern es sind dafür „komplizierte „theoriegeleitete“ Apparaturen“ (Kircher 1995, S. 43) notwendig.
- Den Unterschied zwischen kritischem und hypothetischem Realismus formuliert Vollmer mit den folgenden Worten:

„[D]er hypothetische Realismus betont den hypothetischen Charakter *aller* Erkenntnis, und während der kritische Realismus wenigstens die Existenz der Welt als evident ansieht, als nicht hinterfragbar, als intuitiv garantiert [...] sieht [der hypothetische Realismus] selbst die Existenz der Welt als eine (wohlbegründete) Vermutung an und versucht, Argumente zur Stützung dieser Hypothese zu finden.“ (Vollmer 1988, S. 72)

Die zweite Erkenntnistheorie, die in diesem Zusammenhang Erwähnung findet, ist der Pragmatismus. Eine grundlegende Forderung des Pragmatismus besteht darin, Vorstellungen, Urteile, Handlungen u.Ä. bezüglich ihrer praktischen Wirkungen zu bewerten (vgl. Prechtel u.a. 2008, S. 477).

Die Frage nach der Wahrheit naturwissenschaftlicher Theorien wird von Realismus und Pragmatismus kontrovers beantwortet. Der moderne Realismus ist diesbezüglich der Auffassung, „dass sich naturwissenschaftliche Theorien immer mehr der „Wahrheit“ nähern, ohne aber dieses Ziel jemals zu erreichen“ (Kircher u.a. 2004, S. 9). Als relevant wird ein Verstehen und Erklären der Wirklichkeit gesehen (vgl. Kircher

u.a. 2004, S. 10). Aus Sicht des Pragmatismus hingegen existiert „keine absolute Wahrheit“ (Kircher 1995, S. 51). Wahrheit resultiert allein aus der Nützlichkeit für den Menschen, d.h. eine Aussage ist wahr, wenn sie für die Lebenspraxis förderlich und brauchbar ist (vgl. Halder 2000, S. 257). Kircher u.a. betonen in diesem Zusammenhang, dass *„es im Unterricht über die Natur der Naturwissenschaften um Argumente, um Für und Wider, um Interpretationen, nicht um die „wahre“ Erkenntnistheorie [geht]“* (Kircher u.a. 2004, S. 9), da diese Frage nach der Wahrheit letztlich nicht beantwortet werden kann.

Nach Kircher u.a. (2004, S. 10-11) sollen Schüler und Schülerinnen durch das Einbringen erkenntnistheoretischer Aspekte in den Unterricht mitunter ein Verständnis dafür entwickeln,

- dass erkenntnistheoretische Gesichtspunkte die Beziehung von Naturwissenschaften und Wirklichkeit in den Blick nehmen,
 - dass sich erkenntnistheoretische Ansichten auf die naturwissenschaftliche Arbeit und auf die Auslegung von Theorien auswirken,
 - dass experimentellen Belegen zwar eine große Bedeutung im Rahmen von naturwissenschaftlichen Entscheidungsprozessen zukommt, Theorien aber auf diesem Wege weder unwiderruflich beweisbar noch widerlegbar sind,
 - dass Theorien in den Naturwissenschaften grundsätzlich vorläufig sind
 - und dass erkenntnistheoretische Auffassungen auch auf ihre eigene Sichtweise von Naturwissenschaften Einfluss haben.
- Wissenschaftstheoretische Aspekte

Ein weiterer grundlegender Aspekt der Natur der Naturwissenschaften ist im Bereich der Wissenschaftstheorie angesiedelt. Nach Kircher u.a. geht die Wissenschaftstheorie vereinfacht gesagt der Frage „Was sind Naturwissenschaften?“ (Kircher u.a. 2004, S. 11) nach. Sie analysiert Begriffe wie „Theorie“, „Gesetz“ oder „Hypothese“ und setzt sich mit methodologischen Ausdrücken wie z.B. „Verifikation“ oder „Induktion“ auseinander (vgl. Kircher u.a. 2004, S. 13). In der Wissenschaftstheorie spielt zudem die Geschichte der Naturwissenschaften eine wichtige Rolle, wodurch der Forschungsprozess als ganzer (und nicht nur die vollendeten Theorien), Auswirkungen und Einflüsse zum Vorschein kommen (vgl. Kircher u.a. 2004, S. 11-12).

Nach Meyling sind wissenschaftstheoretische Überlegungen im Naturwissenschaftsunterricht in vielerlei Hinsicht relevant: „Wissenschaftstheoretische Reflexion im Unterricht hat eine

- (allgemein)bildende
 - weltanschauliche / ideologiekritische
 - methodische, lernpsychologische
 - exemplarische
 - kritische Funktion.“ (Meyling, H.: Wissenschaftstheorie im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe, zitiert nach Kircher 1995, S. 239)
- Technik- und wissenschaftsethische Aspekte

Zusätzlich zu erkenntnistheoretischen und wissenschaftstheoretischen Aspekten sind für das Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften auch technik- und wissenschaftsethische Aspekte wesentlich.

Kircher u.a. (2004, S. 14-15) unterscheiden zwei Sichtweisen von Technik, die im Folgenden kurz beschrieben werden. Traditionell wird Technik als bloßes Mittel zum Zweck der Unterstützung des Menschen gesehen, sie wird vom Menschen erfunden, kontrolliert und beherrscht. Die moderne Technik hingegen zeigt ein anderes Bild. Der Mensch ist von der Technik abhängig, da diese seinen Alltag und seine Lebenswelt entscheidend beeinflusst. Er ist nicht in der Lage autonom sein Handeln zu bestimmen und die Technik in ausreichendem Ausmaß zu verstehen. Nur wenige Spezialisten und Spezialistinnen kennen sich in eingeschränkten Bereichen der Technik aus. Dadurch stellt sich zwangsläufig die Frage, ob „nur diese Experten über die Entwicklung und den Einsatz dieser modernen Technik entscheiden“ (Kircher u.a. 2004, S. 15) sollen / können.

Ein weiterer problematischer Gesichtspunkt, der von obigen Autoren (2004, S. 15-17) genannt wird, ist der Zwiespalt von menschlicher Macht und Ohnmacht. Einerseits verleiht die Technik dem Menschen Macht, andererseits ist der Mensch aufgrund seines ungenügenden Wissens ohnmächtig, zuverlässige Voraussagen für die Zukunft zu machen. Themen wie Treibhauseffekt, Verwendung von physikalischen, chemischen und biologischen Waffen, der „gläserne“ Mensch, die nachhaltige Nutzung und Verteilung von Ressourcen, Umweltschutz u.v.m. spielen in den technik- und wissenschaftsethischen Bereich hinein und werfen komplexe Fragen auf, die einer Diskussion bedürfen.

Aus Sicht von Kircher u.a. (2004, S. 17) sollen die Verbindung von Technik und Naturwissenschaften, mögliche Risiken und Folgen für das Individuum und die ganze Erde im Unterricht nicht zuletzt deshalb thematisiert werden, weil Veränderungen des Verhaltens und der Einstellungen, die für die Zukunft unabdingbar sind, durch Bildung erzielt werden könnten.

3.2 Warum über die Natur der Naturwissenschaften lehren und lernen?

Der naturwissenschaftliche Unterricht hat die Aufgabe, Schülern und Schülerinnen Fachwissen zu vermitteln. Aus welchem Grund soll darüber hinaus noch über das Wesen der Naturwissenschaften gelernt werden? Auch Kircher u.a. werfen diese Frage auf und sprechen in diesem Zusammenhang „von einer „*Metastruktur des naturwissenschaftlichen Unterrichts*“ [...], die im Unterricht zusätzlich zur begrifflichen und methodischen Struktur gelernt werden soll“ (Kircher u.a. 2004, S. 3).

Kircher u.a. erwähnen in Anlehnung an Driver u.a. fünf Argumente, die für eine Beschäftigung mit NOS-Aspekten im Unterricht sprechen. Diese Gründe wurden von oben genannten Autoren folgendermaßen ins Deutsche übersetzt:

- *„Das Nützlichkeitsargument:* Ein Verständnis der Natur der Naturwissenschaften ist notwendig, wenn man Naturwissenschaften verstehen und technische Objekte und Prozesse handhaben und erledigen soll, die einem im täglichen Leben begegnen.
- *Das demokratische Argument:* Man muss das Wesen der Naturwissenschaften verstehen, damit man gesellschaftlich-naturwissenschaftliche Probleme verstehen und an Entscheidungsprozessen teilnehmen kann.
- *Das kulturelle Argument:* Ein solches Verständnis der Naturwissenschaften ist notwendig, um die Naturwissenschaften als ein wesentliches Element der gegenwärtigen Kultur zu schätzen.
- *Das moralische Argument:* Es ist von allgemeinem sittlichem Wert, die Normen der naturwissenschaftlichen Gemeinschaft mit ihren moralischen Verpflichtungen zu verstehen.

- *Das lernpsychologische Argument:* Erfolgreiches Lernen der naturwissenschaftlichen Inhalte wird dadurch gefördert, dass darin auch die Natur der Naturwissenschaften als Inhalt eingeschlossen ist.“ (Kircher u.a. 2004, S. 2-3)

Auch McComas, Clough und Almazroa (1998, S. 11-15) zeigen Argumente für das Lehren und Lernen über die Naturwissenschaften auf. Neben einer Weiterentwicklung von vorhandenen (inadäquaten) Naturwissenschaftsvorstellungen werden folgende Gründe genannt:

- NOS-Kenntnisse unterstützen das Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten. In einer Untersuchung von Songer und Linn (1991) wurde festgestellt, dass ein dynamisches Wissenschaftsverständnis ein ganzheitlicheres Verständnis von naturwissenschaftlichen Begriffen und Konzepten bedingt.
- Wissen über Naturwissenschaften fördert das Naturwissenschaftsverständnis. Adäquate Vorstellungen von der Natur der Naturwissenschaften spielen eine zentrale Rolle, um z.B. Stärken und Grenzen der Naturwissenschaften abzuschätzen oder die korrekte Bedeutung von verschiedenen Wissensformen, z.B. von Gesetz, Theorie oder Modell, in den Naturwissenschaften zu verstehen. Zudem sehen jene Menschen, die ein Verständnis dafür haben, dass naturwissenschaftliches Wissen zwar offen für Veränderungen und Modifikationen ist, aber dennoch einen ziemlich stabilen, dauerhaften Wissenskern besitzt, ein, dass durch die Korrektur oder das Verwerfen von einzelnen Fakten nicht ganze naturwissenschaftliche Bereiche in Frage gestellt werden müssen.
- Die Natur der Naturwissenschaften steigert das Interesse an den Naturwissenschaften und am naturwissenschaftlichen Unterricht. Die Vermittlung von NOS-Aspekten im Unterricht rückt u.a. auch die Bedeutung des Menschen in den Naturwissenschaften in den Fokus der Lernenden und verleiht den Naturwissenschaften einen lebendigen und abenteuerlichen Charakter.
- Realitätsnahe Vorstellungen über Naturwissenschaften tragen zu einer fundierten Entscheidungsfindung bei (vgl. demokratisches Argument nach Driver). Ein angemessenes Bild vom Wesen der Naturwissenschaften ist z.B.

im Rahmen der Bereitstellung von finanziellen Mitteln für die Forschung wesentlich.

- NOS-Kenntnisse leiten Lehrkräfte dazu an, ihren Unterricht an Modellen zu orientieren, die auf einen Konzeptwechsel abzielen. So können z.B. zwischen der historischen Entwicklung von naturwissenschaftlichen Konzepten und der persönlichen kognitiven Entwicklung gewisse Parallelen gezogen werden. Die historische Entwicklung von Konzepten in den Naturwissenschaften kann herangezogen werden, um Konzeptveränderungen der Lernenden zu veranschaulichen. Es wird ein Konzeptwechsel ausgehend von „naiven“ Vorstellungen in Richtung einer naturwissenschaftlich angemessenen Sichtweise angestrebt. Die Konstruktion von naturwissenschaftlichem Wissen hat viel gemein mit einem Konzeptwechsel.

Aber weshalb hat das Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften noch immer kaum Eingang in den naturwissenschaftlichen Unterricht gefunden? Kircher u.a. (2004, S. 4) führen drei Gründe für den geringen Stellenwert von NOS-Inhalten im Unterricht an:

- Die Thematik ist komplex.
- Die Thematik ist prinzipiell vorläufig.
- Lehrer und Lehrerinnen sind mit der Thematik wenig vertraut.
(Dies ist nicht zuletzt darauf zurückzuführen, dass eine entsprechende Auseinandersetzung mit dem Wesen der Naturwissenschaften in der Ausbildung der Naturwissenschaftslehrer und -lehrerinnen kaum vorhanden ist.)

3.3 Adäquate Sichtweisen von der Natur der Naturwissenschaften

Die Erfassung von adäquaten Ansichten zum Wesen der Naturwissenschaften ist keineswegs so einfach wie es vielleicht auf den ersten Blick erscheinen mag. Selbst Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen stimmen nicht völlig in ihren Aussagen überein, welche Auffassungen als angemessen anzusehen sind (vgl. Priemer 2006, S. 161). Dennoch gibt es einige Ansichten, über die sich Experten und Expertinnen einig sind. Die folgenden 14 Aussagen zur Natur der Naturwissenschaften wurden von McComas u.a. (1998, S. 6-7) aus acht internationalen Science-Education-

Standards-Dokumenten herausgefiltert und von Grygier u.a. wie folgt ins Deutsche übersetzt:

- „Naturwissenschaftliches Wissen hat, obwohl es beständig ist, einen vorläufigen Charakter.
- Naturwissenschaftliches Wissen beruht stark (jedoch nicht ausschließlich) auf Beobachtung, experimentellen Belegen, rationalen Argumenten und Skepsis.
- Es gibt keine Standardmethode, Naturwissenschaft zu betreiben (deswegen gibt es keine allgemeingültige, naturwissenschaftliche Schritt-für-Schritt-Methode).
- Naturwissenschaft ist ein Versuch, natürliche Phänomene zu erklären.
- Gesetze und Theorien spielen eine unterschiedliche Rolle in der Naturwissenschaft, deshalb sollten Schüler wissen, dass Theorien, auch durch zusätzliche experimentelle Belege, nie zu Gesetzen werden.
- Personen aus allen Kulturen tragen zur Naturwissenschaft bei.
- Über neues Wissen muss klar und offen berichtet werden.
- Naturwissenschaftler benötigen sorgfältige Aufzeichnungen, gegenseitige Begutachtung und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse.
- Beobachtungen sind theoriegeladen.
- Naturwissenschaftler sind kreativ.
- Die Geschichte der Naturwissenschaft lässt sowohl einen evolutionären, wie auch einen revolutionären Charakter erkennen.
- Naturwissenschaft ist ein Teil der sozialen und kulturellen Tradition.
- Naturwissenschaft und Technik beeinflussen sich gegenseitig.
- Naturwissenschaftliche Ideen werden von ihrem sozialen und historischen Umfeld beeinflusst.“ (Grygier u.a. 2007, S. 3-4)

3.4 Schülervorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften

Dem Lehrplan der AHS zufolge besteht ein wesentlicher didaktischer Grundsatz darin, im Unterricht „an die Vorkenntnisse, Vorerfahrungen und an die Vorstellungswelt der Schülerinnen und Schüler anzuknüpfen“ (Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur o.J., S. 5). Um dieser Forderung auch im Bereich des Lernens über Naturwissenschaften nachkommen zu können, werden im Weiteren

häufig geäußerte Ansichten von Schülern und Schülerinnen über die Naturwissenschaften präsentiert. In diesem Zusammenhang wird u.a. folgenden Fragestellungen auf den Grund gegangen: Welches Bild haben Schüler und Schülerinnen von einem Naturwissenschaftler / einer Naturwissenschaftlerin? Wie stellen sie sich naturwissenschaftliche Forschung vor? Wie wird ihrer Ansicht nach naturwissenschaftliches Wissen erzeugt? Welche inadäquaten Vorstellungen kursieren über die Naturwissenschaften?

3.4.1 Schülervorstellungen nach Höttecke

Dieser Abschnitt stützt sich auf Ausführungen von Höttecke (2001b, S. 7-23; 2004b, S. 264-277), in denen Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen über Naturwissenschaften überblicksmäßig dargestellt sind. Aus der Sicht von Höttecke weisen Schüler und Schülerinnen in Summe weder einheitliche noch adäquate Ansichten über Naturwissenschaften auf. Die Naturwissenschaftsvorstellungen werden in die folgenden vier inhaltlichen Bereiche eingeteilt:

1. „Person des Wissenschaftlers, seine Arbeit und ihre Bedingungen,
 2. epistemologischer Status naturwissenschaftlichen Wissens,
 3. Experiment im Unterricht und als Forschungspraxis,
 4. naturwissenschaftliche Wissensproduktion und ihre Bedingungen“ (Höttecke 2001b, S. 7).
- Vorstellungen vom Naturwissenschaftler (und von der Naturwissenschaftlerin), von naturwissenschaftlicher Arbeit und ihren Bedingungen

Bereits 1957 setzten sich Mead und Métraux mit Vorstellungen von einem typischen Naturwissenschaftler (einer typischen Naturwissenschaftlerin) auseinander. Anhand von Essays, die von High-School-Schülern und –Schülerinnen verfasst wurden, ermittelten sie folgendes Bild: „Der typische Naturwissenschaftler ist ein Mann in einem weißen Kittel. Er trägt einen Bart oder wirkt unrasiert und ungekämmt. Er ist von Laborinstrumenten umgeben, mit denen er den ganzen Tag im Labor hantiert. Er hat keine Zeit und weiß nichts vom Rest der Welt. Er ist äußerst intelligent und geheimniskrämerisch. Seine Arbeit kann sehr gefährlich sein“ (Höttecke 2001b, S. 8). Eine weitere Untersuchung zu diesem Gesichtspunkt stammt von Chambers (1983). Zwischen 1966 und 1977 fertigten ca. 4800 kanadische Kinder vom Kindergartenalter bis zum 5. Schuljahr Bilder von Naturwissenschaftlern (und

Naturwissenschaftlerinnen) an. Die Auswertung der Zeichnungen erfolgte unter Heranziehung von sieben Indikatoren: „Tragen eines Kittels, eines Bartes oder / und einer Brille“, „symbolische Forscherumgebung (Instrumente, Laborausstattung)“, „Symbole des Wissens (Bücher, Sammlerstücke)“, „technologisches Ambiente“ und „Textelemente [...] wie z.B. Formeln“ (Höttecke 2001b, S. 8). Je älter die Kinder waren, desto mehr dieser Merkmale konnten auf den Bildern entdeckt werden. Ließ man die Kinder ein zweites Bild zeichnen, so wurde in vielen Fällen ein „mythische[r] Wissenschaftlertypus nach Art eines Mr. Jekyll / Mr. Hyde oder Frankenstein“ (Höttecke 2001b, S. 8) dargestellt.

Solomon (1993) zufolge gaben die Kinder im näheren Gespräch an, dass diese stereotypen Auffassungen vom Naturwissenschaftler (von der Naturwissenschaftlerin) nicht unbedingt mit der Realität übereinstimmen. Ein Einfluss von Medien, wie von Comics, Cartoons und Filmen, auf das Verständnis der Kinder ist zu erkennen. Zusätzlich zu diesen Medien wirkt auch der naturwissenschaftliche Unterricht auf die Entwicklung von Ansichten ein. Diese verändern sich mit zunehmendem Alter der Schüler und Schülerinnen, weg von den bereits beschriebenen cartoonartigen Vorstellungen hin zu Auffassungen, wie sie im Unterricht vermittelt werden. Das Bild, das die Lehrperson von Naturwissenschaften bzw. von naturwissenschaftstreibenden Personen darstellt und selbst verkörpert, spielt eine zentrale Rolle für das Verständnis der Schüler und Schülerinnen.

Solomon (1993) unterscheidet vier Stereotype, wie sich 9-14-jährige Schüler und Schülerinnen Wissenschaftler (und Wissenschaftlerinnen) vorstellen:

1. „der sonderbare und verrückte Wissenschaftler (weird scientist), der gefährliche Experimente anstellt
2. die hilfreiche Autorität testet und erklärt Phänomene und Zusammenhänge (z.B. den Treibhauseffekt)
3. der Techniker stellt technische Artefakte her, prüft und verbessert sie zum Wohle aller
4. der intellektuelle Wissenschaftler brütet neue Ideen aus und testet sie“ (Höttecke 2004b, S. 265).

Außerdem gaben die Kinderzeichnungen aus der Untersuchung von Chambers (1983) Hinweise darauf, dass Kinder das Labor für den typischen Arbeitsplatz von Naturwissenschaftlern und Naturwissenschaftlerinnen halten. Diese Vorstellung entspricht jedoch nicht der wissenschaftlichen Realität, da Naturwissenschaften

natürlich nicht allein im Labor betrieben werden. Neben der Forschung fallen zudem noch andere Aufgaben (Verwaltungsaufgaben, Beschaffung von Forschungsmitteln, Lehre, Präsentationen etc.) an, um die sich Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen kümmern müssen. Ob sich die Sichtweise seit den 1960er und 1970er Jahren diesbezüglich geändert hat, v.a. was den Einsatz des Computers als Kennzeichen für den naturwissenschaftlichen Arbeitsplatz angeht, wäre interessant.

Darüber hinaus stellten Larochelle und Désautels (1991) in einer Befragung von 15-18-jährigen kanadischen High-School-Schülern und -Schülerinnen eine widersprüchliche Vorstellung von Naturwissenschaftlern und Naturwissenschaftlerinnen fest. Einerseits wurden diese als sehr intelligent und kreativ eingeschätzt, andererseits als Personen, die passiv und neutral Daten bzw. die „vorstrukturierte Natur“ (Höttecke 2001b, S. 9) erfassen.

Im Weiteren bemerkten Driver u.a. (1996) anhand von Interviews mit 9-, 12- und 16-jährigen englischen Schülern und Schülerinnen die inadäquate Auffassung von isoliert arbeitenden Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen. Nur eine geringe Zahl der Probanden und Probandinnen erwähnte den sozialen Zusammenhang, in dem Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen arbeiten. Ein angemessenes Naturwissenschaftsverständnis zeichnet sich dadurch aus, dass der Scientific Community eine zentrale Rolle im Wissenschaftsprozess zugestanden wird.

Auch zu den Motivationen von Naturwissenschaftlern und Naturwissenschaftlerinnen, was das Nachgehen ihrer Arbeit anbelangt, wurden Schüler und Schülerinnen befragt. In Untersuchungen von Larochelle und Désautels (1991) und Aikenhead (1987) konnte gezeigt werden, dass ein Großteil der Schüler und Schülerinnen davon ausgeht, dass Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen von einem guten Willen und einem persönlichen Drang nach Wissen geleitet werden. In der Praxis hingegen können keine eindeutigen und allgemeingültigen Motivationen identifiziert werden. Diese adäquate Sichtweise wurde nur von wenigen Probanden und Probandinnen vertreten. In den Augen vieler Schüler und Schülerinnen werden Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen nicht nur von ehrenhaften Motiven wie der Schaffung verbesserter Lebensbedingungen angetrieben, sondern sie werden – nach einer Studie von Ryan (1987) - auch als besonders vorurteilsfreie Personen gesehen.

- Epistemologischer Status naturwissenschaftlichen Wissens

Die Frage, ob Schüler und Schülerinnen naturwissenschaftliches Wissen als feststehend oder veränderlich einschätzen, kann nicht ohne Weiteres beantwortet werden. Untersuchungen von Aikenhead (1987) und Rubba, Horner und Joyce (1981) demonstrierten, dass Schülervorstellungen zum epistemologischen Status naturwissenschaftlichen Wissens „uneinheitlich oder sogar widersprüchlich“ (Höttecke 2001b, S. 13) sind.

Es wurden einige Untersuchungen durchgeführt, die sich mit dem epistemologischen Status des Wissens in den Naturwissenschaften beschäftigen. Man kam dabei u.a. zu folgenden Ergebnissen:

Larochelle und Désautels (1991) konnten in einer Untersuchung an 15-18-jährigen unterrichtserfahrenen Schülern und Schülerinnen die Auffassung von naturwissenschaftlichem Wissen als „etwas Gesichertes, Feststehendes und zugleich in fachspezifischen Symbolsystemen Aufbewahrtes“ (Höttecke 2001b, S. 13) ausfindig machen. Die Schüler und Schülerinnen scheinen ihre Unterrichtserfahrung, dass etwas, das an die Tafel geschrieben wurde, als feststehendes Wissen betrachtet wird, auf ihr Verständnis von naturwissenschaftlichem Wissen im Allgemeinen anzuwenden.

Songer und Linn (1991) führten ebenfalls eine Untersuchung in dieser Richtung durch. Sie stellten fest, dass 21% der untersuchten Schüler und Schülerinnen naturwissenschaftliches Wissen als statisch auffassen, 15% einem dynamischen Wissenschaftsverständnis zugeneigt sind und 65% zu Mischformen aus diesen beiden Vorstellungen tendieren.

Weitere Untersuchungen stammen von Aikenhead (1987), Lederman und O'Malley (1990) sowie Ryan und Aikenhead (1992). Diese kamen zu dem Ergebnis, dass ein Großteil der Schüler und Schülerinnen naturwissenschaftliches Wissen als vorläufig und veränderlich und nicht als statisch ansieht.

Mehrere Untersuchungen (Meyling (1990), Carey u.a. (1989), Meichtry (1993), Ryan und Aikenhead (1992)) deuten bislang auf ein naiv-realistisches Wissens- und Wissenschaftsverständnis der Schüler und Schülerinnen hin. Aus ihrer Sicht kann die Wirklichkeit mit Hilfe von wissenschaftlichen Verfahren erschlossen werden. Naturwissenschaftliches Wissen wird demnach als Abbild der Realität aufgefasst. Es wird weder als veränderbar durch empirische Belege, noch als vorläufig angesehen,

noch wird der Stellenwert der Kreativität des Wissenschaftlers / der Wissenschaftlerin erkannt.

- Experimente im Unterricht und als Forschungsmethode

Eine große Bedeutung in der naturwissenschaftlichen Forschung, aber auch im naturwissenschaftlichen Unterricht, hat das Experiment. Auch Schüler und Schülerinnen betrachten das Experiment als ein zentrales Merkmal der Naturwissenschaften.

Höttecke verweist auf zwei Komponenten, die die Schülervorstellungen vom Experiment bedingen. Es handelt sich hierbei um „eine[n] kognitiven und eine[n] praktischen Wissensanteil“ (Höttecke 2001b, S. 16). Unter dem „kognitiven Wissensanteil“ werden jene Ansichten der Schüler und Schülerinnen verstanden, die das wissenschaftliche Experimentieren anbelangen. Es tauchen Fragen auf wie z.B. Auf welche Art und Weise wird experimentiert? Welche Zwecke, welche Voraussetzungen und welche Folgen sind mit dem Experimentieren verbunden? Der „praktische Wissensanteil“ ergibt sich aus Erfahrungen, die Schüler und Schülerinnen selbst bei der Durchführung von Experimenten machen. Diese beiden Wissensanteile müssen aber nicht zwangsläufig übereinstimmen.

Meyling (1990) stellte fest, dass Schüler und Schülerinnen der Sekundarstufe II über verschiedene Auffassungen von einem im Unterricht eingesetzten „Experiment“ (Versuch) und einem wissenschaftlichen Forschungsexperiment verfügen. Schüler und Schülerinnen stufen den Schulversuch als realitätsnah ein und betrachteten diesen kritisch. Es war ihnen klar, dass das Resultat des Versuchs bereits vor der Durchführung vorgegeben ist. Somit ist es nicht möglich, den Schülern und Schülerinnen allein anhand von Schulversuchen (selbst bei großer Schüleraktivität wie im Falle des Schülerversuchs) adäquate Vorstellungen vom Forschungsexperiment zu vermitteln. Im Gegensatz dazu sind Schüler und Schülerinnen der Meinung, dass Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen neutral, objektiv und vorurteilsfrei an Experimente herangehen.

Zudem wird Experimentieren v.a. von jüngeren Schülern und Schülerinnen (Alter von 12-14 Jahren) als ein zielloses und unsystematisches Versuchen und Entdecken gesehen, worauf Untersuchungen von Meyer und Carlisle (1996) sowie Carey u.a. (1989) hinwiesen. Schüler und Schülerinnen zeigen eine naiv-empiristische

Vorstellung von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen. Eine Studie von Meyling (1990) deutet auf gereifere Experiment-Vorstellungen mit steigendem Alter hin.

Auch einer Untersuchung von Driver u.a. (1996) zufolge entwickelt sich das Experimentverständnis der Schüler und Schülerinnen, was die Ziele und Zwecke des Experimentierens betrifft, mit zunehmendem Alter weiter. Im Rahmen der Studie wurden 9-, 12-, und 16-jährige Schüler und Schülerinnen zu den Zwecken des Experimentierens interviewt und die Antworten dieser drei Altersgruppen miteinander verglichen. Dabei konnten drei Antwortmuster entdeckt werden: „1. Phänomene hervorbringen und Neues herausfinden, 2. Ursache-Wirkungsrelationen herstellen, 3. Theorien überprüfen“ (Höttecke 2001b, S. 18). Es wurde konstatiert, dass mit steigendem Alter das erste Antwortmuster weniger häufig genannt wurde, während das dritte Muster in den Antworten zunehmend anzutreffen war. Jedoch auch bei den 16-jährigen Schülern und Schülerinnen antwortete nur eine Minderheit gemäß dem dritten Muster.

Nach einer Untersuchung von Lubben und Millar (1996) erweitert sich das Experimentverständnis auch bezüglich der Gewinnung und Bewertung von Daten mit fortschreitendem Alter. Ein Beispiel dafür ist die bei älteren Schülern und Schülerinnen zunehmend vorhandene Einschätzung, dass die Qualität des Mittelwerts durch die Streubreite festgelegt wird.

Abgesehen vom Alter spielt natürlich die Qualität des naturwissenschaftlichen Unterrichts eine wichtige Rolle, wenn es darum geht, die Vorstellungen vom Experimentieren weiterzuentwickeln.

- Naturwissenschaftliche Wissensproduktion und ihre Bedingungen

Die Produktion von Wissen erfolgt nicht allein im Labor, am Computer oder einem anderen Arbeitsplatz, sondern es gibt viele Faktoren, die darauf Einfluss nehmen. Ein wesentlicher Aspekt bei der Entwicklung von naturwissenschaftlichem Wissen ist der Diskurs innerhalb einer wissenschaftlichen Expertengruppe, der Scientific Community. Geltungsansprüche werden hier ausgehandelt und nur jene Beiträge, die den Kriterien der Experten und Expertinnen entsprechen, werden als naturwissenschaftliches Wissen anerkannt. Die Bedeutung dieser sozialen und kommunikativen Dimension der Naturwissenschaften wird von vielen Schülern und Schülerinnen nicht entsprechend wahrgenommen (Ryan und Aikenhead (1992)).

In einer Untersuchung von Driver u.a. (1996) wurde gezeigt, dass Schüler und Schülerinnen „harte Fakten“ (Höttecke 2001b, S. 19) als wichtiger für die Erzeugung

von naturwissenschaftlichem Wissen halten als soziale Faktoren. Höttecke fasst die Ergebnisse folgendermaßen zusammen: „Sie anerkennen gleichzeitig die Bedeutung sozialer Aspekte für die Entscheidung zwischen kontroversen Theorien, halten aber gleichzeitig eine faktische Datenlage für primär entscheidend. Nur wenn die Datenlage unzureichend ist, bestimmen soziale Faktoren, was als richtig gilt und anerkannt wird“ (Höttecke 2001b, S. 19).

Darüber hinaus gaben mehrere Studien (Aikenhead (1987), Krüger und Schecker (1982), Driver u.a. (1996)) Hinweise darauf, dass Schülern und Schülerinnen kaum bewusst ist, dass außerwissenschaftliche Faktoren (z.B. moralische Werte) Auswirkungen auf den Forschungsprozess haben.

Ein Großteil der Schüler und Schülerinnen glaubt zudem, dass eine bestimmte Methode existiert, nach der in den Naturwissenschaften vorgegangen wird (Ryan und Aikenhead (1992)). Die Vorstellungen von dieser Methode sind jedoch nicht einheitlich (Aikenhead (1987)). Außerdem fand Meyling (1990) bei der Hälfte der Schüler und Schülerinnen, die an seiner Untersuchung teilnahmen, „die Vorstellung eines linearen und unverzweigten Erkenntnisweges“ (Höttecke 2001b, S. 20).

3.4.2 Inadäquate Naturwissenschaftsvorstellungen nach McComas

McComas u.a. haben - wie in Abschnitt 3.3. ausgeführt – realistische Vorstellungen von der Natur der Naturwissenschaften, die in Expertenkreisen einen weitgehenden Konsens erreichen, identifiziert. Neben diesen adäquaten Ansichten deckte McComas (1998, S. 53) auch unangemessene Naturwissenschaftsvorstellungen auf, deren Vorhandensein er auf eine fehlende Beschäftigung mit philosophischen Inhalten der Naturwissenschaften in der Lehrerbildung, auf fehlende Erfahrungen angehender Lehrer und Lehrerinnen im Bereich der naturwissenschaftlichen Forschung und auf eine oberflächliche Behandlung von NOS-Aspekten in Lehrbüchern zurückführt.

McComas (1998, S. 54-68) beschreibt 15 weitverbreitete, inadäquate Vorstellungen über die Naturwissenschaften, die er selbst als „myths of science“ (McComas 1998, S. 53) bezeichnet. Diese werden im Folgenden präsentiert und näher erläutert.

- Mythos 1: Hypothesen werden zu Theorien, die wiederum zu Gesetzen werden.

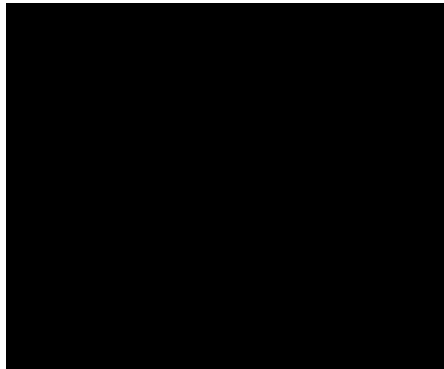


Abbildung 6: Der inkorrekte hierarchische Zusammenhang zwischen Fakten, Hypothesen, Theorien und Gesetzen (McComas 1998, S. 54)

In Abbildung 6 wird das inkorrekte hierarchische Verhältnis zwischen Hypothese, Theorie und Gesetz illustriert, wonach unter einem Gesetz jenes Wissen verstanden wird, das durch Beweise gesichert ist, im Gegensatz zu Hypothesen und Theorien, die mit einem höheren Grad an Unsicherheit verbunden sind.

Theorien werden aber auch mit zusätzlichen Belegen nicht zu Gesetzen, denn es handelt sich hierbei um grundsätzlich unterschiedliche Wissensformen. McComas charakterisiert die Termini „Gesetz“ und „Theorie“ folgendermaßen: „Laws are generalizations, principles or patterns in nature and theories are the explanation of those generalizations“ (McComas 1998, S. 54).

- Mythos 2: Naturwissenschaftliche Gesetze und andere ähnliche Konzepte sind absolut und unumstößlich.

Vielen Personen ist nicht bewusst, dass naturwissenschaftliches Wissen als vorläufig zu betrachten ist. Ein weiterer Gesichtspunkt, der von McComas in diesem Zusammenhang eingebracht wird, ist die prinzipielle Unterscheidung zwischen verschiedenen Gesetzesarten, nämlich den probabilistischen und deterministischen Gesetzen. Gesetze in der Biologie sind für gewöhnlich mit einem Wahrscheinlichkeitsfaktor verbunden (probabilistische Gesetze). Physikalischen Gesetzen wird hingegen ein deterministischer Charakter mit einer sichereren Verknüpfung von Ursache und Wirkung zugestanden (deterministische Gesetze).

- Mythos 3: Eine Hypothese ist eine fundierte Vermutung.

Unter einer Hypothese wird üblicherweise eine fundierte Annahme verstanden. Da der Begriff aber in unterschiedlichen Bedeutungen (siehe Abbildung 7) gebraucht wird, sollte immer der Kontext angegeben werden, in welchem er Verwendung findet.

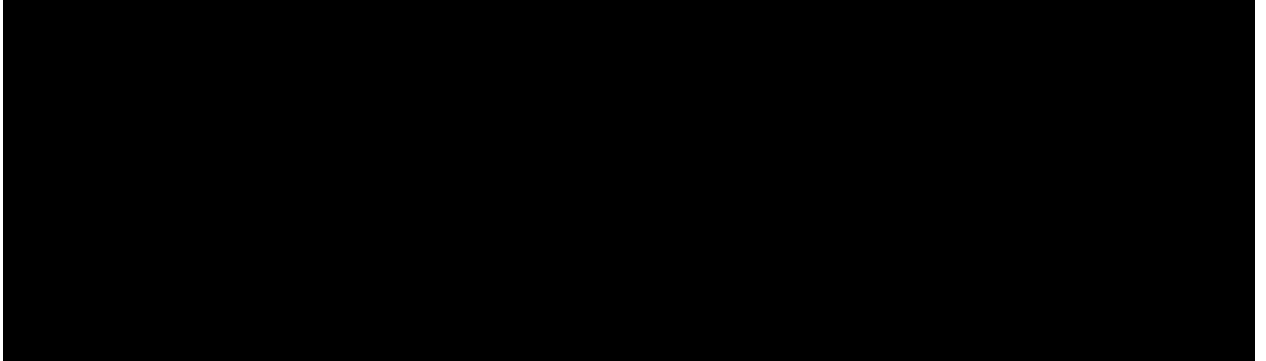


Abbildung 7: Bedeutungen des Begriffs „Hypothese“ (McComas 1998, S. 56)

Damit einsichtig ist, was unter einer Hypothese gemeint ist, könnten nach Sonleitner (1989) vorläufige, in Probe befindliche Gesetze als „generalizing hypotheses“ (McComas 1998, S. 56) und vorläufige Theorien als „explanatory hypotheses“ (McComas 1998, S. 56) bezeichnet werden. Eine andere Möglichkeit, um Missverständnisse zu vermeiden, könnte darin bestehen, auf den Begriff „Hypothese“ zu verzichten und anstelle dessen Formulierungen wie „speculative law“ oder „speculative theory“ (McComas 1998, S. 56) zu verwenden. Infolge von Beweisen kann aus einer generalisierten Hypothese ein Gesetz und aus einer erklärenden Hypothese eine Theorie werden. Wie bereits in obigen Ausführungen zu Mythos 1 dargelegt wurde, kann sich eine Theorie aber niemals zu einem Gesetz entwickeln. Darüber hinaus wird der Begriff „Hypothese“ oftmals auch im Sinne von Voraussage verwendet.

- Mythos 4: Es existiert eine generelle, universelle naturwissenschaftliche Methode.

Ein weiterer Mythos betrifft das Vorgehen von Naturwissenschaftlern und Naturwissenschaftlerinnen. Die naturwissenschaftliche Methode setzt sich einer weitverbreiteten Ansicht nach aus einer bestimmten Abfolge von Schritten zusammen. Die typischen Schritte, die im Rahmen des naturwissenschaftlichen Forschungsprozesses oftmals angenommen werden, sind die folgenden: (1) das Problem definieren, (2) Informationen sammeln, (3) eine Hypothese formulieren, (4)

relevante Beobachtungen machen, (5) die Hypothese testen, (6) Schlüsse ziehen und (7) über Ergebnisse berichten. Entgegen der landläufigen Meinung gibt es keine allgemeine naturwissenschaftliche Methode im realen Forschungsprozess. Für die Beschäftigung und Lösung von naturwissenschaftlichen Problemstellungen sind u.a. Fantasie, Ideenreichtum, Kreativität, Beharrlichkeit und Vorwissen vonnöten.

- Mythos 5: Sorgfältig erhobene Daten führen zu sicherem Wissen.

Ein gebräuchlicher wissenschaftlicher Prozess stellt die Induktion dar, bei der von einzelnen, konkreten Fakten auf eine allgemeine Aussage geschlossen wird. Bei diesem Verfahren werden einzelne empirische Daten gesammelt, untersucht und interpretiert, solange bis ein Gesetz oder eine Theorie aufgestellt werden kann. Da aber niemals alle relevanten Fakten beobachtet und berücksichtigt werden können und deren Bewährung nicht für alle Orte und für alle Zeiten garantiert werden kann, bietet auch ein Überwiegen bestimmter Daten keine 100%ige Gewissheit für die Gültigkeit von Wissen. Zusätzlich zu diesem Problem ergibt sich auch die Frage nach der Art und Weise, wie aus der Datenfülle auf Erkenntnisse geschlossen wird (siehe Mythos 7).

Abbildung 8 illustriert den Unterschied zwischen dem Prozess der Induktion und der Deduktion. Im Zuge eines Induktionsprozesses wird ein neues Gesetz vorgeschlagen. Durch die Methode der Deduktion - einem Schluss vom Allgemeinen auf einzelne Fakten - wird die Validität des Gesetzes geprüft.

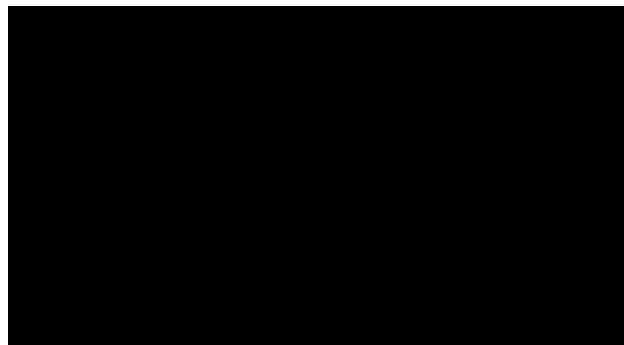


Abbildung 8: Induktion – Deduktion (McComas 1998, S. 59)

- Mythos 6: Naturwissenschaften und ihre Methoden liefern absolute Beweise.

Gesammelte Daten können ein Gesetz oder eine Theorie bestätigen, bekräftigen und untermauern, können diese aber niemals als wahr beweisen. Gegen eine solche Beweisführung spricht das gerade beschriebene Induktionsproblem. Eine Garantie für

das Vorliegen von richtigen Ergebnissen gibt es nicht. Wirklich endgültiges Wissen gibt es nur, wenn eine Vorstellung durch Widerlegung von Fakten falsifiziert wurde und sich dadurch als unwahr herausstellt. Bei Popper ist dazu folgendes zu lesen:

„Die positive Entscheidung [Verifikation] kann das System immer nur vorläufig stützen; es kann durch spätere negative Entscheidungen [Falsifikation] immer wieder umgestoßen werden. Solange ein System eingehenden und strengen deduktiven Nachprüfungen standhält und durch die fortschreitende Entwicklung der Wissenschaft nicht überholt wird, sagen wir, daß es sich bewährt.“ (Popper 1935, S. 6-7)

Der Mensch sollte daher aus der Sicht Poppers nicht versuchen, eine Theorie zu bestätigen, sondern versuchen diese zu widerlegen, indem er ein konkretes Beispiel findet, das der Theorie widerspricht. So kann z.B. die Verallgemeinerung, dass bloß weiße Schwäne existieren, nur solange aufrecht erhalten werden, solange kein schwarzer Schwan beobachtet wurde. Die Existenz eines schwarzen Schwans führt zum Umsturz oder zumindest zu Änderungen der Theorie.

- Mythos 7: Naturwissenschaften orientieren sich eher an Verfahren als an Kreativität.

Dieser Mythos berührt die Frage „Wie kommen Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen zu Gesetzen und Theorien?“. Im Rahmen des naturwissenschaftlichen Induktionsprozesses werden Daten gesammelt, analysiert und interpretiert. In dieser Datenmasse suchen Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen nach Mustern und schließen daraus in weiterer Folge auf Gesetze und Theorien. Das Erkennen von Mustern basiert aber weder auf einer logischen Methode noch ist es an ein gewisses feststehendes Verfahren gebunden. Für die Entwicklung von Gesetzen und Theorien spielt hingegen die Kreativität von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen eine zentrale Rolle. Da diese ein persönliches Kennzeichen darstellt, besteht die Möglichkeit, dass zwei Naturwissenschaftler / Naturwissenschaftlerinnen mit demselben Sachwissen unterschiedliche Schlussfolgerungen ziehen und zu anderen Ergebnissen kommen. Im Unterricht wird der kreativen Komponente des naturwissenschaftlichen Forschungsprozesses nicht nur keine Aufmerksamkeit geschenkt, oftmals wird sogar eine gegenteilige Sichtweise diesbezüglich vermittelt. So sind z.B. Laborübungen an der Verifikation ausgerichtet. Die Lehrkraft bespricht die Herangehensweise und die Schüler und Schülerinnen führen Versuche anhand einer Anleitung Schritt für Schritt durch, mit dem Ziel zu einem bestimmten Resultat zu kommen. Diese Darstellung steht jedoch nicht nur im Widerspruch zur realen naturwissenschaftlichen Arbeit,

sondern erweckt auch bei vielen Schülern und Schülerinnen den Eindruck, Forschung sei trocken, langweilig und uninteressant.

- Mythos 8: Naturwissenschaften und ihre Methoden können alle Fragen beantworten.

Naturwissenschaften sind nicht in der Lage, alle Fragen zu beantworten. Auf moralische, ethische, ästhetische, soziale und metaphysische Fragen können Naturwissenschaften keine Antworten liefern. Es handelt sich hierbei um Sachverhalte, die nicht in den naturwissenschaftlichen Untersuchungsbereich fallen. Für Popper sind nur jene Konzepte wissenschaftlich, wenn diese falsifiziert werden können, widerlegbar sind.

- Mythos 9: Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen sind besonders objektiv.

Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen sind nicht objektiver als Personen anderer Berufssparten. Naturwissenschaftliche Beobachtungen, das Sammeln und Interpretieren von Daten werden u.a. durch unzählige unbewusste Vorurteile, vorgefasste Meinungen und individuelles Vorwissen beeinflusst. Außerdem arbeiten Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen immer auch innerhalb einer bestimmten Forschungstradition, einem sogenannten Paradigma. Diese liefert Anhaltspunkte zu den zu untersuchenden Fragen, bestimmt welche Daten zulässig sind und schreibt die Verwendung gewisser Methoden vor. Auf der einen Seite werden dem Forscher / der Forscherin dadurch gewisse Orientierungspunkte für seine / ihre Arbeit gegeben, auf der anderen Seite führt diese Beschränkung jedoch auch zum Ausblenden von Aspekten und damit zu einer geringeren Objektivität.

- Mythos 10: Naturwissenschaftliches Wissen wird hauptsächlich durch Experimente gewonnen.

Im Gegensatz zu dem im Unterricht häufig vermittelten Eindruck wird naturwissenschaftliches Wissen nicht nur auf experimentellem Wege generiert. Experimente stellen *eine* Möglichkeit dar, um zu Erkenntnissen zu gelangen. In vielen Situationen ist eine Durchführung von Experimenten nicht möglich oder sinnvoll. So

basieren etwa elementare Entdeckungen im Bereich der Astronomie nicht auf experimentellen Ergebnissen, sondern auf Beobachtungen.

- Mythos 11: Naturwissenschaftliche Ergebnisse werden auf ihre Richtigkeit hin geprüft.

Entgegen der Vorstellung vieler Menschen werden in der Praxis Forschungsergebnisse, die in einem Labor produziert wurden, nicht von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen eines anderen Labors auf ihre Richtigkeit hin überprüft. Das weitgehende Fehlen einer solchen Kontrolle ist einerseits darauf zurückzuführen, dass Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen ohnehin vielbeschäftigt sind und auf ihnen viel Druck lastet neue Informationen zu produzieren, andererseits auf das Vorhandensein begrenzter Finanzmittel für diese Art der Untersuchung. Oftmals werden Experimente lediglich dann wiederholt, wenn sie Ergebnisse liefern, die gegen ein vorherrschendes Paradigma sprechen.

- Mythos 12: Das Akzeptieren von neuem naturwissenschaftlichem Wissen erfolgt auf einfachem und schnellem Wege.

Die Auffassung, dass die Scientific Community unverzüglich bessere Erklärungen für vorliegende Daten annimmt, ist als ein weiterer naturwissenschaftlicher Mythos zu sehen. Neue Ideen werden insbesondere dann keineswegs einfach und schnell akzeptiert, wenn diese als revolutionär betrachtet werden können, wenig plausibel sind oder wenn sie aus einer anderen Disziplin stammen.

- Mythos 13: Naturwissenschaftliche Modelle repräsentieren die Realität.

Viele Menschen glauben, dass naturwissenschaftliche Konzepte und Beschreibungen mit der Realität übereinstimmen. Tatsächlich sind Naturwissenschaften aber nicht in der Lage „the „true“ nature of reality“ (McComas 1998, S. 66) festzustellen. Mit Hilfe der Naturwissenschaften versucht der Mensch Fragen zur Natur zu beantworten und sich der Wirklichkeit anzunähern, aber es gibt keinen Hinweis darauf, wann die Wahrheit erreicht ist. In diesem Sinne sollten in naturwissenschaftlichen Modellen keine genauen Abbilder der Realität gesehen werden.

- Mythos 14: Naturwissenschaften und Technik sind identisch.

Eine weitere Fehleinschätzung betrifft das Verhältnis von Naturwissenschaften und Technik. Naturwissenschaften sind dadurch gekennzeichnet, dass sie nicht zwangsläufig praktisch ausgerichtet sind. Das Streben nach Wissen allein um des Wissens willen wird als theoretische Wissenschaft bezeichnet und ist in der Regel nur wenigen Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen vorbehalten. Im Bereich der angewandten Wissenschaft bzw. Technik werden naturwissenschaftliche Erkenntnisse für die Erzeugung von kommerziellen Produkten und zur Lösung praktischer Probleme herangezogen.

- Mythos 15: Naturwissenschaft ist Einzelarbeit.

Auch durch die Vergabe des Nobelpreises wird der Mythos einer naturwissenschaftlichen Einzelarbeit geschürt, denn Nobelpreise werden vielfach an einzelne Personen und nicht an ein ganzes Team vergeben. Da naturwissenschaftliche Fragestellungen jedoch häufig sehr komplex sind (Zeitbeschränkungen, Begrenzung intellektueller Fähigkeiten und finanzieller Mittel), arbeiten Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen in der Regel nicht alleine, sondern in Forschungsgruppen.

3.5 Vorstellungen von Lehramtsstudierenden über die Natur der Naturwissenschaften

Im traditionellen naturwissenschaftlichen Unterricht findet selten eine explizite Beschäftigung mit der Natur der Naturwissenschaften statt. Höttecke und Rieß weisen in diesem Zusammenhang aber darauf hin, „dass metastrukturelle Aspekte naturwissenschaftlichen Lernens auch ohne explizites Unterrichten über die NdN immer mitschwingen, sobald Begriffe wie Theorie, Gesetz oder Modell [...] verwendet oder explizit thematisiert werden. Gar nicht über die NdN zu unterrichten, ist also nicht möglich“ (Höttecke u.a. 2007, S. 2). Um Schülern und Schülerinnen im Unterricht ein möglichst realitätsnahes und unverzerrtes Bild von den Naturwissenschaften zu vermitteln, ist ein reflektiertes, adäquates Naturwissenschaftsverständnis der Lehrperson wichtig. Daher sollte bei der Ausbildung von Naturwissenschaftslehrern und -lehrerinnen auch auf die Entwicklung

und Förderung von adäquaten Vorstellungen über die Naturwissenschaften besonders Wert gelegt werden.

3.5.1 Naturwissenschaftsvorstellungen von Studierenden des Lehramts Physik an der Universität Oldenburg

In Anlehnung an Höttecke u.a. (2007, S. 1-14), auf deren Ausführungen sich dieser Abschnitt bezieht, wird im Folgenden auf Naturwissenschaftsvorstellungen von Lehramtsstudierenden eingegangen, die im Zuge eines Seminars zu NOS-Aspekten an der Universität Oldenburg erhoben wurden. Im Rahmen dieses Seminars wurde das Naturwissenschaftsverständnis der Studierenden zu Beginn mit Hilfe eines offenen Fragebogens (siehe Anhang) und gegen Ende der Lehrveranstaltung anhand eines halbstrukturierten Interviews ermittelt. Dadurch wurden nicht nur die Ansichten der Studierenden vor einer intensiven Auseinandersetzung mit der Natur der Naturwissenschaften erfasst, sondern auch Veränderungen der Kenntnisse unter dem Einfluss der Seminarinhalte konnten festgestellt werden. Alle Seminarteilnehmer und Seminarteilnehmerinnen studierten zum Zeitpunkt der Lehrveranstaltung das Lehramt Physik und zwar entweder in Kombination mit dem Unterrichtsfach Mathematik, Chemie oder Biologie. Da beim Vortest die Auffassungen von nur zehn bzw. beim Nachtest die Kenntnisse von überhaupt nur sechs Personen erfasst wurden, weisen Höttecke u.a. darauf hin, dass die Untersuchungsergebnisse einen „explorativen Charakter“ (Höttecke u.a. 2007, S. 10) haben.

Es kann bereits vorweggenommen werden, dass im Zuge der Untersuchung sowohl adäquate als auch inadäquate Ansichten über Naturwissenschaften bei den Studierenden aufgedeckt werden konnten. Zudem zeigte sich, dass sich durch die Beschäftigung mit den Seminarinhalten die Naturwissenschaftsvorstellungen der Probanden und Probandinnen verbesserten, z.B. die Ziele der Naturwissenschaften oder die Bedeutung der wissenschaftstheoretischen Begriffe „Theorie“ und „Gesetz“ betreffend. Die Ergebnisse der Voruntersuchung werden im Weiteren geschildert.

- Naturwissenschaftliche Ziele

Im Rahmen der Vorstudie konnte genauso wie in einer Studie von Bloom (1989) die Ansicht der Studierenden, dass die Naturwissenschaften auf ein „unspezifisches Beobachten und Begreifen der Natur“ (Höttecke u.a. 2007, S. 4) abzielen,

nachgewiesen werden. „[D]ie Emanzipation des Menschen aus metaphysischer Befangenheit [...] und die Beherrschung und Nutzenorientierung der Naturwissenschaften“ (Höttecke u.a. 2007, S. 5) als Ziele der Naturwissenschaften wurden kaum angesprochen. Weitere Zielbereiche, nämlich „Naturwissenschaften als Prozess des Problemlösens, des Theorien-Entwickelns, des Technik-Innovierens und des Ökonomie-Förderns“ (Höttecke u.a. 2007, S. 5), wurden überhaupt nicht angeführt.

- Naturwissenschaften vs. Kunst bzw. Geisteswissenschaften

Außerdem wurde nach der Vorstellung der Studierenden zum Verhältnis von Naturwissenschaften und Kunst bzw. Geisteswissenschaften gefragt. Kunst und Naturwissenschaften wurden als gegensätzlich eingeschätzt. Höttecke u.a. stellten fest, dass Naturwissenschaften im Gegensatz zur Kunst für „strukturiert, regelgeleitet und nur mit geringen Freiräumen ausgestattet“ (Höttecke u.a. 2007, S. 5) gehalten werden. Ähnlich wie in einer Untersuchung von Abell und Smith (1992) wurde auch hier die Relevanz der menschlichen Kreativität in den Naturwissenschaften von den Probanden und Probandinnen kaum erkannt, obwohl sich Experten und Expertinnen weitgehend einig sind, dass Kreativität als wesentliches Element der Naturwissenschaften im Unterricht präsentiert werden sollte.

Die Probanden und Probandinnen trennten nicht nur scharf zwischen Kunst und Naturwissenschaften, sondern unterschieden Naturwissenschaften auch klar von anderen Wissenschaften wie den Geisteswissenschaften. Naturwissenschaften wurden dabei fälschlicherweise als besonders objektiv eingeschätzt, im Gegensatz zu anderen Wissenschaften, die nach Aussagen der Studierenden durch „subjektives Meinen, Glauben und Empfinden“ (Höttecke u.a. 2007, S. 5) gekennzeichnet sind. Trotz dieser Unterscheidung war manchen bewusst, dass Naturwissenschaften nur zu begrenzter Erkenntnis gelangen und nicht auf alle Fragen eine Antwort geben können.

- Die Natur des Wissens

In diesem Kontext konnte festgestellt werden, dass bereits in der Vorstudie alle befragten Personen die Auffassung vertraten, dass naturwissenschaftliches Wissen als vorläufig und unsicher und als eine Annäherung an die Realität zu sehen ist. Es

konnten keine Hinweise entdeckt werden, dass die betreffenden Studenten und Studentinnen zu einem naiven Realismus tendieren.

Ein Geltungsanspruch von naturwissenschaftlichem Wissen kann aus Sicht der Studierenden auf zwei unterschiedliche Arten beurteilt werden, nämlich durch Verifikation / Falsifikation von Wissen in Experimenten oder durch Vorliegen von konsistenten Zusammenhängen zwischen verschiedenen Wissensformen wie z.B. empirischem und theoretischem Wissen (Kohärenzvorstellung). Besonders in der Voruntersuchung kam die Vorstellung von Experimenten als Ausgangspunkten des Wissens zum Vorschein.

- Experimente

In der Voruntersuchung wurde von einem Großteil der Probanden und Probandinnen die Ansicht geäußert, dass mit Hilfe von Experimenten Hypothesen oder Theorien geprüft werden. „Sie dienen dem Beweis, der Bestätigung, Überprüfung oder Widerlegung von Theorien“ (Höttecke u.a. 2007, S. 7). Methodische bzw. systematische Kontrolle sowie die Reproduzierbarkeit wurden als relevante Bedingungen genannt. Die Studierenden waren größtenteils der Auffassung, dass Naturwissenschaften von Experimenten ausgehen. Nur bei zwei Studierenden konnte infolge ihrer Äußerungen auf die Vorstellung einer gleichberechtigten Beziehung zwischen Theorie und Experiment geschlossen werden. Zugleich konnte bei mehreren Studierenden aber auch die adäquate Sichtweise festgestellt werden, dass Experimente und Daten interpretiert werden müssen.

- Einflüsse auf die Naturwissenschaften

In der Vorstudie konnte bei fast allen Studierenden die Vorstellung von der Abhängigkeit der Naturwissenschaften von äußeren Bedingungen registriert werden. Naturwissenschaften werden einerseits von gesellschaftlichen Aspekten beeinflusst, andererseits wirken sie sich selbst wiederum auf die Gesellschaft aus.

Die Einflussnahme kultureller, gesellschaftlicher, ökonomischer und anderer wissenschaftsäußerer Faktoren auf die Naturwissenschaften wurde jedoch nur bis zu einem gewissen Punkt eingesehen. Das „wissenschaftliche Denken und Handeln im Kern“ (Höttecke u.a. 2007, S. 8) wurde als weitgehend unabhängig von der Gegenwart eingeschätzt. Nur bezogen auf bestimmte historische Situationen wurde eine Beeinflussung erkannt.

Zudem zeigte sich bei einem Großteil der Probanden und Probandinnen zum Einen die Vorstellung, dass der Geltungsanspruch von wissenschaftlichem Wissen innerhalb der Scientific Community ausgehandelt wird. Zum Anderen ließ sich jedoch auch die Auffassung ausmachen, dass eine Aushandlung unter Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen v.a. dann eine Rolle spielt, wenn keine hieb- und stichfesten Daten vorliegen, denn „stichhaltige Beweise seien die eigentlichen Faktoren zur Festlegung der Geltung wissenschaftlicher Erkenntnis“ (Höttecke u.a. 2007, S. 8). Der Zweck dieser sozialen Prozesse lag Äußerungen der Studierenden nach darin, „Mitwissenschaftler dazu zu bringen, harte Fakten anzuerkennen“ (Höttecke u.a. 2007, S. 8). Aushandlungsprozesse wurden demnach nicht als wesentliche Bedingung für den Bestand von Wissen erachtet, sondern als Folge einer defizitären Forschung eher negativ bewertet.

- Wissenschaftstheoretische Begriffe und ihre Bedeutungen

Ein Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts besteht darin, die Bedeutung wissenschaftstheoretischer Begriffe (z.B. „Theorie“, „Gesetz“) zu verstehen. Problematisch ist dabei die Tatsache, dass diese Begriffe in Wissenschafts- und Alltagssprache in unterschiedlichen Bedeutungen gebraucht werden. Während alltagssprachlich unter einer Theorie oftmals Vermutungen, etwas Unzuverlässiges und wenig Konkretes subsumiert wird, verweist der Begriff „Gesetz“ in der Alltagssprache auf etwas Bestätigtes, Sicheres. In der Wissenschaftssprache hingegen werden Theorien als „erklärendes Wissen“ (Höttecke u.a. 2007, S. 10) aufgefasst und unter einem Gesetz „ein oft mathematisch ausgedrückter Zusammenhang generalisierter Regelmäßigkeit innerhalb physikalischer Systeme“ (Höttecke u.a. 2007, S. 10) verstanden.

In der Vorstudie fanden sich kaum Äußerungen der Probanden und Probandinnen, die auf angemessene Vorstellungen von Theorie- und Gesetzesbegriff hindeuten. Theorie und Gesetz wurden nicht als grundsätzlich unterschiedliche Wissensformen gesehen. Hauptsächlich wurde der hierarchische Zusammenhang zwischen Theorie und Gesetz artikuliert, demzufolge Theorien zu Gesetzen werden, wenn diese ausreichend bestätigt wurden. Theorien werden gemäß dieser Ansicht für noch unzureichend gesichert, Gesetze hingegen für bereits ausreichend bewiesen gehalten. Über diese Vorstellung eines hierarchischen Verhältnisses von Theorie und Gesetz wurde auch in anderen Studien (Abd-El-Khalick, Bell und Lederman (1998);

Désautels und Larochelle (1998); Lederman und O'Malley (1990); Meyling (1990); Ryan und Aikenhead (1992)) berichtet.

3.5.2 NOS-Vorstellungen von Studierenden des Lehramts Chemie an der Universität Wien

Um einen kleinen Einblick in das Naturwissenschaftsverständnis von Studierenden des Lehramts Chemie an der Universität Wien zu bekommen, wurden ein Kommilitone und fünf Kommilitoninnen, deren Studium bereits dem Ende zugeht, zur Natur der Naturwissenschaften befragt. Zu diesem Zweck wurde auf den oben erwähnten Fragebogen von Höttecke, der sich aus 10 offenen Fragen zusammensetzt, zurückgegriffen. Frage 6 wurde jedoch weggelassen, da es sich hierbei um eine sehr physikspezifische Frage handelt, deren Beantwortung selbst mir trotz eingehender Beschäftigung mit der Natur der Naturwissenschaften gewisse Schwierigkeiten bereitet hat. Vier Gesichtspunkte, die in den Antworten der Probanden und Probandinnen häufig anzutreffen sind, werden im Folgenden kurz skizziert:

- Die Äußerungen von vier der sechs Studierenden lassen auf Vorstellungen von einem hierarchischem Verhältnis zwischen Theorie und Gesetz schließen, wonach eine Theorie im Gegensatz zu einem Gesetz (noch) nicht hinreichend gesichert ist. So drückt dies etwa eine Probandin wie folgt aus: „Ein naturwissenschaftliches Gesetz ist für mich wie eine Tatsache. [...] Eine naturwissenschaftliche Theorie muss sich erst – etwa durch Experimente - zum Gesetz etablieren.“
- Ein klarer Tenor in den Antworten zeigt sich auf die Frage nach der Beeinflussung der Naturwissenschaften durch diverse Vorstellungen, Werte und Anforderungen. An dieser Stelle sprechen sich alle befragten Personen dafür aus, dass sich diese Faktoren auf die Naturwissenschaften auswirken.
- Weitgehend übereinstimmende Aussagen lassen sich auf die Frage, was Naturwissenschaften sind und was das Besondere an naturwissenschaftlichen Fragen ist, finden. In diesem Zusammenhang erwähnen fünf der Probanden und Probandinnen explizit die Natur bzw. Naturphänomene. Ihrer Ansicht nach beschäftigen, beschreiben bzw. erklären die Naturwissenschaften die Natur. Alle sechs Studierenden weisen darauf hin, dass Naturwissenschaften sich mit etwas Konkretem auseinandersetzen. Vier der Befragten sind der

Meinung, dass naturwissenschaftliche Fragen beantwortbar sind. Eine Person schreibt dazu folgendes: „Naturwissenschaftliche Fragen folgen klaren Richtlinien. Sie erlauben es mit Hilfe eines Experimentes und wissenschaftlicher Forschung beantwortet zu werden.“

- Damit wird zu einem weiteren Aspekt übergeleitet, dem Experiment. Aus Sicht der befragten Studenten und Studentinnen werden Experimente zum Zwecke des Bestätigens, Widerlegens und Überprüfens von (Hypo-)Thesen und Theorien eingesetzt.

Meiner Meinung nach können die Vorstellungen meines Studienkollegen und meiner Studienkolleginnen im Großen und Ganzen als ziemlich adäquat eingestuft werden. Insbesondere die Frage nach dem Unterschied zwischen einem naturwissenschaftlichen Gesetz und einer naturwissenschaftlichen Theorie hat jedoch auch ein entsprechendes Wissensdefizit zu Tage gefördert. Somit konnte zumindest ansatzweise demonstriert werden, dass selbst Studierende, die bereits 9, 10, 12 bzw. 14 Semester das Lehramt Chemie studieren, teilweise über ungenügende oder inkorrekte Kenntnisse über die Naturwissenschaften verfügen.

3.6 Die Natur der Naturwissenschaften im deutschsprachigen Raum

Während im angloamerikanischen Raum Vorstellungen sowie das Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften seit ungefähr 30 Jahren im Blickpunkt des Interesses sind, wie z.B. an Dokumenten von Schulbehörden oder naturwissenschaftsdidaktischen Fachzeitschriften erkennbar ist, wird diese Thematik im deutschsprachigen Raum erst seit wenigen Jahren zunehmend beachtet (vgl. Grygier u.a. 2007, S. 2; Priemer 2006, S. 159).

3.6.1 Gründe für die zunehmende Beachtung von NOS-Aspekten

Priemer (2006, S. 159) führt die zunehmende Aufmerksamkeit der letzten Jahre im deutschsprachigen Raum auf drei Gründe zurück:

1. um Bildungsstandards festschreiben zu können, müssen Ziele naturwissenschaftlicher Kompetenzen konzipiert werden - diese beinhalten auch adäquate Auffassungen über Naturwissenschaften,

2. es findet eine wachsende Beschäftigung mit ausländischer didaktischer Forschung statt,
3. Resultate von Vergleichsstudien wie z.B. von TIMSS² zeigten inadäquate Vorstellungen von deutschen Schülern und Schülerinnen auf.

Im Folgenden werden zwei Testaufgaben vorgelegt, die im Rahmen von TIMSS III eingesetzt wurden, um die Kenntnisse der Schüler und Schülerinnen der 7. und 8. Jahrgangsstufe (TIMSS-Population 2) im Bereich „Environment and Nature of Science“ zu untersuchen.

1. „Wenn Wissenschaftler irgendeine Größe mehrere Male sorgfältig messen, erwarten sie, daß
 - A. alle Meßwerte genau übereinstimmen
 - B. nur zwei der Meßwerte genau übereinstimmen
 - C. alle Meßwerte bis auf einen genau übereinstimmen
 - D. die meisten Meßwerte nahe beieinanderliegen, jedoch nicht genau übereinstimmen“ (Baumert u.a.1998, S. 51)

2. „Maria hat das Gas aufgefangen, das von einem glühenden Stück Holzkohle abgegeben wurde. Das Gas wurde anschließend durch farbloses Kalkwasser abgeleitet. In Marias Bericht steht: „Nachdem das Gas in das Gefäß geleitet wurde, bekam das Kalkwasser allmählich eine milchigweiße Farbe“. Diese Aussage ist
 - A. eine Beobachtung.
 - B. eine Schlußfolgerung.
 - C. eine Verallgemeinerung.
 - D. eine Voraussetzung für die Untersuchung.
 - E. eine Annahme.“ (Baumert u.a.1998, S. 52)

Die Auswertung der Testaufgaben lieferte folgende Ergebnisse (vgl. Baumert u.a. 1998, S. 51-52):

1. Für die erste Aufgabe liegt die internationale Lösungswahrscheinlichkeit in der 7. Jahrgangsstufe bei 0,49, in der 8. Jahrgangsstufe bei 0,53. Die

² TIMSS ... „Trends in International Mathematics and Science Study“ (Suchan u.a. 2008, S. 7)

Lösungswahrscheinlichkeit der deutschen Schüler und Schülerinnen ist mit einem Wert von 0,32 für die 7. Klasse und von 0,33 für die 8. Klasse geringer.

2. Die Wahrscheinlichkeit, die zweite Aufgabe lösen zu können, beträgt international gesehen 0,50 für die 7. Schulstufe und 0,43 für die 8. Schulstufe. In Deutschland hingegen können 64% der Schüler und Schülerinnen der 7. Klasse und 75% der Schüler und Schülerinnen der 8. Klasse die betreffende Aufgabe bewältigen.

Vermutlich könnte eine größere Anzahl an Schülern und Schülerinnen die Aufgaben lösen, wenn diese mit Aspekten, die sich auf das Wesen der Naturwissenschaften beziehen, im Unterricht vertraut gemacht werden würden.

3.6.2 NOS-Projekte in Deutschland

Da die Thematik der Natur der Naturwissenschaften in Österreich bis jetzt noch wenig diskutiert wird und keine österreichischen Projekte, die sich auf diesen Bereich beziehen, ausfindig gemacht werden konnten, werden im weiteren Verlauf dieses Abschnitts zwei Studien aus Deutschland beschrieben.

3.6.2.1 „Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule“

Das erste Projekt, das hier Erwähnung findet, ist das Projekt „Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule“. Dieses wurde im Rahmen des DFG³-Schwerpunktprogramms „Bildungsqualität von Schule“ gefördert, das im Zuge der unbefriedigenden Ergebnisse der TIMS-Studie in Deutschland zur Verbesserung der Qualität des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts ins Leben gerufen wurde (vgl. Grygier u.a. 2007, S. 2). Besonders zwei Ergebnisse scheinen in diesem Kontext interessant. Zum Einen konnte beobachtet werden, dass jene Schüler und Schülerinnen, die spezielle Unterrichtseinheiten zu NOS-Aspekten erhielten, besser beim Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte abschnitten, was auf eine Bestätigung der lernpsychologischen Hypothese in der Grundschule hindeutet (vgl. Grygier u.a. 2007, S. 8). Zum Anderen zeigte sich, dass gezielter Unterricht positive Auswirkungen auf das Wissenschaftsverständnis der Schüler und Schülerinnen hat (vgl. IPN o.J., S. 2).

³ DFG ... „Deutsche Forschungsgemeinschaft“ (Grygier u.a. 2007, S. 2)

3.6.2.2 „Videostudie Physik“

Eine weitere Studie, die sich zu einem gewissen Teil mit NOS-Aspekten beschäftigt, wird von Widodo und Duit (2004, S. 236-245, 250) beschrieben und im Weiteren überblicksmäßig dargestellt.

Die angesprochene Untersuchung wurde im Rahmen der ersten Phase der IPN⁴-Videostudie Physik, die ebenfalls in das DFG-Schwerpunktprogramm „Bildungsqualität von Schule“ integriert ist, absolviert. Sie befasst sich mit konstruktivistischen Aspekten des Lehrens und Lernens (siehe dazu auch Abschnitt 3.6.2.3) und untersucht, inwieweit diese im praktischen Physikunterricht eine Rolle spielen. Dafür wurden die ersten drei Unterrichtsstunden von 13 Lehrpersonen zu zwei Themen auf Video aufgenommen. Die Videoaufzeichnungen wurden anhand des Kategoriensystems KONU⁵ einer Analyse unterzogen. Die Häufigkeit des Auftretens von bestimmten „Kennzeichen konstruktivistischer Lernumgebungen“ (Widodo u.a. 2004, S. 242) im Unterricht wurde erhoben. Zusätzlich dazu wurden Lehrerinterviews und Schülerfragebogen ausgewertet.

Das System KONU basiert auf fünf Kategorien (siehe Abbildung 9). Jene Kategorie, die für die Thematik der vorliegenden Arbeit von besonderer Wichtigkeit ist, ist die Kategorie „Wissenschaft, Wissenschaftler und wissenschaftliches Wissen“. Sie steht im Zusammenhang mit Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften sowie Vorstellungen über Naturwissenschaften und beruht auf der konstruktivistischen Auffassung, dass wissenschaftliches Wissen eine menschliche Konstruktion ist und einen vorläufigen Charakter hat. Der vorliegenden Kategorie werden folgende Unterkategorien, die auch aus Abbildung 9 ersichtlich sind, zugeordnet:

- „Die Vorläufigkeit von Wissenschaft anerkennen“: Neue Erkenntnisse können zu Änderungen des bisherigen naturwissenschaftlichen Wissens führen.
- „Unterschiede in Theorien und Sichtweisen anerkennen“: Wissenschaftliches Wissen ist eine Konstruktion des Menschen und ist demnach von seinen Interessen, Erfahrungen, Werten u.Ä. abhängig.
- „Die Rolle von Beobachtungen, Evidenzen, Hypothesen, Theorien und Gesetzen in der Wissenschaft“: Damit ist die Bedeutung von wesentlichen

⁴ IPN ... „Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften“

⁵ KONU ... „Konstruktivistisch Orientierter Naturwissenschaftlicher Unterricht“ (Widodo u.a. 2004, S. 233)

Gesichtspunkten im Bereich naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen gemeint.

- „Unterschiedliche wissenschaftliche Forschungsstrategien anerkennen“: Es gibt nicht nur eine einzige, sondern verschiedene wissenschaftliche Methoden, um zu naturwissenschaftlichem Wissen zu gelangen.
- „Die Grenzen wissenschaftlicher Erklärungen anerkennen“: Diese Subkategorie spricht an, „dass jede wissenschaftliche Erklärung nur innerhalb bestimmter Grenzen gültig [...] ist“ (Widodo u.a. 2004, S. 240).

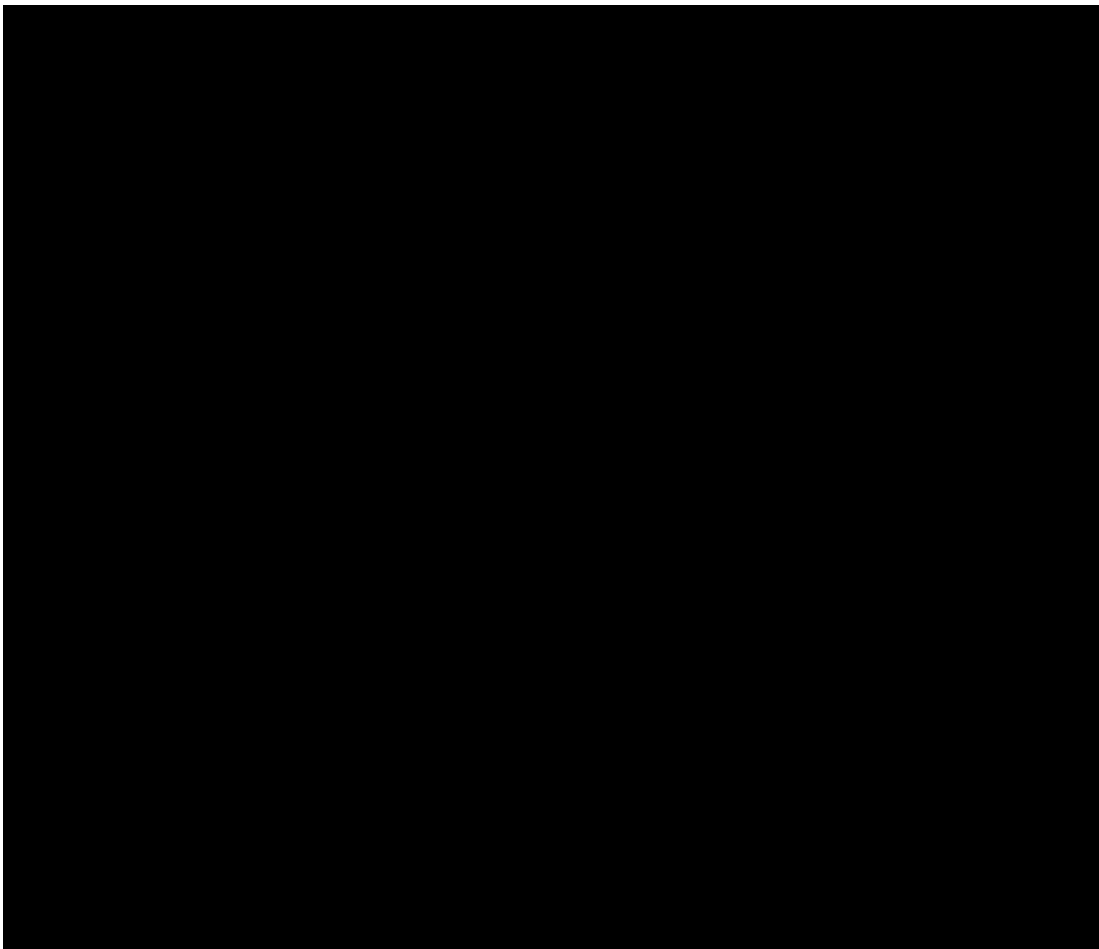


Abbildung 9: Überblick über die Kategorien zum konstruktivistisch orientierten Unterricht (KONU) (Widodo u.a. 2004, S. 238)

Die Ergebnisse der Videostudie im Bereich „Wissenschaft, Wissenschaftler und wissenschaftliches Wissen“ sind ernüchternd. Denn es konnte keine der dazugehörigen Unterkategorien in der ersten Phase identifiziert werden. Widodo u.a. führen diese Tatsache einerseits darauf zurück, dass „Anfangsunterricht in den Schuljahren 7 und 8“ (Widodo u.a. 2004, S. 245) beobachtet wurde und „dass

Lehrkräfte mit diesen Aspekten nicht gut vertraut sind“ (Widodo u.a. 2004, S. 245). Videoaufzeichnungen der zweiten Phase (an 50 zufällig ausgewählten Schulen) geben ebenfalls Hinweise darauf, dass NOS-Aspekte im Physikunterricht der Sekundarstufe I kaum vertreten sind.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie spiegeln die herkömmliche Unterrichtspraxis wider, in der allein auf eine Vermittlung von naturwissenschaftlichem Wissen, etwa die Kenntnis von naturwissenschaftlichen Begriffen, Wert gelegt wird. Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen sowie Vorstellungen über die Naturwissenschaften werden demnach kaum oder überhaupt nicht explizit in den Unterrichtsprozess einbezogen.

3.6.2.3 Exkurs: Konstruktivistisch orientierte Didaktik

Dieser Exkurs in die konstruktivistisch orientierte Didaktik soll Kernaussagen konstruktivistischer Ansätze wiedergeben. Dabei wird im Besonderen auf Widodo u.a. (2004, S. 234-237) und Klein und Oettinger (2007, S. 36-37) Bezug genommen.

Aus konstruktivistischer Sicht stellt Wissen (auch wissenschaftliches Wissen) eine Konstruktion des Menschen dar. Lernen wird demnach nicht als eine „Eins-zu-Eins-Übertragung von Wissensitems“ (Klein u.a. 2007, S. 36) von der Lehrperson auf die Schüler und Schülerinnen gesehen. Die Lernenden müssen hingegen ihr Wissen eigenständig konstruieren, wobei bereits bestehende Vorstellungen, Erfahrungen u.Ä. auf die Konstruktion des Wissens einwirken. Dadurch wird deutlich, dass Lernende, die demselben Wissensvermittlungsprozess ausgesetzt waren, im Nachhinein nicht dasselbe Wissen besitzen. So ist etwa ein Bild, das ein Schüler oder eine Schülerin von einem im Unterricht besprochenen Gegenstand entwickelt, nicht vollkommen identisch mit der Vorstellung, die die Lehrperson oder Mitschüler und Mitschülerinnen davon haben. Konstruktivistisch gesehen sollten daher im Bereich des schulischen Lernens die vor dem Unterricht vorhandenen Sichtweisen der Schüler und Schülerinnen beachtet werden (viele konstruktivistische Ansätze betrachten Lernen als Konzeptwechsel) und die Lernumwelt so gestaltet werden, dass diese effektiv lernen können.

Auch in der Naturwissenschaftsdidaktik spielen konstruktivistische Sichtweisen eine Rolle. Widodo u.a. weisen darauf hin, dass es hier nicht nur um die Schaffung von effizienten Lernumgebungen geht, sondern v.a. auch darum, Lernfähigkeiten,

Interessen und Bedürfnisse der Schüler und Schülerinnen in den Unterrichtsprozess einzubeziehen. Von Bedeutung sind sowohl die „Verbesserung des Verständnisses von naturwissenschaftlichen Begriffen und Prinzipien (den „Konzepten“, die traditioneller Weise im Zentrum des naturwissenschaftlichen Unterrichts stehen)“ (Widodo u.a. 2004, S. 234-235), als auch die „Erschließung von Denk- und Arbeitsweisen (den „Prozessen“) der Wissenschaften und dem Bild, das im Unterricht von den Naturwissenschaften vermittelt wird“ (Widodo u.a. 2004, S. 234-235). Konstruktivistische Ansätze sind somit auch im Hinblick auf Scientific Literacy und NOS-Aspekte wesentlich.

3.6.3 PISA 2006

Als eine Studie, die sich sehr detailliert mit der Naturwissenschaftskompetenz von Schülern und Schülerinnen auseinandersetzt, ist PISA zu nennen. Da bei PISA 2006 u.a. auch Kenntnisse über Naturwissenschaften erfasst wurden, wird im weiteren Verlauf des Abschnitts 3.6.3 die hier angesprochene Untersuchung beschrieben. Entsprechende Ergebnisse, die bei der Erhebung 2006 ermittelt werden konnten, werden dargestellt. Zu diesem Zweck wird auf die folgenden Dokumente zurückgegriffen: Schreiner u.a. 2007a, S. 7-79; Schreiner 2007b, S. 8-27.

3.6.3.1 Darstellung

Bei PISA, dem „Programme for International Student Assessment“, handelt sich um ein Bildungsforschungsprogramm, das 1998 von der OECD⁶ und ihren Mitgliedsstaaten gegründet wurde. Im Rahmen der Schülerleistungsstudie PISA werden in dreijährigen Abständen die Grundkompetenzen von 15-16-jährigen Schülern und Schülerinnen gegen Ende der Pflichtschulzeit in den drei Kernbereichen Lesen, Mathematik und Naturwissenschaften erfasst und einem internationalen Vergleich zugeführt. Dabei wird der Frage nachgegangen, inwieweit Schüler und Schülerinnen über Kenntnisse und Fähigkeiten verfügen, die für ihr weiteres Leben, für lebenslanges Lernen und für die Bewältigung künftiger Herausforderungen von großer Wichtigkeit sind. Außerdem ist es mit Hilfe von PISA

⁶ OECD ... „Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung“ (Schreiner 2007a, S. 7)

möglich, Bildungssysteme hinsichtlich ihrer Stärken und Schwächen zu beurteilen, Aussagen über die Schulqualität zu treffen und Trendanalysen durchzuführen.

Die Kompetenzen der Schüler und Schülerinnen werden anhand von schriftlichen Tests gemessen. Für die Bearbeitung der Aufgaben eines Testhefts, bei denen es sich entweder um Multiple-Choice-, geschlossene oder offene Aufgaben handelt, hat jeder Schüler bzw. jede Schülerin zwei Stunden Zeit. Im Test sind auch einstellungsbezogene Fragen enthalten. Zusätzlich dazu beantworten die Probanden und Probandinnen noch einen 50-minütigen Schülerfragebogen, der sich aus einem internationalen und einem nationalen Teil zusammensetzt und wichtige Kontextdaten bereitstellt. Hier machen sie z.B. Angaben zur eigenen Person (Alter, Geschlecht etc.), zu ihrem familiären Hintergrund, zu ihren Einstellungen, zu ihrem naturwissenschaftlichen Interesse oder zum naturwissenschaftlichen Unterricht. Auch die Schulleitung hat einen Fragebogen über die Schule, Schulpersonal, Unterricht u.Ä. auszufüllen und liefert dadurch ebenfalls wichtige Kontextinformationen. Die Erfassung von Kontextbedingungen ist wichtig, weil diese das Lernen in der Schule und damit die naturwissenschaftliche Leistung beeinflussen.

An der PISA-Studie 2006 nahmen 57 Länder (30 OECD-Staaten und 27 Partnerländer) teil. In jedem Teilnehmerland sollen gemäß internationalen Richtlinien Wissen und Fähigkeiten von mindestens 4500 Schülern und Schülerinnen aus mindestens 150 Schulen gemessen werden. In Österreich wurden 2006 mehr als 4900 Schüler und Schülerinnen aus 199 Schulen getestet.

Bei jeder Erhebung bildet ein Kompetenzbereich den Schwerpunkt der Testung. Während bei PISA 2000 das Augenmerk verstärkt auf die Erfassung der Lesekompetenz (Reading Literacy) gelegt wurde und 2003 die Erhebung der Mathematikkompetenz (Mathematical Literacy) im Vordergrund stand, wurde 2006 die Naturwissenschaftskompetenz (Scientific Literacy) näher beleuchtet und damit der erste Erhebungszyklus von PISA vervollständigt. Was die OECD unter Scientific Literacy genau versteht, ist aus Abbildung 10 ersichtlich.

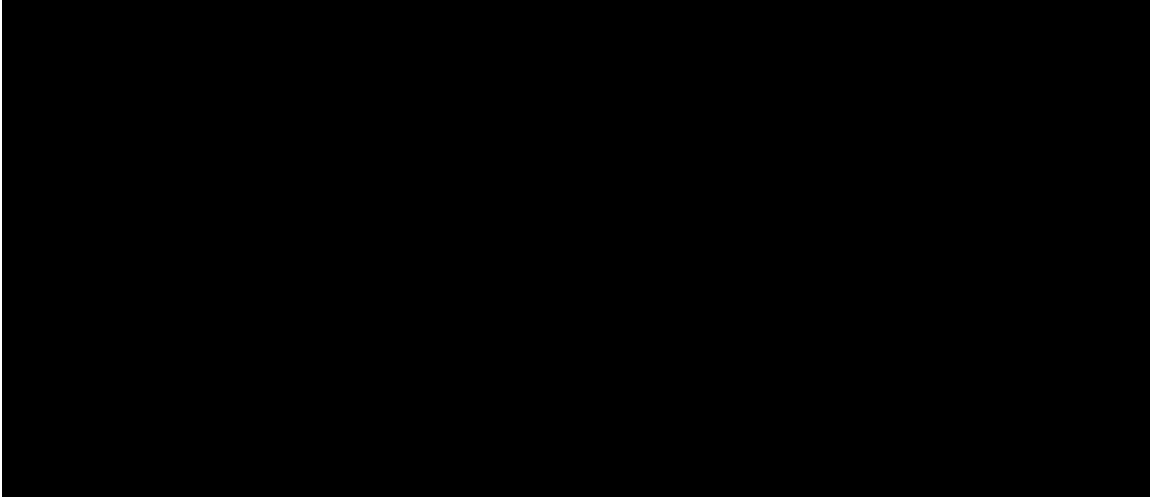


Abbildung 10: Definition der Naturwissenschaftskompetenz (Schreiner u.a. 2007a, S. 18)

Bei PISA 2006 wurde daher ein Großteil der Testzeit für die Erfassung von Basiskompetenzen in den Naturwissenschaften eingesetzt. Mehr als die Hälfte der Aufgaben (verteilt auf 13 Testhefte) bezieht sich auf den naturwissenschaftlichen Bereich. Dadurch konnten verschiedene Teilbereiche der Naturwissenschaftskompetenz detailliert analysiert werden. Der Bereich Naturwissenschaften wird in vier Aspekte eingeteilt, die überblicksmäßig in Abbildung 11 dargestellt sind:

1. Fähigkeiten: Im Zentrum der Erhebung der Naturwissenschaftskompetenz stehen drei Fähigkeiten: „Erkennen naturwissenschaftlicher Fragestellungen“, „Phänomene naturwissenschaftlich erklären“ und „Heranziehen naturwissenschaftlicher Beweise“.
2. Kontexte: Die Naturwissenschaftsaufgaben bei PISA 2006 werden in drei verschiedene Zusammenhänge gestellt. Es werden diesbezüglich der persönliche, der soziale und der globale Kontext unterschieden.
3. Wissen: Naturwissenschaftliche Kompetenz kann aber auch unter einem anderen Gesichtspunkt untersucht werden. Das Wissen der Schüler und Schülerinnen kann in „Wissen *in* den Naturwissenschaften“ und „Wissen *über* die Naturwissenschaften“ gegliedert werden. Ersteres bezieht sich auf das Kennen und Verstehen grundlegender naturwissenschaftlicher Fakten, Konzepte und Theorien. Für zweiteres Wissen sind Kenntnisse über den naturwissenschaftlichen Forschungsprozess und über Erklärungen in den Naturwissenschaften zentral.

4. Einstellungen: PISA 2006 inkludiert auch einstellungsbezogene Fragen. Dadurch sollen themenspezifische Einstellungen der Schüler und Schülerinnen ermittelt werden. Diese werden in die Leistungsmessung nicht einbezogen.

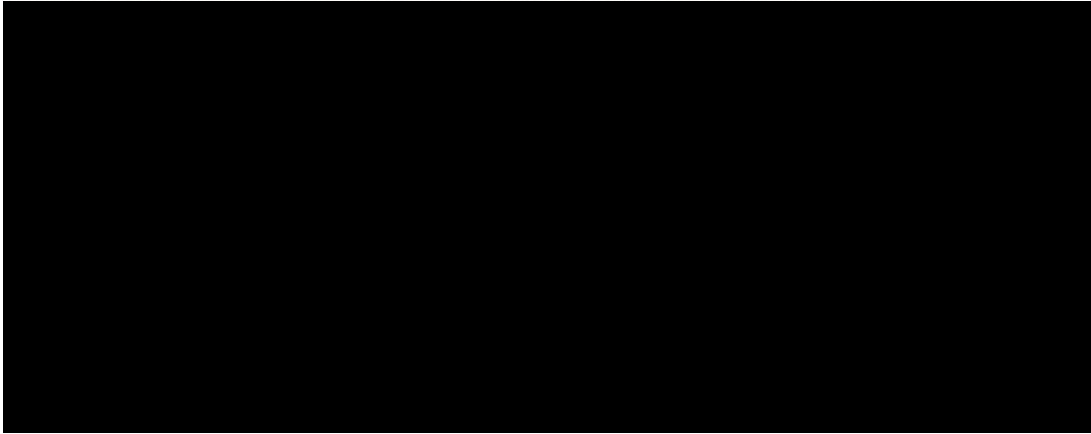


Abbildung 11: Organisation der Domäne Naturwissenschaft (Schreiner u.a. 2007a, S. 19)

3.6.3.2 Ausgewählte Ergebnisse bei PISA 2006⁷

Die PISA-Ergebnisse aus dem Jahr 2006 zeigen, dass die Leistungen österreichischer Schüler und Schülerinnen auf der Naturwissenschaftsgesamtskala im Mittel knapp, aber statistisch signifikant, über dem OECD-Schnitt von 500 Punkten angesiedelt sind (siehe Abbildung 12). Der österreichische Mittelwert liegt auf dieser Skala bei 511 Punkten, jener der finnischen Schüler und Schülerinnen bei 563 Punkten. Damit fehlen Österreich mehr als 50 Punkte auf das Leistungsniveau von Finnland oder - anders ausgedrückt – „der Lernzuwachs von mehr als einem Schuljahr“ (Schreiner 2007b, S. 13). Vergleiche mit den naturwissenschaftlichen Ergebnissen aus den beiden vorangegangenen Studien können nicht angestellt werden, da der Test im naturwissenschaftlichen Bereich in wesentlichen Teilen überarbeitet und erweitert wurde.

⁷ Bei der Darstellung der Ergebnisse wird im Besonderen auf Österreich Bezug genommen.

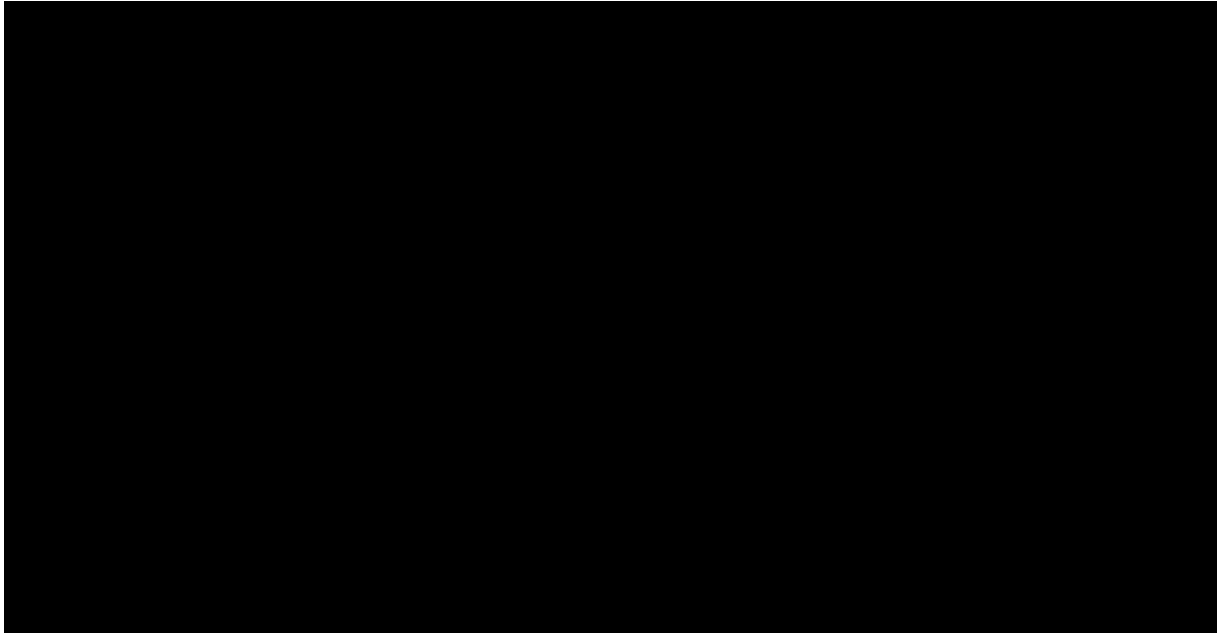


Abbildung 12: Naturwissenschaftsgesamtskala: Mittelwerte und Konfidenzintervalle für die OECD- und/oder EU-Länder (Schreiner 2007b, S. 12)

Die naturwissenschaftliche Kompetenz kann im Weiteren z.B. unter dem Gesichtspunkt „Wissen *in* und *über* Naturwissenschaften“ betrachtet werden. Die Ergebnisse bezüglich des Kenntnisstandes *über* Naturwissenschaften spielen für die vorliegende Arbeit eine wesentliche Rolle, da diese das Verständnis der Schüler und Schülerinnen für die „Funktionsweise“ der Naturwissenschaften widerspiegeln. Bei ungefähr 60% der naturwissenschaftlichen Aufgaben wird das Wissen der Schüler und Schülerinnen in den Naturwissenschaften getestet, die übrigen zirka 40% beziehen sich auf die Kenntnisse über die Naturwissenschaften. Abbildung 13 veranschaulicht die Mittelwerte, die bei der Erfassung des Wissens über die Naturwissenschaften ermittelt wurden, wobei die Reihenfolge der Länder jener auf der Naturwissenschaftsgesamtskala entspricht. Österreich findet sich in diesem Teilbereich mit 504 Punkten im Bereich des OECD-Schnitts wieder. Der Mittelwert liegt jedoch unter dem der Naturwissenschaftsgesamtskala, auf der österreichische Schüler und Schülerinnen 511 Punkte vorzuweisen haben. Finnische Schüler und Schülerinnen rangieren auch hier mit 558 Punkten wiederum an der Spitze. Zudem konnte die Tendenz festgestellt werden, dass Mädchen in einem Großteil der Teilnehmerländer ein höheres Verständnis für das „Funktionieren“ der Naturwissenschaften demonstrieren und den Burschen in dieser Hinsicht überlegen sind. Im OECD-Schnitt schneiden Mädchen in diesem Teilbereich um 10 Punkte besser ab als die Burschen. Der österreichische Mittelwertunterschied von 7 Punkten zu Gunsten der Mädchen ist gering und statistisch nicht signifikant.

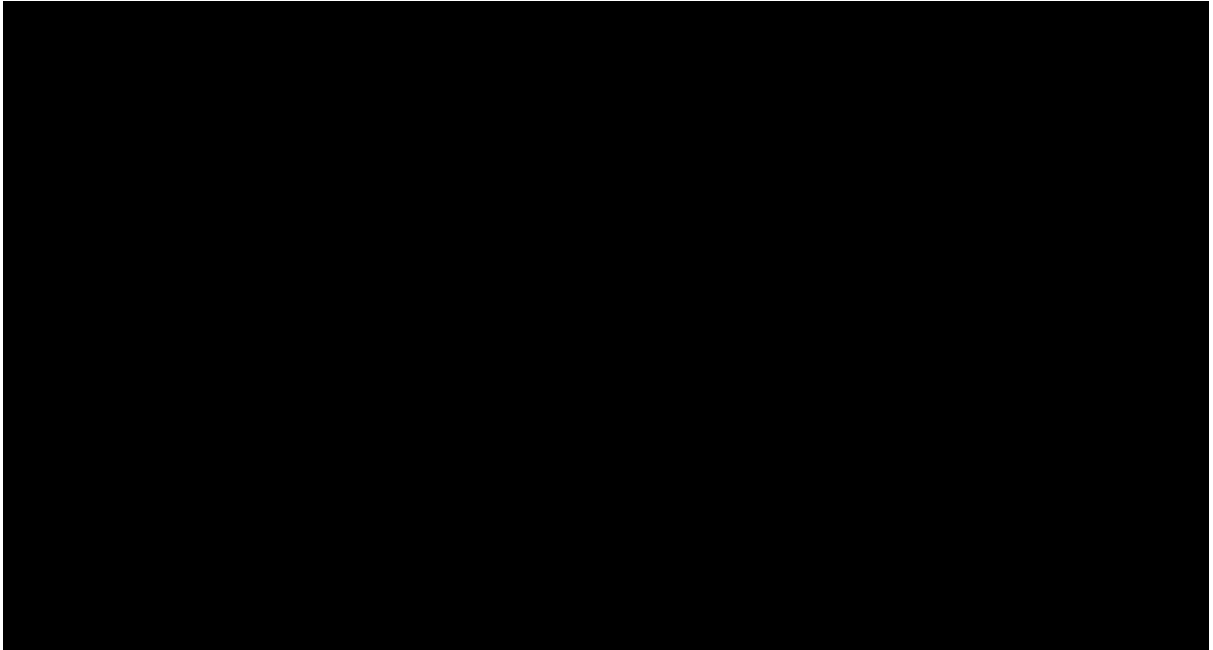


Abbildung 13: Wissen über die Naturwissenschaften: Mittelwerte und Konfidenzintervalle für OECD- und/oder EU-Länder (Schreiner 2007b, S. 22)

Ein anderes Bild ergibt sich hinsichtlich des Wissens in den Naturwissenschaften. Hier zeigen Burschen generell bessere Leistungen, v.a. bei Aufgaben, die die Physikalischen Systeme und die Erd- und Weltraumssysteme betreffen. Diese Tendenz lässt sich auch in Österreich ausmachen. Beim „Wissen *in* den Naturwissenschaften“ erreichen österreichische Schüler und Schülerinnen Mittelwerte, die teilweise deutlich den OECD-Schnitt von 500 (für Physikalische- und Erd- und Weltraumssysteme) bzw. 502 Punkten (für Biologische Systeme) übertreffen: 518 Punkte in den Physikalischen Systemen, 522 Punkte in den Biologischen Systemen, 503 Punkte in den Erd- und Weltraumssystemen. Finnland schneidet in allen diesen drei Bereichen am besten ab.

Die Leistungen der Schüler und Schülerinnen werden aber auch hinsichtlich gewisser naturwissenschaftlicher Fähigkeiten analysiert. Wie aus Abbildung 11 ersichtlich ist, werden diese drei Fähigkeiten von mehreren Faktoren beeinflusst, so auch vom „Wissen *über* die Naturwissenschaften“. Daher wird über die Ergebnisse, die Schüler und Schülerinnen bei den drei Fähigkeiten „Erkennen naturwissenschaftlicher Fragestellungen“, „Phänomene naturwissenschaftlich erklären“, „Heranziehen naturwissenschaftlicher Beweise“ erzielten, im Folgenden kurz berichtet. Beim „Erkennen naturwissenschaftlicher Fragestellungen“ geht es darum, naturwissenschaftliche Fragestellungen und Argumentationen von anderen nicht-naturwissenschaftlichen (z.B. sozialen, ökonomischen) Fragestellungen und

Begründungen differenzieren zu können. Für eine solche Unterscheidung ist es vonnöten, zentrale Kennzeichen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen zu kennen. Österreichische Schüler und Schülerinnen erreichen sowohl beim „Erkennen naturwissenschaftlicher Fragestellungen“ als auch beim „Heranziehen naturwissenschaftlicher Beweise“ einen Mittelwert von 505 Punkten. Sie liegen mit dieser Leistung im Bereich des OECD-Schnitts (499 Punkte). Beim „Heranziehen naturwissenschaftlicher Beweise“ wird von den Schülern und Schülerinnen die Fähigkeit verlangt, „Annahmen, Belege und Argumentationen erkennen [zu] können, die hinter Schlussfolgerungen stecken“ und „über gesellschaftliche Folgen von Entwicklungen in Naturwissenschaft und Technologie reflektieren [zu] können“ (Schreiner 2007b, S. 19). Beim naturwissenschaftlichen Erklären von Phänomenen schneidet Österreich mit 516 Punkten im Mittel besser ab und positioniert sich damit deutlich über dem OECD-Schnitt von 500 Punkten. Die Leistungen finnischer Schüler und Schülerinnen sind wiederum hervorragend. Mit einem Mittelwert von 555 Punkten beim „Erkennen naturwissenschaftlicher Fähigkeiten“, 566 Punkten beim „naturwissenschaftlichen Erklären von Phänomenen“ und 567 Punkten beim „Heranziehen naturwissenschaftlicher Beweise“ übertrifft Finnland die Ergebnisse Österreichs und aller anderen Länder bei weitem.

3.7 Zusammenfassung

Obwohl Naturwissenschaften für nahezu alle Bereiche des menschlichen Lebens eine wichtige Rolle spielen, weisen sehr viele Personen kein grundlegendes Verständnis über die „Funktionsweise“ und die zentralen Merkmale der Naturwissenschaften auf. Dieses mangelnde Wissen kann sich gerade in Gesellschaften, in denen Bürger z.B. bei der Finanzierung von Forschung ein Wörtchen mitzureden haben, nachteilig auswirken. Neben dem demokratischen Argument gibt es aber auch noch manche andere Gründe, die für eine Aneignung eines entsprechenden Naturwissenschaftsverständnisses sprechen. Daher plädieren einige Pädagogen und Pädagoginnen sowie Naturwissenschaftsdidaktiker und Naturwissenschaftsdidaktikerinnen seit geraumer Zeit für eine Beschäftigung mit der Natur der Naturwissenschaften im Unterricht. Mittlerweile werden auch im deutschsprachigen Raum Forschungsprojekte, die sich auf die NOS-Thematik beziehen, durchgeführt. Im Rahmen dieser Arbeit wurden drei solcher Projekte vorgestellt. Eines dieser Projekte nahm einen möglichen Einfluss von

wissenschaftstheoretischem Unterricht auf das Lernen der Schüler und Schülerinnen und deren Wissenschaftsverständnis unter die Lupe. Es konnte hierbei festgestellt werden, dass gezielte NOS-Unterrichtseinheiten nicht nur das Wissenschaftsverständnis der betreffenden Schüler und Schülerinnen positiv beeinflussten, sondern auch den Erwerb naturwissenschaftlicher Wissensinhalte unterstützten. Aus diesen Ergebnissen ist zu erkennen, wie sinnvoll eine Beschäftigung mit NOS-Aspekten für Schüler und Schülerinnen sein kann. Eine weitere Studie untersuchte, wie häufig NOS-Aspekte im Unterricht beobachtet werden können und zeigte in diesem Zusammenhang auf, dass in den beobachteten Klassen solche Gesichtspunkte kaum anzutreffen waren. Bei PISA 2006 wurde zudem der Kenntnisstand der Schüler und Schülerinnen über die Naturwissenschaften eruiert. Dabei kam man zu dem Ergebnis, dass die Leistungen österreichische Schüler und Schülerinnen diesbezüglich im Bereich des OECD-Schnitts liegen. Aus meiner Sicht sollte das Potential das im Lernen über die Natur der Naturwissenschaften steckt, nicht einfach ignoriert werden. Vielmehr sollten NOS-Aspekte in den Unterrichtsprozess integriert und als eine Wissensbereicherung verstanden werden.

4 Geschichte der Naturwissenschaften

Eine große Anzahl an Menschen verfügt über eine verzerrte Sichtweise von Naturwissenschaften und deren „Funktionsweise“. Viele Legenden und Stereotypen, die sich um Naturwissenschaften ranken, werden auch im Laufe der Schulzeit oftmals nicht beseitigt, wenn die Aufmerksamkeit im Unterricht allein auf naturwissenschaftliche Konzepte, Gesetze, Theorien und Fakten gelegt wird. Einen möglichen Zugang, um zu einem adäquaten Naturwissenschaftsverständnis zu gelangen, stellt die Geschichte der Naturwissenschaften dar.

Auch die AAAS, die American Association for the Advancement of Science, (1993, S. 1-21) erwähnt die Bedeutung der Naturwissenschaftsgeschichte in diesem Kontext und spricht dabei einige NOS-Aspekte an, die im Weiteren betrachtet werden. So lässt etwa ein Blick in die Geschichte der Naturwissenschaften erkennen, dass Wissen in den Naturwissenschaften meist allmählich erweitert wird, bestehendes Wissen also schrittweise weiterentwickelt wird, und von Zeit zu Zeit radikale Veränderungen (wissenschaftliche Revolutionen) stattfinden. Durch den Einbezug der Geschichte in den naturwissenschaftlichen Unterricht kann auch erfahrbar gemacht werden, dass sich viele unterschiedliche Personen – Menschen wie man selbst, Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen mit verschiedenen Hintergründen, unterschiedlichen Alters, aus verschiedensten Kulturen, an unterschiedlichen Orten und zu unterschiedlichen Zeiten - mit Naturwissenschaften beschäftigen. Naturwissenschaftshistorischer Unterricht sollte jedoch nicht zu einer Überbetonung der Errungenschaften einzelner, „großer“, weltberühmter Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen verleiten. Historische Ereignisse oder Fallstudien können weiters herangezogen werden, um Grenzen der Naturwissenschaften und Unterschiede im Bereich des Wissens, das durch verschiedene Wissenschaften erzeugt wird, zu verdeutlichen. Zudem können ethische Aspekte bezogen auf die Naturwissenschaften angesprochen werden oder es kann auf die Rolle von Naturwissenschaftlern und Naturwissenschaftlerinnen in gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen eingegangen werden.

4.1 Naturwissenschaften - eine Aktivität des Menschen und ein Prozess

Der Abschnitt 4.1. gibt weitgehend die Gedanken von Höttecke (2001b, S. 199-200; 2004a, S. 45-52) wieder, der sich mit zwei Aspekten auseinandersetzt, die für historisch orientierten Naturwissenschaftsunterricht wichtig sind.

4.1.1 „Naturwissenschaften als Aktivität von Menschen verstehen“ (Höttecke 2004, S. 45)

In der Regel wird im traditionellen naturwissenschaftlichen Unterricht jenen Bedingungen, die für die Produktion von naturwissenschaftlichem Wissen notwendig sind, kaum Beachtung geschenkt. Menschliche Akteure in den Naturwissenschaften spielen bis auf wenige Ausnahmen keine größere Rolle. Wissenschaftsgeschichte könnte dazu beitragen, dieses Defizit an Menschlichem im herkömmlichen Naturwissenschaftsunterricht zu beseitigen. Es kann dadurch zum Ausdruck gebracht werden, dass naturwissenschaftliche Produkte von Menschen erzeugt werden und die Forschung somit auch von verschiedenen Faktoren, wie z.B. persönlichen Ansichten, dem kulturellen Hintergrund oder Wünschen der jeweiligen Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen, beeinflusst werden kann.

Auch Kircher (1995, S. 84-86), auf dem dieser Absatz im Weiteren basiert, führt mögliche Einflussfaktoren auf die naturwissenschaftliche Theoriebildung an. Diese Einflüsse können aus Abbildung 14 entnommen werden. So haben etwa verschiedene Techniken Auswirkungen auf die Theorieentwicklung. Dabei spielen nicht nur handwerkliche, kommunikative und industrielle Techniken eine wichtige Rolle, sondern auch die Beherrschung mathematischer Techniken und naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen ist von zentraler Bedeutung. Zudem weist auch jeder Naturwissenschaftler und jede Naturwissenschaftlerin bestimmte Merkmale und Fähigkeiten sowie eine eigene Sicht auf die Welt auf, die auf die Bildung naturwissenschaftlicher Theorien in einem gewissen Ausmaß Einfluss nehmen. Da die eigenen Sichtweisen, die sich im Laufe des Lebens durch gesellschaftliche, religiöse oder kulturelle Einflüsse entwickeln, für gewöhnlich nicht bewusst in die naturwissenschaftliche Arbeit einfließen, spricht Kircher in diesem Zusammenhang auch von einem „allgemeinen geistigen Hintergrund“ (Kircher 1995,

S. 84). Zusätzlich zu den gerade beschriebenen Voraussetzungen und dem allgemeinen Hintergrund einer Person wirken noch Motive und Bedingungen verschiedenster Art auf die Theoriebildung ein.

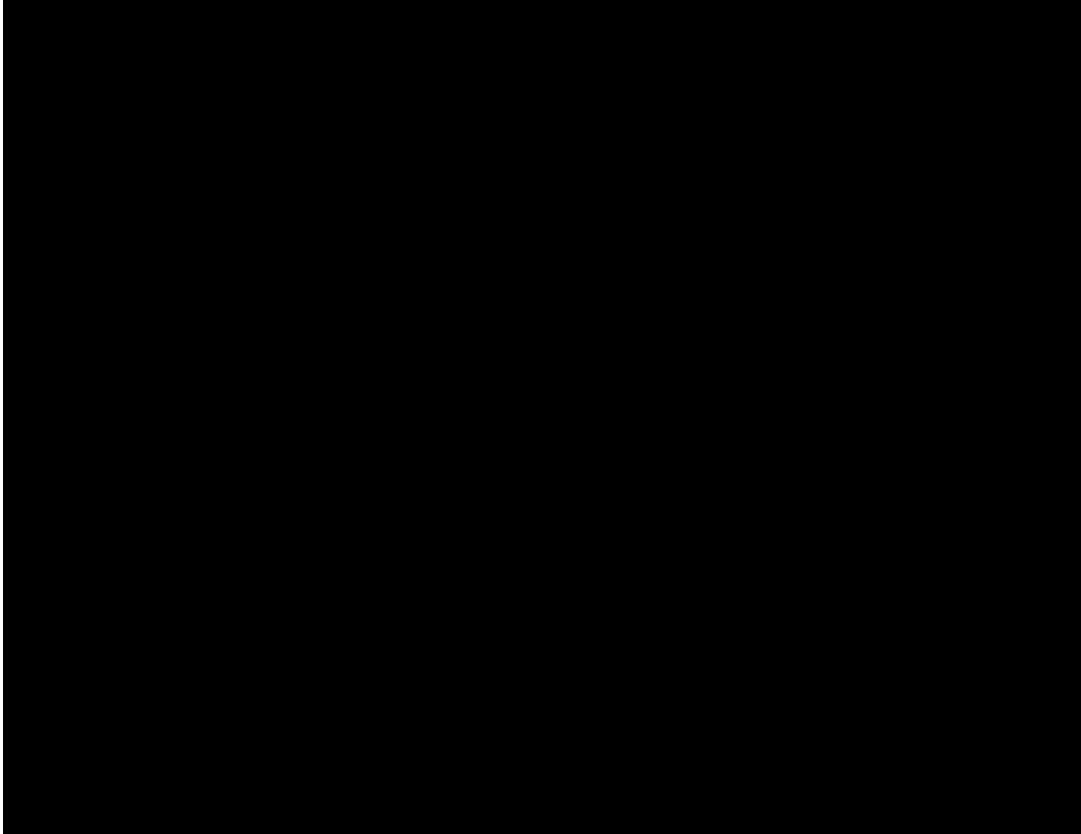


Abbildung 14: Schematische Darstellung von Einflüssen auf die naturwissenschaftliche Theoriebildung (Kircher 1995, S. 86)

Außerdem weist Höttecke darauf hin, dass anhand einer realitätsnahen Darstellung der Lebensgeschichten einzelner Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen nicht nur eine menschliche, sondern auch eine weibliche Komponente in den naturwissenschaftlichen Unterricht hineingebracht werden kann. Dies kann einerseits zu einem größeren Interesse am Naturwissenschaftsunterricht führen, andererseits die Identifikation der Mädchen mit dem naturwissenschaftlichen Unterrichtsfach unterstützen, indem weibliche Rollenvorbilder in den Naturwissenschaften gezeigt werden. Außerdem könnten durch Wissenschaftsgeschichte die mitgebrachten Vorstellungen der Schüler und Schülerinnen über Naturwissenschaften zum Thema gemacht werden und die Lernenden in der Entwicklung von angemesseneren, realitätsnäheren Ansichten über Naturwissenschaften gefördert werden.

Wissenschaftsgeschichte sollte aber nach Höttecke auf keinen Fall auf einige wenige geniale und außergewöhnliche Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen

reduziert werden. Dies würde nicht nur zu einer unrealistischen Darstellung der Naturwissenschaften im Allgemeinen führen und die Leistung anderer Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen abwerten, sondern es „birgt die Gefahr eines negativen Selbstkonzepts auf seiten der SchülerInnen und wirkt sich entsprechend demotivierend aus“ (Höttecke 2001b, S. 200).

4.1.2 „*Naturwissenschaften als Prozess verstehen*“ (Höttecke 2004a, S. 47)

Des Weiteren betont Höttecke, dass im Unterricht üblicherweise die Produkte der Naturwissenschaften betrachtet werden. Dadurch wird der Eindruck erweckt, dass Naturwissenschaften feststehend und unveränderlich sind. Außerdem ist für Schüler und Schülerinnen meist nicht ersichtlich, in welchem geschichtlichen Zusammenhang, zu welchem Zweck oder wie Wissen in den Naturwissenschaften erworben wird. Um die Entwicklung angemessenerer Vorstellungen über die Naturwissenschaften zu fördern, spricht sich Höttecke daher dafür aus, „Naturwissenschaften unter dem Aspekt ihrer Prozesshaftigkeit“ (Höttecke 2004a, S. 47) zu betrachten. In diesem Kontext unterscheidet er drei Ebenen naturwissenschaftlicher Prozesse:

- „Naturwissenschaften als Teil und Leistung eines kulturellen und gesellschaftlichen Prozesses“ (Höttecke 2004a, S. 48)

Naturwissenschaften entwickeln sich im Spannungsfeld von Kultur und Gesellschaft. Sie sind einerseits das Resultat von kulturellen und gesellschaftlichen Bedingungen, andererseits wirken sie wiederum auf unsere Denkweisen in anderen (außerwissenschaftlichen) Lebensbereichen. Naturwissenschaftliches Denken spricht sich gegen „ein der Natur innewohnendes Telos, eine innere Zweckgerichtetheit“ (Höttecke 2004a, S. 48) zu Gunsten von Ursache-Wirkungs-Abwägungen aus. Bei wichtigen, persönlichen Entscheidungen tendiert ein Individuum ebenfalls dazu, Ursachen und Wirkungen abzuschätzen und nicht das Schicksal entscheiden zu lassen. Auch die Beziehung des Menschen zur Natur wird vom naturwissenschaftlichen Denken geprägt. Die Natur wird dabei „nicht als Partner, sondern als Objekt eines auf Analyse und Beherrschung ausgerichteten Naturzugangs“ (Höttecke 2004a, S. 49) gesehen. Wissenschaftliche Forschung ist demnach durch Naturbeherrschung und Nutzenorientierung gekennzeichnet und ist

immer auch im Zusammenhang mit gesellschaftlichen, ökonomischen oder militärischen Prozessen zu sehen.

- „Innerwissenschaftliche Dynamik“ (Höttecke 2004a, S. 50)

Dieser Aspekt bezieht sich auf jenen innerwissenschaftlichen Prozess, wodurch Wissen zu wissenschaftlich anerkanntem Wissen wird. Die Geltungsansprüche von naturwissenschaftlichem Wissen werden innerhalb einer Scientific Community ausgehandelt. Eine gewisse Kenntnis von dieser sozialen und kommunikativen Dimension der Naturwissenschaften ist auch im Hinblick auf das Naturwissenschaftsverständnis der Schüler und Schülerinnen wichtig. Damit kann demonstriert werden, dass wissenschaftliches Wissen nicht allein auf rationalen Kriterien beruht und „dass naturwissenschaftliche Prozesse und Praktiken an Denkstile [...], Paradigmen [...] oder Experimentierstile [...] gebunden sind, die gleichsam ein Werte- und Normengefüge des Sag- und Machbare [sic!] in den Naturwissenschaften aufspannen, das sich verändern kann“ (Höttecke 2004a, S. 50). Es kann verdeutlicht werden, dass Wissen vorläufig ist und im Laufe der Zeit überarbeitet, ergänzt oder verworfen wird.

- „Tätigkeiten und Forschungsstrategien in lokaler Begrenzung“ (Höttecke 2004a, S. 51)

Diese Ebene beschäftigt sich mit jenen Prozessen, die die Entstehung neuen Wissens „unterhalb der Schwelle der scientific community“ (Höttecke 2004a, S. 51) wesentlich bedingen. Einzelne Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen oder kleine Wissenschaftlergruppen und deren Tätigkeiten, darunter v.a. das Experimentieren als zentraler Bestandteil naturwissenschaftlichen Arbeitens, geraten in den Blickpunkt.

4.2 Historisch orientierter Naturwissenschaftsunterricht – Pro und Contra

Justi und Gilbert (1999) formulieren vier Argumente, die für eine Aufnahme der Geschichte der Naturwissenschaften in den Unterricht sprechen:

- Schüler und Schülerinnen setzen sich mit der Natur der Naturwissenschaften auseinander,

- Lehrkräfte können Parallelen zwischen der individuellen Entwicklung und der historischen Entwicklung des naturwissenschaftlichen Wissens ausnutzen,
- kritisches Denken wird gefördert und
- der Lehrperson wird die Möglichkeit gegeben, sich Unterrichtsproblemen zuzuwenden, wie z.B. der Förderung einer fächerübergreifenden Vernetzung von Wissen (vgl. Wandersee & Baudoin Griffard 2002, S. 31).

Wandersee u.a. (2002, S. 31-32) zufolge gibt es aber auch einige Einwände und Hürden, die den praktischen Einsatz von geschichtlich orientiertem Naturwissenschaftsunterricht behindern:

- Dazu zählen Bedenken, die bei jeder neuen Interventionsform geäußert werden. Es wird nur ungern für etwas wertvolle Unterrichtszeit überlassen, das als peripher gesehen wird und möglicherweise das Begriffsverständnis beschränkt.
- Des Weiteren wird erwähnt, dass das Einbringen der Geschichte der Chemie in den Chemieunterricht bei einem fehlenden Verständnis für den Prozess der Wissenskonstruktion zu Langeweile der Schüler und Schülerinnen führen könnte.
- Außerdem fehlen Ressourcen, die Lehrkräfte in kurzer Zeit mit wesentlichen Informationen über die Geschichte von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen sowie deren Forschungsergebnissen ausstatten. Dies stellt möglicherweise das größte Hindernis für die Aufnahme von Chemiegeschichte in den Unterricht dar.
- Weitere Bedenken beziehen sich auf das Vertrauen in die Wissenschaft. Manche Lehrer und Lehrerinnen bringen zum Ausdruck, dass durch Hinweise auf die Fehlbarkeit von Erkenntnissen, auf die Diskussion unter Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen und auf den vorläufigen Charakter der Wissenschaften, das Vertrauen der Schüler und Schülerinnen in die Naturwissenschaften untergraben wird.

4.3 Zusammenfassung

Dieses Kapitel zeigt die Bedeutung der Naturwissenschaftsgeschichte für den naturwissenschaftlichen Unterricht auf. Im Mittelpunkt des Interesses stehen zunächst die beiden von Höttecke thematisierten Aspekte des Verstehens der

Naturwissenschaften als Aktivität des Menschen und als Prozess. Im Weiteren werden mögliche Gründe, die für bzw. gegen historisch orientierte Unterrichtssequenzen sprechen, genannt.

5 Interaktive historische Vignetten (IHV)

„In jeder Art naturwissenschaftlichen Unterrichts, und sei es nur in Randbemerkungen der LehrerIn, kann die Natur der Naturwissenschaften zum Thema gemacht werden“ (Höttecke 2001b, S. 85). Abgesehen von dieser „Art“ NOS-Aspekte zu vermitteln, gibt es auch noch andere Möglichkeiten, den Schülern und Schülerinnen das Wesen der Naturwissenschaften näherzubringen. Eine dieser Methoden ist die interaktive historische Vignette (IHV).

5.1 Interaktive historische Vignetten – eine Beschreibung

Was unter einer interaktiven historischen Vignette zu verstehen ist und wie diese im Unterricht eingesetzt wird, wird von Wandersee u.a. (2002, S. 34, 38) und Roach u.a. (1995, S. 1-3) wie folgt beschrieben.

Mit dem Begriff „Vignette“ wird in diesem Zusammenhang eine kurze Darstellung einer Person oder Situation bezeichnet. Roach u.a. definieren Vignetten als „little stories that tell an attention-grabbing slice of a bigger story“ (Roach u.a. 1995, S. 1). Interaktive historische Vignetten sind kurze (alles in allem etwa 15 Minuten lange) von Lehrkräften verfasste lebhaft Geschichten, die ein aufregendes zentrales Ereignis aus dem Leben eines Wissenschaftlers oder einer Wissenschaftlerin beschreiben. Die wissenschaftliche Grundlage ist historisch korrekt, die Details (z.B. ein Gespräch) können von den Autoren und Autorinnen frei erfunden sein. Die Vignette sollte auf den jeweiligen Unterrichtsinhalt abgestimmt sein, den einen oder anderen wichtigen Aspekt der Natur der Naturwissenschaften darstellen und ein Mal wöchentlich im Unterricht eingesetzt werden. Es können auf diesem Wege nicht nur verschiedene Charakteristika der Naturwissenschaften illustriert werden, sondern es kann den Schülern und Schülerinnen auch eine historische Perspektive des entsprechenden Themas vermittelt werden.

Der Ablauf einer interaktiven historischen Vignette im Unterricht lässt sich in mehrere Abschnitte gliedern. Der Lehrer bzw. die Lehrerin stellt im ersten einführenden Teil der Geschichte einen Kontext her, in dem das Ereignis stattfindet. Dabei stellt die Lehrperson auch immer wieder Fragen an die Schüler und Schülerinnen, wartet deren Antworten ab und klärt diese auch selbst. An einem zentralen Punkt der Geschichte stoppt die Lehrkraft ihre Erzählung. Schüler und Schülerinnen werden

angehalten, über die Situation nachzudenken, diese zu analysieren, Fragen zu stellen und auf Fragen von Mitschülern und Mitschülerinnen oder der Lehrperson einzugehen. Sie sollen diskutieren, welchen Ausgang die Geschichte nehmen könnte. Anschließend wird die Geschichte vom Lehrer / von der Lehrerin fortgesetzt und zu Ende erzählt. Die Lösung des Konflikts wird präsentiert und Schüler und Schülerinnen können ihre Vorhersagen mit dem tatsächlichen Ausgang vergleichen. Die Geschichte wird mit Kennzeichen von Wissenschaftlichkeit in Beziehung gesetzt und anhand von Fragen wie „Was lehrt die Vignette über die Natur der Naturwissenschaften?“, „Welche zentralen Merkmale eines Naturwissenschaftlers oder einer Naturwissenschaftlerin spiegelt die Geschichte wider?“ oder „Welche Parallelen sind zwischen der damaligen und der heutigen Forschungspraxis vorhanden?“ besprochen.

Mit Hilfe von Vignetten werden den Lernenden nicht nur bestimmte Inhalte einer Geschichte vermittelt, sondern Schüler und Schülerinnen werden auch zur Diskussion angeregt. Im Rahmen einer IHV werden also zwei Methoden miteinander kombiniert, nämlich die Methode des Geschichtenerzählens mit der Methode der Diskussion.

Für die Erstellung und Verwendung einer interaktiven historischen Vignette schlagen Wandersee u.a. (2002, S. 36) folgende Abfolge vor:

1. Zunächst werden stichhaltige historische Berichte über die Arbeit eines ausgewählten Wissenschaftlers oder einer ausgewählten Wissenschaftlerin gelesen!
2. Dann werden bestimmte Kennzeichen der Naturwissenschaften und
3. ein zentrales Ereignis aus dem Leben oder der Arbeit des Wissenschaftlers / der Wissenschaftlerin ausgewählt – einen entscheidenden Punkt im Bereich des Denkens oder des Verhaltens!
4. Welches Kennzeichen stellt dieses Ereignis dar?
5. Eine interaktive historische Vignette soll nach folgendem Format geschrieben werden:
 - a) eine kurze Vorstellung des Wissenschaftlers / der Wissenschaftlerin
 - b) Kontext und Grundlage des Ereignisses
 - c) entscheidender Punkt und mögliche Alternativen
 - d) Ergebnis

6. Die Vignette soll in einem dramatischen Erzählstil geschrieben sein. Die Präsentation soll ungefähr sechs Minuten dauern!
7. Die ersten drei Teile der interaktiven historischen Vignette werden in einer dramatischen Art präsentiert!
8. Die Geschichte wird unterbrochen und den Schülern und Schülerinnen Zeit gegeben, sich unabhängig voneinander zu entscheiden, welche Wahl ihrer Ansicht nach der Wissenschaftler oder die Wissenschaftlerin letztendlich getroffen haben könnte!
9. Die Geschichte wird zu Ende erzählt!
10. Schüler und Schülerinnen sollen entsprechende Anwendungen für das durch die Vignette dargestellte Kennzeichen der Naturwissenschaften finden und diskutieren!
11. Pro Schulwoche soll eine interaktive historische Vignette mit einer ungefähren Dauer von je 15 Minuten präsentiert und diskutiert werden! Die Abfolge der Vignetten soll sich auf die Themen des Lehrstoffs beziehen.

5.2 Sinn und Zweck von interaktiven historischen Vignetten im Chemieunterricht

Was soll die Verwendung von interaktiven historischen Vignetten im Chemieunterricht bezwecken? Diese Frage beantworten Roach u.a. (1995, S. 1-6) folgendermaßen:

- Die Lernenden können einem Konzept leichter Bedeutung geben, wenn sie über mehr Kenntnisse, z.B. durch Einbezug der Geschichte, diesbezüglich verfügen. Es wird angenommen, dass das Verständnis von neuen Informationen verbessert werden kann, wenn die Bildung von Verbindungen zwischen bereits existierendem Vorwissen und neuen Konzepten gefördert wird.
- IHV vermitteln den Schülern und Schülerinnen chemische und historische Inhalte, veranschaulichen darüber hinaus aber auch einen oder mehrere Aspekte der Natur der Naturwissenschaften.
- IHV zeigen die historische Veränderung der Naturwissenschaften auf und stellen eine Verknüpfung zwischen der Vergangenheit und der Gegenwart her. Sie gewähren einen Einblick, wie sich bestimmte Ideen entwickelt haben und

demonstrieren, dass wissenschaftliches Wissen vorläufig und historisch gewachsen ist.

- IHV wecken das Interesse und die Aufmerksamkeit der Zuhörer und Zuhörerinnen, indem diese in die Erzählung verwickelt werden.
- IHV rufen eine Diskussion über Naturwissenschaften hervor.
- IHV präsentieren Naturwissenschaften als eine Aktivität des Menschen und stellen nicht nur die Produkte, sondern auch die Prozesse der wissenschaftlichen Forschung dar. Sie geben Einblick in menschliche Bedingungen und in die wissenschaftliche Denkweise. Naturwissenschaften werden zum Leben erweckt.

5.3 Die Natur der Naturwissenschaften in interaktiven historischen Vignetten

Wie bereits erwähnt, sollen anhand von interaktiven historischen Vignetten verschiedenste NOS-Aspekte illustriert werden. Roach u.a. (1995, S. 4) führen folgende Kennzeichen der Naturwissenschaften auf:

- Naturwissenschaftliches Wissen ist vorläufig und veränderlich.
- Wissen kommt durch Anwendung vieler Methoden, die auf Evidenz basieren, zustande.
- Wissenschaft ist als Suche nach Wissen zu sehen; Technik verändert das Umfeld oder die Lebenswelt des Menschen durch Anwendung naturwissenschaftlicher Kenntnisse.
- Eigenschaften des Menschen wie Phantasie, Neugierde und Kreativität sind grundlegende Elemente für naturwissenschaftliche Forschung.
- Naturwissenschaften befassen sich mit der Natur.
- Naturwissenschaften streben danach, Ereignisse möglichst einfach und unkompliziert („parsimoniously“) zu erklären, Mathematik spielt oftmals eine wichtige Rolle.

Als weitere Merkmale der Naturwissenschaften werden von Roach u.a. (1995, S. 4) und Wandersee u.a. (2002, S. 37) mitunter die folgenden genannt:

- Empirismus
- Determinismus

- Skepsis
- Präzision
- Respekt vor der Leistungsfähigkeit einer Theorie
- Wissensdrang
- Aufgeschlossenheit
- Vorliebe für naturwissenschaftliche Erklärungen von natürlichen Begebenheiten (Abneigung gegen Aberglauben)
- Respekt vor quantitativen Bestimmungen und Messungen
- Einsicht in die Grenzen von Wissen
- Verständnis für Wahrscheinlichkeit und Statistik

5.4 Untersuchungen zum Einsatz von interaktiven historischen Vignetten

Da Literatur zu dieser Thematik nur schwer zu finden ist, basiert dieser Abschnitt allein auf Ausführungen von Wandersee u.a. (2002, S. 39-40), die drei Untersuchungen zur Verwendung von interaktiven historischen Vignetten im Unterricht skizzieren:

- Roach (1993) konnte zeigen, dass sich die Verwendung von IHV im Unterricht positiv auf das NOS-Verständnis der untersuchten Collegestudenten und Collegestudentinnen auswirkte und dass es den Probanden und Probandinnen gefiel, anhand dieser Methode über Naturwissenschaften und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen zu lernen.
- Eine weitere Studie stammt von Abd-El-Khalick und Lederman (2000), die den Einfluss der Geschichte der Naturwissenschaften auf die NOS-Vorstellungen von Collegestudenten und Collegestudentinnen und angehenden Naturwissenschaftslehrern und -lehrerinnen untersuchten. Im Rahmen ihrer Untersuchung stellten sie inadäquate Auffassungen über Naturwissenschaften bei nahezu allen Probanden und Probandinnen zu Beginn der Naturwissenschaftsgeschichte-Lehrveranstaltung fest und bemerkten, dass wenige der untersuchten Personen tatsächlich ihre Kenntnisse durch die Beschäftigung mit der Geschichte der Naturwissenschaften verbessern konnten. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Effektivität von naturwissenschaftsgeschichtlichen Lehrveranstaltungen gesteigert werden

könnte, indem explizit auf bestimmte NOS-Aspekte eingegangen wird. Eine Möglichkeit, sich mit diesen Aspekten zu befassen, stellt die Methode der IHV dar.

- Chan (1997) untersuchte die Wirkung von interaktiven historischen Vignetten auf Auffassungen über Naturwissenschaften an einer Mädchen-High-School in Taiwan. Er konnte ebenfalls positive Effekte durch den Einsatz dieser Geschichten im Unterricht auf das Naturwissenschaftsverständnis der Probandinnen identifizieren.

5.5 Mögliche Schwierigkeiten bei der Erstellung einer Vignette

Bei all den positiven Gesichtspunkten, die der Einsatz interaktiver historischer Vignetten im Unterricht mit sich bringen kann, dürfen gewisse problematische Aspekte, die damit ebenfalls verbunden sein können, nicht aus den Augen verloren werden.

In diesem Zusammenhang ist v.a. der Zeitaufwand zu erwähnen, der nötig ist, um eine interaktive historische Vignette zu konzipieren. Für das Sammeln von entsprechenden Hintergrundinformationen muss dabei wesentlich mehr Zeit eingeplant werden als für das eigentliche Schreiben der Geschichte. Besonders bei mangelnden naturwissenschaftsgeschichtlichen Kenntnissen braucht es Zeit und Geduld, interessante Ereignisse aus dem Leben eines Naturwissenschaftlers oder einer Naturwissenschaftlerin, die NOS-Aspekte veranschaulichen, zu finden und diese historisch korrekt wiederzugeben. Zudem wird in der Literatur empfohlen, nicht ausschließlich auf die Lebensgeschichten der „großen“ Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen zurückzugreifen und die Aufmerksamkeit nicht allein auf diese zu lenken, was die Themenauswahl einschränkt und möglicherweise etwas erschwert. Darüber hinaus darf auch nicht vergessen werden, dass die interaktive historische Vignette bei den Schülern und Schülerinnen auf Interesse stoßen und diese zur Diskussion anregen sollte. Lassen sich in der Vignette Aspekte ausmachen, die für die Entwicklung von adäquaten Naturwissenschaftsvorstellungen eventuell kontraproduktiv sein können oder gängige Stereotype verstärken können, sollten diese entsprechend reflektiert und kritisch diskutiert werden.

Eine Vignette zu entwickeln, die in allen Belangen optimal ist, stellt eine große Herausforderung oder vielleicht sogar eine Illusion dar. In den meisten Fällen wird es notwendig sein, Vor- und Nachteile der Vignette gegeneinander abzuwägen und auf dieser Basis eine Entscheidung für oder gegen deren Einbindung in den Unterricht zu treffen.

5.6 Interaktive historische Vignette: Clara Immerwahr

Nach einem theoretischen Einblick in die Methode der interaktiven historischen Vignette und in die Möglichkeit, anhand dieser wesentliche Kennzeichen der Naturwissenschaften zu verdeutlichen, wird im Folgenden eine im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit entworfene Vignette präsentiert. Diese setzt sich mit dem Leben der Naturwissenschaftlerin Clara Immerwahr auseinander, die den meisten Menschen – wenn überhaupt - weniger für ihre naturwissenschaftliche Arbeit ein Begriff, sondern vielmehr für ihre Ehe mit dem Chemiker und Nobelpreisträger Fritz Haber bekannt ist.

5.6.1 Biographie von Clara Immerwahr

Clara Immerwahr wurde am 21. Juni 1870 in Polkendorf geboren, wo ihre Eltern eine Landwirtschaft führten. Ihr Vater hatte ursprünglich Chemie studiert, konnte als junger Jude jedoch keine geeignete Anstellung in diesem Bereich finden. Clara war die jüngste von vier Kindern (drei Töchter, ein Sohn). Sie war eine gute, begeisterte und wissensdurstige Schülerin, hatte aber im Gegensatz zu ihrem Bruder nicht die Möglichkeit das Gymnasium zu besuchen und einen entsprechenden Abschluss zu machen. Nach dem Tod ihrer Mutter 1890 ging Clara mit ihrem Vater nach Breslau, wo diesem der Posten des Direktors einer Zuckersiederei angeboten wurde. Nach Abschluss der höheren Mädchenschule gab es für Clara nur die Möglichkeit sich durch Besuch der Anstalt des Lehrerinnenseminars weiterzubilden. Sie interessierte sich sehr für den naturwissenschaftlichen Unterricht und bekam von ihrer Lehrerin das Buch „Unterhaltungen über die Chemie“ von Jane Marcet geschenkt, von dem sie sehr begeistert war. Es handelt sich hierbei um ein Chemiebuch, das von einer Frau für Frauen geschrieben wurde, die keine naturwissenschaftliche oder technische Vorbildung vorzuweisen haben. Nach Abschluss der Lehrerinnenbildungsanstalt nahm sie mit Unterstützung ihres Vaters Privatstunden, darunter auch

naturwissenschaftlichen Unterricht. Nachdem sie eine geeignete Vorbildung (Reifezeugnis vom Realgymnasium) nachweisen konnte und ihr Gesuch um Zulassung zu diversen naturwissenschaftlichen Vorlesungen genehmigt wurde, durfte sie an der Universität studieren. Sie war eine talentierte Naturwissenschaftlerin und durfte ihre Ergebnisse auch in Fachzeitschriften veröffentlichen. Ihr Gesuch um Zulassung zur Doktorprüfung, das auch viele Empfehlungen von Professoren enthielt, wurde genehmigt. Clara promovierte erfolgreich im Jahre 1900 als erste Frau an der Universität Breslau im Fachbereich der physikalischen Chemie mit ihrer Arbeit „Beiträge zur Löslichkeitsbestimmung schwerlöslicher Salze des Quecksilbers, Kupfers, Bleis, Cadmiums und Zinks“ und wurde Assistentin von Professor Abegg. Zu dieser Zeit wurde sie auch zum ersten Mal von einem Frauenverein eingeladen, einen wissenschaftlichen Vortrag zu halten. Dabei sprach sie über „Chemie und Physik im Haushalt“ und wollte auf diese Art und Weise wissenschaftlich nicht vorgebildeten Frauen die Bedeutung der Naturwissenschaften für das praktische Leben vor Augen führen.

Auf einer Tagung traf sie den Chemiker Fritz Haber wieder, den sie bereits von der Tanzschule her kannte. Er gestand ihr erneut seine Zuneigung und machte ihr einen Heiratsantrag. Nach anfänglichem Zögern entschloss sie sich schließlich doch den Antrag anzunehmen, in der Hoffnung auch als Ehefrau weiterhin Forschung betreiben zu können. Zu Beginn ihrer Ehe mit Fritz Haber arbeitete sie noch auf naturwissenschaftlichem Gebiet und unterstützte ihren Gatten bei seiner Arbeit. Sie versuchte der Forschung nachzugehen und darüber die „Pflichten einer Frau“ nicht zu vernachlässigen. Mit der Geburt ihres Sohnes zog sie sich immer mehr in das häusliche Leben zurück. Fritz Haber arbeitete sehr viel und versuchte seine Karriere voranzutreiben. Er wurde zum Professor für physikalische Chemie und Elektrochemie an der Technischen Hochschule in Karlsruhe ernannt. Während seine Karriere steil bergauf ging, war Clara mit Kind, Haushalt und der Rolle der Ehefrau und Professorengattin überfordert. Clara hielt zwar weiterhin Vorträge über die Chemie, die von ihren Zuhörerinnen begeistert aufgenommen wurden, wollte aber auch gerne wieder wissenschaftlich arbeiten. Ihre Anwesenheit am Institut war jedoch von Fritz Haber nicht erwünscht. Er sprach nicht mehr über seine Forschung mit Clara. Auch emotional distanzierten sich die beiden immer weiter. Clara wurde nicht länger als Wissenschaftlerin anerkannt, sondern wurde „bloß“ als Ehefrau des berühmten Fritz Haber (Entwicklung der Ammoniaksynthese für die Herstellung von Düngemitteln und Sprengstoff, Nobelpreis 1918) gesehen. Im Jahre 1911 zogen die Habers nach Berlin

(Dahlem), wo Fritz Haber Direktor des Instituts für physikalische Chemie und Elektrochemie wurde. Während des Ersten Weltkriegs leitete er die Abteilung des Kriegsministeriums für Kampfstoffe und führte Forschung für Kriegszwecke durch. Er und andere Chemiker suchten nach chemischen Verbindungen, die den Feind vergiften und zu weiteren Kampfhandlungen unfähig machen sollten. Tiere wurden vergast, um die Wirkung der Gifte einschätzen zu können. Clara äußerte immer wieder ihre Bedenken hinsichtlich des Gebrauchs chemischer Waffen und kritisierte den Missbrauch der Forschung zu militärischen Zwecken. Am 22.4.1915 wurden beim ersten Chlorgasangriff in Ypern tausende Menschen getötet und schwer verletzt. Fritz Haber wurde als Held gefeiert und zum Hauptmann befördert.

Am 2. Mai 1915 beging Clara Selbstmord. Wo ihre angeblich vorhandenen Abschiedsbriefe geblieben sind, ist nicht geklärt. Daher wird auch über mögliche andere Gründe, die Clara dazu bewogen haben könnten, ihrem Leben ein derartiges Ende zu setzen, spekuliert. Neben Selbstmord als Verzweiflungstat aufgrund des Gaskrieges werden in der Literatur noch als mögliche weitere Beweggründe eine Affäre von Fritz Haber mit seiner zukünftigen zweiten Ehefrau oder eine psychische Erkrankung, an der Clara gelitten haben könnte, genannt.

5.6.2 Interaktive historische Vignette: Clara Immerwahr und ihr Leben für eine menschenwürdige Wissenschaft

Clara Immerwahr wurde Ende des 19. Jahrhunderts als Tochter eines jüdischen Chemikers geboren. Trotz erheblicher bürokratischer Behinderungen und vieler Vorurteile schaffte sie es 1900 als erste Frau an der Universität Breslau im Fachbereich der physikalischen Chemie zu promovieren. Sie war eine talentierte, begeisterte und gewissenhafte Naturwissenschaftlerin und ein Teil ihrer Arbeiten erschien sogar in Fachzeitschriften. Nach längerem Zögern entschied sie sich schließlich doch den Heiratsantrag des Chemikers Fritz Haber anzunehmen. Zu Beginn ihrer Ehe interessierte sie sich sehr für die Arbeit von Fritz, unterstützte ihn dabei und versuchte beides, die Forschung und „die Aufgaben“ einer Frau des 19. Jahrhunderts, unter einen Hut zu bringen. Fritz Haber hingegen lebte für seinen Beruf und ordnete diesem alles andere unter, auch sein Familienleben mit

Ehefrau Clara und Sohn Hermann. Er strebte eine große Karriere an, die als Jude mit erhöhten Anstrengungen verbunden war.

* * * * *

Das Ereignis, von dem ich später ausführlicher berichten möchte, hat sich im Jahre 1915 in Deutschland zugetragen. Zu dieser Zeit herrschte Krieg, genauer gesagt der Erste Weltkrieg. Nach militärischen Erfolgen Deutschlands zu Beginn des Krieges tobte nun ein erbitterter Stellungskrieg mit vielen Opfern auf allen Seiten. Das ausgeglichene Waffenverhältnis machte keine kriegsentscheidenden Siege möglich. Und so wurden Fritz Haber und andere Chemiker vom deutschen Militär mit der Aufgabe betraut nach geeigneten Giften zu suchen, die den Gegner kampfunfähig machen und ihn schädigen sollten. Dies widersprach der Haager Landkriegsordnung, die auch von Deutschland unterzeichnet wurde und eine Verwendung von Giften verbietet. Fritz Haber war federführend in der Entwicklung von chemischen Kampfgasen und ist als „der eigentliche Initiator und Organisator des chemischen Krieges in Deutschland“ (Stolzenberg 1994, S. 241) zu sehen.

* * * * *

Clara Immerwahr war als Vertreterin einer humanen Wissenschaft zutiefst schockiert von der Arbeit ihres Mannes. Sie verlangte von ihm, die Entwicklung chemischer Massenvernichtungsmittel zu stoppen. Nach einem Chlorgasangriff auf gegnerische Soldaten in Ypern, der viele Tote und Verletzte forderte, stellte sie Fritz zur Rede und schrie ihn völlig verzweifelt an: „Wie kannst du nur dein Wissen für Forschung einsetzen, die Menschenleben vernichtet. Hast du kein Gewissen! Wissenschaft ist ja nicht dazu da, Menschen Schaden zuzufügen oder sie sogar zu töten, sondern Naturwissenschaften sollen dem Menschen helfen!“ Fritz Haber blieb aber von den Bedenken und der Kritik seiner Frau ungerührt und erwiderte darauf grimmig: „Du fällst nicht nur mir, sondern auch unserem Vaterland in den Rücken. Du bist eine Landesverräterin. In dieser Not solltest auch

du, meine Liebe, Deutschland unterstützen. Wissenschaft dient „im Frieden der Menschheit und im Kriege dem Vaterland“ (Fritz Haber, zitiert nach Heher). Daraufhin wandte er sich von seiner Frau ab und ging zu Bekannten und Freunden, die gekommen waren, um seinen Triumph und seine Beförderung zum Hauptmann zu feiern.

* * * * *

Clara war ganz und gar nicht zum Feiern aufgelegt und zog sich tief bestürzt in ihr Zimmer zurück. Sie sah nur einen Ausweg, um nicht Mittäterin zu sein - Selbstmord. Sie schrieb Abschiedsbriefe, um der Nachwelt all ihre traurigen Gedanken mitzuteilen, die ihr im Kopf herumschwirten. Das Haus war ruhig. Die Gäste waren bereits gegangen. Fritz schlief. Sie verließ das Zimmer. An der Garderobe hing die Waffe von Fritz, bereit für ihr Vorhaben. Schnell nahm sie sie herunter. Sie ging in den Garten. Ein Probeschuss in die Luft. Dann noch einer, diesmal aber auf sich selbst gerichtet. Wenig später verstarb sie.

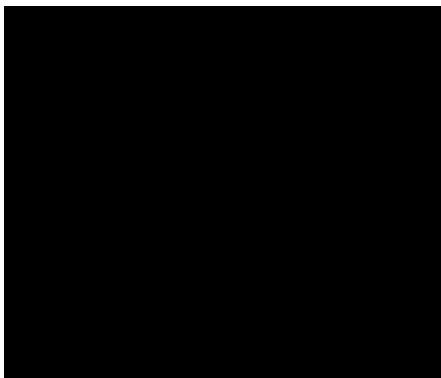


Abbildung 15: Clara Immerwahr als Studentin (Leitner 1993, S. 43)

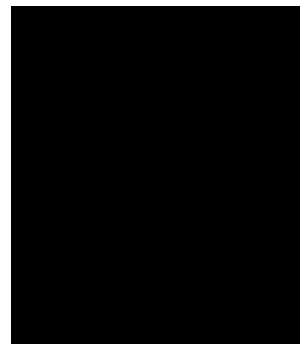


Abbildung 16: Fritz Haber (Nobel Foundation)

5.6.3 Einbindung in den Unterricht

Da interaktive historische Vignetten mit dem Unterrichtsinhalt abgestimmt sein sollten, taucht die Frage auf, in welchem thematischen Zusammenhang die hier dargestellte Vignette zum Einsatz kommen könnte. Eine Möglichkeit, diese in den Unterricht zu integrieren, wäre in Anknüpfung an die großtechnische Chemie bei der

Behandlung der anorganischen Grundchemikalie Ammoniak. Fritz Haber entwickelte Anfang des 20. Jahrhunderts gemeinsam mit Carl Bosch und Alwin Mittasch ein großtechnisches Verfahren zur Herstellung von Ammoniak aus den Elementen. Haber und Bosch bekamen Jahre später den Nobelpreis dafür verliehen. Die Herstellung von Ammoniak war besonders wichtig für die Herstellung von Düngemitteln und Sprengstoff, da Deutschland dadurch von Importen unabhängig wurde. Die Biographie von Fritz Haber ist eng mit jener von Clara Immerwahr verbunden. Die Vignette kann dazu beitragen die Person Fritz Habers in verschiedenen Lichtern zu zeigen. Des Weiteren kann natürlich das Leben der Frauen unter den damaligen Bedingungen, die beinahe nur männliche Wissenschaftler zuließen, thematisiert werden.

5.6.4 Hinweise auf NOS-Aspekte

Interaktive historische Vignetten bringen neben Abwechslung auch noch sehr viele spannende Gesichtspunkte in den Naturwissenschaftsunterricht ein. Der Mensch in den Naturwissenschaften kommt dadurch verstärkt zum Vorschein. Dennoch darf nicht außer Acht gelassen werden, dass Vignetten auch mit gewissen Schwierigkeiten behaftet sein können. So kann etwa gegen die hier vorgestellte Vignette eingewendet werden, dass sie das viel diskutierte Vorurteil der humanen Frau und des inhumanen Mannes widerspiegelt und bestätigt. Bei ihrer Verwendung wäre es daher wichtig, dieses stereotype Bild zu thematisieren und mit den Schülern und Schülerinnen zu diskutieren. Auch mögliche Gegenbeispiele (z.B. Linus Pauling - Chemienobelpreisträger 1954 -, der für seinen Einsatz gegen Atomwaffentests 1962 den Friedensnobelpreis erhielt) können erwähnt werden. Außerdem darf an diese wie an jede andere Vignette nicht der Anspruch herangetragen werden, dass durch sie allein „alle“ Kennzeichen der Naturwissenschaften veranschaulicht werden.

Die Vignette zur Person Clara Immerwahr's wirft viele interessante Aspekte auf und bringt ein sehr großes Diskussionspotential mit sich. So können etwa Behinderungen, gegen die eine Frau ankämpfen musste, um eine (universitäre) Ausbildung zu erlangen, und die gängige Ansicht über die Rolle der Frau Ende des 19., Anfang des 20. Jahrhunderts kritisch diskutiert werden. Auch die heutige Situation der Frau als Wissenschaftlerin kann Gegenstand der Diskussion sein. Des Weiteren kann über die Alternative „Was wäre gewesen, wenn Clara Fritz Haber nicht geheiratet hätte?“ gemutmaßt werden. Frauen, die Heirat und Forschung erfolgreich miteinander

verbunden haben, können an dieser Stelle ebenfalls zum Thema gemacht werden. Ein prominentes Ehepaar, das in diesem Zusammenhang möglicherweise genannt wird, ist das Ehepaar Marie und Pierre Curie (gemeinsamer Nobelpreis für Physik 1903, Chemie-Nobelpreis für Marie Curie 1911).

Als weitere Diskussionsanregung könnte die Frage nach der (moralischen) Verantwortung von Naturwissenschaftlern und Naturwissenschaftlerinnen gegenüber dem Menschen dienen. Folgende Fragen können diesbezüglich aufgeworfen werden: Darf Wissenschaft nur zum Wohle des Menschen eingesetzt werden oder darf sie (in Krisenzeiten) auch gegen den Menschen eingesetzt werden? Zu welchem Zweck wird Wissenschaft heutzutage betrieben? Gibt es Parallelen zur heutigen Forschungspraxis? Welche charakteristischen Merkmale von „guten“ und / oder „schlechten“ Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen spiegelt die Geschichte wider? Zudem können Motive, die Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen verfolgen, diskutiert werden. Damit kann die möglicherweise vorhandene inadäquate Schülervorstellung, dass Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen bloß durch ihren Drang nach Wissen geleitet werden, widerlegt werden. Es kann veranschaulicht werden, dass Forschung niemals wertfrei ist. Außerdem kann das Zusammenspiel von Technik und naturwissenschaftlichen Erkenntnissen demonstriert werden. Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen mit ihrem kulturellen Hintergrund, persönlichen Ansichten, sozialen Beziehungen und Wünschen beeinflussen die Forschung. Die Beziehung zwischen naturwissenschaftlicher Forschung und ihrem Umfeld stellt ein weiteres zentrales Kennzeichen der Naturwissenschaften dar.

Es gibt mit Sicherheit noch einige andere Themenbereiche (z.B. der chemische Krieg), die im Zuge der vorgestellten Vignette aufgegriffen werden könnten. Die Diskussion, die sich durch Einsatz dieser Vignette möglicherweise entwickelt, kann verschiedenste Richtungen einschlagen je nach Interesse der Schüler und Schülerinnen und der Lehrperson. Bei jeder Vignette sollte jedoch der tatsächliche Ausgang der Geschichte nicht durch den Lehrer oder die Lehrerin vorweggenommen werden. Es sollte dagegen den Schülern und Schülerinnen die Möglichkeit gegeben werden, verschiedene alternative Enden zu besprechen, bevor die Lehrperson erzählt, wie die Geschichte im wirklichen Leben geendet hat.

5.7 Interaktive historische Vignette: Teflon

Den Abschluss der vorliegenden Arbeit bildet eine zweite interaktive historische Vignette, in der ein scheinbares Missgeschick des Chemikers Roy Plunkett im Mittelpunkt steht.

5.7.1 Interaktive historische Vignette: „Entdeckung“ des Teflons

In der folgenden Geschichte wird über ein Missgeschick eines jungen amerikanischen Chemikers erzählt, der durch Neugier angetrieben etwas fand, das er gar nicht gesucht hatte. Es handelt sich hierbei um eine jener Entdeckungsgeschichten, in denen der Zufall seine Hand im Spiel hatte, der Zufall allein aber für die Entdeckung nicht ausgereicht hätte. Jener Chemiker, der in diesem Zusammenhang eine zentrale Rolle spielte, war Roy Plunkett. Dieser wurde 1910 geboren. Nach Besuch des Manchester College und der Ohio State University begann er als Chemiker bei DuPont zu arbeiten. 39 Jahre später, 1975, verließ der erfolgreiche Chemiker DuPont und trat in den Ruhestand über. Im Jahre 1994 starb er im 84. Lebensjahr.

* * * * *

Das Ereignis, von dem berichtet werden soll, trug sich im April des Jahres 1938 im Forschungslabor von DuPont zu. Hier arbeitete der 27-jährige Roy Plunkett gerade an der Entwicklung eines neuen Kältemittels. Dieses sollte einerseits - im Gegensatz zu vielen früher in Kühlgeräten eingesetzten Substanzen - ungefährlich, farblos, geruchlos, unbrennbar etc. sein, andererseits das vorhandene Kühlmittel-Patent von General Motors umgehen helfen. Plunkett versuchte also aus Tetrafluorethylen und Salzsäure einen neuen Fluorchlorkohlenwasserstoff (FCKW) zu gewinnen. Tetrafluorethylen ist ein Gas und wird in Stahlflaschen gelagert. Im Labor von Plunkett wurde Tetrafluorethylen ebenfalls in Stahlflaschen in Mengen zu einem Kilogramm und bei einer Temperatur von minus 80°C aufbewahrt. „Bei diesen Temperaturen war das Gas flüssig und der

Druck in der Flasche gering – und damit auch die Gefahr, dass kleine Mengen des Gases durch undichte Ventile verloren gingen“ (Schneider 2002, S. 10-11).

* * * * *

Als Plunkett am 6. April ins Labor kam, wollten er und sein Assistent Jack Rebok mit der Synthese des Kältemittels fortfahren. Als Jack das Ventil der Tetrafluorethylenflasche öffnete, strömte hingegen kein Gas heraus. Sie hatten vergessen, die Flasche auf Trockeneis zu lagern und damit offensichtlich das teure Gas verschwendet. Während sie die Flasche anhoben, stellten sie jedoch verwundert fest, dass diese nicht wesentlich leichter geworden war.

* * * * *

Plunkett und Rebok stellten die Stahlflasche auf die Waage und dieser zufolge konnte die Flasche nicht leer sein. Was war hier passiert? Womöglich war das Ventil bloß verstopft? Doch auch der Versuch mit Hilfe eines Drahtes die verstopfte Öffnung zu durchstoßen, brachte kein Ergebnis. Es kam weiterhin kein Gas aus der Flasche. Daraufhin öffneten sie vorsichtig die Flasche. Anstelle des Gases fanden sie eine weiße Substanz. Ein Polymer hatte sich gebildet – Polytetrafluorethylen, heute auch bekannt unter dem Begriff „Teflon“. Damit war die Neugierde von Plunkett aber noch keineswegs gestillt. Er untersuchte diese weiße Substanz auf seine Eigenschaften hin und versuchte jene Bedingungen ausfindig zu machen, die die Polymerisation ausgelöst hatten. Als Kältemittel konnte die vorliegende Substanz nicht verwendet werden, auch ein anderes Einsatzgebiet fand sich, v.a. aufgrund der hohen Produktionskosten, zunächst nicht. Erst mit dem Bau der Atombombe im Rahmen des Manhattan Projekts, also für militärische Zwecke, wurde Teflon interessant. Teflon diente hier als Schutzschicht für Behälter und Rohrleitungen vor dem extrem korrosiven Uranhexafluorid. Seit damals ist Teflon aus unterschiedlichsten Anwendungsbereichen nicht mehr wegzudenken. Die Substanz wurde in der Raumfahrt eingesetzt z.B. als Schutzschicht auf den Raumanzügen, findet aber

auch in der Küche in Form antihaftbeschichteter Pfannen Verwendung. Teflonmembranen in Outdoor-Bekleidung sind unter dem Namen „Gore-Tex“ bekannt. Die Widerstandsfähigkeit von Teflon ermöglicht nicht nur seinen Einsatz als Material für Beschichtungen und Dichtungen, sondern auch für Implantate (künstliche Gelenke, Herzklappen etc.).



Abbildung 17: Roy Plunkett (rechts) und die Entdeckung von Teflon (Chemical Heritage Foundation)

5.7.2 Reflexion über die vorliegende Vignette

Wie aus der Vignette zu entnehmen ist, bezieht sich die zweite Geschichte auf die Entdeckung des Teflons. Da die Biographie des betreffenden Naturwissenschaftlers an dieser Stelle nicht so stark im Vordergrund steht wie im Falle der ersten Vignette, wird auf eine ausführlichere Darstellung des Lebens von Roy Plunkett verzichtet. Des Weiteren ist auch der Themenbereich, im Rahmen dessen die Vignette im Unterricht Verwendung finden könnte, augenscheinlich und wird daher nicht weiter besprochen. Zunächst ist ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass diese Vignette nicht den Eindruck erwecken soll, naturwissenschaftliches Wissen basiere ausschließlich auf Zufallsentdeckungen. Dieser problematische Gesichtspunkt wird jedoch in Kauf genommen, weil die Entdeckung des Teflons sehr interessant ist, Alltagsbezug aufweist und einige zentrale Kennzeichen der Naturwissenschaften dadurch demonstriert werden können. Es sollte daher die Rolle des Zufalls in den Naturwissenschaften explizit angesprochen und mit den Schülern und Schülerinnen entsprechend diskutiert werden. Vielleicht können diese noch weitere Beispiele für solche „Zufallsentdeckungen“ nennen, von denen es einige in der Wissenschaftsgeschichte gibt (Entdeckungen von Goodyear, Fleming, Röntgen,

Perkin, Wöhler usw.). Darüber hinaus wäre es jedoch auch besonders wichtig, Gegenbeispiele zu erwähnen. Zudem soll vor Augen geführt werden, dass Zufall allein ohne Zutun von Naturwissenschaftlern und Naturwissenschaftlerinnen keine für den Menschen verwertbaren Entdeckungen hervorbringen kann. Die Bedeutung eines zufällig stattgefundenen Ereignisses muss von den naturwissenschaftstreibenden Personen erst erkannt werden. Um in den Worten des Chemikers Louis Pasteur zu sprechen: „Der Zufall begünstigt nur einen vorbereiteten Geist.“ (zitiert nach Schneider 2002, S. 3). Neben Aufmerksamkeit, Neugier und einem entsprechenden Vorwissen sind auch Beharrlichkeit und Arbeitsbereitschaft gefragt.

Mit Hilfe der vorliegenden Vignette können mitunter folgende Merkmale der Naturwissenschaften verdeutlicht werden:

- naturwissenschaftliches Wissen basiert auf Beobachtung, Experimenten, rationalen Argumenten und Skepsis,
- Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen versuchen natürliche Phänomene (naturwissenschaftlich) zu erklären,
- Aufgeschlossenheit,
- Neugier und Kreativität von Naturwissenschaftlern und Naturwissenschaftlerinnen spielen eine wichtige Rolle bei deren Arbeit,
- Respekt vor quantitativen Bestimmungen und Messungen ist notwendig,
- Naturwissenschaften und Technik wirken sich wechselseitig aufeinander aus - Technik verändert die Lebenswelt des Menschen, indem naturwissenschaftliche Kenntnisse angewendet werden,
- Naturwissenschaften und außerwissenschaftliche Bereiche (z.B. militärische Prozesse) sind miteinander verknüpft,
- Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen arbeiten nicht alleine.

5.8 Zusammenfassung

Dieses Kapitel macht auf die Unterrichtsmethode der interaktiven historischen Vignette aufmerksam, wodurch eine Auseinandersetzung mit der Natur der Naturwissenschaften Eingang in den Unterricht finden kann. Das Verfahren wird ausführlich beschrieben und Sinn und Zweck desselben sowie mögliche problematische Aspekte im Bereich der Erstellung einer Vignette werden in

Augenschein genommen. Gegen Ende des Kapitels finden sich zwei interaktive historische Vignetten, die im Rahmen dieser Diplomarbeit entwickelt wurden. Eine der beiden Vignetten nimmt auf das Leben von Clara Immerwahr Bezug, die zweite behandelt die „Entdeckung“ des Teflons. Aus Sicht der vorliegenden Arbeit sollen diese Vignetten v.a. der Illustrierung von NOS-Aspekten im Unterricht dienen.

6 Zusammenfassung

Im Zentrum dieser Arbeit steht die „Natur der Naturwissenschaften“. Der Ausdruck leitet sich von der englischsprachigen Formulierung „nature of science“ ab. Während im angloamerikanischen Raum dem Naturwissenschaftsverständnis seit etwa 30 Jahren zunehmende Aufmerksamkeit entgegengebracht wird, zeigt sich diese Tendenz in den deutschsprachigen Ländern erst seit ein paar Jahren. Die deutschsprachige Literatur zu diesem Thema, die im Bereich der Chemiedidaktik noch ziemlich spärlich ist, kommt zu einem Großteil aus Deutschland.

Zunächst wurde aber dem Begriff der epistemologischen Überzeugung Beachtung geschenkt. Es wurden Methoden zur Erfassung dieser Ansichten präsentiert, diesbezügliche Modelle ins Auge gefasst und der Einfluss von epistemologischen Theorien auf das schulische Lernen unter die Lupe genommen. Epistemologische Überzeugungen, die sich auf die Naturwissenschaften beziehen, sind in der Literatur als Ansichten über die Natur der Naturwissenschaften geläufig.

Die Natur der Naturwissenschaften - „Natur“ wird in diesem Zusammenhang in der Bedeutung von Wesen verwendet - bezieht sich u.a. auf erkenntnistheoretische, wissenschaftstheoretische und ethische Aspekte der Naturwissenschaften. Es soll aber nicht der Eindruck vermittelt werden, dass es sich bei der „Natur der Naturwissenschaften“ um ein Synonym für die Philosophie der Naturwissenschaften handelt. Denn die Beschäftigung mit dieser Thematik schließt auch historische, soziale, politische oder kulturelle Aspekte mit ein. Nach McComas tragen die Philosophie, die Geschichte, die Soziologie und die Psychologie der Naturwissenschaften entscheidend zum Naturwissenschaftsverständnis bei.

Es werden einige Gründe genannt, die für eine Beschäftigung mit NOS-Aspekten sprechen. Über Naturwissenschaften und deren „Funktionsweise“ nachzudenken, kann nicht nur ein besseres Verständnis von der Wissenschaft und angemessenere Sichtweisen über Naturwissenschaften mit sich bringen, sondern auch das Interesse der Schüler und Schülerinnen am naturwissenschaftlichen Unterricht kann dadurch gefördert werden. Dabei ist auch zu bedenken, dass eine adäquate Sichtweise von Naturwissenschaften und von naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen auch im Hinblick auf eine mögliche naturwissenschaftliche Berufsorientierung der Schüler und Schülerinnen von Bedeutung sein kann.

Es wurde beschrieben, welche Vorstellungen zum Wesen der Naturwissenschaften von Schülern und Schülerinnen sowie von Lehramtsstudierenden geäußert werden. Dabei stellte sich heraus, dass das Bild, das viele Personen von Naturwissenschaften haben, häufig keineswegs der Realität entspricht. Im Gegenzug wurden auch jene Ansichten über Naturwissenschaften präsentiert, über deren Adäquatheit in Expertenkreisen weitgehende Einigkeit besteht.

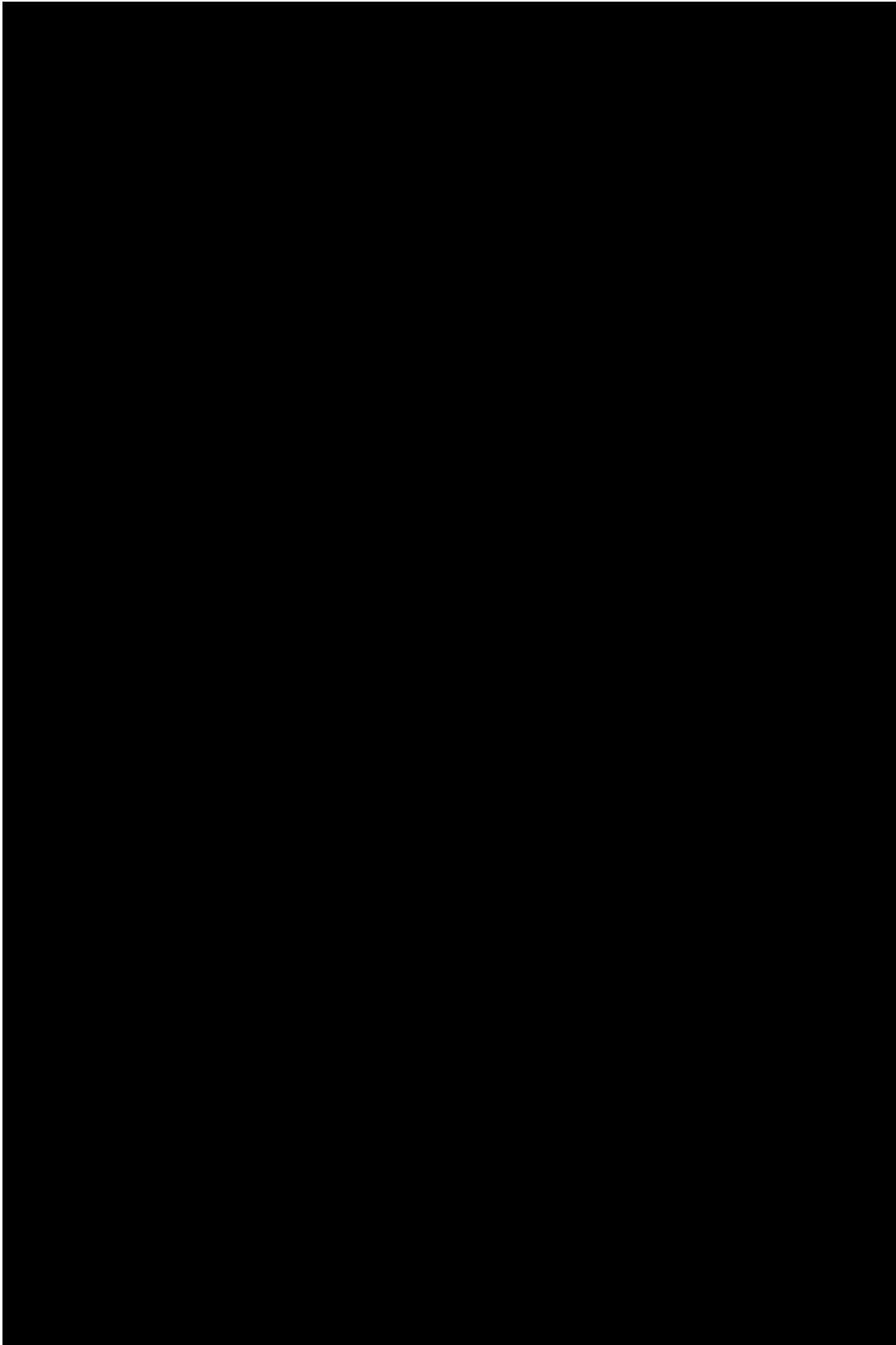
Verschiedene Projekte, die sich in der einen oder anderen Weise mit der Natur der Naturwissenschaften auseinandersetzen, wurden dargestellt. So wurden z.B. bei PISA 2006 verschiedene Teilbereiche der Naturwissenschaftskompetenz näher beleuchtet. Einer von diesen beschäftigt sich mit den Kenntnissen von Schülern und Schülerinnen über die Naturwissenschaften.

Zudem wurde der Geschichte der Naturwissenschaften Beachtung geschenkt. Durch Einbezug der Naturwissenschaftsgeschichte in den Unterricht kann der naturwissenschaftstreibende Mensch mit all seinen Facetten gezeigt werden und der naturwissenschaftliche Unterricht belebt werden. Es kann darauf hingewiesen werden, dass naturwissenschaftliches Wissen im Laufe der Zeit entwickelt wurde, dass es vorläufig ist und auch in Beziehung zu kulturellen und gesellschaftlichen Entwicklungen zu sehen ist.

Anhand von interaktiven historischen Vignetten können diese und andere zentrale Kennzeichen der Naturwissenschaften illustriert werden. Zwei Beispiele für historische Vignetten wurden erarbeitet.

7 Anhang

Offener Fragebogen zur Untersuchung von Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften nach Höttecke



8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Scientific Literacy	5
Abbildung 2:	Hofers Modell zum Einfluss epistemologischer Überzeugungen auf das schulische Lernen	14
Abbildung 3:	Bivariate Korrelationen zwischen epistemologischen Überzeugungen sowie Motivation, Lernstrategien und fachspezifischen Selbstkonzepten	16
Abbildung 4:	Beiträge verschiedener Disziplinen zur Natur der Naturwissenschaften	19
Abbildung 5:	Überblick über die Natur der Naturwissenschaften	19
Abbildung 6:	Der inkorrekte hierarchische Zusammenhang zwischen Fakten, Hypothesen, Theorien und Gesetzen	34
Abbildung 7:	Bedeutungen des Begriffs „Hypothese“	35
Abbildung 8:	Induktion – Deduktion	36
Abbildung 9:	Überblick über die Kategorien zum konstruktivistisch orientierten Unterricht (KONU)	50
Abbildung 10:	Definition der Naturwissenschaftskompetenz.....	54
Abbildung 11:	Organisation der Domäne Naturwissenschaft	55
Abbildung 12:	Naturwissenschaftsgesamtskala: Mittelwerte und Konfidenzintervalle für die OECD- und/oder EU-Länder.....	56
Abbildung 13:	Wissen über die Naturwissenschaften: Mittelwerte und Konfidenzintervalle für OECD- und/oder EU-Länder.....	57
Abbildung 14:	Schematische Darstellung von Einflüssen auf die naturwissenschaftliche Theoriebildung	62
Abbildung 15:	Clara Immerwahr als Studentin	77
Abbildung 16:	Fritz Haber	77
Abbildung 17:	Roy Plunkett (rechts) und die Entdeckung von Teflon	82

9 Literaturverzeichnis

AAAS (American Association for the Advancement of Science) (1993). Benchmarks. Online im Internet: URL: <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php?chapter=1> [Stand: 17.02.2009].

Baumert, J. u.a. (Hrsg) (1998). Testaufgaben Naturwissenschaften TIMSS 7./8. Klasse (Population 2). Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.

Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur (o.J.). Brückenfunktion – der allgemeine Teil des Lehrplans. Online im Internet: URL: http://www.bmukk.gv.at/medienpool/11668/lp_ahs_neu_allg.pdf [Stand: 19.01.2009].

Chemical Heritage Foundation (2005). Roy Plunkett. Online im Internet: URL: <http://www.chemheritage.org/classroom/chemach/plastics/plunkett.html> [Stand: 02.05.2009].

Gräber, W. & Nentwig, P. (2002a). Scientific Literacy – Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. In: W. Gräber u.a. (Hrsg.), Scientific Literacy (S. 7-43). Opladen: Leske + Budrich.

Gräber, W., Nentwig, P. & Nicolson, P. (2002b). Scientific Literacy – von der Theorie zur Praxis. In: W. Gräber u.a. (Hrsg.), Scientific Literacy (S. 135-145). Opladen: Leske + Budrich.

Grygier, P., Günther, J. & Kircher, E. (2007). Über Naturwissenschaften lernen. Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.

Halder, A. (2000). Philosophisches Wörterbuch. Freiburg u.a.: Herder.

Heher, J. (o.J.). Clara Immerwahr und Fritz Haber. Ein verdrängtes Kapitel männlicher Wissenschaftsgeschichte. Online im Internet: URL: <http://www.uni-muenster.de/PeaCon/wuf/wf-92/9210501m.htm> [Stand: 21.03.2009].

Höttecke, D. (2001a). Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftstheoretische Untersuchungen. Berlin: Logos-Verlag.

Höttecke, D. (2001b). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der „Natur der Naturwissenschaften“. Online im Internet: URL: ftp://ftp.ipn.uni-kiel.de/pub/zfdn/2001/S.7-23_Hoettecke_2001.pdf [Stand: 04.01.2009].

Höttecke, D. (2004a). Wissenschaftsgeschichte im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: C. Hößle, D. Höttecke & E. Kircher (Hrsg.), Lehren und lernen über die Natur der Naturwissenschaften (S. 43-56). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.

Höttecke, D. (2004b). Schülervorstellungen über die „Natur der Naturwissenschaften“. In: C. Hößle, D. Höttecke & E. Kircher (Hrsg.), Lehren und lernen über die Natur der Naturwissenschaften (S. 264-277). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.

Höttecke, D. & Rieß, F. (2007). Rekonstruktion von Vorstellungen von Physikstudierenden über die Natur der Naturwissenschaften - eine explorative Studie. Online im Internet: URL: <http://www.phydid.de/index.php/phydid/article/viewFile/51/51> [Stand: 04.01.2009].

Hügli, A. & Lübcke, P. (Hrsg) (1998). Philosophielexikon. Personen und Begriffe der abendländischen Philosophie von der Antike bis zur Gegenwart. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH.

IPN (Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften) (o.J.). Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. Online im Internet: URL: http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/biqua/pdf/wuerzburg_muenchen.pdf [Stand: 03.03.2009].

Jelinek, A. (2007). Historische Begebenheiten, Anekdoten und Experimente entlang des AHS-Lehrplans. Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades einer Magistra der Naturwissenschaften an der Universität Wien.

Kircher, E. (1995). Studien zur Physikdidaktik. Erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Grundlagen. Kiel: IPN.

Kircher, E. & Dittmer, A. (2004). Lehren und lernen über die Natur der Naturwissenschaften - ein Überblick -. In: C. Hößle, D. Höttecke & E. Kircher (Hrsg.), Lehren und lernen über die Natur der Naturwissenschaften (S. 2-22). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.

Klein, K. & Oettinger, U. (2007). Konstruktivismus. Die neue Perspektive im (Sach-) Unterricht. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Köller, O., Baumert, J. & Neubrand, J. (2000). Epistemologische Überzeugungen und Fachverständnis im Mathematik- und Physikunterricht. In: J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Hrsg), TIMSS/III Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn, Band 2: Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe (S. 229-269). Opladen: Leske + Budrich.

Leitner, G. (1993). Der Fall Clara Immerwahr. Leben für eine humane Wissenschaft. München: C. H. Beck.

McComas, W. F., Clough, M. P. & Almazroa, H. (1998). The Role and Character of the Nature of Science in Science Education. In: W. F. McComas (Ed.), The Nature of Science in Science Education (p. 3-39). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

McComas, W. F. & Olson, J. K. (1998). The Nature of Science in International Science Education Standards Documents. In: W. F. McComas (Ed.), The Nature of Science in Science Education (p. 41-52). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

McComas, W. F. (1998). The Principal Elements of the Nature of Science: Dispelling the Myths. In: W. F. McComas (Ed.), The Nature of Science in Science Education (p. 53-70). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Nobel Foundation (o.J.). Linus Pauling. The Nobel Peace Prize 1962. Biography. Online im Internet: URL: http://nobelprize.org/nobel_prizes/peace/laureates/1962/pauling-bio.html [Stand: 19.04.2009].

Nobel Foundation (o.J.). The Nobel Prize in Chemistry 1911. Online im Internet: URL: http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1911/index.html [Stand: 28.05.2009].

Nobel Foundation (o.J.). The Nobel Prize in Chemistry 1918. Online im Internet: URL: http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1918/ [Stand: 17.04.2009].

Nobel Foundation (o.J.). The Nobel Prize in Physics 1903. Online im Internet: URL: http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/index.html [Stand: 19.04.2009].

Popper, K. (1935). Logik der Forschung. Zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft. Wien: Julius Springer.

Prechtl, P. & Burkard, F. (Hrsg.) (2008). Metzler Lexikon Philosophie. Begriffe und Definitionen. Stuttgart, Weimar: J.B. Metzler.

Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. Online im Internet: URL: ftp://ftp.ipn.uni-kiel.de/pub/zfdn/2003/11.Priemer_160-178.pdf [Stand: 04.01.2009].

Roach, L. E. & Wandersee, J. H. (1995). Putting People back into Science: Using Historical Vignettes. Online im Internet: URL: http://findarticles.com/p/articles/mi_qa3667/is_199511/ai_n8723031/print?tag=artBody;col1 [Stand: 24.01.2009].

Schneider, M. (2002). Teflon, Post-it und Viagra. Große Entdeckungen durch kleine Zufälle. Weinheim: Wiley-VCH.

Schreiner, C. u.a. (2007a). PISA 2006. Internationaler Vergleich von Schülerleistungen. Die Studie im Überblick. Ziele und Organisation, Methoden und Tests, Aufgabenbeispiele. Online im Internet: URL: http://www.bifie.at/sites/default/files/publikationen/2007-12-04_pisa-2006-studie.pdf [Stand: 08.04.2009].

Schreiner, C. (Hrsg.) (2007b). PISA 2006. Internationaler Vergleich von Schülerleistungen. Erste Ergebnisse. Online im Internet: URL: http://www.bifie.at/sites/default/files/publikationen/2007-12-04_pisa-2006-ersteergebnisse.pdf [Stand: 08.04.2009].

Stolzenberg, D. (1994). Fritz Haber. Chemiker, Nobelpreisträger, Deutscher, Jude. Weinheim u.a.: VCH.

Suchan, B., Wallner-Paschon, C. & Schreiner, C. (Hrsg.) (2008). TIMSS 2007. Mathematik & Naturwissenschaft in der Grundschule. Die Studie im Überblick. Online im Internet: URL: http://www.bifie.at/sites/default/files/publikationen/2008-12-09_TIMSS_studienbeschreibung.pdf [Stand: 03.05.2009].

Szöllösi-Janze, M. (1998). Fritz Haber. 1968 – 1934. Eine Biographie. München: C.H. Beck.

The Lemelson-MIT Program (2000). Roy J. Plunkett. Teflon®. Online im Internet: URL: <http://web.mit.edu/invent/iow/plunkett.html> [Stand: 02.05.2009].

The Society of the Plastics Industry (1994). Dr. Roy J. Plunkett. Discoverer of Fluoropolymers. Online im Internet: URL: <http://www.fluoropolymers.org/news/PlunkArt94.pdf> [Stand: 02.05.2009].

Urhahne, D. & Hopf, M. (2004). Epistemologische Überzeugungen in den Naturwissenschaften und ihre Zusammenhänge mit Motivation, Selbstkonzept und

Lernstrategien. Online im Internet: URL: ftp://ftp.ipn.uni-kiel.de/pub/zfdn/2004/4.Urhahne_Hopf_071-088.pdf [Stand: 04.01.2009].

Vollmer, G. (1988). Was können wir wissen? Band 1 Die Natur der Erkenntnis. Beiträge zur Evolutionären Erkenntnistheorie. Stuttgart: Hirzel.

Vollmer, G. (1994). Evolutionäre Erkenntnistheorie. Angeborene Erkenntnisstrukturen im Kontext von Biologie, Psychologie, Linguistik, Philosophie und Wissenschaftstheorie. Stuttgart: Hirzel.

Wandersee, J. H. & Baudoin Griffard, P. (2002). The History of Chemistry: Potential and Actual Contributions to Chemical Education. In: J. K. Gilbert u.a. (Ed.), Chemical Education: Towards Research-based Practice (p. 29-46). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Widodo, A. & Duit, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. Online im Internet: URL: ftp://ftp.ipn.uni-kiel.de/pub/zfdn/2004/12.Widodo_Duit_233-255.pdf [Stand: 04.01.2009].

Zimbardo, P. G. & Gerrig, R. J. (2004). Psychologie. München u.a.: Pearson Studium.

10 Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und dafür keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Anja Schwingenschlögl

Wien, 5. Juni 2009

11 LEBENS LAUF

Anja Schwingenschlögl

Geboren am 15.05.1985 in Gmünd (NÖ)

Familienstand: ledig

Friedrich-Knauer-Gasse 1-3/2/9, 1100 Wien

Tel.: 0664/2811687

E-Mail: anja.schwing@gmx.at

Ausbildung

09/1995 – 06/2003 BG/BRG Gmünd (NÖ)

10/2003 – 09/2004 Studium LA Chemie und LA Englisch an der Universität Wien

Seit 10/2004 Studium LA Chemie und LA Psychologie und Philosophie an der Universität Wien

Schul- und studienbegleitende Tätigkeiten

08/2001	Billa AG
09/2001 – 06/2002	Nachhilfefirma Heureka
08/2005	Moeller Gebäudeautomation
08/2007	Moeller Gebäudeautomation

Sonstiges

EDV-Kenntnisse	MS-Office
Sprachkenntnisse	Englisch (in Wort und Schrift)
	Russisch (Maturaniveau)