



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Naturwissenschaften historisch verstehen

Eine fachdidaktische Erörterung, Erhebung zum Ist-Zustand im
Chemieunterricht in Österreich und mögliche Unterrichtskonzepte.

Verfasserin

Jennifer Anzlin

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag^a. rer.nat.)

Wien, 2011

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 190 423 313

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Lehramtsstudium Chemie, Geschichte, Sozialkunde und
Politische Bildung

Betreuerin:

Univ.-Prof. Dr. Anja Lembens

„Es lässt sich wohl behaupten, dass die Geschichte der Wissenschaften die Wissenschaft selbst sei. Man kann dasjenige, was man besitzt, nicht rein erkennen, bis man das, was andere vor uns besessen zu erkennen weiß!“ (Johann Wolfgang von Goethe)

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe.

Die aus den fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Eichgraben, am 16. Mai 2011

(Jennifer Anzlin)

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	1
1 EINLEITUNG	2
1.1 BEGRÜNDUNG DER THEMENWAHL	2
1.2 ZENTRALE FRAGESTELLUNG – FORSCHUNGSINTERESSE DER ARBEIT.....	5
1.3 AUFBAU DER ARBEIT.....	7
2 THEORETISCHE GRUNDLAGEN	9
2.1 SCIENTIFIC LITERACY	9
2.2 DIE NATUR DER NATURWISSENSCHAFTEN	11
2.2.1 <i>Nature of Science – ein Meinungskonsens</i>	12
2.2.2 <i>Konsensfähige adäquate Ansichten über Nature of Science</i>	18
2.2.3 <i>Konsensfähige inadäquate Vorstellungen über Nature of Science</i>	19
2.3 NOS IM NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHT	20
2.3.1 <i>Fachsystematischer Unterricht</i>	21
2.3.2 <i>Inadäquate Vorstellungen</i>	24
2.3.3 <i>Warum über NOS lehren und lernen?</i>	35
2.3.4 <i>Unterrichtsverfahren</i>	39
3 NOS HISTORISCH VERSTEHEN	51
3.1 ARGUMENTE, DIE FÜR DIE VERWENDUNG DER WISSENSCHAFTSGESCHICHTE IM UNTERRICHT SPRECHEN	54
3.2 ARGUMENTE, DIE GEGEN DIE VERWENDUNG DER WISSENSCHAFTSGESCHICHTE IM UNTERRICHT SPRECHEN	60
4 DIE BEDEUTUNG DER WISSENSCHAFTSGESCHICHTE FÜR ÖSTERREICHISCHE CHEMIELEHRER UND CHEMIELEHRERINNEN IN BEZUG AUF DEREN UNTERRICHT.....	62
4.1 ZUR AUSWAHL DES FORSCHUNGSINSTRUMENTS FRAGEBOGEN	62
4.2 AUFBAU DES FRAGEBOGENS.....	63
4.3 DURCHFÜHRUNG DER ONLINE-BEFragung.....	69
4.4 ERGEBNISSE DER ONLINE-BEFragung	71
4.4.1 <i>Darstellung und Beschreibung der empirischen Daten</i>	71
4.4.2 <i>Interpretation der erhobenen Daten</i>	78
5 DIE ANWENDUNG DER WISSENSCHAFTSGESCHICHTE IM NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHT	87
5.1 HISTORISCHE QUELLENTEXTE ALS UNTERRICHTSMATERIALIEN	89
5.2 DER HISTORISCH GENETISCHE UNTERRICHT	90

5.3	HISTORISCHE SIMULATION	93
5.4	DAS HISTORISCH-PROBLEMORIENTIERTE UNTERRICHTSVERFAHREN	94
5.5	HISTORICAL-INVESTIGATIVE APPROACH.....	95
5.6	INTERAKTIVE HISTORISCHE VIGNETTE.....	97
5.7	INTERAKTIVE HISTORISCHE VIGNETTE: KERNSPALTUNG.....	101
5.7.1	<i>Interaktive historische Vignette: „Kernspaltung, eine gewagte Idee“</i>	<i>102</i>
5.7.2	<i>Was können Schüler und Schülerinnen daraus über NOS lernen?</i>	<i>105</i>
5.7.3	<i>Wie kann das Thema in den Unterricht eingebunden werden?.....</i>	<i>107</i>
5.8	INTERAKTIVE HISTORISCHE VIGNETTE: PENICILLIN.....	108
5.8.1	<i>Interaktive historische Vignette: „Penicillin, ein glücklicher Zufall“</i>	<i>108</i>
5.8.2	<i>Was können Schüler und Schülerinnen daraus über NOS lernen?</i>	<i>111</i>
5.8.3	<i>Wie kann das Thema in den Unterricht eingebunden werden?.....</i>	<i>112</i>
6	SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK.....	113
7	ZUSAMMENFASSUNG.....	116
8	QUELLENVERZEICHNIS.....	119
8.1	LITERATUR	119
8.2	INTERNETQUELLEN	124
8.3	LITERATUREMPFEHLUNGEN FÜR DEN UNTERRICHT	126
9	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	129
10	DIAGRAMMVERZEICHNIS	130
11	TABELLENVERZEICHNIS	131
12	ANHANG	132
13	LEBENS LAUF	137

Vorwort

Ein Grund für die Wahl eines fachdidaktischen Diplomarbeitsthemas stellt der Nutzen meiner Arbeit für meinen späteren Beruf als Chemielehrerin dar. Als Lehramtsstudentin der Fächer Chemie und Geschichte, Sozialkunde und Politische Bildung war es mir ein Anliegen beide Studienrichtungen in einer Arbeit miteinander zu vereinbaren, als dafür geeignetes Thema bot sich die Wissenschaftsgeschichte an.

Zu Beginn der Arbeit interessierte ich mich vor allem für Meilensteine in der Geschichte der Chemie, wie auch der ursprüngliche Titel „Revolutionäre Entdeckungen in der Chemie und wie sie die Welt verändern“ zeigt. Mein Fokus lag auf der Bedeutung der Geschichte der Chemie für unsere heutige Zeit. Doch je intensiver ich mich mit der Thematik Wissenschaftsgeschichte im naturwissenschaftlichen Unterricht auseinandergesetzt habe, desto bewusster wurde mir, dass es zahlreiche Abhandlungen/Literatur über die Geschichte der Chemie gibt. Jedoch wurde sie meist als Ergänzung oder Auflockerung betrachtet. Im Zuge meiner Recherchen erkannte ich aber die Bedeutung der Wissenschaftsgeschichte für den naturwissenschaftlichen Unterricht, das Thema naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) wurde immer zentraler und so entwickelte sich die Diplomarbeit in eine andere Richtung. Ich legte meinen Schwerpunkt auf die Natur der Naturwissenschaften und ihre Thematisierung im Unterricht. Die Wissenschaftsgeschichte stellt dafür ein geeignetes Hilfsmittel dar und so beschloss ich mehrere Unterrichtskonzepte, die dies beachten, im Zuge der Arbeit vorzustellen und selber zwei zu erarbeiten. Diese Arbeit soll den Lehrern und Lehrerinnen helfen den Schülern und Schülerinnen ein historisches Verstehen der Naturwissenschaften zu ermöglichen, damit sie ein adäquates Bild über diese erhalten und eine für ihr späteres Leben notwendige naturwissenschaftliche Grundbildung entwickeln.

1 Einleitung

Die Naturwissenschaften prägten und prägen das moderne Leben maßgeblich und trotzdem wurde bisher noch kein Konsens gefunden, was die Naturwissenschaften eigentlich ausmacht bzw. was das Wesen der Naturwissenschaften ist. Sogar Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen beantworten diese Fragen unterschiedlich, auch Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen aus anderen Disziplinen wie der Geschichte, der Soziologie, der Philosophie usw. äußerten sich über die Metaebene der Naturwissenschaften, die Natur (auch das Wesen) der Naturwissenschaften - was sie sind, wie sie Wissen produzieren und anerkennen, welchen Einfluss sie auf das Leben haben etc. - unterschiedlich (vgl. Höttecke 2001a, S. 1).

Deutlich hingegen, von zahlreichen Studien wie PISA, TIMSS usw. belegt, erscheint jedoch das inadäquate und irreführende Bild der Bevölkerung *über* die Naturwissenschaften. Beispiele dieser inadäquaten Vorstellungen sind: Wissenschaft ist objektiv, unumstößlich, naturwissenschaftliches Wissen ist wahr, Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen arbeiten alleine usw. Genährt worden ist dieses Bild vom alltäglichen Leben, das durch die Gesellschaft und die Medien beeinflusst wird, aber auch von vielen Pädagogen und Pädagoginnen, die ihre Prioritäten im Lernen von Fakten sehen, wodurch die für das Verständnis wichtigen Zusammenhänge, wie Erkenntnisprozesse oder die Relevanz naturwissenschaftlicher Themen für das eigene Leben bzw. die Gesellschaft, für Schüler und Schülerinnen verborgen bleiben. Wie sollen Heranwachsende die oft sehr kurzen Darstellungen wissenschaftlicher Konzepte verstehen, für deren Verständnis Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen Jahre gebraucht haben? (vgl. Wandersee & Griffard 2002, S. 33).

1.1 Begründung der Themenwahl

Alles ist Chemie! Chemie begleitet uns Tag ein Tag aus, sie ist allgegenwärtig, jeder Mensch führt täglich bewusst oder auch unbewusst chemische Reaktionen durch, sei es beim Kochen oder beim Verdauen usw., und doch hat keine Wissenschaft einen annähernd so schlechten Stellenwert in der Gesellschaft wie

sie. Wie kommt es, dass Eltern, Schüler und Schülerinnen sich über solch ein „sinnloses“ Fach beklagen, das von vielen als „schwer“ empfunden wird und das eine enorme Kumulation von Wissen erfordert (vgl. Krätz 1990, S. 7), obwohl sie durch diese Wissenschaft ihr modernes Leben in dieser daraus resultierenden Bequemlichkeit führen können? Wie konnte diese Jahrtausende alte Wissenschaft in der landläufigen Meinung der Bevölkerung derart in Verruf geraten und als unwichtig titulierte werden? Wie kommt es, dass ein Fach, in dem sich vieles mit dem alltäglichen Leben beschäftigt und das den Schülern und Schülerinnen einen Einblick in die von ihnen täglich genutzte Technik gibt, so einen geringen Stellenwert bzw. Beliebtheitsgrad aufweist? Weshalb gelten die Naturwissenschaften als die schwersten Fächer in der Schule?

Ein Grund dafür findet sich im Fehlschlagen des traditionellen fachsystematischen Unterrichts, in dem Wissen isoliert, zwingend, eindeutig und wahr erscheint. Schüler und Schülerinnen erkennen keine Zusammenhänge zwischen dem „Schulwissen“ und ihrem täglichen Leben. Sie sehen keine Relevanz in naturwissenschaftlichen Fächern und deren Wissen (vgl. Pukies 1979, S. 6f).

Dabei wäre es gerade heute, in unserer hochtechnisierten und schnelllebigen Zeit, in der sich das Wissen explosionsartig vermehrt (vgl. Krätz 1990, S. 7), von großer Bedeutung, dass die zukünftigen Erwachsenen eine naturwissenschaftliche Grundbildung aufweisen. Wie sollen die zukünftigen Bürger und Bürgerinnen mit neuen Erkenntnissen und Erfindungen umgehen oder diese bewerten, wenn sie über kein Wissen verfügen, mit dessen Hilfe sie deren Tragweiten abschätzen können? Die Heranwachsenden werden dadurch *„in eine passive Konsumentenhaltung gezwungen und zur Unmündigkeit, zur Unselbstständigkeit, zur Kritikunfähigkeit, zur Reflexionslosigkeit erzogen.“* (Pukies 1979, S. 7).

Eine der bedeutendsten Aufgaben der Schule, verdeutlicht durch die Verankerung im allgemeinen Lehrplan der allgemein bildenden höheren Schulen, besteht in der Mitwirkung der Heranbildung von Kindern und Jugendlichen, d.h. sie soll ihnen dabei helfen Kompetenzen zu entwickeln, die sie für ihr weiteres Leben benötigen.

„Die [...] Schule hat [...] 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.“ (BMUKK¹2004a S. 1)

Unterricht soll die Heranwachsenden auf ihr späteres Leben vorbereiten, damit sie an der modernen Gesellschaft teilhaben können. In diesem Sinne hat der naturwissenschaftliche Unterricht die Aufgabe, ein angemessenes Verständnis von Naturwissenschaften und Technik anzubahnen (vgl. Lembens et al. 2009a, S. 32). Was aber ist ein angemessenes Verständnis, eine naturwissenschaftliche Grundbildung oder wie im angloamerikanischen Raum bezeichnet, eine „Scientific Literacy“?

Eine Grundbildung sieht das Vertrautmachen der Lernenden mit *„grundlegenden Denkprozessen und Konzepten des Faches“* (Kremer 2010, S. 7) vor. Dadurch werden junge Menschen befähigt *„Naturwissenschaft als einen Weg der Welterschließung anzuerkennen, aber auch kritisch zu hinterfragen und naturwissenschaftliches Wissen sinnvoll in persönliche Entscheidungsfindung sowie in den gesellschaftlichen Diskurs einzubringen“* (ebenda). Diese zentrale Rolle des Verstehens der Natur der Naturwissenschaften spiegelt sich auch in den Bildungsstandards verschiedener Länder wider. Die österreichischen Bildungsstandards der naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Chemie und Physik befinden sich noch in Bearbeitung, unter anderem durch das AECC² Chemie (vgl. KMK³ 2004 und Bifie⁴).

Die zukünftige Aufgabe eines gelungenen naturwissenschaftlichen Unterrichts, der eine kritische, autonome, reflektierende, sich am demokratischen Geschehen beteiligende Generation hervorbringen will, findet sich in der Vermittlung adäquater Ansichten *über* die Naturwissenschaften. Dazu ist die Aufhebung des „Warencharakters“ naturwissenschaftlichen Wissens, der durch den fachsystematischen Unterricht entstanden ist, vonnöten. Dies gelingt durch das Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften. Kinder und

¹ Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur

² Austrian Educational Competence Centre

³ Kultusministerkonferenz

⁴ Bundesinstitut Bildungsforschung, Innovation und Entwicklung des österreichischen Schulwesens

Jugendliche haben die Möglichkeit Erkenntnisprozesse zu verstehen und erkennen auch den Einfluss der Gesellschaft, der Politik, der Wirtschaft etc. auf die Naturwissenschaften und vice versa (vgl. Pukies 1979, S. 6f).

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Thema „Natur der Naturwissenschaften“ und zeigt Möglichkeiten auf, diese in den Unterricht zu integrieren, um den Schülern und Schülerinnen zu helfen, ein adäquates Bild von den Naturwissenschaften zu entwickeln, damit sie deren Bedeutung und Prozesse besser verstehen können und sich dadurch eine unabdingbare naturwissenschaftliche Grundbildung aneignen, die ihnen hilft (vgl. Evans et al. 2002, S. 7f & Grygier 2008, S. 31):

- gut ausgebildete Arbeitskräfte in technischen Berufen, die am Weltmarkt konkurrenzfähig sind, zu erhalten.
- persönliche Entscheidungen in Bezug auf Umwelt, Gesundheit, Energieverbrauch usw. zu treffen.
- an Diskussionen und politischen Entscheidungen teilzuhaben.
- Alltagsprobleme zu lösen
- im Alltag und der Gesellschaft zurecht zu kommen

Eine naturwissenschaftliche Grundbildung ermöglicht den Bürgern und Bürgerinnen ihrer Pflicht des Informiertseins nach zu kommen. Ihnen wird das Zurückgreifen auf Informationen von Experten und Expertinnen ermöglicht und dadurch sind sie befähigt eigene Entscheidungen zu treffen, ihr Mitbestimmungsrecht wahrzunehmen, z.B. in Bezug auf gentechnisch veränderte Lebensmittel, Atomenergie usw. (vgl. Lembens & Rehm 2010, S. 284f).

Ein in dieser Arbeit hervorgehobener Weg, um das Verständnis über das Wesen der Naturwissenschaften bei jungen Menschen zu verbessern, führt über die Wissenschaftsgeschichte.

1.2 Zentrale Fragestellung – Forschungsinteresse der Arbeit

Das Forschungsinteresse der vorliegenden Arbeit richtet sich auf folgende Fragen:

- *Wie steht es um das Wissen der Chemielehrer und Chemelehrerinnen über die Wissenschaftsgeschichte?*

- *Inwieweit fühlen sie sich darauf vorbereitet diese in ihren Unterricht zu integrieren?*
- *Welche Rolle spielt die Wissenschaftsgeschichte für österreichische Chemielehrer und Chemielehrerinnen in Bezug auf ihren Unterricht?*
- *Warum integrieren Chemielehrer und Chemielehrerinnen die Wissenschaftsgeschichte in ihren Unterricht, was erwarten sie sich davon?*

Des Weiteren werden folgende Hypothesen im Zuge der Auswertung und Interpretation entwickelt:

- **H1:** Die Wissenschaftsgeschichte findet sehr selten Platz in der Chemiestunde.
- **H2:** Die Lehrer und Lehrerinnen fühlen sich zu wenig mit der Geschichte der Chemie vertraut.
- **H3:** Die Lehrkräfte fühlen sich zu wenig darauf vorbereitet, die Wissenschaftsgeschichte in den Unterricht zu integrieren.
- **H4:** Die Wissenschaftsgeschichte spielt eine untergeordnete Rolle für die Lehrperson.
- **H5:** In Schulen mit naturwissenschaftlichen Schwerpunkten integrieren die Lehrer und Lehrerinnen die Geschichte der Chemie häufiger als in Schulen ohne einen solchen Schwerpunkt.
- **H6:** Schüler und Schülerinnen sind, laut den Angaben der Lehrkräfte, an der Geschichte der Chemie interessiert.
- **H7:** Die Wissenschaftsgeschichte dient nur zur Auflockerung des Unterrichts.
- **H8:** Die Einbindung der Geschichte der Chemie hat, nach Angaben der Lehrkräfte, großen Einfluss auf das Interesse der Lernenden am Fach.
- **H9:** Die Wissenschaftsgeschichte hilft den Heranwachsenden beim Erlernen und Verstehen von Fachinhalten und Konzepten.

- **H10:** Die Wissenschaftsgeschichte hilft den Heranwachsenden die Entwicklung der Chemie besser zu verstehen.
- **H11:** Wissenschaftlerinnen werden nur selten im Unterricht erwähnt.
- **H12:** Lehrer und Lehrerinnen erkennen die Relevanz einer historischen Identifikationsfigur für Schüler und Schülerinnen im Unterricht.

Die Entwicklung dieser Hypothesen erfolgte durch Erkenntnisse aus persönlichen Erfahrungen (als Schülerin und Lehramtsstudentin), durch Gespräche mit Kollegen und Kolleginnen und durch Angaben von Chemielehrern und Chemielehrerinnen. Auch Ausführungen der zurategezogenen Literatur flossen in die Hypothesenfindung mit ein.

1.3 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Diplomarbeit gliedert sich in vier Teile:

Der erste Teil befasst sich mit der theoretischen Erörterung des Themas „Natur der Naturwissenschaften“. Zunächst folgt eine Definition des Begriffes „Natur der Naturwissenschaften“, in weiterer Folge wird die Relevanz dieser für den naturwissenschaftlichen Unterricht geklärt. Anschließend werden Unterrichtskonzepte vorgestellt, die die Natur der Naturwissenschaften in den Unterricht integrieren.

Der zweite Teil behandelt die Bedeutung der Naturwissenschaftsgeschichte für den Unterricht, es werden Aspekte der Natur der Naturwissenschaften besprochen, die mit Hilfe der Geschichte hervorgehoben werden können. Wie zum Beispiel *„Naturwissenschaften als Prozess verstehen“* (Höttecke 2004b, S. 47) und *„Naturwissenschaften als Aktivität von Menschen verstehen“* (Höttecke 2001a, S. 198)

Der dritte Teil ist eine empirische Datenerhebung, die sich des Forschungsinstruments „Fragebogen“ bedient und den Ist-Zustand der Bedeutung der Wissenschaftsgeschichte im österreichischen Chemieunterricht ermittelt. Im Zuge dieser Befragung kommt es zur Klärung, wie vertraut die Geschichte der Chemie den Lehrkräften ist, ob sie deren Relevanz für den Unterricht erkennen und wie die Wissenschaftsgeschichte ihrer Meinung nach das Interesse der Schüler und Schülerinnen beeinflusst.

Im vierten und letzten Teil geht es um die Thematisierung von „Nature of Science“ im naturwissenschaftlichen Unterricht. Es werden verschiedene Konzepte wie der historisch genetische Unterricht oder die historische Simulation vorgestellt, die mit Hilfe der Wissenschaftsgeschichte zu einem adäquateren Naturwissenschaftsverständnis führen können. Weiters werden zwei im Zuge dieser Diplomarbeit erarbeitete Konzepte mit der Methode der interaktiven historischen Vignette angeführt.

2 Theoretische Grundlagen

Seit Ende des 19. Jahrhunderts beschäftigen sich Wissenschaftstheoretiker und –theoretikerinnen sowie Pädagogen und Pädagoginnen mit der Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Wie zum Beispiel Ernst Mach, ein österreichischer Physiker, Philosoph, Wissenschaftstheoretiker und Anhänger des Positivismus¹ (vgl. Wiki 1) und John Dewey, ein amerikanischer Philosoph und Pädagoge, der den hypothetischen Charakter der Naturwissenschaften betonte (vgl. Wiki 2) uvm. (vgl. Matthews 1998, S. xi; Hößle et al. 2004, S. 1f).

Dieses Kapitel befasst sich mit der Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts durch die Thematisierung der Natur der Naturwissenschaften in diesen. Die Lehrenden schaffen Kontexte, die das Lernen *über* die Naturwissenschaften ermöglichen, wodurch die Bedeutung von Inhalten und Konzepten für die Heranwachsenden nachvollziehbarer und subjektiv sinnvoller werden. Dies ermöglicht die Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (Scientific Literacy).

Weiters werden die inadäquaten Vorstellungen über die Naturwissenschaften aufgezeigt, die unter anderem durch den traditionellen fachsystematischen Unterricht entstehen, der das Interesse der Schüler und Schülerinnen außer Acht lässt und deren Vorstellungen übergeht.

2.1 Scientific Literacy

Um aktiv an der modernen Gesellschaft teilhaben zu können, sei es um sich eine eigene Meinung zu bilden, um eine Beteiligung an politischen Diskussionen zu ermöglichen oder um Entscheidungen bezüglich naturwissenschaftlicher und technischer Aspekte verstehen und treffen zu können, braucht man ein Grundverständnis von Naturwissenschaften und Technik (vgl. Lembens et al. 2009a, S. 32). Diese Grundbildung wird international als *Scientific Literacy* bezeichnet. Bereits seit den 1950er Jahren wird dieser Begriff im US-amerikanischen Raum thematisiert und in den 1990er Jahren von der *American Association for the Advancement of Science* (AAAS) begrifflich genauer ausdifferenziert. Seit 1985 läuft das Projekt 2061 mit dessen Hilfe „all

Americans become literate in science, mathematics, and technology“ (Projekt 2061, 2010a, S. 2). Alle Highschool-Absolventen und Absolventinnen sollen über ein bestimmtes, in diesem Projekt vorgegebenes Wissen verfügen. In Form von „Benchmarks“, Bildungsstandards, wurden diese dann für unterschiedliche Altersgruppen (Kindergarten bis 2. Schulestufe, 3. bis 5., 6. bis 8. und 9. bis 12. Schulstufe) aufbereitet und definiert (vgl. Projekt 2061, 2010b; vgl. auch Lembens et al. 2009a, S. 32f).

Der Begriff „Scientific Literacy“ umfasst die beiden wesentlichen Bestandteile der naturwissenschaftlichen Grundbildung, verdeutlicht in Abbildung 1:

Scientific Literacy	
<u>Naturwissenschaftliche Inhalte</u> (science subject matter)	<u>Naturwissenschaftliche Prozesse</u> (processes)
• Faktenwissen (knowledge) • Denkmodelle/Theorien/Begriffe (concepts)	• Verfahrenswissen (scientific enterprise/inquiry) • Beurteilungskompetenz (role of science in society and personal life) • Metawissen über Naturwissenschaften (nature of science)

Abbildung 1: Definition von Scientific Literacy (vgl. Hofheinz 2008, S. 40)

Von großer Bedeutung ist die Unterscheidung zwischen naturwissenschaftlichen Inhalten (science subject matter), die Faktenwissen, Denkmodelle, Theorien und Begriffe beinhalten - eben die Bestandteile des Unterrichts, die schon immer von Belangen waren - und naturwissenschaftlichen Prozessen (processes), diese umfassen das Verfahrenswissen, also naturwissenschaftliche Erkenntniswege, die sozialen Beurteilungskompetenzen, das wissenschaftstheoretische Verständnis und das Metawissen über die Naturwissenschaften (vgl. Hofheinz 2008, S. 39ff).

Die immer größer werdende Bedeutung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung zeigt sich auch durch das steigende Interesse an diesem Thema. Die PISA Studie 2006 beschäftigte sich erstmals vermehrt mit Naturwissenschaftskompetenzen, die wie folgt definiert sind:

- „... naturwissenschaftliches Wissen und die Anwendung dieses Wissens, um Fragestellungen zu identifizieren, neue Kenntnisse zu erwerben, naturwissen-

schaftliche Phänomene zu erklären und aus Belegen Schlussfolgerungen in Bezug auf naturwissenschaftliche Sachverhalte zu ziehen, sowie

- *das Verständnis der charakteristischen Eigenschaften der Naturwissenschaft als eine Form menschlichen Wissens und Forschens,*
- *die Fähigkeit zu erkennen, wie Naturwissenschaften und Technologien unsere materielle, intellektuelle und kulturelle Umgebung prägen und*
- *die Bereitschaft, sich mit naturwissenschaftlichen Themen und die Idee als reflektierender Bürger (reflektierende Bürgerin) auseinanderzusetzen.“*
(OECD 2006, S. 23; zit. nach: Grafendorf 2009, S. 20)

Bürger und Bürgerinnen der modernen demokratischen Gesellschaft müssen eine naturwissenschaftliche Grundbildung aufweisen, sie haben die Pflicht informiert zu sein. Sie sollen erkennen, dass ihre Entscheidungen (z.B. im Bezug auf Energieverbrauch, Umwelt, Konsum von gentechnisch veränderten Lebensmitteln usw.) ebenso gewichtig sind wie die der Experten und Expertinnen. Um eine solche Mitverantwortung eines jeden Bürgers bzw. einer jeden Bürgerin zu ermöglichen, muss naturwissenschaftlicher Unterricht den Lernenden ermöglichen den *„Sinn und Wert des naturwissenschaftlichen Denkens, Arbeitens und Wissens für ihren Alltag [zu] erschließen“* (Lembens & Rehm 2010, S. 285; vgl. S.284f)).

2.2 Die Natur der Naturwissenschaften

Eine zentrale Rolle bei der Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts, der eine naturwissenschaftliche Grundbildung in der Bevölkerung vorsieht, spielt die *Natur der Naturwissenschaften*. Im anglophonen Sprachraum bekannt unter dem Begriff *Nature of Science*, kurz NOS, die seit Jahrzehnten im Interesse von Didaktikern und Didaktikerinnen steht. Bereits in den 1980er Jahren fand die Natur der Naturwissenschaften Einzug in die Lehrpläne verschiedener Länder wie den USA oder England (vgl. Höhle et al. 2004, S. 1), wohingegen Deutschland erst 2004 die Einbettung der „Nature of Science“ in die Bildungsstandards der naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Chemie und Physik für sinnvoll erachtete (vgl. KMK 2004). In Österreich sind die Bildungsstandards der naturwissenschaftlichen Fächer gerade in Bearbeitung - unter anderem durch das AECC Chemie (vgl. AECC Chemie und Bifie).

2.2.1 Nature of Science – ein Meinungskonsens

Trotz der vermehrten Diskussion über das Wesen der Naturwissenschaften in den letzten Jahren, findet sich keine klare Definition darüber, was NOS ist oder besser gesagt, was sie alles beinhalten sollte. Dies ist unter anderem durch den wandelbaren Charakter der Natur der Naturwissenschaften begründet, in dem gesellschaftliche, politische und kulturelle Faktoren mit einfließen und den offenen Fragestellungen, wie zum Beispiel

- „Was unterscheidet Naturwissenschaften von anderen Disziplinen?
- In welchen Zusammenhängen stehen Naturwissenschaften, Technik und Gesellschaft?
- Welche Denk- und Arbeitsmethoden kennzeichnen Naturwissenschaften?
- Welchen epistemologischen Status hat naturwissenschaftliches Wissen?
- Welche Wege der Erkenntnisgewinnung werden in den Naturwissenschaften beschritten?
- Welchen Status haben naturwissenschaftliche Hypothesen, Gesetze, Theorien?“ (Hofheinz 2008, S. 62),

mit denen sie sich beschäftigt (vgl. Almazroa et al. 1998, S. 8; Hofheinz 2008, S. 62; Priemer 2006, S. 161 und Kircher & Dittmer 2004, S. 3).

Zunächst verstand man unter dem Begriff „Natur der Naturwissenschaften“ „vor allem erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Aspekte der Naturwissenschaften“ (Kircher & Dittmer 2004, S. 3), die auch die sozialisierende Wirkung einer „scientific community“ (wissenschaftliche Gemeinschaft) beinhalteten. Der heute verwendete moderne NOS-Begriff wurde auf politische und ethische Blickpunkte erweitert und man spricht von einem Metawissen, das neben dem Faktenwissen die begriffliche und methodische Struktur der Naturwissenschaften im Unterricht berücksichtigt. (vgl. Kircher & Dittmer 2004, S. 3)

Einen guten Überblick über die drei großen Aspekte - Erkenntnistheorie, Wissenschaftstheorie und Ethik der Natur der Naturwissenschaften - verschafft Abbildung 2:

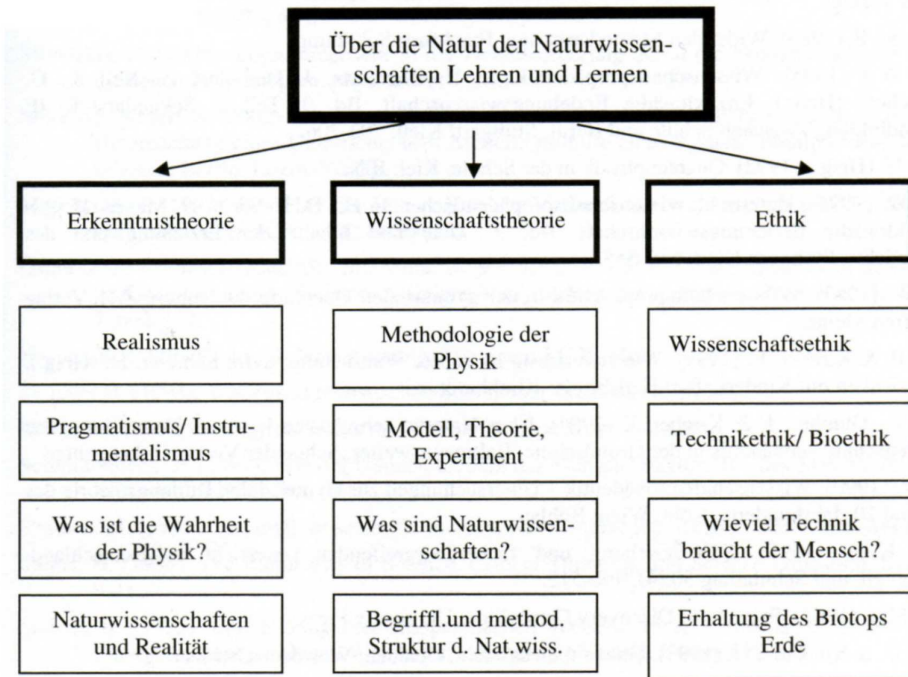


Abbildung 2: Überblick über NOS (Kircher & Dittmer 2004, S. 19)

- Der erkenntnistheoretische Aspekt

Dieser Abschnitt stützt sich im Wesentlichen auf Ausführungen von Kircher & Dittmer (2004, S. 8-11) und Kircher (1995, S. 39-62):

Die Erkenntnistheorie, eine philosophische Auseinandersetzung mit Ereignissen des Erkennens (vgl. Wissen.de 5), befasst sich mit dem Zusammenhang von Naturwissenschaften und Wirklichkeit und stellt Fragen wie: „*Sind naturwissenschaftliche Theorien Abbilder der Wirklichkeit?*“ (Höble et al. 2004, S. 1) Was ist die Wahrheit der Naturwissenschaft? Wie ist das Verhältnis zwischen Realität und Naturwissenschaften?

Der Realismus und der Pragmatismus (Instrumentalismus) bilden die beiden zentralen Erkenntnistheorien, die sich mit und durch die Naturwissenschaften entwickelt haben (vgl. Kircher & Dittmer 2004, S. 9). Sie stehen jedoch in einer Kontroverse um die Frage: „*Sind naturwissenschaftliche Theorien wahr?*“ (ebenda, S. 9)

Der moderne Realismus ist der Meinung, dass die Wissenschaft sich der Wahrheit asymptotisch nähert, denn es gibt keine hundertprozentige Wahrheit. Das Erklären und Verstehen der Realität steht im Vordergrund. (vgl. ebenda, S. 9f)

Der Pragmatismus wiederum stellt sich die Frage der Wahrheit nicht, es gibt „keine absolute Wahrheit“ (Kircher 1995, S. 51), alleine der Nutzen der Naturwissenschaften ist von zentraler Bedeutung, also was bringt die Wissenschaft mir oder der Gesellschaft? (vgl. Kircher 1995, S. 61). Ein solcher Schwerpunkt würde zu einem „gesichtslosen [Unterricht], [...] frei von philosophischen und ethischen Fragen“ führen (Kircher 1995, S. 39).

Beide Ansichten haben ihre Legitimität und werden noch lange diskutiert werden können, und genau das soll im Unterricht verdeutlicht werden. Es geht nicht um die einzig wahre Erkenntnistheorie, sondern „um Argumente, um Für und Wider, um Interpretationen“ (Kircher & Dittmer 2004, S. 9).

Schüler und Schülerinnen sollen durch das Einbringen erkenntnistheoretischer Aspekte folgende Punkte besser verstehen können (vgl. Kircher & Dittmer 2004, S. 10f):

- dass sich die Erkenntnistheorien mit dem Konnex von Naturwissenschaften und Realität befassen,
- dass erkenntnistheoretische Anschauungen die naturwissenschaftliche Arbeit und die Interpretation von Theorien beeinflussen,
- dass experimentelle Daten wichtig für den naturwissenschaftlichen Entscheidungsprozess sind, diese aber Theorien weder verifizieren noch falsifizieren können,
- dass naturwissenschaftliche Theorien grundsätzlich interimistisch sind,
- dass experimentelle Belege ausreichen, um einen Paradigmenwechsel hervorzurufen, diese können aber weder Theorien unumstößlich verifizieren noch falsifizieren,
- dass erkenntnistheoretische Ansichten auch auf die persönlichen naturwissenschaftlichen Anschauungen Einfluss haben
- und dass die Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie nicht strikt voneinander trennbar sind.

Das Integrieren von Erkenntnistheorien in den Unterricht erleichtert den Heranwachsenden zu erkennen, wie Wissen gewonnen wird, dass sich dieses

entwickelt und sich Erkenntnistheorien verändern können. Sie erfahren Naturwissenschaften als einen Prozess und lernen, dass es auch mehrere Ansichten geben kann (vgl. Wilhelm 2009, S. 9ff). Dadurch erscheint Wissen nicht mehr als unumstößlich, hundertprozentig wahr und objektiv.

- Der wissenschaftstheoretische Aspekt

Die folgenden Erläuterungen geben vorwiegend die Ausführungen von Kircher & Dittmer (2004, S. 11-13) und Kircher (1995, S. 63-89) wieder:

Dieser zweite Aspekt der obigen Abbildung 2, die Wissenschaftstheorie, befasst sich mit der Frage: „*Was sind Naturwissenschaften?*“ (Kircher & Dittmer 2004, S. 11) Bei diesem Aspekt wird näher auf die methodische und begriffliche Struktur der Naturwissenschaften eingegangen. Wissenschaftstheoretische Perspektiven versuchen die Naturwissenschaften verständlich zu machen, auch in Hinblick auf die Bedeutung des Wesens der Naturwissenschaften in der Gesellschaft. Sie setzt sich mit Begriffen wie „Theorie“, „Gesetz“ und „Hypothese“ auseinander, kurzum, die „*Wissenschaftstheorie analysiert die Naturwissenschaften*“ (ebenda, S. 11). Weiters spielt die Naturwissenschaftsgeschichte eine wichtige Rolle, die die unterschiedlichen Forschungsprozesse mit all ihren Irrwegen darstellt und damit die Veränderung von naturwissenschaftlichen Weltbildern und den Einfluss der Gesellschaft auf die Wissenschaft verdeutlicht. Die Betrachtung des historischen Werdegangs der Naturwissenschaften wirft Fragen, wie „sind Naturwissenschaften objektiv oder subjektiv?“, auf (vgl. Kircher & Dittmer 2004, S. 11f).

Wissenschaftstheoretische Sachverhalte im Unterricht sind relevant für (vgl. ebenda, S. 11ff):

- das Verstehen naturwissenschaftlicher Begriffe wie „Theorie“, „Modell“, „Experiment“ usw.
- das kritische Betrachten der naturwissenschaftlichen Methode und ihrer Begriffe, wie zum Beispiel Verifikation, Falsifikation, Induktion und Deduktion
- das Erkennen der verschiedenen Bedeutungen von Begriffen in Paradigmata und deren Theorielastigkeit

- das Bewusstmachen des hypothetischen Charakters einer Theorie, die durch das Erfassen empirischer Daten und deren Interpretation entsteht

Weiters haben wissenschaftstheoretische Betrachtungen im naturwissenschaftlichen Unterricht nach Meyling (vgl. Kircher 1995, S. 239) eine:

- „(allgemein)bildende
- weltanschaulich/ideologiekritische
- methodische, lernpsychologische
- exemplarische
- kritische Funktion.“ (Meyling 1990, S. 170; zit. nach: Kircher 1995, S. 239)

Durch das Thematisieren wissenschaftstheoretischer Aspekte lernen Schüler und Schülerinnen was Naturwissenschaften sind, wer sie betreibt, welche Arbeitsweisen es gibt und welchem Zweck sie dienen. Sie begreifen die Unterschiede zwischen Begriffen der Alltagssprache und der Fachsprache, entwickeln ein adäquates Bild von den Personen die Naturwissenschaften betreiben und erkennen den Einfluss der Gesellschaft auf die Wissenschaft und umgekehrt.

- Der ethische Aspekt

Dieser Abschnitt gibt im Wesentlichen die Gedanken von Kircher & Dittmer (2004, S. 14-18) wieder:

Neben den bereits genannten erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Aspekten spielt auch die technik- und wissenschaftsethische Perspektive (vgl. Abbildung 2) eine wichtige Rolle beim Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften.

Die klassische Ethik beschäftigte sich mit der Neutralität der Technik, das heißt sie ist „weder gut noch böse“ (ebenda, S. 14), denn sie wurde vom Menschen geschaffen, um ihm das Leben zu erleichtern und wird auch von ihm beherrscht. Technik galt als Mittel zum Zweck. In unserer hochtechnisierten modernen Welt änderte sich dieses Bild jedoch, denn der Mensch ist nur noch ein kleiner Teil in einem riesigen, von Technik dominierten System, und er hat lediglich einen kleinen Einblick, es gibt zu viel Information bzw. Wissen, um alles

verstehen zu können. Dadurch kommt es zu einem Verlust der Einsicht über den Einsatz und die Folgen, die beispielsweise durch die Nutzung moderner Maschinen entstehen. „*Es ist ein Handeln mit fremdem Wissen' und fremdem Wollen*“ (ebenda, S. 14), das zur Folge hat, dass nur wenige Spezialisten und Spezialistinnen über einzelne Teile dieses Systems mehr oder weniger Bescheid wissen. Sie werden dadurch zu den einzigen Personen, die über die Entwicklung und den Einsatz dieser fortschrittlichen Technik entscheiden können. Soll dies geschehen? Soll das Mitbestimmungsrecht der Bevölkerung wirklich aufgrund von Nichtwissen beschnitten werden?

Weitere zentrale Fragen, die sich die „moderne“ Ethik stellt, befassen sich mit den Risiken der modernen Technik. Diese Bedrohung betrifft nicht nur lokale, vorläufige Teile, sie hat zusätzlich noch globale, lang anhaltende Auswirkungen. Welche Folgen werden physikalische, biologische und chemische Waffen haben? Wie wird sich die Gentechnik auf den Menschen auswirken, welche Folgen wird die Atomkraft haben und wie wird sich das Thema „Energiegewinnung“ weiterentwickeln?

Durch das fehlende Wissen über das moderne, komplexe, technische System kommt es zu einer „*neuen Dimension menschlicher Macht und Ohnmacht*“ (ebenda, S. 15). Die Menschheit muss anfangen, über naturwissenschaftliches Wissen und dessen Auswirkungen zu reflektieren, eine Verhaltensänderung ist unabdingbar und ein möglicher Weg dies zu veranlassen, geht über Bildung, also auch den naturwissenschaftlichen Unterricht (vgl. ebenda, S. 17).

Auch McComas & Olson (1998, S. 41-52) sprechen nach einem Vergleich internationaler Bildungsstandards (USA, Kanada, England, Australien und Neuseeland) davon, dass NOS nicht nur ein Synonym für Philosophie darstellt, viel mehr besteht sie aus verschiedenen Disziplinen, die den Begriff „Nature of Science“ unterschiedlich stark beeinflussen. Die differenten Auswirkungen der Philosophie, Geschichte, Soziologie und Psychologie der Naturwissenschaften auf das Naturwissenschaftsverständnis sind durch die Größe der Kreise in Abbildung 3 gut veranschaulicht:

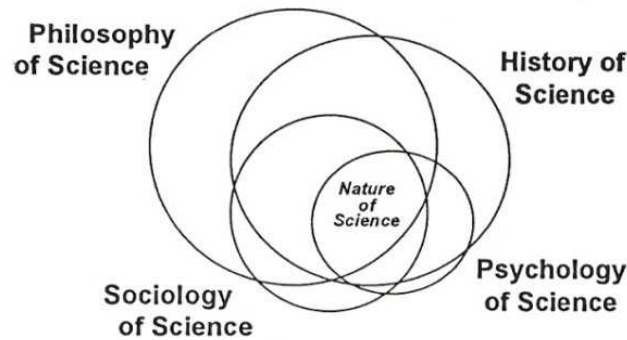


Abbildung 3: Beschreibung der Natur der Naturwissenschaften durch verschiedene Disziplinen (McComas & Olson 1998, S. 50)

2.2.2 Konsensfähige adäquate Ansichten über Nature of Science

Aufgrund der Komplexität des Themas „Natur der Naturwissenschaften“, das sich, wie weiter oben beschrieben, aus mehreren Disziplinen zusammensetzt, über dessen Inhalt sich auch Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen nicht einig sind, ließ sich nur schwer ein Meinungskonsens finden (vgl. Priemer 2006, S. 161). Almazroa et al. (1998, S. 6-7) stellten diese in einer Tabelle, die mit Hilfe von acht internationalen Bildungsstandards aufgestellt wurde, dar. Die 14 adäquaten Ansichten über das Wesen der Naturwissenschaften wurden von Priemer wie folgt ins Deutsche übersetzt:

- „Wissen in den Naturwissenschaften ist, obwohl es zuverlässig ist, nicht unveränderlich.
- Wissen in den Naturwissenschaften beruht stark, aber nicht vollständig, auf Beobachtungen, experimentellen Resultaten, rationalen Begründungen und einer gewissen Skepsis.
- Es gibt nicht nur einen Weg der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. (Deshalb gibt es auch keine universelle naturwissenschaftliche Methode, die Schritt für Schritt abgearbeitet wird.)
- Naturwissenschaften verstehen sich als Ansatz, Phänomene der Natur zu erklären.
- Gesetze und Theorien dienen unterschiedlichen Zwecken, deshalb werden aus Theorien auch keine Gesetze, auch wenn zusätzliche Daten vorliegen.
- Menschen mit unterschiedlichen kulturellen Hintergründen tragen zu den Naturwissenschaften bei.
- Neue Erkenntnisse müssen klar und offen dargestellt werden.
- Naturwissenschaftliche Ergebnisse müssen nachvollziehbar dokumentiert sein, werden von Experten begutachtet und müssen replizierbar sein.

- Beobachtungen sind Theorie-geleitet.
- Naturwissenschaftler sind kreativ.
- Die Geschichte der Naturwissenschaften kennt evolutionäre und revolutionäre Entwicklungen.
- Naturwissenschaften sind Teile sozialer und kultureller Entwicklungen.
- Naturwissenschaften und Technik beeinflussen sich gegenseitig.
- Naturwissenschaftliche Ideen werden von sozialen und historischen Faktoren beeinflusst.“ (Priemer 2006, S. 161)

Schüler und Schülerinnen sollen durch die Thematisierung der Natur der Naturwissenschaften im Unterricht adäquate Vorstellungen über diese entwickeln, um naturwissenschaftliche Prozesse und Inhalte besser verstehen zu können. Erst dadurch werden ein naturwissenschaftliches Problembewusstsein, eine Beurteilungskompetenz und eine Honorierung der Leistung der Naturwissenschaften möglich (vgl. Hofheinz 2008, S. V).

2.2.3 Konsensfähige inadäquate Vorstellungen über Nature of Science

Die adäquaten Ansichten über die Natur der Naturwissenschaften laut McComas (1998), angeführt in Kapitel 2.2.2, können nur gebildet werden, wenn die inadäquaten Vorstellungen der Menschen bekannt sind und auf diese eingegangen wird. McComas (1998, S. 53-70) bezeichnet die inadäquaten Ansichten als Mythen, die aus einem Mangel an der Beschäftigung mit der Philosophie der Naturwissenschaften resultieren. Die 15 Mythen, die sich in den Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen, manch Lehrern und Lehrerinnen sowie einem Großteil der Bevölkerung finden lassen, sind unter anderem auf die oberflächliche Behandlung der Natur der Naturwissenschaften in den naturwissenschaftlichen Fächern und Schulbüchern zurückzuführen. Die folgenden 15 Mythen entsprechen der Auflistung von McComas (1998, S. 53-70; vgl. auch Schwingenschlögl 2009, S. 33-40):

- *Mythos 1:* Hypothesen werden zu Theorien und diese zu Gesetzen
- *Mythos 2:* Naturwissenschaftliche Gesetze und Prinzipien sind unumstößlich
- *Mythos 3:* Hypothesen sind auf Fakten beruhende Vermutungen

- *Mythos 4:* Es gibt eine generelle, universelle naturwissenschaftliche Methode
- *Mythos 5:* Gewissenhaft erhobene Daten führen zu sicherem Wissen
- *Mythos 6:* Naturwissenschaften und ihre Methoden erbringen absolute Beweise
- *Mythos 7:* Naturwissenschaften sind eher verfahrensorientiert als kreativ
- *Mythos 8:* Naturwissenschaften und deren Methoden können alle Fragen beantworten
- *Mythos 9:* Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen sind besonders objektiv
- *Mythos 10:* Naturwissenschaftliches Wissen wird üblicherweise durch Experimente gewonnen
- *Mythos 11:* Naturwissenschaftliche Ergebnisse werden auf Richtigkeit hin geprüft
- *Mythos 12:* Neue naturwissenschaftliche Erkenntnisse werden direkt und unproblematisch anerkannt
- *Mythos 13:* Naturwissenschaftliche Modelle sind ein Abbild der Wirklichkeit
- *Mythos 14:* Naturwissenschaften und Technik sind identisch
- *Mythos 15:* Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen arbeiten alleine

Diese inadäquaten Vorstellungen wurden in mehreren Studien erhoben, nähere Ausführungen dazu sind weiter unten in Kapitel 2.3.2 zu finden.

2.3 NOS im naturwissenschaftlichen Unterricht

Die Naturwissenschaften sind ein fester Bestandteil des modernen Lebens, mit ihrer Hilfe konnten viele technische Errungenschaften entwickelt werden, die im alltäglichen Leben einen großen Stellenwert haben. Trotzdem bleibt der wahre „Charakter“ der Naturwissenschaften vielen Menschen verborgen. Das ist unter anderem auf den Unterricht der (allgemein bildenden) Schulen zurückzuführen, denn dort wird durch den traditionellen fachsystematischen Unterricht ein falsches Bild der Naturwissenschaften gelehrt und gelernt (vgl. Höttecke 2001a, S. 1). Dieses Bild entspricht den weiter oben genannten Mythen. Schüler und Schülerinnen glauben beispielsweise an eine universelle naturwissenschaft-

liche Methode und absolute experimentelle Beweise. Unrealistische Bilder über die Naturwissenschaften können zu Verständnisschwierigkeiten führen, in weiterer Folge erscheinen naturwissenschaftliche Fächer als schwer, uninteressant und ohne Alltagsbezug (vgl. Lembens et al. 2009b, S. 52)

Bereits in den 1950er Jahren wurden Fehlvorstellungen bezüglich des Naturwissenschaftsverständnisses in der amerikanischen Bevölkerung entdeckt und auf den naturwissenschaftlichen Unterricht zurückgeführt (vgl. Almazroa et al. 1998, S. 10)

2.3.1 Fachsystematischer Unterricht

Der traditionelle naturwissenschaftliche Unterricht ist meist von positivistischen Anschauungen geprägt, die den Lehrern und Lehrerinnen in vielen Fällen nicht bewusst sind. Das häufig fehlende Reflektieren und das oft unzureichende Wissen der Lehrkräfte über die Epistemologie der Naturwissenschaften führen zu einem von Fehlvorstellungen behafteten Unterricht. Die Naturwissenschaft wird als Erfahrungswissenschaft präsentiert, die ihre Beweise aus empirischen Beobachtungen gewinnt. Es wird ein objektives, unabhängiges Bild der Wissenschaft gezeichnet, die aus einer Ansammlung von Wissen besteht, das wie Ware erscheint (vgl. Pukies 1979, S. 6ff und vgl. Almazroa et al. 1998, S. 10).

Schüler und Schülerinnen entwickeln durch den Unterricht die Ansicht, dass der Mensch die Natur beobachtet, daraufhin Experimente durchführt, die anschließend als Beweis für ein Gesetz dienen. Daraus folgt die landläufige Meinung der Gesellschaft, dass Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen die Natur befragen und eindeutige Ergebnisse erhalten (vgl. Pukies 1979, S. 10).

Diese Meinung, vor der auch Lehrer und Lehrerinnen naturwissenschaftlicher Fächer nicht gefeit sind, führt zu einem empirisch-induktiven oder axiomatisch-deduktiven Unterricht (vgl. ebenda).

- Empirisch-induktiver Unterricht

Zunächst die begriffliche Definition: „Empirisch“ bedeutet *„aus Erfahrung, auf Erfahrung beruhend“* (Wissen.de 1) und unter „induktiv“ versteht man die

„Herleitung von allgemeinen Regeln aus Einzelfällen“ (Müller u.a. 1996, S. 369).

Bei diesem Unterrichtsverfahren wird den Lernenden gelehrt, dass naturwissenschaftliche Erkenntnisse induktiv gewonnen werden, das heißt, Naturwissenschaften bilden mit Hilfe von Experimenten Gesetze und Theorien (vgl. Kircher 1995, S. 64-69). Durch eine solche Trivialisierung der naturwissenschaftlichen Methode kommt es zu einem Übergehen der Vorvorstellungen der Schüler und Schülerinnen (vgl. ebenda) und zu einem Unverständnis hinsichtlich grundlegender Prinzipien (z.B. die Atomtheorie), da diese nicht empirisch begründbar sind, sondern nur Resultate wissenschaftlichen Denkens und philosophischen Spekulierens (vgl. Pukies 1979, S. 6).

Ein Beispiel eines solchen Unterrichts wäre: Die Lehrkraft wählt das Unterrichtsthema (ein Phänomen) aus und stellt dieses in der Stunde vor. Anschließend wird ein Bestätigungsexperiment durchgeführt, die Daten werden aufgenommen, Protokolle geschrieben und die Ergebnisse werden als falsch oder richtig bewertet. Der Versuch untermauert natürlich das Lehrbuchwissen, denn das Experiment wurde so ausgewählt, dass es dieses bestätigt. Den Schülern und Schülerinnen wird dadurch ein falsches Bild von den Naturwissenschaften gezeigt, Experimente werden als Beweise angesehen und die Kinder glauben, dass das *die* wissenschaftliche Methode ist (vgl. Wilhelm 2009, S. 17).

- Axiomatisch-deduktiver Unterricht

Die zweite landläufige Unterrichtsmethode setzt sich aus den Begriffen „axiomatisch“, abgeleitet von dem Wort Axiom, „*keines Beweises bedürfender Grundsatz*“ (Müller u.a. 1996, S. 142), und „deduktiv“, „*das Besondere aus dem Allgemeinen erschließend*“ (Wissen.de 2) zusammen.

Dieses Unterrichtsverfahren, wie auch das empirisch-induktive, entspricht weder der Wissenschaftstheorie noch dem historischen Prozess (vgl. Pukies 1979, S. 10). Der axiomatisch-deduktive Unterricht vernachlässigt die Wissenschaftsgeschichte bzw. den Forschungsprozess und nimmt das bereits vorhandene Wissen als gegeben an. Er setzt Axiome voraus, ohne den Lernenden deren Bedeutung zu erklären, so dass diese als gegebenes Wissen gelten und aus

diesen „Tatsachen“ werden neue Erkenntnisse gewonnen (vgl. ebenda S. 10f). Durch das Herauslösen der Prinzipien aus ihren Entstehungsbedingungen wird den Schülern und Schülerinnen das Verstehen dieser erschwert. Weiters erhalten Lernende eine falsche Vorstellung vom naturwissenschaftlichen Forschungs- und Erkenntnisprozess, die die Wissenschaft erst begreifbar machen und nehmen dadurch eine unselbstständige, reflexionslose Haltung ein, die zu einer Kritiklosigkeit führt. Es kommt zu einem Missverständnis bezüglich der Stellung der Naturwissenschaften in der Gesellschaft und den gesellschaftlichen Einfluss auf die Naturwissenschaften (vgl. Pukies 1979, S. 6f).

Ein Beispiel für einen solchen Unterricht wäre: Die Lehrkraft schreibt ein Axiom an die Tafel, ohne zu erklären wie man zu diesem kam oder welches Hintergrundwissen für dessen Verständnis notwendig wäre. Anschließend wendet sie dieses an. Dadurch nehmen Schüler und Schülerinnen Wissen als zwingend wahr an und hinterfragen dieses nicht. Sie meinen keinen Einfluss auf Forschung zu haben und reflektieren daher beispielsweise auch nicht über die Nutzung moderner Technik.

Die Darstellung der Naturwissenschaften als eine empirische Wissenschaft geht auf eine große Anzahl Wissenschaftstheoretiker und -theoretikerinnen sowie Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen zurück. Wie zum Beispiel Newton, der die induktive Methode seiner Meinung nach selber angewandt hat (vgl. Kircher 1995, S. 64), Bacon (16./17.Jahrhundert) oder Popper, der jedoch einwandte, dass solche induktiven Schlüsse auch nach mehrmaliger Verifikation falsch sein können (vgl. ebenda), uvm. (vgl. auch Pukies 1979, S. 10-14). Das Ergebnis einer solchen Darstellung führt zur Ansicht, dass Naturwissenschaften als objektiv, allgemeingültig und unabhängig, sowohl vom Forschungsprozess als auch von der Interpretation und Spekulation der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen selber, gelten. Die Wissenschaft wird aus ihrem Kontext, der Entstehungsgeschichte, des Forschungs- und Erkenntnisprozesses herausgelöst und verdinglicht. Das Resultat ist eine passive Konsumentenhaltung der Heranwachsenden, die die Fakten/das Wissen aufnehmen bzw. auswendig lernen und dieses unreflektiert wiedergeben (vgl. Pukies 1979, S. 12). Die naturwissenschaftlichen Fächer erscheinen dadurch als schwer, Schüler und

Schülerinnen verlieren das Interesse und auch das Vertrauen in ihre eigenen Fähigkeiten, sie sehen keine Relevanz für ihr Leben darin.

2.3.2 Inadäquate Vorstellungen

Lernende nehmen im Unterricht bewusst oder unbewusst Bilder und Vorstellungen über die Naturwissenschaften auf, sei es in Bezug auf die Arbeitsweise der Forscher und Forscherinnen oder die Bedeutung der Wissenschaften für die Gesellschaft, die Wirtschaft usw. Diese Bilder und Vorstellungen werden im fachsystematischen Unterricht nie oder nur selten thematisiert und können in weiterer Folge von den Kindern und Jugendlichen auch nicht reflektiert werden. Die Folge sind inadäquate Ansichten über die Naturwissenschaften (vgl. Höttecke 2001a, S. 7).

Das Kennen und Beachten der Vorvorstellungen der Lernenden, die jeder/jede in den Unterricht mitbringt, ist von großer Bedeutung, denn durch das Anknüpfen an diese oder deren Korrektur ist eine Erleichterung des Lernens möglich (vgl. Höttecke 2001a, S. 41). Ohne Vorverständnis kann sich kein Verständnis für eine Situation oder einen Sachverhalt entwickeln (vgl. Höble et al. 2004, S. 247ff), da es großen Einfluss „*auf die Aufnahme, Verarbeitung und Speicherung neuer Informationen.*“ nimmt (Labudde 2000, S. 35; zit. nach: Niedderer & Schecker 2004, S. 252). Das Vorverständnis, geprägt durch das bisherige Leben, beinhaltet verschiedene Elemente, wie allgemeines Interesse, Einstellungen, Denkraumen („epistemological beliefs“), Präkonzepte, konzeptionelles und methodisches Wissen, Alltagssprache usw. (vgl. Niedderer & Schecker 2004, S. 252-254). Neues Wissen wird mit den bereits vorhandenen Vorstellungen verknüpft und interpretiert. Lehrer und Lehrerinnen sollten sich stets im Klaren darüber sein, dass sich ihre Vorstellungen von denen der Schüler und Schülerinnen unterscheiden. Daraus resultieren beim Betrachten der gleichen Situation, unterschiedliche Beobachtungen, Erklärungen und Fragen, da diese aufgrund der individuellen Vorstellungen anders wahrgenommen und interpretiert werden (vgl. ebenda S. 255). Wie in Abbildung 4 ersichtlich, führt dies zu unterschiedlichen Ergebnissen.

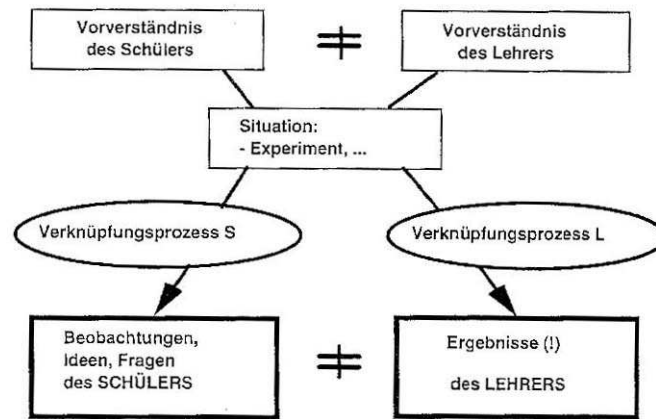


Abbildung 4: Unterschiedliches Vorverständnis (Niedderer & Schecker 2004, S. 254)

Nach Niedderer & Schecker (2004, S. 255) ergeben sich daraus folgende drei Konstellationen:

- Die Schüler und Schülerinnen übernehmen Inhalte unreflektiert und fassen die Naturwissenschaften als schwierig auf, sie verlieren das Vertrauen in ihre Fähigkeiten und behaupten von sich den Lehrinhalt nie verstanden zu haben → „schlechte“ Schüler und Schülerinnen
- Die Jugendlichen können das naturwissenschaftliche Wissen nach und nach in ihre Denkgewohnheiten integrieren und erfassen dieses → „gute“ Schüler und Schülerinnen
- Die Lernenden nehmen eine distanzierte Haltung, dem Lehrer / der Lehrerin und/oder dem Fach gegenüber ein, sie fallen durch Störungen und/oder Kritik auf → „kritische“ Schüler und Schülerinnen

Angesichts der oben genannten Gründe bilden sich häufig inadäquate Ansichten über die Naturwissenschaften aus.

Eine Intention des naturwissenschaftlichen Unterrichtes ist die Ermöglichung der Entwicklung adäquater, also realitätsnaher Vorstellungen über die Naturwissenschaften. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die Vorstellungen der Schüler und Schülerinnen berücksichtigt werden.

Vorverständnis zur Natur der Naturwissenschaften

Die hier nach Höttecke (2001a, S. 42-73; 2001b, S. 7-23; 2004a, S. 264-277) angeführten Vorvorstellungen der Schüler und Schülerinnen, die in vier

Themenbereiche unterteilt werden können, stützen sich vor allem auf angelsächsische Untersuchungen. Des Weiteren hat Volker Hofheinz (2008, S. 175ff) in seiner Dissertation Schülervorstellungen (11. Schulstufe) zur Natur der Naturwissenschaften im deutschsprachigen Raum erhoben, die hier ergänzend angeführt werden.

- 1) Vorstellungen zum Naturwissenschaftler / zur Naturwissenschaftlerin als Person, seiner/ihrer wissenschaftlichen Arbeit und ihren Bedingungen

Stereotype Ansichten von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen

Schüler und Schülerinnen, Erwachsene, ja sogar Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen selbst haben häufig stereotype Vorstellung über Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen. Diese Imaginationen werden und wurden in verschiedenen Studien erhoben. Eine qualitative Studie wurde mittels eines Schüler- und Schülerinnenessays von Mead & Métraux (1957; zit. nach: Höttecke 2004a) an amerikanischen Highschools durchgeführt. Weitere Belege über das Bild des typischen Forschers bzw. der typischen Forscherin bringen Kinderzeichnungen des Draw a Scientist Tests, ein non-verbales Evaluationsverfahren, das unter anderem von 1966 bis 1977 in Kanada von Chambers (1983; zit. nach: Höttecke 2001a) durchgeführt wurde (vgl. auch Finson 2002, S. 1). Zentrale Fragen waren: Wie sieht ein Wissenschaftler/eine Wissenschaftlerin aus? Was glauben Kinder, sind die Objekte mit denen Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen zu tun haben? Wo ist sein/ihr Arbeitsplatz und wie sieht er aus? Sind Forscher und Forscherinnen „normale“ Menschen? Was motiviert sie? Halten Schüler und Schülerinnen naturwissenschaftliche Erkenntnisse für absolut wahr?

Das Resultat war eine Mischung aus positiven und negativen Ansichten: Der stereotype Naturwissenschaftler ist männlich, trägt einen weißen Labormantel, wirkt meist unrasiert oder hat einen Bart. Der unfrisierte Mann verbringt den ganzen Tag im Labor, umgeben von Laborutensilien. Durch den Mangel an Zeit bleibt dem intelligenten, geheimniskrämerischen Forscher, der auch sehr gefährliche Arbeiten durchführt, die Außenwelt verborgen. Weiters wird dieses stereotype Bild oft von einer symbolischen Forscherumgebung - Instrumente bzw. Attribute des Wissens, wie zum Beispiel Bücher - begleitet.

Die laut Chambers altersabhängigen Stereotypen-Indikatoren tauchen verstärkt in der 2./3. Schulstufe auf und kommen in der 4./5. Schulstufe zur vollen Entfaltung. Neben den bereits genannten Vorstellungen gibt es, wenn man die Kinder bittet eine weitere Zeichnung anzufertigen, das Bild des mythischen Naturwissenschaftlers bzw. der Naturwissenschaftlerin, vergleichbar mit Mr. Jekyll und Mr. Hyde oder Frankenstein. Dieses Bild veränderte sich jedoch im Laufe der Jahre, so stellte Barman (1999; zit. nach: Finson 2002, S. 11) fest, dass immer mehr Schüler und Schülerinnen ein realistischeres Bild von Naturwissenschaftlern und Naturwissenschaftlerinnen aufweisen. Solomon (1993; zit. nach: Höttecke 2001a) zeigt, dass Kinder bei genauerem Nachfragen sehr wohl über die Irrealität dieser Vorstellung Bescheid wissen. Die vom alltäglichen Leben bereitgestellten Vorlagen aus Comics, Zeichentricks, Filmen usw. tragen aber trotz der Kenntnis, dass all das nicht wahr sein muss, zum inadäquaten Bild des Naturwissenschaftlers/der Naturwissenschaftlerin bei.

Diese inadäquaten Vorstellungen haben Auswirkungen auf das Verhältnis der Kinder zu den Naturwissenschaften. Menschen die weniger stereotype Bilder von Naturwissenschaftlern und Naturwissenschaftlerinnen aufweisen, haben meist ein besseres Verhältnis, eine positivere Anschauung und mehr Selbstvertrauen in Bezug auf Naturwissenschaften. Auch das Ergreifen eines Berufes im Bereich der Naturwissenschaften wird maßgeblich von diesen Bildern beeinflusst (vgl. Finson 2002, S. 1, S.10).

Auch der naturwissenschaftliche Unterricht beeinflusst die Vorstellungen, durch ihn kommt es zu einem Verständniswechsel (meist bis zur 10. Schulstufe). Die comicartigen Bilder verändern sich und münden in einem adäquateren Bild bzw. Wissenschaftsverständnis. In den Vorstellungen der 9-14 jährigen Schüler und Schülerinnen finden sich nach Solomon (1993; zit. nach: Höttecke 2004a) meist vier unterschiedliche Stereotype hinsichtlich eines Wissenschaftlers und einer Wissenschaftlerin:

- „*der sonderbare und verrückte Wissenschaftler (weird scientist), der gefährliche Experimente anstellt*
- *die hilfreiche Autorität testet und erklärt Phänomene und Zusammenhänge [...]*

- *der Techniker stellt technische Artefakte her, prüft und verbessert sie zum Wohle aller*
- *der intellektuelle Wissenschaftler brütet neue Ideen aus und testet sie.*“ (Höttecke 2004a, S. 265)

Auch Lehrer und Lehrerinnen prägen die durch den naturwissenschaftlichen Unterricht gebildeten Vorstellungen von einem Naturwissenschaftler bzw. einer Naturwissenschaftlerin. Sei es durch die Art und Weise wie die Naturwissenschaften im Unterricht präsentiert werden oder durch das Bild, das die Lehrkräfte durch ihre eigene Erscheinung vermitteln. Entspricht das Erscheinungsbild eines Lehrers den inadäquaten Vorstellungen der Kinder so wird dieses verstärkt. Ist es jedoch konträr zu diesem, zum Beispiel da das naturwissenschaftliche Fach von einer Frau unterrichtet wird, kann es sich verändern. Auch die Gestaltung des Unterrichts prägt die Vorstellungen der Kinder. Finson (2002, S. 11) schreibt, dass durch das Zeigen von geeigneten Bildern, Filmen oder das Einladen von Naturwissenschaftlern und Naturwissenschaftlerinnen realistischere Vorstellungen entstehen können. Außerdem wäre eine Beschäftigung mit Naturwissenschaften und den Personen die diese betreiben außerhalb der Schule, eventuell in einem Labor oder auch bei den Heranwachsenden zu Hause, von großer Bedeutung. Die Kinder sollen erkennen, dass jeder Naturwissenschaften betreiben kann und dass man dafür kein Genie sein muss (vgl. Finson 2002, S. 11f).

Ein einheitliches Vorverständnis über einen Wissenschaftler bzw. eine Wissenschaftlerin gibt es jedoch nicht, es finden sich mehrere Stereotypen oder auch nur unterschiedliche isolierte Ansichten, die durch das soziale Leben der Schüler und Schülerinnen beeinflusst wurden. Das häufig widersprüchliche Bild von einem Wissenschaftler bzw. einer Wissenschaftlerin ist einerseits auf die Vorstellung zurückzuführen, die Person sei intelligent und kreativ, andererseits gelten Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerin als objektiv und passiv, da sie die „*vorstrukturierte Natur*“ (Höttecke 2001a, S. 45) nur erfassen müssen. Daraus resultiert das reduzierte Bild eines neutralen Datenerfassers bzw. einer neutralen Datenerfasserin.

Weiters dokumentierte Driver et al. (1996; zit. nach: Höttecke 2001a) in einer Studie, in der drei Altersgruppen (9, 12 und 16 Jahre) befragt wurden, dass eine

Vielzahl von Vorstellungen obwaltet, jedoch alle von einer inadäquaten Ansicht überschattet sind, nämlich, dass Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen isoliert arbeiten. Dieses Verständnis widerspricht der tatsächlichen Situation, in der Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen in einer scientific community interagieren. Diese unrealistische Vorstellung von wissenschaftlicher Arbeit lässt Forscher und Forscherinnen als Einzelkämpfer wirken. Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen werden als Genies gesehen und wirken eventuell unnahbar. Schüler und Schülerinnen können sich nicht mit ihnen identifizieren und sehen keinen Anreiz einen naturwissenschaftlichen Beruf zu ergreifen.

Eine Ermittlung des Genderaspektes gelang mit Hilfe des „Draw-a-Scientist Tests“ von Chambers (1983; zit. nach: Höttecke 2001a), in dem nur wenige Wissenschaftlerinnen, die ausschließlich von Mädchen gezeichnet wurden, dargestellt waren. Der geschlechterspezifische Unterschied konnte auch in Befragungen von Jugendlichen ermittelt werden, bei denen nur 25 Prozent angaben, dass die Fähigkeit von Männern und Frauen gleich seien. Eine andere Studie wiederum stellte fest, dass Mädchen zwischen den Fähigkeiten der Jungs und ihren keinen Unterschied machen.

Aus der Sicht der Jugendlichen korrelieren die Begriffe „Mann“ und „Naturwissenschaften“ sehr stark miteinander. Das stark männlich geprägte stereotype Bild des Wissenschaftlers und auch das Fehlen von weiblichen Identifikationsfiguren und Rollenvorbildern im naturwissenschaftlichen Unterricht tragen zum geringen Interesse der Mädchen bei und erschweren eine Identifikation mit den Naturwissenschaften als Schulfach oder auch als Forschungsdisziplin. Dies wird unter anderem durch die geringe Anzahl von Studentinnen in naturwissenschaftlichen Fächern belegt. (vgl. auch Stadler 2009, S. 186)

Motivation der Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen

Warum betreiben Menschen Naturwissenschaften, welche Motivation steht laut den Schülern und Schülerinnen dahinter?

Jugendliche vertreten die inadäquate Ansicht des wissbegierigen Wissenschaftlers und der wissbegierigen Wissenschaftlerin. Dies wurde auch durch

Aikenhead (1987; zit. nach: Höttecke 2001a, S. 47f) belegt, dessen Studie drei mögliche Motive, warum Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen Wissenschaft betreiben, zur Wahl stellte:

1. guter Verdienst
2. Anerkennung durch anderen Personen aus den Naturwissenschaften
3. Befriedigung des eigenen Wissensdrangs

59 Prozent wählten die naive dritte Ansicht, die ersten beiden Varianten wurden tendenziell abgelehnt. Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen gelten weitgehend als vorurteilsfreie Menschen, die von ehrenhaften Motiven angetrieben werden.

Arbeitsplatz Labor

Nur wenige Untersuchungen befassen sich mit den Ansichten zu diesem Vorverständnis. Im Draw-a-Scientist Test (durchgeführt in den Jahren 1966-1977) von Chambers (1983) wurde das Labor als zentraler Arbeitsplatz der Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen erkannt. Die zur Geheimhaltung bestimmten Orte befinden sich meist in abgelegenen Stellen von Häusern, wie zum Beispiel im Keller oder unterm Dach, wobei hier auch ein mythischer Aspekt mit einfließt. Durch das Fehlen von eigenen Erfahrungen der Kinder, die meist noch nie ein Labor von innen gesehen haben, werden andere Aufgaben der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen wie Probennahme, Lehre, Tagungen, Datenauswertung usw., außer Acht gelassen.

2) Der epistemologische Status des Wissens

Die Frage zum Vorverständnis der Schüler und Schülerinnen zum epistemologischen Status naturwissenschaftlichen Wissens ist nicht ohne weiteres zu beantworten. Die Ansichten der Kinder, ob Erkenntnisbestände der Naturwissenschaften veränderlich oder statisch sind, sind sehr heterogen. Die durch den begrifflich und methodisch strukturierten Unterricht, der aus Formeln, Zahlen, Gesetzen usw. besteht, geprägte Vorstellung weist daraufhin, dass Schüler und Schülerinnen naturwissenschaftliches Wissen als „*etwas Gesichertes, Feststehendes und zugleich in fachspezifischen Symbolsystemen Aufbewahrtes*“ (Höttecke 2001a, S. 53) betrachten. Heranwachsende stellen

sich unter naturwissenschaftlichem Wissen etwas vor, „*das im Unterricht einmal an der Tafel gestanden hat*“ (Höttecke 2001a, S. 53). Die Vorvorstellungen werden neben dem Schulunterricht auch vom alltäglichen Leben geformt und weisen auf einen naiven Realismus hin. Naturwissenschaftliches Wissen wird als Abbild der Realität gesehen und menschliche Kreativität sowie der vorläufige Charakter werden außer Acht gelassen.

Eine Studie über das Wissenschaftsverständnis von Songer und Linn (1991; zit. nach: Höttecke 2001a S. 55), an der 153 amerikanische Kinder aus der 8. Schulstufe teilnahmen, weist die Existenz einer Mischform nach: 21 Prozent der Befragten meinten, dass naturwissenschaftliches Wissen statisch ist, 15 Prozent wiesen ein dynamisches Wissenschaftsverständnis auf und die bereits erwähnt Mischform wurde mit 65 Prozent erhoben.

Verschiedene Untersuchungen (Ryan und Aikenhead 1992, sowie Lederman und O'Malley 1990; zit. nach: Höttecke 2001b, S. 15) belegen ein vorläufiges und veränderliches Wissenschaftsverständnis bei Schülern und Schülerinnen. „*Die Einsicht in die Funktion von Evidenzen und die Möglichkeit ihrer Vorläufigkeit und Veränderlichkeit ist konstitutiv für ein adäquates Naturwissenschaftsverständnis.*“ (Höttecke 2004a, S. 269)

Hofheinz (2008, S. 196) ermittelte in seiner Studie, dass 78 Prozent der Teilnehmer und Teilnehmerinnen Theorien als veränderlich ansehen. Wobei dies bei der Mehrheit (72% davon) auf die Alltagssprachliche Verwendung des Begriffes „Theorie“ zurückzuführen ist. Nur 11.7 Prozent davon wiesen eine adäquate Ansicht auf, die einen möglichen Theorienwandel durch das Entdecken neuer Hinweise oder Interpretationen begründeten.

Die epistemologischen Überzeugungen, also die Vorstellungen darüber wie Wissen aufgebaut ist und gewonnen wird, beeinflussen das Lernen maßgeblich. Schüler und Schülerinnen sollen erfahren, dass naturwissenschaftliches Wissen veränderlich ist, wie Erkenntnisse gewonnen werden und dass es Grenzen gibt, an die die Wissenschaft stoßen kann. Urhahne & Hopf (2004, S.79-83) stellten in ihrer Untersuchung, bei der 167 Schüler und Schülerinnen der neunten Schulstufe teilnahmen fest:

- Schüler und Schülerinnen, die die Prozesshaftigkeit von naturwissenschaftlichen Wissen erkennen, sind motivierter, haben ein höheres fachspezifisches Selbstkonzept und reflektieren ihren Lernprozess
- Kinder, die an gesichertes Wissen glauben, tendieren zum Auswendiglernen der Inhalte, sie wiederholen diese nur, reflektieren ihren Lernprozess kaum und stellen keine Verbindungen zwischen bereits Gelerntem und Neuem her.

3) Das Experiment im Unterricht und als Forschungsmethode

Das Experiment ist ein wesentlicher Bestandteil der Naturwissenschaften und auch im naturwissenschaftlichen Unterricht spielt es eine zentrale Rolle, was unter anderem die lehrplanmäßige Integration desselben belegt. Auch Schüler und Schülerinnen sehen das Experiment als wichtiges Element des naturwissenschaftlichen Forschens und des Unterrichts.

Das Vorverständnis der Kinder und Jugendlichen kann nach Höttecke *„hinsichtlich eines kognitiven und eines praktischen Wissensanteils unterschieden werden.“* (Höttecke 2004a, S. 269). Kognitive Vorstellungen umfassen Ansichten über das Experiment, dessen Funktionen, dessen Voraussetzungen und Konsequenzen und wie Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen dieses durchführen. Die praktischen Ansichten werden aus eigenen Erfahrungen mit dem Experimentieren gebildet. Das kognitive Wissen, wie Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen experimentieren, stimmt nicht zwangsläufig mit den eigenen Erfahrungen des Experimentierens, also dem praktischen Wissen, überein.

Der Zweck des Versuches im naturwissenschaftlichen Unterricht entspricht nicht dem des Experiments in der Forschung. Aus diesem Grund kann es bei Schülern und Schülerinnen durch Demonstrationsversuche im Unterricht zu inadäquaten Vorstellungen über das Experiment als Forschungsmethode kommen. Kinder und Jugendliche sind der Meinung, dass Forscher und Forscherinnen die aus den Experimenten gewonnenen Daten neutral, objektiv und vorurteilsfrei bewerten, ihnen bleibt die Relevanz des prüfenden und bewertenden Anteils der scientific community und auch die *„Bedeutung von*

Denk- und Handlungszwängen innerhalb wissenschaftlicher Traditionen“ (Höttecke 2004a, S. 271) völlig verborgen.

Das mit zunehmendem Alter reifende Verständnis für Experimente wurde in mehreren Studien erfasst, unter anderem von Meyer et al. (1996; zit. nach: Höttecke 2004a, S. 271) und Carey et al. (1989; zit. nach: Höttecke 2004a, S. 271). Kinder im Alter von 12 bis 14 Jahren weisen meist ein naives Verständnis auf, bei dem Experimentieren als zielloses Ausprobieren und Entdecken gesehen wird. In der 11. Klasse (also im Alter von 16 -18 Jahren) antworten Schüler und Schülerinnen, dass naturwissenschaftliche Aussagen gültig sind, wenn diese nicht falsifiziert wurden und in der 12. Klasse (17-19 Jahre) wird meist die Methode der Verifikation angegeben. Doch auch bei den Älteren wird nur selten die Bedeutung der scientific community erkannt.

Ähnliche Ergebnisse, klassifizierbar in drei Antwortkategorien, erhielten Driver et al. (1996; zit. nach: Höttecke 2001a, S. 65f) beim Vergleich von drei Altersgruppen (9, 12 und 16 Jahre):

1. *„Experimente werden angestellt, um Phänomene hervorzubringen und Neues herauszufinden,*
2. *Experimente werden angestellt, um Ursache-Wirkungsrelationen herstellen zu können und*
3. *Experimente werden angestellt, um Theorien zu überprüfen.“* (Driver et al. 1996, S. 87ff; zit. nach: Höttecke 2001a, S. 65)

Eine eindeutige Tendenz zeichnete sich ab: Die erste Antwort wurde mit zunehmendem Alter seltener gewählt als die dritte. Trotzdem wählte nur ein geringer Teil der 16-Jährigen die dritte Kategorie.

Neben dem Schüler- und Schülerinnenverständnis bezüglich der Ziele und Zwecke des Experiments, sind auch ihre Vorstellungen, wie Messprozeduren und Datenerfassungen funktionieren, altersabhängig. So ist es nicht überraschend, dass nur 15 Prozent der 12- bis 14-Jährigen über den Zusammenhang der Streuung mit der Qualität des Mittelwertes Bescheid wissen, wohingegen bereits in der 9. bis 11. Schulstufe 40 Prozent der Heranwachsenden diesen erkennen.

Diese inadäquaten Ansichten, erzeugt durch einen Unterricht, der das Experimentieren als „*induktivistisch[e] oder falsifikationistisch[e]* [*Forschungsmethode*] *darstellt*“ (Höttecke 2001a, S. 67), sollten durch das Entwickeln einer Unterrichtsmethode vermieden werden, die hilft, Schulversuche in einen realen Zusammenhang mit Experimenten in der Forschung zu setzen. Damit Schüler und Schülerinnen ein realistischeres Bild über den Erkenntnisprozess erhalten und erkennen, dass Experimente keine absoluten Beweise liefern und naturwissenschaftliches Wissen nicht nur durch diese gewonnen wird.

4) Die wissenschaftliche Wissensproduktion und ihre Bedingungen

Wie und unter welchen Bedingungen wird naturwissenschaftliches Wissen laut Schülern und Schülerinnen produziert? Erkennen sie, dass Erkenntnisse nicht nur im Labor, sondern auch am Computer, am Schreibtisch, durch den Austausch mit anderen Experten und Expertinnen (scientific community) usw. gewonnen werden?

Es gibt keine rezeptartige wissenschaftliche Methode, um Wissen zu produzieren, es fließen stets mehrere Faktoren mit ein. Eine zentrale Rolle bei der Wissensproduktion spielt die scientific community. Sie legt fest, ob Wissen anerkannt wird oder nicht. Daraus folgend ist die Anerkennung einer Theorie nicht nur experimentell, sondern auch sozial begründet. Dieser wesentliche Aspekt der Konsensfindung in einer Gemeinschaft wird von den Kindern und Jugendlichen kaum verstanden, in ihren Augen zählen nur empirische Evidenzen, außerwissenschaftliche Faktoren werden hingegen außer Acht gelassen. Schüler und Schülerinnen haben kaum eine Vorstellung über die Bedeutung des Sozialen in den Naturwissenschaften, da es im Unterricht, wenn überhaupt, nur selten thematisiert wird. Das „*naiv-empiristische Wissenschaftsverständnis*“ (Höttecke 2001a, S. 70) ist demnach nur eine logische Konsequenz des empirisch-induktiven Unterrichts. Diese inadäquaten Ansichten, wie zum Beispiel der Glaube an den objektiven Wissenschaftler und die objektive Wissenschaftlerin, führen zu einem blinden Vertrauen gegenüber den Experten bei Fragen von sozialem Interesse, wie die Nutzung der Gentechnik oder Atomkraft.

Durch all diese inadäquaten Vorstellungen, die meist im fachsystematischen Unterricht nicht thematisiert und durch adäquate Bilder ersetzt werden, führen zu einem Missverständnis darüber was Naturwissenschaften sind, wie sie Wissen generieren, wer sie betreibt und welchen Zweck sie haben. Sie werden als eindeutig, linear und objektiv anstatt von Menschen betrieben, kreativ, wandelbar und aus einem historischen Prozess entstehend wahrgenommen (vgl. Höttecke 2001b, S. 21).

2.3.3 Warum über NOS lehren und lernen?

Bereits seit den 1970er Jahren wird am fachsystematischen naturwissenschaftlichen Unterricht Kritik geübt, und dennoch ist dieser Unterricht das gängigste Verfahren in den Schulen. Durch das ausschließliche Lehren von Fakten kommt es zu Verständnisschwierigkeiten bei Schülern und Schülerinnen (vgl. Pukies 1979, S. 6) und in weiterer Folge zu inadäquaten Ansichten über die Naturwissenschaften. Daraus resultierende Konsequenzen sind, wie in der PISA Studie 2006 ersichtlich, dass Heranwachsende das Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten verlieren, dass Naturwissenschaften als schwer erscheinen, dass Jugendliche das Interesse an ihnen verlieren und keine Bedeutung für ihr eigenes Leben darin sehen (vgl. Lembens et al. 2009b, S. 52). Die dadurch den Schülern und Schülerinnen aufgezwungene passive Konsumentenhaltung führt zur Unmündigkeit und Unselbstständigkeit, sie nehmen das präsentierte Wissen unreflektiert auf, was in weiterer Folge zu einer Kritikunfähigkeit führt (vgl. Pukies 1979, S. 7).

All diese, durch den Unterricht herbeigeführten Eigenschaften widersprechen den allgemeinen Bildungszielen, die sich im österreichischen Lehrplan der allgemein bildenden höheren Schulen befinden.

Im ersten Teil des AHS Lehrplans „allgemeines Bildungsziel“ steht, dass es die Aufgabe der allgemein bildenden höheren Schule ist, das selbstständige Denken und kritische Reflektieren der Jugendlichen und deren Wahrnehmung der demokratischen Mitsprache und Mitbestimmung freizusetzen. Dies ist durch die Förderung ihrer Selbstsicherheit und ihres selbst bestimmten und organisierten Lernens und Handelns zu erreichen (vgl. BMUKK 2004a). Weiters ist im Lehrplan verankert, dass Bildung mehr ist „als die Summe des

Wissens, das in den einzelnen Unterrichtsgegenständen erworben werden kann“ (ebenda, S. 3). Im Bildungsbereich Natur und Technik wird explizit daraufhin gewiesen, dass „*grundlegendes Wissen, Entscheidungsfähigkeiten und Handlungskompetenzen zu vermitteln*“ (ebenda, S. 4) sind. Junge Menschen sollen sich mit ethischen Fragen und Wertvorstellungen, die die Natur und Technik sowie den Menschen und die Umwelt betreffen, auseinandersetzen können (vgl. ebenda, S. 4).

All diese Forderungen sind ausschließlich mit dem „klassischen“ naturwissenschaftlichen Unterricht nicht zu erfüllen, denn durch die reine Fachwissensvermittlung bleiben soziale, gesellschaftliche und kulturelle Aspekte, die die Naturwissenschaften genauso betreffen wie andere Wissenschaften, außer Acht. Diese Bildungsziele könnten durch eine Kombination des fachsystematischen Unterrichts mit dem Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften erreicht werden. Erst durch das Meta-Wissen werden ein naturwissenschaftliches Problembewusstsein, eine Beurteilungskompetenz und eine Honorierung der Leistung der Naturwissenschaften möglich (vgl. Hofheinz 2008, S. V).

Das Ziel des Lehrens und Lernens über die Natur der Naturwissenschaften ist es, Schülern und Schülerinnen die Möglichkeit zu geben adäquate Ansichten über die Naturwissenschaften zu entwickeln. Kircher und Dittmer (2004) nennen nach Driver et al. fünf Argumente (vgl. auch Almazroa et al. 1998, S. 11; Hofstein et al. 2005, S. 486), warum über die Natur der Naturwissenschaften gelehrt und gelernt werden sollte:

- *„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 & Dittmer 2004, S. 2-3)
- *Das ökonomische Argument:* Naturwissenschaftlicher Unterricht soll auf die spätere Arbeit vorbereiten (vgl. Hofstein et al. 2005, S. 488).

Diese Argumente lassen sich auch als Bildungsziel im österreichischen Lehrplan der allgemein bildenden höheren Schule wieder finden.

Weitere Argumente, warum NOS ein fester Bestandteil des naturwissenschaftlichen Unterrichts sein sollte, liefern Almazroa et al. (1998, S. 11-15):

- *NOS fördert das Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte:* In einer Studie von Songer und Linn (1991) wird gezeigt, wie wichtig es für Schüler und Schülerinnen ist, eine dynamische Sichtweise über Naturwissenschaften zu haben, um ein Begriffsverständnis für Themengebiete zu entwickeln. Ein dynamisches Wissenschaftsverständnis ermöglicht ein besseres ganzheitliches Verstehen, im Gegensatz zur statischen Ansicht.
- *Das Wissen über die Natur der Naturwissenschaften fördert das Naturwissenschaftsverständnis:* Durch das Verstehen wie Naturwissenschaften arbeiten, können deren Stärken und Grenzen sowie die Aussagekraft unterschiedlicher naturwissenschaftlicher Wissensformen erkannt werden, wie zum Beispiel das Verstehen der Begriffe „Gesetz“, „Theorie“ und „Modell“. Außerdem kommen Personen, die mit der Veränderbarkeit der Naturwissenschaften vertraut sind, besser mit Wandlungen im Wissen zurecht.

- *Mit Hilfe der Natur der Naturwissenschaften das wissenschaftliche Interesse steigern:* Die Genese naturwissenschaftlichen Wissens macht Naturwissenschaften und den Unterricht darüber interessanter. Durch das Miteinfließenlassen historischer, philosophischer und soziologischer Aspekte, erscheint die Wissenschaft menschlicher.
- *Das Wissen über NOS fördert Entscheidungsbildungen:* (Vgl. das demokratische Argument nach Driver et al.). Ein adäquates Naturwissenschaftsverständnis ist beispielsweise bei der finanziellen Unterstützung der wissenschaftlichen und technischen Forschung durch den Staat von Bedeutung.
- *Das Wesen der Naturwissenschaften fördert lehrreiche Bezüge:* Lehrkräfte werden durch Wissen über die Natur der Naturwissenschaften dazu befähigt, Modelle, die einen Konzeptwechsel fördern, in ihren Unterricht einzubauen, denn viele Ansichten von Schülern und Schülerinnen entsprechen den Sichtweisen früherer wissenschaftlicher Konzepte. Diese naiven Ansichten kann die Lehrkraft aufgreifen und die Heranwachsenden, mit Hilfe der historischen Entwicklung, von naiven Vorstellungen zu angemessenen naturwissenschaftlichen Ansichten führen. Das Wissen über NOS ermöglicht dem Lehrer und der Lehrerin den Lernprozess der Schüler und Schülerinnen besser zu verstehen. Die Wissenschaftsgeschichte zeigt, dass naturwissenschaftliches Wissen nicht ausschließlich empirisch bestimmt ist und häufig mit Konzeptwechseln einhergeht.

Trotz der Forderung, die bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts aufkam und dem häufigen Versagen des derzeitigen Unterrichts (vgl. das schlechte Abschneiden Österreichs in den Naturwissenschaften in der PISA Studie 2006) spielt die Natur der Naturwissenschaften keine bzw. nur eine untergeordnete Rolle im naturwissenschaftlichen Unterricht. Das bisherige Fehlen des Meta-Wissens über die Naturwissenschaften begründet Kircher & Dittmer (2004, S. 4) folgendermaßen:

- Das Thema ist sehr komplex,
- besitzt einen interimistischen Charakter

- und ist den Lehrkräften nur wenig vertraut aufgrund des Fehlens von NOS-Inhalten in der naturwissenschaftlichen Lehramtsausbildung. (vgl. hierzu die Auswertung des Fragebogens Kapitel 4.4)

2.3.4 Unterrichtsverfahren

Die Schule gibt den Schülern und Schülerinnen oft zu wenig Raum, um die Naturwissenschaften zu erfahren und deren Prozess zu verstehen. Daraus und aus der mangelhaften Ausbildung der Lehrer und Lehrerinnen im Bezug auf die Natur der Naturwissenschaften und der oberflächlich verfassten Schulbücher, die der NOS keinerlei Bedeutung zukommen lassen, resultieren inadäquate Ansichten über die Natur der Naturwissenschaften bei Kindern und Jugendlichen (vgl. McComas 1998, S. 68). Guter Unterricht kombiniert Fachwissen mit Lerngelegenheiten zur Metastruktur der Naturwissenschaften (vgl. Hofheinz 2008, S. 1), genannt *Scientific Literacy* - naturwissenschaftliche Grundbildung. (vgl. ebenda, S. 24). In diesem Kapitel werden nun einige Arten naturwissenschaftlichen Unterrichts, die sich die Natur der Naturwissenschaften zum Thema gemacht haben, angeführt.

Science-Technology-Society (STS)

Die folgenden Erläuterungen bezüglich der STS Unterrichtsmethode beziehen sich im Wesentlichen auf Höttecke (2001a, S. 86-94):

Bei diesem Unterrichtsverfahren, das in Großbritannien, USA und Kanada entwickelt wurde, geht es um die Aufarbeitung der Natur der Naturwissenschaften im Zusammenhang von Naturwissenschaften, Technik und Gesellschaft. Abbildung 5 erleichtert das Verstehen durch Vereinfachung des STS- Systems in einer Zeichnung:

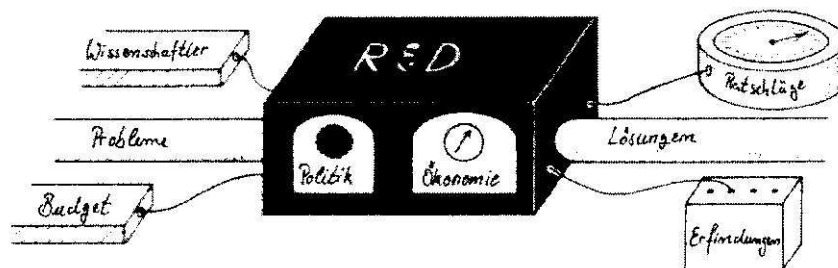


Abbildung 5: STS-Modell (R&D bedeutet Research and Development) (Höttecke 2001a, S. 87)

Die Naturwissenschaften, dargestellt als Black Box, sind von politischen und ökonomischen Geschehen beeinflusst. Verdeutlicht wird dieser Zusammenhang durch eine politische Schraube und einem Anzeigengerät, das ökonomische Messwerte angibt, um die Funktionstüchtigkeit zu messen. Die Wissenschaft wird als Input-Output-Modell dargestellt, bei dem auf der einen Seite Erkenntnisse und finanzielle Mittel hineingehen und auf der anderen Seite Erfindungen, Ratschläge und Lösungen herauskommen. Der STS-Unterricht ermöglicht einen Einblick in diese Black Box und in Folge auch in die Natur der Naturwissenschaften. Sein Ziel besteht darin, die Zusammenhänge zwischen *„gesellschaftlichen bzw. politischen Erfordernissen und Entscheidungen [...] und technologischen bzw. wissenschaftlichen Prozessen und Entscheidungen“* (Höttecke 2001a, S. 88) zu verdeutlichen. Weiters zielt diese Unterrichtsform darauf ab, die Scientific Literacy der Bevölkerung zu verbessern, das Interesse der Kinder und Jugendlichen in Naturwissenschaften und Technik zu wecken, das Wechselspiel zwischen Naturwissenschaften, Technik und Gesellschaft zu verdeutlichen und das kritische, logische und kreative Denken sowie die Entscheidungsfreudigkeit zu fördern (vgl. Hofstein et al. 2005, S. 487).

In diesem Unterrichtsverfahren kommt es zu einem Wechselspiel von STS-Inhalten und fachsystematischen Sachverhalten, wobei das genaue Verhältnis nicht definiert ist und von einem Extremum, bei dem STS-Inhalte als motivierende Ergänzungen dienen, zum anderen, bei dem STS-Themen dominieren, geht. Ein starker Alltagsbezug verdeutlicht den Heranwachsenden technische Fragestellungen im gesellschaftspolitischen Kontext. Sie haben in eigenen Aktivitäten, wie Experimentieren, Diskutieren, Rollenspielen die Möglichkeit, Naturwissenschaften zu begreifen. Das naturwissenschaftliche Faktenwissen dient bei diesem Unterrichtsverfahren als Berater, es hilft technische Fragen, die aber immer im Zusammenhang mit einem gesellschaftlichen Problem stehen, zu klären, zu beurteilen und einzuschätzen.

STS hilft naturwissenschaftlichen Unterricht verständlicher, effektiver und auch für Schüler und Schülerinnen interessanter zu machen, ohne dass Fachinhalte zu kurz kommen, damit die Kinder und Jugendlichen zu kritischen, naturwissenschaftlich gebildeten Bürgern und Bürgerinnen werden (vgl. auch Hofstein et al. 2005, S. 487).

Integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht

Der integrierte naturwissenschaftliche Unterricht löst strikte Fächertrennungen der Naturwissenschaften in Biologie, Physik und Chemie auf. Die Integration aller naturwissenschaftlichen Disziplinen steht im Vordergrund. Neben fachsystematischem Wissen, Fertigkeiten usw., werden Aspekte der Natur der Naturwissenschaften, Wissenschaftstheoretisches, Philosophisches, Historisches etc. besprochen. Der fächerübergreifende Unterricht fördert das vernetzte Denken und Handeln der Schüler und Schülerinnen (vgl. Höttecke 2001a, S. 94f).

Zum Thema „fächerübergreifender Unterricht“ laufen bereits einige Projekte, wie zum Beispiel das PINC-Projekt, das Cuna-Projekt und das PING-Projekt (vgl. ebenda, S. 94-103).

- Das PINC-Projekt

In den späten 1970er Jahren legte die Projektgruppe *Integriertes Naturwissenschaftliches Curriculum* Unterrichtskonzepte für die Sekundarstufe 1 vor, die gesellschaftliche und produktionsbezogene Aspekte im naturwissenschaftlichen Unterricht thematisieren. Die nie zur Anwendung gekommenen Materialien, die eine Verknüpfung von Schule, Wirtschaft, Technik und der Arbeitswelt zum Ziel hatten, gelten aber weiterhin als Meilensteine des fächerübergreifenden Unterrichts (vgl. ebenda, S. 95f).

- Das Cuna-Projekt

Im *Curriculum Naturwissenschaft* erarbeiten Schüler und Schülerinnen Projekte mit Alltagsbezug, wie zum Beispiel das Projekt „Schutz vor Lärm“ (Höttecke 2001a, S. 97). Die Projekte befassen sich mit Themen aus der Alltagswelt, den Interessen und auch der späteren Arbeitswelt der Kinder und Jugendlichen (vgl. ebenda, S. 96-98).

- Das PING-Projekt

Das in den 1990er Jahren ins Leben gerufene Projekt PING (*Praxis integrierter naturwissenschaftlicher Grundbildung*) stellt den Mensch-Natur-Verhältnis-orientierten Unterricht in den Mittelpunkt (vgl. ebenda, S. 98f). Der schüler- und schülerinnenorientierte Unterricht befasst sich mit dem „*Verhältnis des*

Menschen zur Natur, zu den Mitmenschen, zur Kultur und sich selbst [...]: Wie es ist, wie es war und wie es sein könnte“ (http://ping.lernnetz.de/pages/n323_DE.html [15.03.2011]). Der stark alltagsbezogene Unterricht ist in altersadäquate Bildungsinhalte unterteilt. Für die Schulstufen 5 und 6: *„Ich erlebe und erfahre Natur und beschreibe sie“* (ebenda), für die 7. und 8. Stufe gilt: *„Wir begegnen und bearbeiten Natur und interpretieren sie“* (ebenda) und die 9. und 10. Klasse thematisiert: *„Natur entwickelt sich und wird von uns Menschen erklärt und mitgestaltet“* (ebenda).

Genetischer Unterricht

Der von Wagenschein geprägte Begriff umfasst einen genetisch, exemplarisch und sokratisch aufgebauten Unterricht. *„Der Begriff des Genetischen bezeichnet ein begründetes, motivgeleitetes und selbsttätiges Entwickeln von Einsichten, Konzepten, Begriffen und Fertigkeiten“* (Höttecke 2001a, S. 109). Es gibt zwei Arten von genetischem Wissen, das individual-genetische, das die Entstehung des Wissens im Individuum verdeutlicht und das historisch-genetische, das die historische Wissensgenese thematisiert (ebenda, S. 108f) (vgl. Kapitel 5.2).

Der individual-genetische Unterricht orientiert sich am Vorwissen der Kinder, um eine sanfte Wissensgenese bei den Schülern und Schülerinnen zu bewirken. Naturwissenschaften werden durch eine aktive Beteiligung am Unterrichtsgeschehen erfahrbar. Lernende nehmen Probleme wahr und lösen diese mit Kreativität (ebenda, S. 109ff).

Die historisch-genetische Methode ist für Wagenschein nur ein Mittel zum Zweck, der historische Aspekt soll die Wissenschaft als Aktivität des Menschen darstellen und einen rein fachsystematischen Unterricht vermeiden (vgl. ebenda, S. 111f).

Der Begriff „exemplarisch“ meint einen vertiefenden Unterricht anstelle des oberflächlichen Aneinanderreihens von Fakten, wie im fachsystematischen Unterricht. Inhalte sollen aufs Wesentliche beschränkt sein, um auch tiefer in die Materie eintauchen zu können (vgl. Höttecke 2001a, S. 112f). Denn Bildung ist nach Wagenschein (1968, S. 9-12) *„kein addierender Prozess“* (ebenda, S. 9), viel mehr ist die Auswahl des „Wesentlichen“ von Bedeutung. Diese Schwerpunktsetzung ermöglicht ein Verharren und ein, wie Wagenschein es

nennt, „Einwurzeln“. Das so angeeignete Wissen *„erregt das Fernere, doch Verwandte, durch Resonanz“* (Wagenschein 1968, S. 12), Wissen das einmal von Schülern und Schülerinnen selbstständig durchdacht und erfasst wurde verhilft ihnen dazu das Gesamte zu verstehen (vgl. Wagenschein 1968, S. 12f). Dies gelingt mit einem Unterricht der Fragen provoziert, zur Diskussion anregt und ein Darübernachdenken in Gang setzt (vgl. Lembens & Rehm 2010, S. 292f).

Der sokratische Aspekt integriert das Gespräch in den Unterricht, durch das Schüler und Schülerinnen zum Nachdenken angeregt, selbstständig Erkenntnisse und Antworten entwickeln (vgl. Höttecke 2001a, S. 113). Wagenschein streicht diesen Aspekt hervor, weil *„das Erwachen geistiger Kräfte, sich am wirksamsten im Gespräch vollzieht“* (Wagenschein 1968, S. 55).

Unterrichtsbeispiele dazu finden sich in Lembens & Rehm (2010, S. 292-299) und Buck (2010, S. 20-23).

Praktische Anwendung der Naturwissenschaften im Unterricht

Eine Methode um adäquate Ansichten über die Naturwissenschaften zu entwickeln, ist das forschende Lernen der Schüler und Schülerinnen. Sie führen eigene Forschungsprojekte durch, stellen Hypothesen auf, sammeln und werten Daten aus und erhalten Ergebnisse, die sie gemeinsam diskutieren. Diese Unterrichtsmethode kann sich jedoch bei fehlender Einführung der Schüler und Schülerinnen auch negativ auf das Interesse, die Motivation und die Leistung auswirken. Ohne Anleitung, wie forschendes Lernen erfolgt, ahmen die Lernenden Experimente nach und gelangen nur selten von selbst zum „richtigen“ Ergebnis, das dann wiederum die Lehrperson verdeutlicht (vgl. Höttecke 2001a, S. 118ff).

Neben dem aktiven Forschen der Heranwachsenden ist eine Reflexion unabdinglich, in der die Erfahrungen der Kinder und Jugendlichen mit dem realen Forschungsprozess verglichen werden. Dies kann mittels Erklärungen des Lehrers bzw. der Lehrerin erfolgen oder durch ein gelegentliches Eingreifen der Lehrpersonen in den Forschungsprozess der Schüler und Schülerinnen, um ihnen zusätzliche Informationen zu liefern, damit sie Unterschiede bzw.

Zusammenhänge zwischen ihrer Tätigkeit und der der Forscher bzw. Forscherin, also der realen Arbeitsweise, erkennen (vgl. ebenda, S. 121).

Inquiry-based teaching and learning

Dieses Unterrichtsverfahren, das wörtlich übersetzt „Anfrage, Erkundigung und Nachforschung“ (Terrell u.a. 2001, S. 372) heißt, soll ein nachhaltiges Lernen ermöglichen. Indem es nicht Schritt für Schritt naturwissenschaftliche Sachverhalte vermittelt, wie sie in Lehrbüchern dargestellt sind, sondern bei den Lernenden eine Fragehaltung fördert. Um ein adäquates Bild von den Naturwissenschaften zu erzeugen, müssen Kinder und Jugendliche erkennen, dass es das absolute Wissen, das unumstößlich ist, nicht gibt und dass auch Lehrbücher nicht die reine Wahrheit beinhalten. Mit Hilfe des inquiry (auch enquiry geschrieben) Unterrichts sollen Schüler und Schülerinnen lernen, Sachverhalte zu hinterfragen und zu interpretieren. Der Unterricht wird so gestaltet, dass er einem wissenschaftlichen Prozess entspricht, bei dem die Kinder Phänomene erforschen, indem sie Beobachten, Messen, Experimentieren, Daten sammeln und Schlussfolgern. Wodurch die Lernenden erfahren, wie Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen arbeiten (vgl. Hofheinz 2008, S. 107ff und Novak & Krajick 2006, S. 76ff).

Eine zentrale Rolle spielt bei dieser Methode das eigenständige Arbeiten der Lernenden im Labor, also auch ein Simulieren der Naturwissenschaften im Unterricht, wie im vorhergegangenen Punkt („Praktische Anwendung der Naturwissenschaften im Unterricht“) beschrieben. Schüler und Schülerinnen erhalten Forschungsaufträge, die sie selber bearbeiten. Diese werden in drei unterschiedliche Schwierigkeitsgrade eingeteilt (vgl. Hofheinz 2008, S. 108f):

- 1) *„Sowohl das Problem als auch mögliche Lösungswege werden den Schülern vorgegeben,*
- 2) *das Problem wird den Schülern vorgegeben, mögliche Lösungswege und Antworten müssen aber selbst gefunden werden,*
- 3) *sowohl das Problem als auch mögliche Lösungswege und Antworten müssen von den Schülern selbst gefunden werden“* (Hofheinz 2008, S. 109).

Die Lehrpersonen müssen jedoch beachten, dass auch dieses selbstständige Forschen nicht der Realität entspricht. Um zu „richtigen“ Erkenntnissen zu gelangen, darf das Interpretieren der erhobenen Daten und gefundenen Ergebnisse vor dem Hintergrund naturwissenschaftlicher Theorien, die im Unterricht gelehrt werden, nicht fehlen. Diese Methode ermöglicht ein Lehren und Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte ohne den Prozess, also die wissenschaftliche Arbeitsweise, außer Acht zu lassen. (vgl. ebenda, S. 109f)

Inquiry lässt sich demnach in zwei Aspekte aufteilen (vgl. ebenda, S. 110):

1. Eine Unterrichtsmethode, die ein Erlernen von Forschungsv erfahren ermöglicht („*learn how to do science*“ (ebenda))
2. und Fachinhalte thematisiert („*learn science content*“ (ebenda))

Schüler und Schülerinnen sollen mittels dieses Verfahrens die Natur der Naturwissenschaften verstehen lernen, wie arbeiten Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen und wie wird wissenschaftliches Wissen produziert (vgl. ebenda, S. 110).

Unterrichtsverfahren nach Ledermann & Abd-El-Khalick (1998)

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Aktivitäten, um Aspekte der Natur der Naturwissenschaften in den Unterricht zu integrieren und für Schüler und Schülerinnen erfahrbarer zu machen, wurden von Ledermann & Abd-El-Khalick (1998, S. 83-126) vorgestellt:

- Tricky Tracks (Ledermann & Abd-El-Khalick 1998, S. 85-91)

Mit Hilfe dieser Aktivität sollen die Schüler und Schülerinnen erkennen, 1) dass Naturwissenschaften menschliche Aktivitäten sind, beeinflusst durch deren Vorstellungen und Kreativität, 2) dass naturwissenschaftliches Wissen niemals absolut und unumstößlich ist, sondern veränderlich.

Die Lernenden erfahren durch „Tricky Tracks“ die Unterschiede zwischen Beobachten und Folgern und erkennen, dass trotz des gleichen Ausgangspunktes (Beobachtungen, Daten) unterschiedliche Interpretationen möglich sind.

Zunächst wird Figur 1 gezeigt (vgl. Abbildung 6) und die Schüler und Schülerinnen werden darum gebeten, ihre Vermutung, was denn da passiert sein könnte, aufzuschreiben.

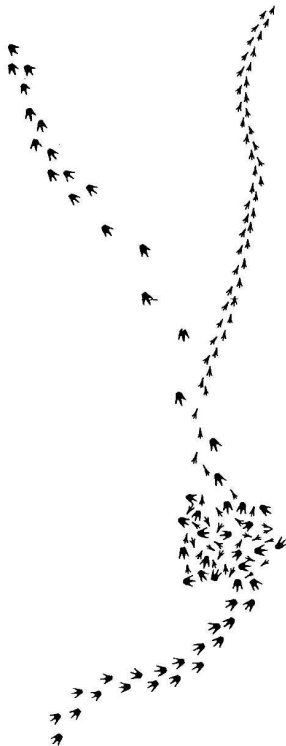


Abbildung 6: Figur 1 (Ledermann & Abd-El-Khalick 1998, S. 90)

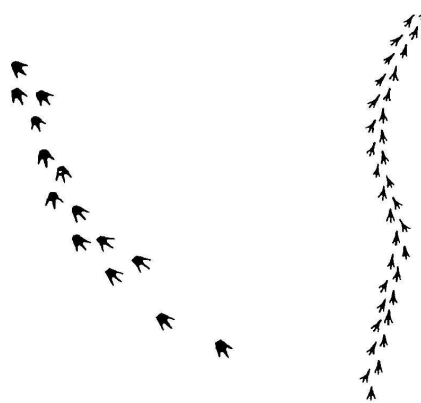


Abbildung 7: Figur 2 (Ledermann & Abd-El-Khalick 1998, S. 88)

Viele werden zu dem Schluss kommen, dass sich zwei Vögel begegnet sind, zu kämpfen begonnen haben, der größere den kleineren gefressen hat und anschließend weggegangen ist.

Anschließend wird Figur 2 (vgl. Abbildung 7) mit der Fragestellung, „Was könnt ihr beobachten?“ präsentiert.

Häufig antworten Schülern und Schülerinnen: „Vogel- bzw. Tierspuren“ oder „Sich begegnende Vogel- bzw. Tierspuren.“ Zu diesem Zeitpunkt sollten alle Antworten akzeptiert und eventuell an der Tafel aufgeschrieben werden.

Nun stellt der Lehrer oder die Lehrerin die Frage; „Könnt ihr die Vögel sehen, woher wisst ihr, dass das Vogelspuren sind?“ In dieser Situation verdeutlicht die Lehrperson, dass es sich bei der Aussage „Vogelspuren“ um eine Schlussfolgerung bzw. Vermutung handelt und dass eine Aussage, die einer reinen Beobachtung entspricht, folgende wäre: „Ich sehe zwei schwarze Formen,

unterschiedlicher Größe und Fassung auf einer Folie.“ Nur durch die Beobachtung der Spuren und ihrem Vorwissen kommen die Schüler und Schülerinnen zu dem Schluss, dass es sich um Vogelspuren handeln könnte. Es ist reine Interpretation, denn an den Spuren alleine ist nicht erkennbar, um welche Spezies es sich in diesem Fall handelt, es könnten auch Abdrücke von Dinosauriern sein.

Anschließend können sich die Kinder mit der Frage, warum die beiden Tiere auf einen Fleck zugehen, auseinandersetzen. Verschiedene Antworten, z.B. die Tiere gehen zu einer Wasserstelle, jagen einander, usw. werden vorkommen. Wieder ist das Erkennen dieser Aussagen als Schlussfolgerungen, die alle gleich wahrscheinlich sind, von großer Bedeutung. Außerdem verdeutlichen die vielen Antworten der Kinder, die alle die gleichen Beobachtungen oder Beweise als Ausgangspunkt hatten, die subjektive Vielfältigkeit der Antwortmöglichkeiten.

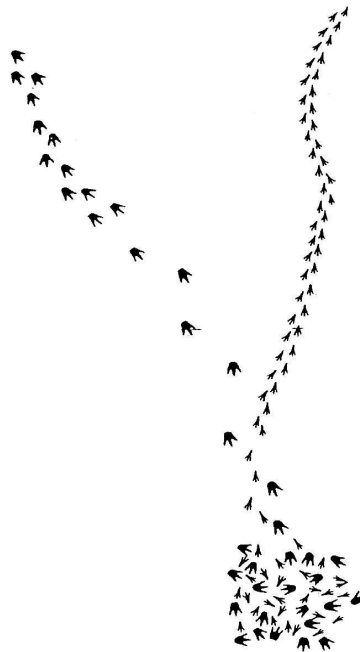


Abbildung 8: Figur 3 (Ledermann & Abd-El-Khalick 1998, S. 89)

Nach dem Hervorheben der Unterschiede zwischen Beobachtung und Folgerung sollen die Kinder anhand Figur 3 (vgl. Abbildung 8) die Frage „Was könnt ihr beobachten?“ beantworten.

Einige werden sagen, dass sie schwarze Abdrücke sehen, die sich annähern und wahllos mischen, was einer Beobachtung entspricht. Andere werden antworten, die beiden Vögel kämpfen miteinander, hierbei handelt es sich um eine

Schlussfolgerung, und wiederum soll anhand der beiden Aussagen der Unterschied zwischen Beobachtung und Schlussfolgerung verdeutlicht werden.

Beim erneuten Auflegen der Figur 1 (vgl. Abbildung 6) stellt der Lehrer bzw. die Lehrerin nochmals die Frage: „Was könnt ihr beobachten?“ Normalerweise lautet die Antwort nun: „Die größeren Abdrücke sind noch zu sehen, die kleineren verschwunden.“ Jetzt werden die Kinder gefragt, was sie daraus folgern, und wieder werden viele der Meinung sein, dass ein Tier das andere gefressen hat, dass das Kleinere gepackt und vom Größeren davongetragen wurde usw. Auch hier ist das Herausheben der möglichen Verschiedenheit der Antworten von Bedeutung.

Anschließend sollen die Schüler und Schülerinnen in Gruppen ihre Annahmen diskutieren. Es folgt die Frage: „Können wir jemals nur mit den vorhandenen Beweisen wissen, was tatsächlich geschehen ist?“

Erneut wird der Unterschied zwischen Beobachtung und Folgerung thematisiert, weiters weist die Lehrperson nochmals daraufhin, dass all diese gleichwertigen Annahmen aus denselben Beweisen resultieren und dass man sich nie hundertprozentig über deren Richtigkeit im Klaren sein kann.

- Alt oder jung? (Ledermann & Abd-El-Khalick 1998, S. 97-106)

Diese Aktivität befasst sich mit der Subjektivität und den sozialen und kulturellen Kontexten der Naturwissenschaften. Wie bereits weiter oben erwähnt, gelten Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen häufig als besonders objektiv.

Zu Beginn wird Abbildung 9 gezeigt und gefragt, was darauf zu erkennen ist.

Die erste Entdeckung der Schüler und Schülerinnen beschränkt sich meist auf die der alten Frau, manche erkennen eventuell das Gesicht einer jungen Dame. Wenn die Kinder die junge Frau nicht erkennen, weist der Lehrer bzw. die Lehrerin daraufhin, zeigt sie jedoch nicht im Bild. Später dürfen markante Punkte, wie die Nase der alten Frau, die die Wange der jungen ist, gezeigt werden, um ein Erkennen zu erleichtern. Viele Kinder werden immer noch nur die alte Dame entdecken. Nun wirft die Lehrkraft die Fragen in den Raum: „Wie kann es sein, dass wir alle das selbe Bild betrachten und trotzdem zu unterschiedlichen Ergebnissen gelangen? Warum sehen manche nur ein Gesicht

und andere beide? Könnte das auch Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen beim Betrachten ihrer Daten passieren?“ Den Lernenden wird verdeutlicht, dass verschiedene Personen trotz des selben Ausgangspunkts, ob ein Bild oder empirische Beweise und Daten, zu unterschiedlichen Ergebnissen gelangen, denn sie sind geprägt durch ihr Vorwissen, ihre Umwelt, ihre Meinungen usw.



Abbildung 9: Alte Dame-junge Frau 1 (Ledermann & Abd-El-Khalick 1998, S. 104)

Am Ende kann den Kindern Abbildung 10 gezeigt werden, um ein Erkennen der beiden Frauen zu erleichtern.



Abbildung 10: Alte Dame-junge Frau 2 (Ledermann & Abd-El-Khalick 1998, S. 105)

Ein weiteres Bild, das für diesen Unterricht verwendet werden kann, ist das von einer Ente bzw. einem Hasen.

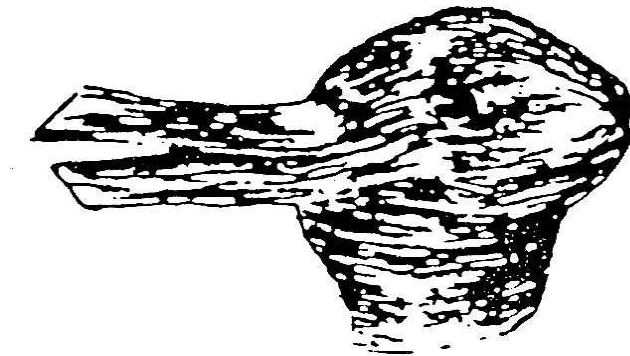


Abbildung 11: Ente-Hase (Ledermann & Abd-El-Khalick 1998, S. 103)

3 NOS historisch verstehen

Zahlreiche Aspekte unseres modernen Lebens sind geprägt und beeinflusst von den Naturwissenschaften, wie die Technik, die Kultur oder die Politik. Umgekehrt werden aber auch die Naturwissenschaften von der Gesellschaft und die an sie gestellten Anforderungen bestimmt (vgl. Matthews 1994, S. 81). Die Naturwissenschaften und ihre Errungenschaften ermöglichen ein komfortableres Leben, wie zum Beispiel das Benützen einer Mikrowelle oder eines Autos, ohne über ihre Funktionsweisen nachdenken zu müssen. Jedoch gibt es, wie bei allem Guten, auch Schattenseiten: Das unreflektierte, selbstverständliche Verwenden der modernen Technik führt auch zu Problemen, wie den Treibhauseffekt, die Energiekrise und die Gefahr der Verstrahlung durch die Verwendung von Atomenergie (vgl. Höttecke 2001a, S. 136).

Die extreme Schnellebigkeit der Naturwissenschaften spiegelt sich unter anderem in der Chemie wider, bei der die neu entdeckten Verbindungen exponentiell ansteigen. Um 1800 waren ein paar Hundert bekannt, jetzt sind es über 19 Millionen und 2025 werden es wahrscheinlich an die 80 Millionen sein (vgl. Chamizo 2005, S. 3f) oder im Bereich Telekommunikation, in dem sich die Unternehmen einen Wettlauf bieten, wer das neueste, schnellste und beste Handy auf den Markt bringt. Diese enorme Anhäufung von Wissen macht es selbst den Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen unmöglich, alles zu wissen. Wie kann es dann den Schülern und Schülerinnen gelingen aus dem häufig fehlschlagenden fachsystematischen Unterricht, belegt durch das geringe Interesse der Bevölkerung an den Naturwissenschaften und dem fehlenden Wissen der Schüler und Schülerinnen, die keine Relevanz in naturwissenschaftlichen Wissen für ihr Leben sehen, Inhalte bzw. Wissen mitzunehmen, das in ihrem späteren Leben als Erwachsene Anwendung findet und ihnen hilft, dieses zu meistern? Um den späteren mündigen Bürgern und Bürgerinnen ein selbstständiges, kritisches, reflektierendes Denken und Urteilen zu ermöglichen, muss der heutige Unterricht *„die Prozesse naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens sowie die spezifischen Charakteristika von Naturwissenschaft verstärkt in den Fokus der Unterrichtsentwicklung“* (Kremer 2010, S. 6) stellen. Naturwissenschaftlicher Unterricht darf nicht

länger ein stures Auswendiglernen von Fachinhalten sein, die anschließend papageienartig wiedergegeben werden. Junge Menschen sollen erfahren, was das Wesen der Naturwissenschaften ist, wie sie zum Wissen gelangen, welche Rolle sie für die Gesellschaft spielen, usw. Sie sollen mit Hilfe des Unterrichts eine naturwissenschaftliche Grundbildung entwickeln.

Bereits in den vorangegangenen Kapiteln wurde näher auf die Natur der Naturwissenschaften eingegangen, die auf einem Konsens beruhende Definition, die adäquaten und inadäquaten Ansichten und die Gründe ihres Entstehens oder Verstärkens. Weiters wurden Gründe angeführt, warum NOS ein wesentlicher Bestandteil des naturwissenschaftlichen Unterrichts sein sollte und auch Ansätze diese in den Unterricht zu integrieren, sodass es zu einer Balance zwischen der Lehre und dem Lernen *von* und *über* die Naturwissenschaften kommt.

In diesem Abschnitt spielt die Bedeutung der Geschichte der Naturwissenschaften eine zentrale Rolle, um das gewünschte Ziel einer naturwissenschaftlich gebildeten Person zu erreichen, und um den naturwissenschaftlichen Unterricht zu verbessern und interessanter zu gestalten.

Bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts empfahlen Didaktiker und Didaktikerinnen die Integration der Wissenschaftsgeschichte in den Unterricht (vgl. Monk & Osborne 1997, S. 405; Bader et al. 2002, S. 211). Trotzdem fand sie kaum Einzug in die Klassen und wenn, nur zu einem geringen Teil, der meist das inadäquate Bild *über* die Naturwissenschaften durch das Hervorheben einzelner „Genies“ wie Einstein oder Newton verstärkt. Gründe dafür sind zum einen die Lehrer- und Lehrerinnenausbildungen der Universitäten, die meist historische Elemente außer Acht lassen (vgl. Höttecke 2001a, S. 135), und dadurch den Lehrkräften das Wissen darüber fehlt und zum anderen, weil sie keinen Sinn dahinter sehen (vgl. Monk & Osborne 1997, S. 411; vgl. auch Höttecke 2001a, S. 44).

Laut Höttecke (2004b, S. 43) nimmt auch hier der englischsprachige Raum eine Vorreiterrolle ein, denn die „Harvard Case Histories in Experimental Science“ gelten als gelungene Unterrichtsmaterialien, die den Schülern und Schülerinnen die Erfahrungen der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen von früher

näher bringen. Auch das Akronym „HPSST“ (History and Philosophy of Science in Science Teaching) steht für die Integration der Wissenschaftsgeschichte und –philosophie in die Lehrpläne und den Unterricht (vgl. Höttecke 2004b, S. 43). Die Benchmarks der AAAS⁵ (AAAS b) schlagen ebenfalls die Aufnahme der Wissenschaftsgeschichte in die Unterrichtspraxis vor, da sie ein Teil unserer Kulturgeschichte ist. Die Wissenschaftsgeschichte zeigt wie Naturwissenschaften „funktionieren“. Sie verdeutlicht beispielsweise die langsame Genese des Erkenntnisprozesses über viele Jahrhunderte, die in seltenen Fällen durch bahnbrechende Erkenntnisse beschleunigt wird/wurde, sodass es in Ausnahmefällen zu radikalen Veränderungen (wissenschaftliche Revolutionen, ein altes Paradigma wird durch ein neues verdrängt (vgl. Kircher 1995, S. 73)) etc. kommt.

Auch das Miteinbeziehen von Menschen spielt eine wichtige Rolle, aber nicht nur Persönlichkeiten die ohnedies bekannt sind, sondern auch Menschen, wie die Schüler und Schülerinnen selbst, Menschen jeder Art aus unterschiedlichen Zeiten, Kulturen und sozialen Kontexten (vgl. AAAS a und AAAS b). Die Geschichte der Naturwissenschaften unterstützt die Lernenden beim Erkennen, dass naturwissenschaftliches Wissen nicht vom Himmel fällt, sondern sich Schritt für Schritt entwickelt und dass die Vergangenheit die Gegenwart mitbestimmt (vgl. Höttecke 2001a, S. 136).

Weiters unterstützt die Naturwissenschaftsgeschichte auch die Lehrpersonen, sie ermöglicht ihnen einen Einblick in das Vorverständnis der Schüler und Schülerinnen, denn laut Hofstein et al. (2005, S. 489) sind diese oft mit den Ansichten von Forschern und Forscherinnen der vergangenen Tage vergleichbar (vgl. auch Monk & Osborne 1997, S. 409). Dies betrachtet Höttecke (2001a, S. 182ff) jedoch kritischer: Wenn Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen einen Konzeptwechsel vollziehen, geschieht dies unter Reflexion von Basiskonzepten, empirischer Daten oder durch den Austausch mit anderen Experten bzw. Expertinnen. Bei Kindern hingegen geschieht ein solcher Wechsel unreflektiert, außerdem sind ihre Vorstellungen von der modernen Technik geprägt und damit nicht historischer Natur.

⁵ American Association for the Advancement of Science

Unterricht, der an diese Vorvorstellungen, die angeblich für die Lehrkräfte durch die Wissenschaftsgeschichte leichter zu erkennen sind, anknüpft, erleichtert den Kindern und Jugendlichen Inhalte besser zu verstehen, und ein Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist es „*to help students to construct a meaningful and mindful understanding*“ (Wandersee & Griffard 2002, S. 30).

3.1 Argumente, die für die Verwendung der Wissenschaftsgeschichte im Unterricht sprechen

Was Naturwissenschaften sind, wie sie funktionieren und wie sie das Leben beeinflussen, verdeutlicht ihre Geschichte. Im Folgenden wird bestimmten Aspekten der Natur der Naturwissenschaften nachgegangen, die vor allem mit Hilfe der Wissenschaftsgeschichte verdeutlicht werden können.

1. Naturwissenschaften als Aktivität von Menschen verstehen

Fachsystematischer Unterricht zeichnet sich durch ein gut strukturiertes Aneinanderreihen von Sachinhalten aus, führt jedoch zu einer Entmenschlichung der Naturwissenschaften. Schüler und Schülerinnen erkennen nicht mehr den Einfluss des Menschlichen und erfahren naturwissenschaftliches Wissen als feststehend und objektiv. Jeder Forscher und jede Forscherin ist durch sein bzw. ihr Umfeld - soziales, religiöses, politisches - geprägt und all das fließt in seine bzw. ihre Arbeit ein (vgl. Höttecke 2001a, S. 198ff; Kircher 1995, S. 84ff). Kircher bezeichnet dies als „*allgemeinen geistigen Hintergrund*“, durch den die wissenschaftliche Arbeit meist unbewusst beeinflusst wird. Auch die unterschiedlichen Techniken (Handwerkliches, Kommunikatives, naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen) und persönliche Hintergründe, Voraussetzungen, Anlässe, prägen naturwissenschaftliches Arbeiten (vgl. Kircher 1995, S. 84ff).

Durch den Mangel an lebensnahen, menschlichen Bezügen, findet keine Würdigung der Fertigkeiten der Personen, die Naturwissenschaften betreiben, statt. Die traditionelle Reduktion der Wissenschaftsgeschichte auf wenige bekannte Wissenschaftler - und in seltenen Fällen auch Wissenschaftlerinnen - wie Einstein, Newton, Galilei oder Marie Curie etc., hat oft eine Demotivation

der Schüler und Schülerinnen zur Folge (vgl. Höttecke 2001a, S. 200) und führt zu einem verzerrten, inadäquaten Bild eines Wissenschaftlers und einer Wissenschaftlerin (vgl. Höttecke 2004b, S. 45), das einem wirren, mit weißem Kittel bekleideten, allein arbeitenden Mann entspricht.

Durch das Einbringen von Biographien erfahren Schüler und Schülerinnen das oft abstrakte naturwissenschaftliche Fach als menschlicher und begreifbarer (vgl. Matthews 1994, S. 50), auch das Miteinbeziehen weiblicher Charaktere kann das Interesse der Mädchen, die die naturwissenschaftlichen Schulfächer meist negativer bewerten als die Buben, am Fach oder sogar eine Identifikation damit fördern (vgl. Höttecke 2001a, S. 199). Durch das bereits erwähnte Problem der stereotypen Vorstellungen sollten die historischen Biographien stets in deren kulturellen und wissenschaftlichen Kontext eingebettet werden, also *„wie, warum, von wem und wozu Naturwissenschaft betrieben wird“* (Höttecke 2001a, S. 200). Ein Beispiel wäre James Prescott Joule, der durch seine Tätigkeit als Bauer die genaue Temperaturmessung gelernt hat und diese dann bei seinen Forschungsarbeiten über das Wärmeäquivalent anwenden konnte (vgl. Höttecke 2004b, S. 46).

Bei der Darstellung historischer Persönlichkeiten *„handelt es sich immer um eine Gratwanderung zwischen der Würdigung der individuellen Beiträge einzelner Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen und einer zu stark auf historische Individuen abzielende, heroisierenden Darstellung“* (ebenda, S. 47).

2. Naturwissenschaften als Prozess verstehen

Im traditionellen positivistischen Unterricht gelten Naturwissenschaften als Erfahrungswissenschaft, all ihre Erkenntnisse gehen auf empirische Evidenzen zurück, die als objektiv und allgemein gültig betrachtet werden. Diese aus dem historischen Kontext herausgeschnittenen Fakten werden als Waren betrachtet und bleiben für Schüler und Schülerinnen unverständlich (vgl. Pukies 1979, S. 6f). Dieses Manko kann mit Hilfe des Verständnisses über die Prozesshaftigkeit der Naturwissenschaften abgemildert werden (vgl. Höttecke 2004b, S. 47). Naturwissenschaftlicher Unterricht, der adäquate Ansichten über die Natur der Naturwissenschaften vermitteln will, muss Fragen über das „Wie“, das „Von-Wem“ und das „Wozu“ der naturwissenschaftlichen Wissensgenese beinhalten

(vgl. Höttecke 2001a, S. 215). Höttecke (2004b, S. 47f) teilt die Prozesshaftigkeit in drei Aspekte auf:

a) „Naturwissenschaften als Teil und Leistung der Kultur verstehen“

(Höttecke 2001a, S. 201). Die Naturwissenschaften sind in unserer Kultur stark verwurzelt, sie fanden in viele Bereiche unseres Lebens Einzug - beispielsweise beim Kochen, beim Freizeitprogramm, in der Arbeit - und sie beeinflussen diese stark. Aber auch die Naturwissenschaften sind durch die Kultur und die Gesellschaft geprägt, die Wissenschaftsgeschichte ist ein Bestandteil der Kulturgeschichte (vgl. Höttecke 2001a, S. 201). Die heute bekannten erfolgreichen Naturwissenschaften haben sich in den letzten 500 Jahren in den westlichen Ländern entwickelt, obgleich auch Ägypten, China, Griechenland etc. Naturwissenschaften betrieben (ebenda, S. 202).

Von Anfang an prägt das kollektive Gedächtnis das Wissen und Verhalten unserer Kinder, sie bekommen meist bedeutsame Ereignisse, wenn auch in verzerrter Form, mit, wie zum Beispiel den Wandel von Lebensformen auf der Erde - Kinder wissen, dass es Dinosaurier gab und diese ausgestorben sind (vgl. ebenda, S. 202f). *„Will man die Kultur, in der Kinder heute aufwachsen und die unsere Denk- und Handlungsspielräume vorgibt, verstehen, dann ist die Rückbesinnung und Reflexion auf die Geschichte unentbehrlich.“* (Höttecke 2001a, S. 203)

Die Naturwissenschaften haben unsere Kultur aber nicht nur durch Meilensteine geprägt, sondern auch den Zugang zur Natur verändert. *„Natur gilt nicht als Partner, sondern als Objekt eines auf Analyse und Beherrschung ausgerichteten Naturzugangs“* (Höttecke 2004b, S. 49). Der Mensch trieb bzw. treibt die Naturwissenschaften voran, um eigene Interessen, seien sie militärischer, politischer oder ökonomischer Natur, zu verwirklichen. Beispielsweise wurde die Entwicklung der Thermodynamik im 19. Jahrhundert auf Grund der Nachfrage nach effizienteren Maschinen forciert, um eine kostengünstigere Produktion zu ermöglichen (vgl. ebenda, S. 49f). Aus dem heute vorherrschenden Mensch-Natur-Verhältnis resultieren viele der gegenwärtigen Probleme wie Ressourcenknappheit oder ökologische Katastrophen (vgl. Höttecke 2001a, S. 208f).

Um den kulturellen Einfluss der Naturwissenschaften im Unterricht zu verdeutlichen, bietet sich die Wissenschaftsgeschichte an. Höttecke (2001a) schlägt dafür zwei Unterrichtsmöglichkeiten vor, auf die in Kapitel 5 näher eingegangen wird. Zum einen die Verwendung von historischen Originaltexten und zum anderen die Aufarbeitung von geschichtlichen Fallstudien.

b) „Die ‚innerwissenschaftliche‘ Dynamik der Naturwissenschaften“

(Höttecke 2001a, S. 219). Die innerwissenschaftliche Dynamik beschreibt die Wissensgenese innerhalb der scientific community, die wissenschaftliches Wissen erst durch einen Prozess der Befürwortung oder Negation legitimiert. Der Ablehnung oder Zustimmung geht meist eine Diskussion voraus, diesen Diskurs *„können so fundamentale Fragen betreffen, daß [sic!] sie verschiedene Auffassungen von Paradigmen [...] bzw. Denk- [...] und Experimentierstilen [...] berühren“* (Höttecke 2001a, S. 219). Unterricht, der sich mit diesem Aspekt beschäftigt, geht auf die soziale Dimension der Naturwissenschaften ein, in der Forscher und Forscherinnen in einer Gruppe, der scientific community, eingebettet sind. Oft haben Schüler und Schülerinnen ein inadäquates Bild über die Entstehung von naturwissenschaftlichem Wissen, sie nehmen an, dass Beweise gesammelt werden und diese ausreichend sind, um Wissen als richtig zu belegen. Sie erkennen nicht, dass über dessen „Richtigkeit“ in einer sozialen Gemeinschaft entschieden wird. Dem Bild, das naturwissenschaftliches Wissen als kumulativ und Abbild der Realität darstellt, das daher nur zu richtigen, unumstößlichen Erkenntnissen gelangt, kann mit Hilfe der Wissenschaftsgeschichte entgegengewirkt werden. Die Geschichte zeigt, dass Wissen etwas Dynamisches ist, das ergänzt oder verworfen wird (vgl. Höttecke 2001a, S. 219f).

c) „Tätigkeiten und Forschungsstrategien in ihrer lokalen Begrenzung“

(Höttecke 2001a, S. 220). In diesem Punkt geht es um die Handlungen bzw. Forschungsansätze abseits der scientific community, es geht um das Forschen innerhalb einer Kleingruppe oder alleine. *„Im Mittelpunkt [...] steht das Experiment als Ort des Erfahrungsgewinns und der Produktion von Wissen, bevor oder auch noch während es in die schriftliche Form wissenschaftlicher Veröffentlichungen gegossen wird und der scientific community zur Bewertung und Kritik zur Verfügung gestellt wird.“* (Höttecke 2001a, S. 220).

Das Experiment, ein zentraler Bestandteil des naturwissenschaftlichen Arbeitens, wird jedoch weder in der Wissenschaftstheorie noch in den Lehrplänen angemessen gewürdigt (vgl. ebenda, S. 220f). Mit Hilfe der Wissenschaftsgeschichte (z.B. Laborbüchern, Fallstudien oder Instrumenten) soll der Erkenntnisweg von neuem Wissen, der aus wissenschaftlichen Publikationen kaum ersichtlich wird, beleuchtet werden (vgl. Höttecke 2004b, S. 52). Experimentelles Arbeiten erfordert eine Vielzahl von Fertigkeiten, die durch das Umfeld des Forschers bzw. der Forscherin beeinflusst werden (vgl. ebenda). Trotzdem gibt es keine allgemeingültige Methode des Experimentierens (vgl. Höttecke 2001a, S. 221). Höttecke (2001a, S. 221f) nennt einige Kriterien des experimentellen Arbeitens, die wie folgt beschrieben sind:

- Experimente unterliegen einer Rationalität, ihre Vorgehensweise muss für andere Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen nachvollziehbar und verständlich sein, sonst wäre eine Legitimation durch die scientific community nicht realisierbar.
- *„Experimentieren zeichnet sich häufig dadurch aus, dass Störparameter identifiziert und minimiert, Messparameter dagegen festgelegt und verstärkt werden müssen.“* (Höttecke 2004b, S. 52)
- Die methodische Reflexion ist unabdinglich, denn Ergebnisse von Experimenten gelten nur als valide, wenn die Instrumente und Methoden, die für die Datenerhebung und Bewertung benutzt wurden, angegeben sind.
- Daten erhalten durch die Interpretation des Wissenschaftlers oder der Wissenschaftlerin Sinn.
- Beim Experimentieren *„werden Naturprozesse kontrolliert und zielgerichtet in Gang gesetzt und Phänomene werden mit Hilfe zweckorientierter Verfahren zuge richtet, wenn nicht sogar erst hergestellt.“* (Höttecke 2004b, S. 52)

Auch die Wiederholbarkeit eines Experiments stand als allgemeines Kriterium zur Diskussion, jedoch werden beispielsweise zeit- oder kostenaufwendige Experimente nicht wiederholt, außerdem ist der Ausgang eines Experiments abhängig von den Erwartungen. Ein Experiment gleicht nie hundertprozentig

einem anderen, da auch die Bedingungen unter denen es durchgeführt wird, selten identisch sind (vgl. Höttecke 2001a, S. 222f).

Mit Hilfe des historisch-genetischen Unterrichts kann der inadäquaten Schüler- und Schülerinnenvorstellung vom Experiment, als planloses Ausprobieren oder objektives Datenerheben, um „richtige“ Antworten zu finden, entgegengewirkt werden (vgl. ebenda, S. 223).

3. Weitere Argumente verschiedener Autoren

Das Betrachten wissenschaftlichen Wissens in dessen historischem Kontext bringt laut Monk & Osborne (1997, S. 409; übersetzt von der Autorin) folgende Vorteile mit sich:

- Frühere Denkweisen gleichen oft denen der Lernenden heute,
- Ideen wurden in der Vergangenheit oft aus denselben Gründen abgelehnt, aus denen auch Kinder diese ablehnen
- und der Unterschied zwischen den damaligen und heutigen Denkweisen wird hervorgehoben, das Wesen und die Ergebnisse heutiger Konzepte werden klarer dargestellt.

Auch Matthews (1994, S. 50) sprach sich für die Integration der Wissenschaftsgeschichte in den naturwissenschaftlichen Unterricht aus:

- denn die Geschichte hilft Konzepte und Methoden der Wissenschaft besser zu verstehen,
- sie verknüpft die Entwicklung individuellen Denkens mit der Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens,
- jeder Schüler und jede Schülerin weiß durch sie über wichtige Ereignisse in den Naturwissenschaften Bescheid (Darwinismus, Entdeckung von Penicillin ...),
- Geschichte ist notwendig, um die Natur der Naturwissenschaften besser zu verstehen,
- sie wirkt dem Szientismus, „*auf Wissen und Wissenschaft (nicht auf Glauben) gegründete Anschauungsweise*“ (Wissen.de 3) und dem

Dogmatismus, das „*unkritische Festhalten an Lehrmeinungen*“ (Müller 1996, S. 221), entgegen, die durch den Unterricht und den Schulbüchern tradiert werden.

Wandersee & Griffard (2002, S. 31), deren Argumente auf Justi und Gilbert (1999) zurückgehen, erwähnen weitere Begründungen, die durch Matthews beeinflusst sind:

- Die Wissenschaftsgeschichte regt das kritische Denken an
- und sie hilft Lehrkräften bei Herausforderungen, wie die fächerübergreifende Vernetzung von Wissen.

3.2 Argumente, die gegen die Verwendung der Wissenschaftsgeschichte im Unterricht sprechen

Wandersee & Griffard (2002, S. 31f) weisen auch auf mögliche Hürden hin, die infolge einer Integration der Wissenschaftsgeschichte in den naturwissenschaftlichen Unterricht auftreten können:

- Lehrkräfte verwenden nur ungern wertvolle Unterrichtszeit für etwas, das sie bestenfalls als etwas Nebensächliches oder Auflockerndes betrachten. (vgl. Hypothese H7)
- Schüler und Schülerinnen könnten die Geschichte der Chemie als langweilig empfinden, wenn ihnen das Verständnis für Erkenntnisprozesse fehlt.
- Die größte Behinderung für die Aufnahme der Wissenschaftsgeschichte in den Unterricht stellt das Fehlen von Ressourcen dar, die Lehrkräfte mit Wissen über Naturwissenschaftler bzw. Naturwissenschaftlerinnen und deren Forschungsergebnisse ausstatten.
- Weiters gibt es Überlegungen, die Geschichte zu „zensieren“, da durch sie die Fehlbarkeit der Naturwissenschaften verdeutlicht wird. Lehrer und Lehrerinnen sorgen sich, dass Schüler und Schülerinnen ihr Vertrauen in die Naturwissenschaften durch die Erkenntnis über die Vorläufigkeit naturwissenschaftlichen Wissens verlieren.

Ein beliebtes Argument ist auch der Mangel an Zeit. Die Geschichte der Naturwissenschaften ist sehr komplex und wäre zu verworren, um alle Details im Unterricht zu besprechen, dies ist jedoch auch nicht die Absicht. Beim Einsatz der Wissenschaftsgeschichte geht es um die *„systematische, rationale Rekonstruktion der Entstehungsprozesse der wichtigsten Prinzipien, Begriffe und Theorien, die das Fundament und Gerüst der Naturwissenschaft bilden.“* (Pukies 1979, S. 52).

Mögliche Unterrichtskonzepte, die sich mit der Integration der Wissenschaftsgeschichte im naturwissenschaftlichen Unterricht befassen, werden in Kapitel 5 näher ausgeführt.

4 Die Bedeutung der Wissenschaftsgeschichte für österreichische Chemielehrer und Chemielehrerinnen in Bezug auf deren Unterricht

In den voran gegangenen Kapiteln ging es um die Bedeutung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, die unter anderem durch die Thematisierung der Natur der Naturwissenschaften im Unterricht entwickelt werden kann. In weiterer Folge wurde der Begriff „Natur der Naturwissenschaften“ laut dem Meinungskonsens definiert und die adäquaten Ansichten über die Naturwissenschaften angeführt. Die inadäquaten landläufigen Bilder der Bevölkerung wurden zunächst kurz angerissen und deren Entstehung unter anderem bedingt durch den fachsystematischen Unterricht diskutiert. Anschließend folgte eine ausführlichere Beschreibung der inadäquaten Bilder. Unterrichtsvorschläge, wie diese durch die aktive Auseinandersetzung der Lernenden mit der Natur der Naturwissenschaften erkannt und durch adäquate ersetzt werden, folgten. Eine zentrale Bedeutung bei der Thematisierung von Nature of Science im Unterricht hat die Wissenschaftsgeschichte, sie bietet viele Möglichkeiten NOS-Aspekte in den Unterricht zu integrieren.

Dieses Kapitel, der empirische Teil dieser Arbeit, soll Aufschluss darüber geben, welche Bedeutung die Wissenschaftsgeschichte für österreichische Chemielehrer und Chemielehrerinnen hat, wie es um ihr Wissen über diese steht, inwieweit sie diese in ihren Unterricht miteinbeziehen und was sie sich von der Integration der Wissenschaftsgeschichte in ihren Unterricht erwarten.

Der hier mittels einer Online-Befragung erhobene Ist-Zustand ermöglicht einen Vergleich mit dem oben aus der Literatur beschriebenen Soll-Zustand.

4.1 Zur Auswahl des Forschungsinstruments Fragebogen

Der Fragebogen ist ein beliebtes Forschungsinstrument in der Psychologie und den Sozialwissenschaften. Er wird verwendet, um Meinungen, Positionen zu Sachverhalten und Einstellungen, wie zum Beispiel eine politische Gesinnung, zu erheben. Diese Form der schriftlichen Befragung ist leichter und schneller

durchführbar als zum Beispiel ein Interview (vgl. Raab-Steiner & Benesch 2008, S. 62).

Nach reiflicher Überlegung und Abwägung der Vor- und Nachteile einer schriftlichen Umfrage in Papierform gegenüber einer Online-Befragung, wurde die letztere Methode gewählt. In die Entscheidung flossen mehrere Faktoren mit ein: Durch die Online-Erhebung konnten administrative Tätigkeiten verringert werden, wie zum Beispiel das Kopieren von 2 700 Fragebögen für die in Österreich lebenden Mitglieder des VCÖs⁶, das Beilegen dieser in die Zeitschrift „Chemie und Schule“, außerdem mussten sich die Befragten nicht um das Retournieren der Bögen per Post oder Fax kümmern und hatten dadurch keinen Kostenaufwand, wodurch eine höhere Rücklaufquote erwartet wurde. Weiters bietet diese Form der Datenerhebung einen großen Vorteil bei der Erfassung und Auswertung der Angaben. Durch das Ausfüllen an einem PC werden die eingegebenen Daten direkt in einem zentralen Tabellenkalkulationsdokument online gespeichert, dadurch fällt das zeitintensive, händische Eingeben der Daten in eine Statistiksoftware weg.

4.2 Aufbau des Fragebogens

Mit Hilfe des Fragebogens soll die Einstellung der Chemielehrer und Chemielehrerinnen hinsichtlich der Bedeutung der Wissenschaftsgeschichte im Chemieunterricht erhoben und anschließend ausgewertet werden.

Die Befragung (siehe Anhang 1) gliedert sich in drei Blöcke und umfasst insgesamt 15 Hauptfragen, die teilweise unterteilt sind.

Im ersten Block, stehen einige schnell und leicht zu beantwortende allgemeine Fragen, sie dienen zur „Aufwärmung“ und sollen ein Abschrecken des Teilnehmers oder der Teilnehmerin durch einen abrupten Einstieg in das zentrale Thema verhindern (vgl. Kirchhoff et al. 2000, S. 20). In diesem Fall handelt es sich um vier geschlossene Fragen, das heißt, die Antworten sind bereits vorgegeben und müssen nur noch ausgewählt werden.

⁶ Verein der Chemielehrer/innen Österreichs, bei dem die meisten Chemielehrer und – lehrerinnen Mitglieder sind. Durch einen Aufruf in der Vereinszeitung „Chemie und Schule“ wurde eine größtmögliche Anzahl an Lehrkräften für die Befragung potentiell erreichbar

Frage eins erfasst das Bundesland, in dem der Teilnehmer oder die Teilnehmerin unterrichtet. Der nächste Punkt fragt nach der Anzahl der Dienstjahre und an dritter Stelle wird noch nach den Schultypen, in denen der Lehrer oder die Lehrerin unterrichtet, gefragt, hierzu werden einige angeführt. Um das Vergessen einer Schulform oder eines Schulversuches, die/der zum Zeitpunkt der Erstellung des Fragebogens nicht bekannt war, zu verhindern, gibt es den Unterpunkt 3b: „Falls Sie in anderen Schultypen unterrichten als in den oben genannten, geben Sie bitte an, in welchen?“ Frage vier beschäftigt sich mit Schulschwerpunkten im naturwissenschaftlichen Bereich, wie zum Beispiel Laborunterricht. Falls es einen solchen Schwerpunkt gibt, wird in einem Unterpunkt 4b nach der genauen Bezeichnung gefragt.

Der zweite Block beinhaltet die für diese Umfrage zentralen Fragen. Er befasst sich ausschließlich mit der Wissenschaftsgeschichte im naturwissenschaftlichen Unterricht.

In diesem Teil der Erhebung sind die Fragen gemischt, also sowohl in geschlossener als auch in offener Form formuliert. Jede dieser beiden Fragemethoden hat nach Raab-Steiner & Benesch (2008, S. 48ff) ihre Vor- und Nachteile: Durch offene Fragestellungen stehen nach der Beantwortung mehr Informationen zur Verfügung, denn der Proband oder die Probandin konnte seine bzw. ihre Meinung ohne vorgegebene Antwortmöglichkeit und ohne Einschränkung oder Beeinflussung kundtun - was bei der geschlossenen Frage nicht der Fall ist. Oft stellt jedoch das Verbalisieren der eigenen Meinung ein Problem dar oder würde zu viel Zeit in Anspruch nehmen, sodass der Befragte bzw. die Befragte die Frage nur knapp oder im ungünstigsten Fall gar nicht beantwortet. Weiters wäre es problematisch, wenn der oder die Befragte auf einen wesentlichen Punkt nicht eingeht, denn ein Nachfragen ist mit dem Forschungsinstrument „Online-Fragebogen“ nicht bzw. nur schwer möglich. Außerdem erweist sich die Motivation der Menschen als wesentlich höher, wenn sie bereits Vorgefertigtes zu beantworten haben, denn dadurch müssen sie sich zu einem Thema keine oder nur wenige eigene Gedanken machen.

Ein wesentlicher Aspekt bei der Wahl der Fragemethode ist auch die Auswertung, denn geschlossene Fragen sind durch Ankreuzen oder einer Reihung von Ziffern zu beantworten und daher schnell ausgewertet, während offene

Fragestellungen von jeder Person unterschiedlich beantwortet werden und die Analyse der Daten dadurch wesentlich mehr Zeitaufwand bedeutet. Die Auswertung offener Fragen erfolgt mittels Kategorien, zu denen die einzelnen Statements der Befragten zugeordnet werden.

Die Mischform stellt eine Erleichterung für die Probanden dar, dadurch müssen sie nicht ausschließlich eigene Gedanken verbalisieren, sondern haben auch die Möglichkeit, vorgefertigte Statements zu wählen. Trotzdem bleibt ihnen genug Raum, um auch ihre persönliche Meinung/Auffassung mit einfließen zu lassen (vgl. Raab-Steiner & Benesch 2008, S. 48ff).

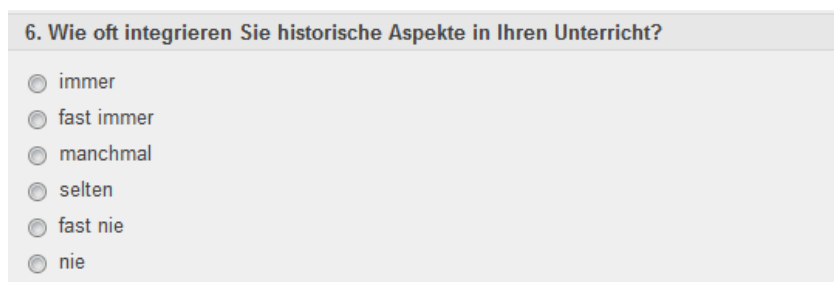
Punkt fünf (siehe Abbildung 12) der Online-Befragung befasst sich mit chemiehistorischen Aspekten im Unterricht. Er gliedert sich in drei Fragen, die mittels einer Skala von eins bis fünf zu beantworten sind.

5. Chemiehistorische Aspekte im Unterricht					
Bitte geben Sie Ihre persönliche Einschätzung an: (1= sehr ; 5= gar nicht)					
	1	2	3	4	5
Wie vertraut ist Ihnen die Geschichte der Chemie?	☐	☐	☐	☐	☐
Fühlen Sie sich gut darauf vorbereitet, chemiehistorische Aspekte in den Unterricht zu integrieren?	☐	☐	☐	☐	☐
Wie wichtig ist Ihnen persönlich die Geschichte der Chemie?	☐	☐	☐	☐	☐

Abbildung 12: Frage 5 des Online-Fragebogens

Die Skala entspricht dem österreichischen Schulnotensystem und durch die ungerade Anzahl an Antwortmöglichkeiten wird den unschlüssigen Probanden oder Probandinnen die Wahl der Mitte ermöglicht und ein Gefühl des „Ich muss mich entscheiden“ verhindert (vgl. Raab-Steiner & Benesch 2008, S. 54ff).

Frage sechs ist ebenfalls geschlossen formuliert und mittels einer Skala zu beantworten, nur wurden in diesem Fall die verbalen Bezeichnungen „immer, fast immer, manchmal, selten, fast nie und nie“ den numerischen vorgezogen. Um in diesem Fall ein Wählen der Mitte zu verhindern, wurde eine gerade Anzahl an Antworten vorgeschlagen (vgl. Abbildung 13).

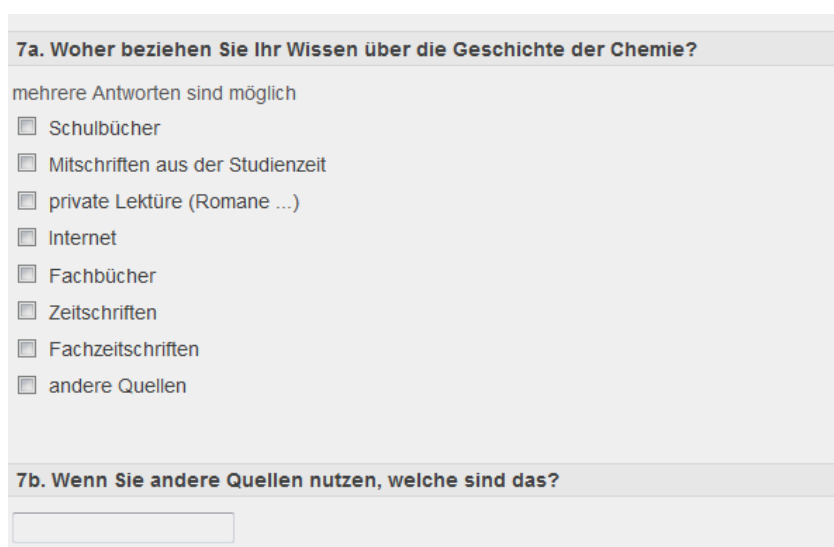


6. Wie oft integrieren Sie historische Aspekte in Ihren Unterricht?

- ☐ immer
- ☐ fast immer
- ☐ manchmal
- ☐ selten
- ☐ fast nie
- ☐ nie

Abbildung 13: Frage 6 des Online-Fragebogens

Frage sieben dient der Erforschung der Wissensherkunft über die Geschichte der Chemie. Hierzu werden verschiedene Antwortmöglichkeiten vorgeschlagen, von denen auch mehrere ausgewählt werden können. Ein leeres Feld (Frage 7b) dient den Teilnehmern und Teilnehmerinnen zum Ergänzen von möglichen anderen Wissensquellen (vgl. Abbildung 14).



7a. Woher beziehen Sie Ihr Wissen über die Geschichte der Chemie?

mehrere Antworten sind möglich

- ☐ Schulbücher
- ☐ Mitschriften aus der Studienzeit
- ☐ private Lektüre (Romane ...)
- ☐ Internet
- ☐ Fachbücher
- ☐ Zeitschriften
- ☐ Fachzeitschriften
- ☐ andere Quellen

7b. Wenn Sie andere Quellen nutzen, welche sind das?

Abbildung 14: Frage 7a und 7b des Online-Fragebogens

Punkt acht (siehe Abbildung 15) beschäftigt sich mit Schülern und Schülerinnen und chemiehistorischen Aspekten. Hier werden die Lehrer und Lehrerinnen nach ihrer persönlichen Meinung und Bewertung gefragt. Sie sollen einschätzen, wie Schüler und Schülerinnen zur Wissenschaftsgeschichte stehen. Es handelt sich wiederum um einen Fragenblock, der mittels einer numerischen Skala zu beantworten ist.

8. SchülerInnen und chemiehistorische Aspekte					
Meiner Meinung nach ... (1=sehr; 5=gar nicht)					
	1	2	3	4	5
... interessieren sich die SchülerInnen für die Geschichte der Chemie?	☐	☐	☐	☐	☐
... lockern historische Aspekte den Unterricht auf?	☐	☐	☐	☐	☐
... steigert das Einbringen chemiehistorischer Aspekte das Interesse am Fach Chemie?	☐	☐	☐	☐	☐

Abbildung 15: Frage 8 des Online-Fragebogens

Beim neunten Fragenblock, illustriert in Abbildung 16, „Chemielernen und chemiehistorische Aspekte“ bewerten die Testpersonen den Wert der Geschichte der Chemie in Bezug auf den naturwissenschaftlichen Unterricht. Sie geben mittels einer Skala von eins bis fünf ihre subjektive Meinung bezüglich des Erkenntnisgewinns der Schüler und Schülerinnen durch die Wissenschaftsgeschichte an.

9. Chemielernen und chemiehistorische Aspekte					
Meiner Meinung nach hilft die Geschichte der Chemie den SchülerInnen ... (1=sehr; 5=gar nicht)					
	1	2	3	4	5
... beim Erlernen und Verstehen von Fachinhalten und Konzepten?	☐	☐	☐	☐	☐
... die Entwicklung der Chemie besser zu verstehen?	☐	☐	☐	☐	☐

Abbildung 16: Frage 9 des Online-Fragebogens

Frage zehn (Abbildung 17) ist offen formuliert, um Näheres über den Unterricht zu erfahren, jede Lehrperson setzt andere Schwerpunkte und außerdem soll sich dadurch zeigen, welche Themen gerne mit Hilfe chemiehistorischer Aspekte erläutert werden und welche weniger. Weiters ist es von großem Interesse, ob auch historische Themen im Unterricht aufgegriffen werden, die nicht in den Schulbüchern erwähnt oder beschrieben sind.

10. In welche Stoffgebiete integrieren Sie historische Hintergründe?

Abbildung 17: Frage 10 des Online-Fragebogens

Mit Hilfe des Fragenblocks Nummer elf soll mehr über die Bedeutung von Wissenschaftlerinnen im naturwissenschaftlichen Unterricht herausgefunden werden (siehe Abbildung 18 und 19). Frage 11a beschäftigt sich zunächst mit der Häufigkeit des Einbringens von Wissenschaftlerinnen in Form einer geschlossenen Frage, wohingegen 11b und 11c bzw. 11d offene Fragen sind, um nähere Informationen in Bezug auf den Unterricht zu erhalten.

11a. Wie oft weisen Sie explizit auf das Leben und die Erfindungen weiblicher Wissenschaftlerinnen in Ihrem Unterricht hin?

- ☐ sehr oft
- ☐ oft
- ☐ manchmal
- ☐ selten
- ☐ sehr selten
- ☐ nie

11b. Welche Wissenschaftlerinnen erwähnen Sie und in welchen stofflichen Zusammenhängen?

Abbildung 18: Frage 11a und 11b des Online-Fragebogens

11c. Falls Sie Wissenschaftlerinnen in Ihren Unterricht integrieren, warum?

11d. Falls Sie Wissenschaftlerinnen in Ihren Unterricht nicht integrieren, warum nicht?

Abbildung 19: Frage 11c und 11d des Online-Fragebogens

Der dritte und letzte Block der Online-Befragung erfasst demographische Angaben, illustriert in Abbildung 20 und 21.

Und nun noch ein paar demographische Angaben:

12. Sie sind ...

☐ weiblich

☐ männlich

13. Wie alt sind Sie?

☐ unter 25

☐ 26-35

☐ 36-45

☐ 46-55

☐ 56+

Abbildung 20: Frage 12 und 13 des Online-Fragebogens

14. Welche Fächer unterrichten Sie außer Chemie?

15. Haben Sie Chemie studiert oder unterrichten Sie es fachfremd / ungeprüft?

☐ Ich habe Chemie studiert

☐ Ich unterrichte fachfremd / ungeprüft

Abbildung 21: Frage 14 und 15 des Online-Fragebogens

Nach dem Absenden des Fragebogens, durch das Klicken auf den Button „Senden“, erscheint ein Fenster mit dankenden Worten und die Seite kann geschlossen werden.

Die Eingabe des Lehrers bzw. der Lehrerin erscheint sofort im Programm, das die Daten erfasst und steht für Analysen zur Verfügung.

4.3 Durchführung der Online-Befragung

Die Entwicklung des Fragebogens begann im Juli 2009, nach reiflichen Überlegungen und zahlreichen Änderungen der Fragen wurde im August ein Pretest, mit zehn Personen, zum Teil aus der Fachrichtung Chemie, durchgeführt. Dieser diente zur Testung der Brauchbarkeit und um negative Überraschungen zu vermeiden. Im Zuge des Tests wurde die genaue Bearbeitungsdauer der Untersuchung ermittelt, die für diese Erhebung etwa zehn Minuten beträgt, um ein Ermüden durch eine zu lange Bearbeitungszeit zu

verhindern. Weiters wurde die Verständlichkeit der Fragen überprüft: Sind sie eindeutig oder ist eine Fehlinterpretation möglich, wurden sie objektiv formuliert oder implizieren sie eine bestimmte Antwort oder drängen sie in eine bestimmte Richtung? Ist das Layout ansprechend, die Fragenabfolge übersichtlich und klar? Wurde die Sprache zielgruppengerecht gewählt? (vgl. Raab-Steiner & Benesch 2008, S. 58f).

Der nach dem Pretest überarbeitete Fragebogen wurde anschließend auf die Homepage <http://www.unet.univie.ac.at/~a0503238/> gestellt und ebenfalls auf Funktionsfähigkeit überprüft. Auf der Website, die von der Universität Wien zur Verfügung gestellt wurde, ist folgender Hinweis zu lesen: „Sehr geehrte ChemielehrerInnen, hier geht es zur Befragung“ und durch Anklicken gelangt man zum Fragebogen. Zu Beginn der Erhebung befindet sich ein einleitender Text, in dem noch einmal auf die Diplomarbeit, die Anonymität und die Kontaktdaten der Autorin hingewiesen wird. Weiters wird kurz zu den Fragen Stellung genommen und ein Dank ausgesprochen.

Um Teilnehmer und Teilnehmerinnen für die Untersuchung zu gewinnen, erklärte sich freundlicherweise der „Verein der Chemielehrer/innen Österreichs“ (VCÖ) damit einverstanden den Aufruf zur Online-Befragung in Form eines kurzen Artikels in der Septemбераusgabe ihrer Zeitschrift „Chemie und Schule“ zu veröffentlichen.

Die Online-Fragebogenerhebung startete am 15. September 2009 nach der Veröffentlichung des Artikels (siehe Anhang 2) „Revolutionäre Entdeckungen in der Chemie und wie sie die Welt verändern. Ein Diplomarbeitsprojekt am Österreichischen Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie (AECC Chemie) an der Universität Wien“ in der Zeitschrift „Chemie und Schule“ Nummer 3/2009 und endete offiziell am 15. November 2009.

Der Artikel beschreibt kurz die wesentlichen Inhalte der Diplomarbeit und die Motivation, die dahinter steht. Weiters wurden die Chemielehrer und Chemielehrerinnen direkt angesprochen an diesem Forschungsprojekt mitzuwirken - unter Gewährleistung der Anonymität. Der Artikel ging auch kurz auf die Person ein, die die Befragung durchführt, um eine persönliche Komponente mit einfließen zu lassen und damit die Leser und Leserinnen

wissen, wer hinter diesem Projekt steht und wen sie bei eventuell auftretenden Fragen kontaktieren können.

Aufgrund der geringen Beteiligung von 21 Lehrkräften von insgesamt 2 700 in Österreich lebenden VCÖ Mitgliedern, entspricht 0,78 Prozent - zurückzuführen auf die wahrscheinlich doch zu knapp gewählten Zeitraum - wurden Chemielehrer und Chemielehrerinnen persönlich um ihre Beteiligung gebeten. Auf diesem Weg konnten noch sechs weitere Teilnehmer und Teilnehmerinnen gewonnen werden. Insgesamt beteiligten sich 27 Lehrer und Lehrerinnen der in Österreich lebenden VCÖ Mitgliedern an der Umfrage, dies entspricht einem Prozentsatz von 1,00.

4.4 Ergebnisse der Online-Befragung

Im folgenden Kapitel werden die Antworten der österreichischen Chemielehrer und -lehrerinnen, die an der Online-Befragung teilgenommen haben, zunächst ausgewertet (Abschnitt 4.4.1) und in weiterer Folge mit den Hypothesen (vgl. Kapitel 1.2) verglichen (Abschnitt 4.4.2), die daraufhin bestätigt oder widerlegt werden.

4.4.1 Darstellung und Beschreibung der empirischen Daten

Der Verein der Chemielehrer/innen Österreichs zählt 2 700 Mitglieder, die in Österreich leben, davon haben sich 21 an der Umfrage beteiligt, was einem Prozentsatz von 0,78 entspricht. Weitere sechs Personen, ebenfalls Mitglieder des VCÖs, wurden persönlich zum Ausfüllen des Fragebogens animiert, daher beträgt die Rücklaufquote 1,00 Prozent.

Die 27 Teilnehmer und Teilnehmerinnen (15 Frauen, elf Männer und eine Person ohne Angabe des Geschlechts) decken jede der gewünschten Alterstufen von unter 25 bis über 56 Jahre ab und auch die Anzahl der Dienstjahre umfasst die gesamte Bandbreite von unter fünf bis über 30 Jahre. Dargestellt in Tabelle 1 und Tabelle 2:

Alter	Anzahl d. Pers.
unter 25	4
26-35	8
36-45	6
46-55	4
56+	5

Tabelle 1: Alter

Dienstjahre	Anzahl d. Pers.
unter 5	9
6 bis 10	3
11 bis 15	4
16 bis 20	3
21 bis 25	2
26 bis 30	2
über 30	4

Tabelle 2: Dienstjahre

Die persönlichen Einschätzungen bezüglich chemiehistorischer Aspekte im Unterricht wurden im Fragenblock 5 angegeben. Dieser gliedert sich in drei verschiedene Punkte (5.1 – 5.3), die mit Hilfe einer Skala von eins bis fünf zu bewerten waren (vgl. Punkt 4.2).

Die Ergebnisse der Online-Befragung, illustriert in Diagramm 1, zeigen, dass zwölf der Befragten meinen, *sehr gut* oder *gut* mit der Geschichte der Chemie vertraut zu sein, und nur vier schätzen ihr Wissen darüber als *eher schlecht* oder *schlecht* ein. Elf Probanden und Probandinnen bezeichnen ihre Kenntnisse über die Wissenschaftsgeschichte als *mittelmäßig*.

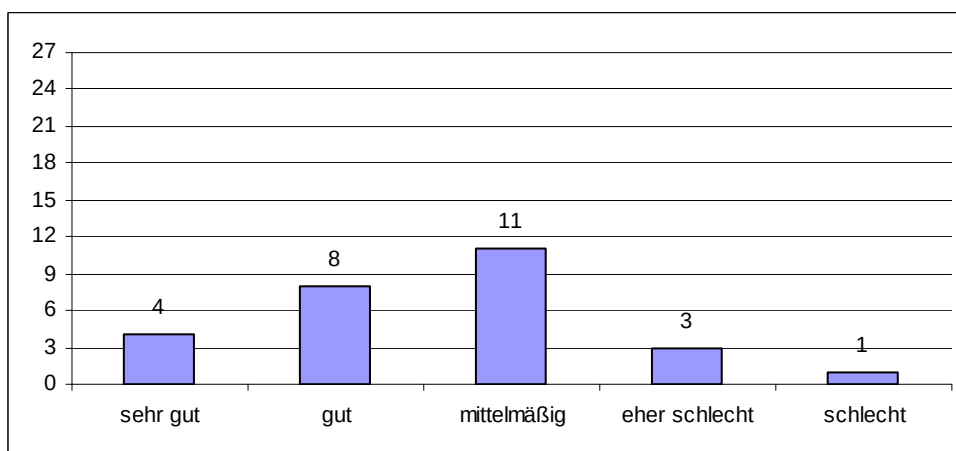


Diagramm 1: Frage 5.1: „Wie vertraut ist Ihnen die Geschichte der Chemie?“

Auf die Frage, ob sich der oder die Befragte auf die Verwendung der Wissenschaftsgeschichte im Unterricht vorbereitet fühlt, resultierten folgende Antworten, illustriert in Diagramm 2: Sechs Lehrer und Lehrerinnen fühlen sich *sehr gut* darauf vorbereitet, chemiehistorische Aspekte in ihren Unterricht zu integrieren und drei sind der Meinung, das *gut* zu schaffen. Zwölf vertreten die Ansicht *mittelmäßig* gerüstet zu sein. Fünf fühlen sich *eher schlecht* und nur einer *schlecht* vorbereitet. Das Verhältnis ist also neun zu sechs bezüglich der

Selbsteinschätzung, die Wissenschaftsgeschichte gut in den Unterricht integrieren zu können.

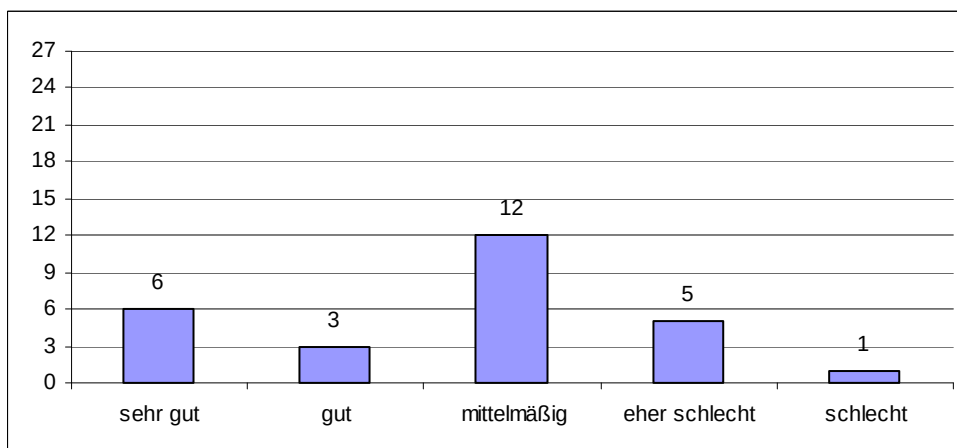


Diagramm 2: Frage 5.2: „Fühlen Sie sich gut darauf vorbereitet, chemiehistorische Aspekte in den Unterricht zu integrieren?“

Die Aussagen der Chemielehrer und Chemielehrerinnen hinsichtlich Frage 5.3 „Wie wichtig ist Ihnen persönlich die Geschichte der Chemie“ sind in Diagramm 3 dargestellt. Keine Person erachtet die Geschichte als *unwichtig* und nur eine ist der Meinung, sie sei *eher unwichtig*. Sechs schreiben der Wissenschaftsgeschichte eine *mittlere* Bedeutung zu und 20 empfinden sie für sich persönlich als *wichtig* oder *sehr wichtig*.

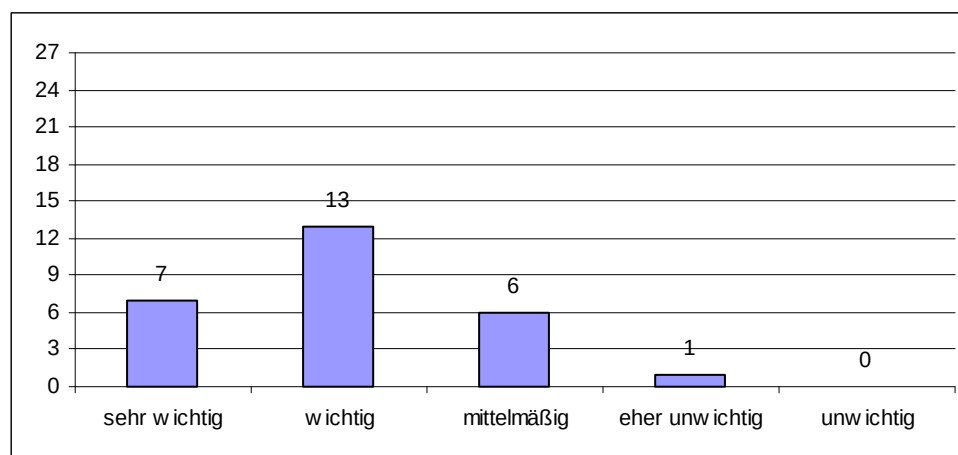


Diagramm 3: Frage 5.3: „Wie wichtig ist Ihnen persönlich die Geschichte der Chemie?“

Frage sechs „Wie oft integrieren Sie chemiehistorische Aspekte in Ihren Unterricht?“ beschäftigt sich mit der Häufigkeit, mit der die Geschichte der Chemie zum Einsatz kommt, illustriert in Diagramm 4. Vier Lehrkräfte geben an, die Geschichte der Chemie *fast nie* oder *selten* zu nutzen. Keiner der Befragten hat *nie* ausgewählt. 13 integrieren historische Aspekte *manchmal*, neun *fast immer* und einer *immer*.

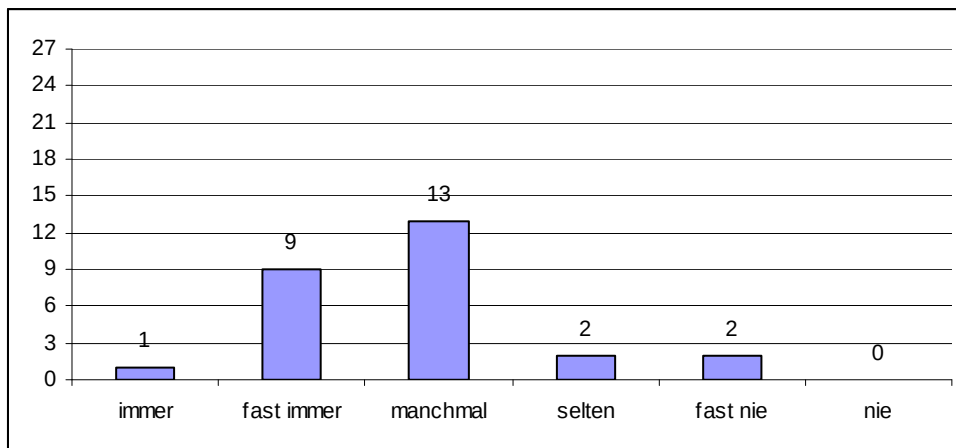


Diagramm 4: Frage 6: „Wie oft integrieren Sie historische Aspekte in Ihren Unterricht?“

Die Fragen in Punkt acht (8.1 – 8.3) befassen sich mit der Einschätzung der Lehrkräfte in Bezug auf das Interesse der Schüler und Schülerinnen an der Chemie, und die Effekte, wie eine mögliche Interessenssteigerung am Fach oder eine Auflockerung des Unterrichts, die die Thematisierung der Wissenschaftsgeschichte auf den Unterricht hat.

Ob sich die Lernenden für die Geschichte der Chemie interessieren, wurde von den Lehrkräften wie folgt angegeben (siehe Diagramm 5): Drei schätzen die Kinder als *sehr interessiert* ein, 13 geben an, dass *Interesse* besteht, sieben wählten die Mitte - *geht so* -, drei glauben an ein *geringes Interesse* und einer gab an, dass Lernende *kein Interesse* an der Geschichte der Chemie haben. 16 von 27 Teilnehmern und Teilnehmerinnen geben also an, dass Schüler und Schülerinnen durchaus der Wissenschaftsgeschichte zugeneigt sind und nur vier stellten kein bzw. ein geringes Interesse fest.

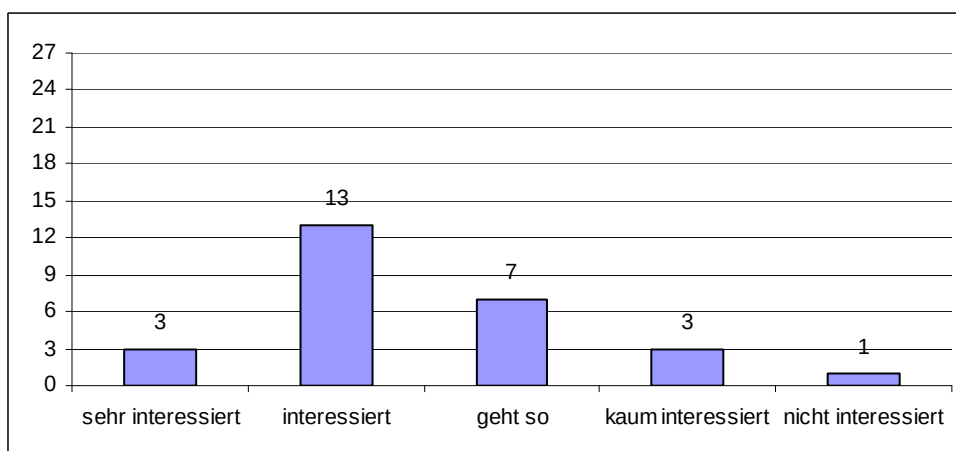


Diagramm 5: Frage 8.1: „Meiner Meinung nach interessieren sich die SchülerInnen für die Geschichte der Chemie?“

Mit Hilfe der Fragen 8.2, 8.3, 9.1 und 9.2 wurde die Einstellung der Lehrer und Lehrerinnen gegenüber der Wissenschaftsgeschichte eruiert. Sehen sie die Geschichte als etwas Nebensächliches und Auflockerndes oder als ein Werkzeug, um das Wissenschaftsverständnis und das Interesse der Lernenden zu verbessern?

Diagramm 6 zeichnet ein eindeutiges Bild: 14 Lehrkräfte sehen die Wissenschaftsgeschichte als etwas *sehr Auflockerndes* an, acht bezeichnen sie als *auflockernd*, fünf sind der Meinung, dass die Geschichte der Chemie *eher auflockernd* auf den Unterricht wirkt und niemand wählte *wenig auflockernd* oder *nicht auflockernd*.

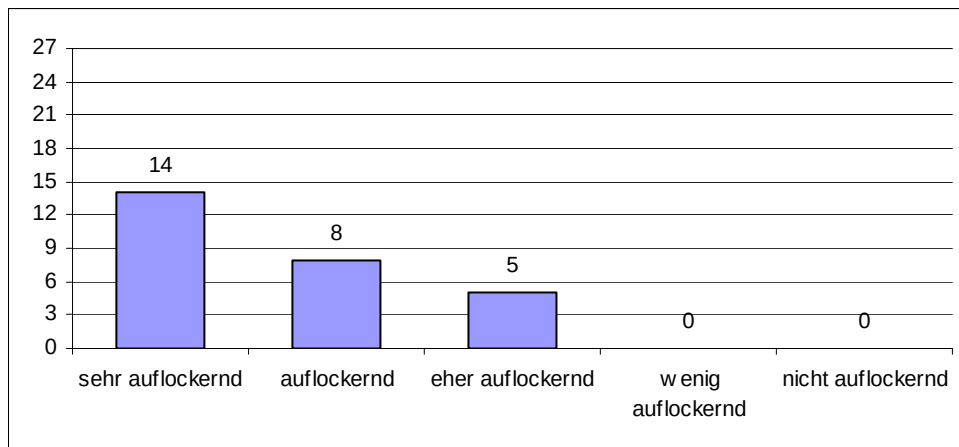


Diagramm 6: Frage 8.2: „Meiner Meinung nach lockern historische Aspekte den Unterricht auf?“

Diagramm 7 stellt die Meinung der Lehrkräfte bezüglich der Interessenssteigerung am Fach Chemie (vgl. Frage 8.3) bei Lernenden, die mit Hilfe der Geschichte der Chemie gelingen soll, dar. Sieben Probanden und Probandinnen empfinden diese als hoch (*sehr*), acht als *gut* und neun als *mittel*. Zwei sind der Meinung, dass das Interesse nur *wenig* gesteigert wird und eine Person sieht keinen Zusammenhang zwischen Geschichte und Förderung des Interesses am Fach Chemie (*gar nicht*).

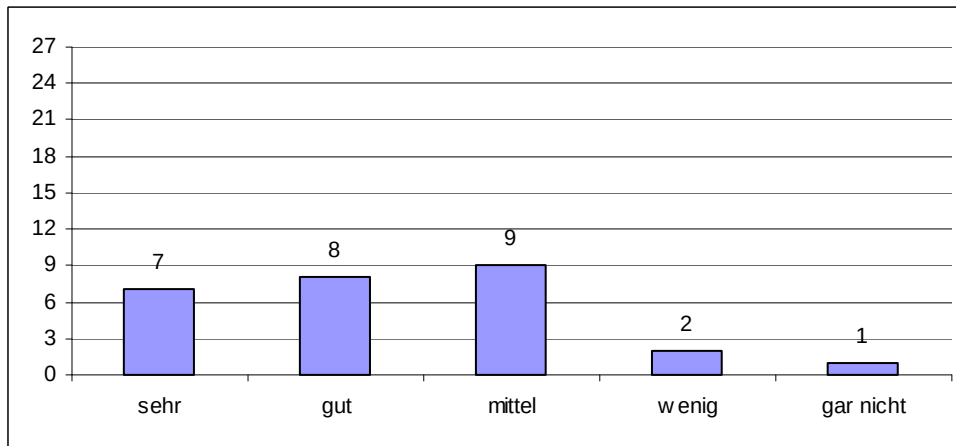


Diagramm 7: Frage 8.3: „Meiner Meinung nach steigert das Einbringen chemiehistorischer Aspekte das Interesse am Fach Chemie?“

Frage 9.1 „Meiner Meinung nach hilft die Geschichte der Chemie den SchülerInnen beim Verstehen von Fachinhalten und Konzepten?“ beantworteten die Lehrkräfte folgendermaßen (siehe Diagramm 8): Die Auswahlmöglichkeit *sehr gut* wurde zweimal gewählt. Zwölf Personen gaben an, dass die Geschichte *gute* Auswirkungen auf das Verstehen von Fachinhalten hat, sechs waren der Ansicht, dass sie *ein wenig* zum besseren Verständnis beiträgt, ebenfalls sechs sind der Meinung, dass die Geschichte *wenig* beim Verstehen hilft und eine Person schreibt ihr keinerlei Bedeutung in diesem Zusammenhang zu.

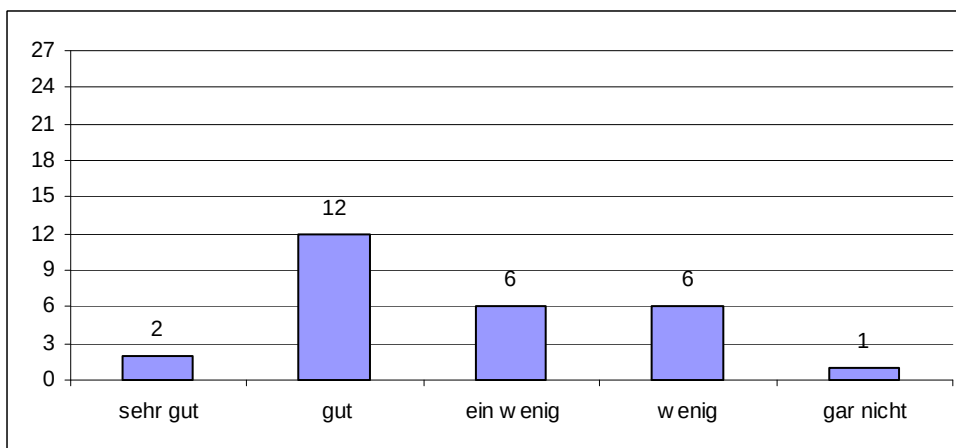


Diagramm 8: Frage 9.1: „Meiner Meinung nach hilft die Geschichte der Chemie den SchülerInnen beim Erlernen und Verstehen von Fachinhalten und Konzepten?“

Erkennen Lehrer und Lehrerinnen die Bedeutung der Wissenschaftsgeschichte, um Lernenden die Prozesshaftigkeit der Naturwissenschaften näher zu bringen? Über diese Frage gibt Punkt 9.2 Aufschluss, illustriert in Diagramm 9.

Eine Person gibt an, dass die Geschichte der Chemie *gar nicht* dazu beiträgt, die Entwicklung der Naturwissenschaften zu verstehen, die Möglichkeit *wenig*

wurde nicht ausgewählt, zwei Lehrkräfte gaben *mittel* an, 17 wählten die Antwortmöglichkeit *gut* und sieben finden, dass mit Hilfe der Wissenschaftsgeschichte die Entwicklung der Chemie *sehr gut* verstanden wird.

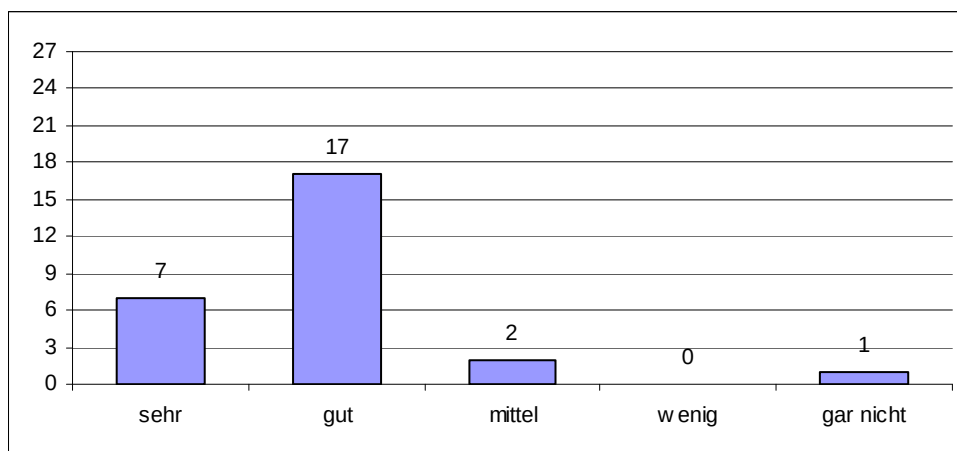


Diagramm 9: Frage 9.2: „Meiner Meinung nach hilft die Geschichte der Chemie den SchülerInnen die Entwicklung der Chemie besser zu verstehen?“

In Frage 10 gingen die Lehrkräfte auf die Stoffgebiete ein, in denen sie die Wissenschaftsgeschichte integrieren. Folgende wurden mindestens dreimal angegeben: Atombau (16 Nennungen), Periodensystem (16), Kunststoffe (6), Redox-Reaktionen (6), Alchemie (3), Benzol (3), Radioaktivität (4), Elektrochemie (3), Säuren und Basen (8), Luft (3), Kohle (3), Erdöl (4) und die Anfänge der organischen Chemie (7 Nennungen). Hervorzuheben ist noch, dass Biographien nur einmal genannt wurden.

Aufgrund der zahlreichen Stoffgebiete, die mit Hilfe der Geschichte der Chemie erarbeitet werden können, werden nur die hier angeführt, die mindestens dreimal in der Online-Befragung genannt wurden.

Biographien von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen sind ebenfalls ein Teil der Wissenschaftsgeschichte. Aufgrund der Bedeutung von weiblichen Identifikationsfiguren (vgl. Abschnitt 2.3.2 S. 29) im Unterricht befasst sich die Frage 11a damit, wie oft Wissenschaftlerinnen im Unterricht thematisiert werden. Diagramm 10 zeigt, dass sie eher selten erwähnt werden, jedoch nur drei Lehrkräfte integrieren *nie* Frauen in ihren Unterricht. Begründungen für die seltene Behandlung von Frauen finden sich in Frage 11d, bei der vorwiegend Antworten wie „ich kenne zu wenige - Mangel an Wissen (6 Nennungen); mir ist keine bekannt (2); weil die Entwicklung der Chemie hauptsächlich auf Männer zurückgeht (2)“ gegeben wurden.

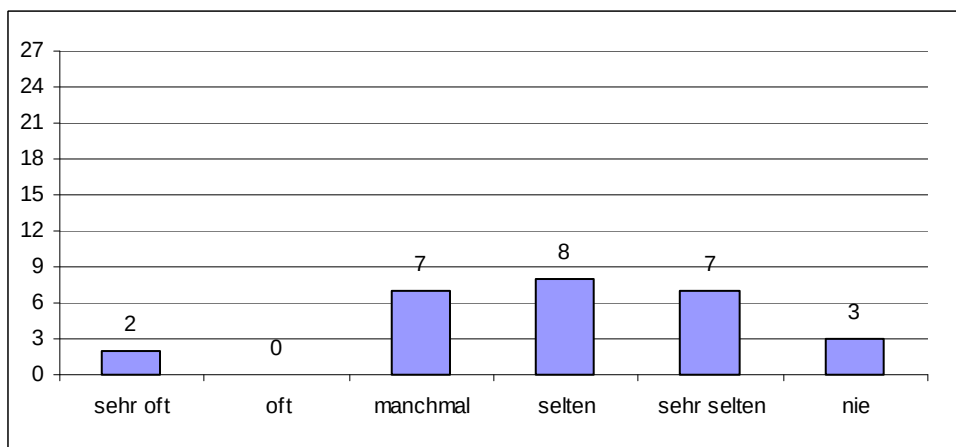


Diagramm 10: Frage 11a: „Wie oft weisen Sie explizit auf das Leben und die Erfindungen weiblicher Wissenschaftlerinnen in Ihrem Unterricht hin?“

Welche Wissenschaftlerinnen Erwähnung im Unterricht finden, gaben die Probanden und Probandinnen in Frage 11b an. Genannt wurden Lise Meitner (5 Nennungen), Marie Curie (17), Clara Immerwahr (1), Rosalind Franklin (2), Marie Lavoisier (2) und Maud Menten (1).

Auf die offene Frage 11c „Warum integrieren Sie Wissenschaftlerinnen in ihren Unterricht?“ folgten die Antworten: „einfach so“ (2), „sie leisteten einen beachtenswerten Beitrag“ (8), „sie stellen Vorbilder für Mädchen dar und lassen die Naturwissenschaften nicht nur als Männerdomäne erscheinen“ (8) und „weil sie einfach ein Teil der Geschichte sind“ (2)

4.4.2 Interpretation der erhobenen Daten

Dieser Abschnitt dient zur Diskussion der Ergebnisse und zum Eingehen auf die Hypothesen (vgl. Kapitel 1.2), die aufgrund der erhobenen Daten bestätigt oder widerlegt werden.

Aufgrund der geringen Rücklaufquote von nur einem Prozent kann diese Studie keine Aussagen über den allgemeinen Ist-Zustand in Österreich machen. Jedoch weist die geringe Beteiligung der Lehrer und Lehrerinnen auf ein mögliches Desinteresse an der Geschichte der Chemie hin. Eventuell erkennen sie nicht die Möglichkeiten (vgl. Kapitel 3), die ihnen die Wissenschaftsgeschichte bietet.

H1: *Die Wissenschaftsgeschichte findet sehr selten Platz in der Chemiestunde.* (vgl. Frage 6)

Diese Hypothese wird durch die Angaben der Lehrer und Lehrerinnen in der Online-Befragung widerlegt (vgl. Diagramm 4 bzw. Tabelle 3). Niemand der Befragten gibt an, die Wissenschaftsgeschichte *nie* zu integrieren und nur vier verwenden sie *selten* bis *fast nie*. Die Auswahl der Mitte (*manchmal*) mit 13 Nennungen erfolgt am häufigsten und zehn Lehrkräfte ergänzen ihren Unterricht *fast immer* bis *immer* mit der Geschichte der Chemie.

BEWERTUNG	ANZAHL
immer	1
fast immer	9
manchmal	13
selten	2
fast nie	2
nie	0

Tabelle 3: Frage 6: „Wie oft integrieren Sie historische Aspekte in Ihren Unterricht?“

Nun stellt sich die Frage: „Warum wird die Geschichte der Chemie nur *manchmal* in den Unterricht integriert?“ Liegt es am fehlenden Wissen der Lehrkräfte über die Wissenschaftsgeschichte? Aus diesen Überlegungen folgt die zweite Hypothese:

H2: *Die Lehrer und Lehrerinnen fühlen sich zu wenig mit der Geschichte der Chemie vertraut.* (vgl. Frage 5.1)

Die Lehrkräfte schätzen ihr Wissen über die Geschichte der Chemie durchaus positiv ein, denn zwölf waren der Meinung, *sehr gut* oder *gut* mit ihr vertraut zu sein und nur vier haben nach eigenen Angaben *schlechte* bzw. *eher schlechte* Kenntnisse. Ganz deutlich ist die Tendenz zur *Mitte* erkennbar, was für ein mittelmäßiges Wissen sprechen kann oder für ein „sich-nicht-entscheiden-können“. Diagramm 1 bzw. Tabelle 4 veranschaulichen die Widerlegung der Hypothese H2.

BEWERTUNG	ANZAHL
sehr gut	4
gut	8
mittelmäßig	11
eher schlecht	3
schlecht	1

Tabelle 4: Frage 5.1: „Wie vertraut ist Ihnen die Geschichte der Chemie?“

Laut Angaben der Lehrer und Lehrerinnen fühlen sich die meisten *mittelmäßig* bis *sehr gut* vertraut mit der Wissenschaftsgeschichte, dies ist also kein bzw.

nur ein untergeordneter Grund warum die Geschichte der Chemie nur *manchmal* Einzug in den Unterricht findet. Fühlen sich die Lehrpersonen vielleicht zu wenig darauf vorbereitet diese in den Unterricht zu integrieren (H3)?

H3: *Die Lehrkräfte fühlen sich zu wenig darauf vorbereitet, die Wissenschaftsgeschichte in den Unterricht zu integrieren.* (vgl. Frage 5.2)

Auch bei dieser Hypothese zeichnet sich ein ähnliches Bild ab wie bei H2, jedoch kann sie nicht so eindeutig widerlegt werden (vgl. Diagramm 2 bzw. Tabelle 5). Neun Probanden und Probandinnen fühlen sich *sehr gut* bis *gut* darauf vorbereitet, die Wissenschaftsgeschichte in ihren Unterricht zu integrieren und sechs sind der Ansicht, dies nur *eher schlecht* bis *schlecht* zu meistern. Auch hier wiederum zeigt sich eine Tendenz zur *Mitte*, die auf die oben genannten Gründe zurückgeführt werden kann.

Die Ergebnisse aus Frage 5.2 entsprechen den Antworten der Lehrer und Lehrerinnen in Frage 5.1, denn ohne Wissen über die Geschichte der Chemie wäre ein Gefühl des Vorbereitetseins, diese im Unterricht anzuwenden, nur schwer möglich.

BEWERTUNG	ANZAHL
sehr gut	6
gut	3
mittelmäßig	12
eher schlecht	5
schlecht	1

Tabelle 5: Frage 5.2: „Fühlen Sie sich gut darauf vorbereitet, chemiehistorische Aspekte in den Unterricht zu integrieren?“

Ein weiterer Grund, warum die Wissenschaftsgeschichte nur *manchmal* in den Unterricht integriert wird, könnte ihre Bedeutungslosigkeit für die Lehrer und Lehrerinnen sein. Dies behandelt die vierte Hypothese:

H4: *Die Wissenschaftsgeschichte spielt eine untergeordnete Rolle für die Lehrperson.* (vgl. Frage 5.3)

Die Widerlegung dieser Hypothese, veranschaulicht in Diagramm 3 bzw. Tabelle 6, erfolgt aufgrund der zahlreichen Nennungen der Antwortmöglichkeit *wichtig* und der fehlenden Auswahl der Angabe *unwichtig*. 13 Lehrer und

Lehrerinnen gaben an, dass ihnen die Geschichte der Chemie *wichtig* ist, sogar die *Mitte* wurde nur sechsmal gewählt. H4 ist dadurch klar widerlegt.

BEWERTUNG	ANZAHL
sehr wichtig	7
wichtig	13
mittelmäßig	6
eher unwichtig	1
unwichtig	0

Tabelle 6: Frage 5.3: „Wie wichtig ist Ihnen persönlich die Geschichte der Chemie?“

Die Frage: „Warum wird die Geschichte der Chemie nur *manchmal* in den Unterricht integriert?“ stellt sich nun aber immer noch. Denn laut der Angaben in Frage 5.3 und der Widerlegung von Hypothese H4 empfinden die Lehrkräfte diese als durchaus wichtig. Ein möglicher, bereits besprochener, Grund wäre das fehlende Wissen über die Geschichte, jedoch tendierte eine große Zahl der Teilnehmer und Teilnehmerinnen (12 Personen) dazu, *gut* bis *sehr gut* mit der Geschichte der Chemie vertraut zu sein (vgl. H3). Woran also liegt es, ist es ein Zeitfaktor? Wird die Wissenschaftsgeschichte öfter integriert, wenn den Lehrern und Lehrerinnen mehr Zeit zur Verfügung steht?

H5: *In Schulen mit naturwissenschaftlichen Schwerpunkten integrieren die Lehrer und Lehrerinnen die Geschichte der Chemie häufiger als in Schulen ohne einen solchen Schwerpunkt.* (vgl. Frage 4a und 6)

Aufgrund eines naturwissenschaftlichen Schwerpunkts stehen manchen Schulen mehr Stunden in den naturwissenschaftlichen Fächern zur Verfügung als anderen. Spielt dies eine Rolle in Bezug auf die Häufigkeit der Anwendung der Geschichte der Chemie? Tabelle 7 verdeutlicht dies, jedoch kann keine eindeutige Bestätigung oder Widerlegung der Hypothese H5 erfolgen.

Die genaue Betrachtung der Ergebnisse zeigt, dass es keinen Unterschied zwischen einer Schule mit bzw. ohne einen Schwerpunkt im Bereich der Naturwissenschaften gibt. Auffallend bei dieser Erhebung ist die Auswahl der Mitte, sowohl bei Schulen mit als auch bei Schulen ohne Schwerpunkt findet die Geschichte der Chemie vorwiegend *manchmal* Platz im Unterricht.

Nawi-Schwerpunkt	Häufigkeit der Anwendung					
	immer	fast immer	manchmal	selten	fast nie	nie
ja	9% (1)	36% (4)	36% (4)	9% (1)	9% (1)	0% (0)
nein	0% (0)	31% (5)	56% (9)	6% (1)	6% (1)	0% (0)

Tabelle 7: Häufigkeit im Vergleich zum Schulschwerpunkt – vgl. Frage 6 und 4a

Die Ergebnisse in Tabelle 7 werden aufgrund der unterschiedlichen Anzahl der Probanden und Probandinnen, die an Schulen mit (11 Personen) und ohne (16 Personen) naturwissenschaftlichen Schwerpunkt tätig sind, in Prozent dargestellt, um eine „objektive“ Auswertung zu ermöglichen. Die Zahl in der Klammer gibt die tatsächliche Anzahl an, also wie viele Personen den Punkt *immer*, *fast immer*, *manchmal*, *selten*, *fast nie* oder *nie* ausgewählt haben.

Auch hinsichtlich H5 lässt sich keine eindeutige Antwort für die eher seltene Integration der Geschichte in den Chemieunterricht finden. Möglicherweise geben die Lehrer und Lehrerinnen die Geschichte der Chemie als *wichtig* (vgl. H4) an, weil sie ihr eine positive Auswirkung auf den Unterricht zusprechen. Vielleicht sind Schüler und Schülerinnen an der Geschichte der Chemie besonders interessiert oder sie trägt zu einer Interessenssteigerung am Fach bei?

H6: *Schüler und Schülerinnen sind, laut den Angaben der Lehrkräfte, an der Geschichte der Chemie interessiert.* (vgl. Frage 8.1)

Diese Hypothese findet in der Aussage von 20 Lehrpersonen, die die Kinder als *interessiert* bis *sehr interessiert* beschreiben, Bestätigung (vgl. Diagramm 5 bzw. Tabelle 8).

BEWERTUNG	ANZAHL
sehr interessiert	3
interessiert	13
geht so	7
kaum interessiert	3
nicht interessiert	1

Tabelle 8: Frage 8.1: „Meiner Meinung nach interessieren sich die SchülerInnen für die Geschichte der Chemie?“

Aufgrund dieser Annahme der Lehrer und Lehrerinnen wäre doch eine häufigere Thematisierung historischer Aspekte im Unterricht zu erwarten? Sehen die Lehrer und Lehrerinnen die Wissenschaftsgeschichte als etwas

Nebensächliches bzw. Auflockerndes und schenken ihr deswegen nur *manchmal* Aufmerksamkeit?

H7: *Die Wissenschaftsgeschichte dient nur zur Auflockerung des Unterrichts.* (vgl. Frage 8.2)

Dieser Ansicht, illustriert in Diagramm 6 bzw. Tabelle 9, sind 14 Teilnehmer und Teilnehmerinnen, die sie als *sehr auflockernd* beschreiben. Auch die restlichen 13 sehen sie als *eher auflockernd* bis *auflockernd*.

BEWERTUNG	ANZAHL
sehr auflockernd	14
auflockernd	8
eher auflockernd	5
wenig auflockernd	0
nicht auflockernd	0

Tabelle 9: Frage 8.2: „Meiner Meinung nach lockern historische Aspekte den Unterricht auf?“

Ob die Geschichte der Chemie wirklich nur als Auflockerung und Nebensache gewertet wird, lässt sich durch die Bestätigung dieser Hypothese (H7) und die Widerlegung der Hypothese H8 und H9 zeigen.

H8: *Die Einbindung der Geschichte der Chemie hat, nach Angaben der Lehrkräfte, großen Einfluss auf das Interesse der Lernenden am Fach.* (vgl. Frage 8.3)

H8 wird durch 15 Angaben, illustriert in Diagramm 7 bzw. Tabelle 10, bestätigt. Denn die Lehrpersonen sind der Ansicht, dass durch die Thematisierung der Geschichte der Chemie eine sehr hohe bis hohe Interessenssteigerung am Fach erfolgt.

BEWERTUNG	ANZAHL
sehr	7
gut	8
mittel	9
wenig	2
gar nicht	1

Tabelle 10: Frage 8.3: „Meiner Meinung nach steigert das Einbringen chemiehistorischer Aspekte das Interesse am Fach Chemie?“

H9: *Die Wissenschaftsgeschichte hilft den Heranwachsenden beim Erlernen und Verstehen von Fachinhalten und Konzepten.* (vgl. Frage 9.1)

Diese Hypothese wird durch die Angaben der Lehrer und Lehrerinnen bestätigt (vgl. Diagramm 8 bzw. Tabelle 11). 14 sind der Meinung, dass die Wissenschaftsgeschichte den Lernenden beim Erlernen und Verstehen von Fachinhalten und Konzepten hilft und nur sieben sprechen ihr einen geringen bis gar keinen Effekt zu.

BEWERTUNG	ANZAHL
sehr gut	2
gut	12
ein wenig	6
wenig	6
gar nicht	1

Tabelle 11: Frage 9.1: „Meiner Meinung nach hilft die Geschichte der Chemie den SchülerInnen beim Erlernen von Fachinhalten und Konzepten?“

H10: *Die Wissenschaftsgeschichte hilft den Heranwachsenden die Entwicklung der Chemie besser zu verstehen.* (vgl. Frage 9.2)

Auch diese Hypothese wird durch die Antworten der Teilnehmer und Teilnehmerinnen der Online-Befragung bestätigt. 17 beschreiben die Wirkung der Geschichte auf das Verständnis der Prozesshaftigkeit der Naturwissenschaften als *sehr gut* bis *gut*, zwei tendieren zur *Mitte* und nur einer ist der Meinung, sie habe *gar keinen* Einfluss.

BEWERTUNG	ANZAHL
sehr	7
gut	17
mittel	2
wenig	0
gar nicht	1

Tabelle 12: Frage 9.2: „Meiner Meinung nach hilft die Geschichte der Chemie den SchülerInnen die Entwicklung der Chemie besser zu verstehen?“

Aufgrund der Antworten der Fragen 8.2, 8.3 und 9 kann rückgeschlossen werden, dass Lehrer und Lehrerinnen die Bedeutung der Wissenschaftsgeschichte sehr wohl erkennen und sie nicht nur als Auflockerungsmittel betrachten. Sie empfinden sie als wichtig und schätzen ihre Mithilfe bei der Verbesserung des Verstehens von Inhalten, Konzepten und der Prozesshaftigkeit der Naturwissenschaften.

Biographien von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen sind ebenfalls ein Teil der Wissenschaftsgeschichte. Aufgrund der Bedeutung von Identifikationsfiguren für Schüler und Schülerinnen im Unterricht befasst sich die Frage 11a damit, wie oft Wissenschaftlerinnen im Unterricht thematisiert werden:

H11: *Wissenschaftlerinnen werden nur selten im Unterricht erwähnt.* (vgl. Frage 11a)

Diagramm 10 bzw. Tabelle 13 zeigen, dass sie eher *selten* erwähnt werden, jedoch nur drei Lehrkräfte integrieren *nie* Frauen in ihren Unterricht. Die Ergebnisse der Online-Befragung bestätigen daher H11.

BEWERTUNG	ANZAHL
sehr oft	2
oft	0
manchmal	7
selten	8
sehr selten	7
nie	3

Tabelle 13: Frage 11a: „Wie oft weisen Sie explizit auf das Leben und die Erfindungen weiblicher Wissenschaftlerinnen in Ihrem Unterricht hin?“

Begründungen für die seltene Behandlung von Frauen finden sich in Frage 11d, bei der vorwiegend Antworten wie „ich kenne zu wenige – Mangel an Wissen (6 Nennungen); mir ist keine bekannt (2); weil die Entwicklung der Chemie hauptsächlich auf Männer zurückgeht (2)“ gegeben wurden. Erkennen die Lehrkräfte, aber trotz der *seltenen* Hervorhebung von weiblichen Wissenschaftlern, deren Bedeutung als Identifikationsfigur für Heranwachsende?

H12: *Lehrer und Lehrerinnen erkennen die Relevanz einer historischen Identifikationsfigur für Schüler und Schülerinnen im Unterricht.* (vgl. Frage 11a bis 11d)

Diese Hypothese wurde mit Hilfe von Frage 11c und 11d bestätigt. Acht Lehrkräfte gaben an, Wissenschaftlerinnen im Unterricht zu erwähnen, um den Schülern und Schülerinnen zu zeigen, dass Naturwissenschaften nicht nur von Männern betrieben werden. Auffallend ist das fehlende Wissen der Lehrkräfte über Wissenschaftlerinnen aus vergangenen Tagen (vgl. Frage 11d). Nur vier Teilnehmer und Teilnehmerinnen konnten mehr als zwei nennen, 14 kannten

eine oder vielleicht auch zwei Frauen und neun gaben keinen oder falsche Namen an.

Die am häufigsten genannte Frau ist Marie Curie, gefolgt von Lise Meitner (vgl. Kapitel 5.7). Eher weniger bekannte Wissenschaftlerinnen, auch ersichtlich aus der geringen Anzahl ihrer Nennungen, sind Rosalind Franklin (sie entdeckte als Erste die Helixstruktur der DNA), Clara Immerwahr (deutsche Chemikerin und kritische Ehefrau von Fritz Haber), Marie Lavoisier (Ehefrau und Assistentin von Antoine Lavoisier) und Maud Menten (Michaelis-Menten-Kinetik) (vgl. Jelinek 2007, S. 65ff, S. 37, S. 22 und Crocker & Howard 2007).

Resümee

Die Antworten der Fragen 5.3, 6, 8 und 9 belegen, dass die Lehrer und Lehrerinnen die Bedeutung der Wissenschaftsgeschichte erkennen. Sie empfinden sie als wichtig, schätzen ihre Mithilfe bei der Verbesserung des Verstehens von Inhalten und Konzepten und dem Erkennen der Prozesshaftigkeit der Naturwissenschaften. Die Lehrenden wissen auch über die Relevanz einer Identifikationsfigur für Schüler und Schülerinnen im Unterricht Bescheid. Sie fühlen sich gut mit historischen Inhalten vertraut und haben ein durchaus positives Gefühl, diese auch anwenden zu können. Warum sie trotzdem nur *manchmal* eine Rolle im Unterricht spielt, konnte nicht festgestellt werden. Eventuell liegt es doch am mangelnden Wissen über diese, denn die Tendenzen zur Mitte, dargestellt in Diagramm 1 und 2 (vgl. auch H2 und H3), könnten für eine Unsicherheit sprechen. Menschen, die sich nicht entscheiden können oder auch nicht zugeben wollen, etwas nicht zu wissen, wählen gerne die Mitte. Möglicherweise wäre beim Fragenblock 5 eine Skala mit nur vier Werten von Vorteil gewesen.

5 Die Anwendung der Wissenschaftsgeschichte im naturwissenschaftlichen Unterricht

Bereits in Kapitel 3 wurde die Relevanz der Wissenschaftsgeschichte im Unterricht aus fachdidaktischer Sicht erörtert, in Kapitel 4 wurde die aktuelle Bedeutung dieser im Chemieunterricht an österreichischen Schulen ermittelt und folgend werden einige Unterrichtskonzepte vorgestellt, mit deren Hilfe ein besseres Verständnis *von* und *über* die Naturwissenschaften möglich wird (so die Hypothese).

In der heutigen hochtechnisierten Welt bleibt das Reflektieren, das kritische Betrachten, vor allem in Hinblick auf naturwissenschaftliches Wissen und dessen Anwendungen, häufig außer Acht. Menschen verwenden technische Geräte ohne darüber nachzudenken (denn es besteht keine Notwendigkeit dafür, um die Anwendung zu gewährleisten), wie diese funktionieren oder welche Folgen sie haben könnten. Dies führte bereits zu erheblichen Problemen, wie zum Beispiel dem Treibhauseffekt (vgl. Höttecke 2001a, S. 136f). Die Forderung nach mündigen, kritischen Bürgern, die ihr demokratisches Mitgestaltungsrecht wahrnehmen, verankert im allgemeinen Lehrplan (vgl. BMUKK 2004a, S. 1f), verlangt ein Umgestalten des bisherigen naturwissenschaftlichen Unterrichts. Weiters ist laut Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur den Schülern und Schülerinnen bewusst zu machen, „*dass gesellschaftliche Phänomene historisch bedingt und von Menschen geschaffen sind*“ (BMUKK 2004a, S. 4). Chemieunterricht hat die Aufgabe, den Lernenden die Bedeutung von Chemie in der Wirtschaft und Gesellschaft zu verdeutlichen und sie auf die spätere Arbeitswelt vorzubereiten (vgl. BMUKK 2004b, S. 1).

Um all diese von der Gesellschaft gewünschten Punkte erfüllen zu können, muss der traditionelle fachsystematische Unterricht, der „*Verfügungswissen*“ (Höttecke 2001a, S. 137) vermittelt, umgestaltet werden, sodass „*Orientierungswissen*“ (ebenda) entwickelt werden kann. Der Begriff Orientierungswissen umfasst, im Gegensatz zum Verfügungswissen, welches das Lernen von Sachinhalten meint, das Begreifen des Kompetenzgefüges. Es geht um die Frage

nach dem Sinn, warum wir existieren und warum wir tun was wir tun? Im naturwissenschaftlichen Bereich spiegelt sich dies in der Frage nach dem Mensch-Natur-Verhältnis wider. Warum werden Naturwissenschaften betrieben, in welchem Verhältnis stehen sie zur Politik, Gesellschaft, Kultur und umgekehrt? Welche Folgen kann unser Handeln haben? (vgl. Höttecke 2001a, S. 137f). Erworbene Kompetenzen und Inhalte des Unterrichts, die in einem solchen Kontext erlernt wurden, sind im späteren Leben leichter anzuwenden als Fakten, die zusammenhangslos stur auswendig gelernt wurden (vgl. Kircher 1995, S.23f)

Mit Hilfe der Wissenschaftsgeschichte im naturwissenschaftlichen Unterricht können Schüler und Schülerinnen adäquate Vorstellungen über die Naturwissenschaften entwickeln, *„wie, warum und mit welchen Mitteln und Methoden naturwissenschaftliches Wissen produziert wird“* (Höttecke 2005).

Durch das Miteinbeziehen der Wissenschaftsgeschichte in den Unterricht erfahren Kinder und Jugendliche die Naturwissenschaft als eine Aktivität des Menschen und als einen sich entwickelnden Erkenntnisprozess, beeinflusst durch Kultur und Gesellschaft (vgl. Höttecke 2004b, S. 54). *„Historical enquiry is [...] a way of relating the internal, the personal to the external, the public“* (Chamizo 2005, S. 11).

Das Miteinbeziehen der Wissenschaftsgeschichte in den naturwissenschaftlichen Unterricht meint aber keines Falls ein umfassendes Lehren und Lernen über historische Sachverhalte, dazu wäre sie auch zu komplex und verworren. Aber auch das oberflächliche Betrachten einzelner Personen oder Meilensteine sollte vermieden werden, um kein inadäquates Bild der Naturwissenschaften zu zeichnen. Eine gute Methode, um den Lernenden das Entwickeln adäquater Vorstellungen zu ermöglichen, sind beispielsweise historische Fallstudien (vgl. Höttecke 2001a, S. 231ff).

Die folgenden Unterkapitel beschäftigen sich mit verschiedenen Unterrichtskonzepten, zu denen jeweils am Ende konkrete Vorschläge (vgl. Kapitel 8.3) angeführt sind. All diese Unterrichtskonzepte sind nicht unbedingt strikt voneinander zu trennen, vielmehr überlappen sie sich und auch eine Mischung ihrer Anwendung ist möglich.

5.1 Historische Quellentexte als Unterrichtsmaterialien

Der Abschnitt 5.1 gibt vorwiegend die Gedanken von Höttecke (2001a, S. 209-214) wieder und stellt Quellentexte als Unterrichtsmaterialien vor.

Historische Quellentexte der Naturwissenschaftsgeschichte sind beispielsweise Labortagebücher, Publikationen, Berichte der Institute oder auch Monographien. All diese Quellen, die ein Teil des damaligen Forschungsprozesses waren, ermöglichen ein authentisches Erfahren über die Naturwissenschaften.

Die Vielzahl historischer Quellen verlangt jedoch nach einer didaktischen Begutachtung und Begrenzung durch die Lehrkraft. Schüler und Schülerinnen erlernen zunächst den Umgang mit diesem Medium und der Lehrer bzw. die Lehrerin gibt Hilfestellungen und verweist auf wesentliche Punkte. Ein Ergänzen der historischen Texte durch Museumsbesuche oder den Nachbau eines historischen Experiments runden das Erfahren der Heranwachsenden ab.

Der Einsatz historischer Texte im Unterricht bedeutet kein Abwenden von konventionellen Schulbüchern, viel mehr stellt dieses Unterrichtsmedium eine Ergänzung dar, um den Kindern und Jugendlichen die Prozesshaftigkeit der Naturwissenschaften näher zu bringen. Höttecke führt hierzu das Beispiel einer Veröffentlichung in einer wissenschaftlichen Zeitschrift an, durch die Schüler und Schülerinnen etwas über den Autor bzw. die Autorin erfahren, sie beschäftigen sich mit den Zielen und Fragestellungen des Verfassers oder der Verfasserin und bringen etwas über den Entstehungskontext in Erfahrung. Naturwissenschaftliches Wissen wird als etwas Prozesshaftes und vom Menschen Entwickeltes erfahrbar.

Des Weiteren werden Publikationen verfasst, um neue Erkenntnisse innerhalb der scientific community vorzustellen. In diesen Berichten, die Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen von der Richtigkeit des Inhaltes überzeugen sollten, werden Forschungsergebnisse so gezeigt, dass die Theorie auch für Kollegen und Kolleginnen evident erscheinen. Dieses „*didaktische Moment*“ (Höttecke 2001a, S. 211) in historischen Texten kommt auch dem Unterricht zugute, denn die von den Forschern und Forscherinnen geleistete Überzeugungsarbeit führt möglicherweise auch bei Kindern und Jugendlichen zu einem Hinterfragen der Alltagsvorstellungen und zu einem Konzeptwechsel.

Die Verwendung historischer Quellen im Unterricht führt eventuell zu Hindernissen, denn die Wissenschaftsgeschichte erweist sich als äußerst komplex und umfangreich (vgl. Pukies 1979, S. 52). Hinzu kommt das Problem der Verfügbarkeit geeigneter Quellenmaterialien und der Mangel an Kompetenzen der Schüler und Schülerinnen, mit einem solchen umzugehen. Sie sind oftmals überfordert, Texte so zu lesen, dass sie anschließend diskutiert und interpretiert werden können.

Ein weiteres Argument, das für die Verwendung von historischen Textquellen spricht, ist der *„Nachvollzug historischer Konsensbildungsprozesse in den Naturwissenschaften“* (Höttecke 2001a, S. 213), der durch die *„Einsichten über die soziale Dimension der Naturwissenschaften und ihre Mechanismen gewonnen“* wird (ebenda). Schüler und Schülerinnen erfahren durch eine eigene Interpretation der Texte, in Bezug auf deren Bedeutung, Inhalt usw., was es bedeutet, einen Konsens zu finden und wie der Prozess der Konsensfindung verläuft.

Historische Quellentexte finden auch in anderen Unterrichtsverfahren - wie dem historisch genetischen Unterricht oder der historischen Simulation - Anwendung.

Eine Sammlung an historischen Quellentexten bietet Dämmgen et al. (1983) in *„Quellentexte Chemie“*.

5.2 Der historisch genetische Unterricht

Ein möglicher Weg, der Verdinglichung der Naturwissenschaften im Unterricht Einhalt zu gebieten, ist die schrittweise Entwicklung des Stoffes - genetisches Lehren und Lernen (vgl. Pukies 1979, S. 13). Der Begriff „genetisch“ bedeutet *„entstehungsgeschichtlich“* (Wissen.de 4), und meint das schrittweise, entwickelnde Lehren und Lernen von Begriffen, Konzepten und Fertigkeiten. Dies steht im Gegensatz zum fachsystematischen Unterricht, bei dem Wissen aneinandergereiht und als „fertig“ präsentiert wird (vgl. Höttecke 2001a, S. 109ff).

Wagenschein (1968), ein großer Vertreter des genetischen Unterrichts, meinte damit ein genetisch-sokratisches-exemplarisches Lehren (vgl. Kapitel 2.3.4). „Genetisch“ bedeutet in diesem Zusammenhang das Eingehen auf die Vorverständnisse der Kinder und das Entwickeln eines fundierten Wissens.

Eine sokratische Haltung soll die Lehrkraft einnehmen, d.h. er oder sie leitet ein Gespräch mit den Schülern und Schülerinnen, akzeptiert ihre Beiträge und regt die Diskussion an, ohne Fakten und Ergebnisse zu diktieren. „Exemplarisch“ steht für das Auswählen von Themen aus der großen Anzahl von Stoffgebieten, denn der genetische Unterricht beansprucht viel Zeit, um ein Verstehen zu ermöglichen (vgl. Möller 2001, S. 17f). Außerdem ist Bildung *„kein addierender Prozess“* (Wagenschein 1968, S. 9), viel mehr ist die Auswahl des „Wesentlichen“ von Bedeutung. Diese Schwerpunktsetzung ermöglicht ein Verharren und ein wie Wagenschein es nennt „Einwurzeln“. Das so angeeignete Wissen *„erregt das Fernere, doch Verwandte, durch Resonanz“* (Wagenschein 1968, S. 12), Wissen das einmal von Schülern und Schülerinnen selbstständig erfasst wurde, verhilft ihnen dazu das Gesamte zu verstehen (vgl. Wagenschein 1968, S. 12f).

Laut Köhlein (vgl. Möller 2001, S. 19) knüpft genetischer Unterricht an das Vorverständnis der Schüler und Schülerinnen an und liefert die fundierte Basis für weiteres Lernen. Durch das Anknüpfen an das Wissen und die Erfahrungen der Kinder aus dem Alltag eröffnet diese Unterrichtsform Einsichten über wissenschaftliches Wissen, das *„zum Verstehen alltäglicher Phänomene beitragen [soll]; es soll ein Stück Alltagswelt erhellen und damit anwendungsorientiert sein“* (ebenda, S. 22). Genetischer Unterricht bedient sich am ohnedies vorhandenen Wissensdurst der Kinder (vgl. Wagenschein 1968, S. 93), er verlangt ein selbsttätiges Denken der Schüler und Schülerinnen, Lehrinhalte werden nicht „vorgekaut“ und fertig präsentiert. Das genetische Lehren bemüht sich um eine „Einwurzelung“, *„das produktive Suchen, Finden, und das kritische Prüfen“* (Wagenschein 1968, S. 93) wird gelehrt, *„damit ein authentisches Bild der lebenden Wissenschaft“* (ebenda) entsteht. Dies führt aus kognitionspsychologischer Sicht zu einem gesicherteren Wissen als im herkömmlichen fachsystematischen Unterricht (vgl. Möller 2001, S. 20).

Die historisch genetische Methode berücksichtigt den historischen Werdegang der Naturwissenschaften, dadurch wird die Wissenschaft als eine Aktivität von Menschen gezeigt und das Interesse für das Fach geweckt. Weiters lassen sich Parallelen zwischen historischen Denkprozessen und Denkprozessen der

Schüler und Schülerinnen ziehen, was der Lehrkraft das Lehren und den Kindern das Lernen erleichtert (ebenda, S. 24).

Laut Pukies (1979, S. 54) bringt ein historisch genetischer Unterricht zwei wesentliche Vorteile mit sich:

- *„Das Verstehen der Naturwissenschaften als systematisierte Wissenschaft, die Überwindung der Verständnisschwierigkeiten der Schüler [und Schülerinnen] mit den Gegenständen, Erscheinungen und Abstraktionen der Naturwissenschaften und*
- *das Verstehen der Naturwissenschaften als gesellschaftliche Tätigkeit, als vom gesellschaftlichen Denken beeinflusst und dieses beeinflussend, verändernd, die Überwindung der falschen Vorstellungen der Schüler [und Schülerinnen] von den Naturwissenschaften als eine von der Gesellschaft abgehobene, abgenabelte wertfreien Tätigkeit, als eines unveränderbaren und unabhängigen Theoriengefüges“* (Pukies 1979, S. 54).

Pukies (1979) erarbeitete in seinem Buch auch Unterrichtskonzepte zu den Themen „Thermodynamik“ und „Teile der klassischen Mechanik“, die auf dem historisch genetischen Unterricht basieren.

Höttecke (2001a, S. 235ff) ergänzt den historisch genetischen Unterricht durch die Rekonstruktion historischer Experimente, denn Unterrichtsmaterialien, die rein auf Quelltexten basieren, sind seiner Ansicht nach mangelhaft. Auch er stellt ein Unterrichtskonzept zum Thema „Experimentelle Tätigkeiten Michael Faradays“ vor (vgl. Höttecke 2001a, S. 253-444).

Auch Hofheinz (2008, S. 132-161) hat ein historisch genetisches Unterrichtskonzept zum Thema „Die historische Genese der Säure-Base-Definitionen von Lavoisier, Arrhenius und Brønsted“ erstellt.

Ein Unterrichtskonzept zum genetisch-sokratisch-exemplarischen Unterrichtsverfahren mit dem Titel „Kristalle aus dem Nichts“ lässt sich in der Zeitschrift „Naturwissenschaften im Unterricht Chemie“ Themenheft „Nature of Science“ von Buck (2010, S. 20-23) finden.

5.3 Historische Simulation

Rollenspiele finden schon seit einiger Zeit Platz im Unterricht, in Fächern wie Geschichte und Sozialkunde werden sie sogar in den Schulbüchern vorgeschlagen, aber auch naturwissenschaftlicher Unterricht bietet für dieses Unterrichtsverfahren Raum.

Rollenspiele im Allgemeinen fördern die Kreativität, die Selbstreflexion, die kommunikativen Kompetenzen und die sozialen Kompetenzen. Schüler und Schülerinnen können sich in historische Situationen hineinversetzen, sich mit ihnen identifizieren und lernen Handlungsabläufe kennen. Weiters wirken sie sich stark motivierend auf die Kinder und Jugendlichen aus (vgl. Jasper 2006).

Dieses Unterrichtsverfahren wird nach Höttecke (2001a, S. 213-214) wie folgt beschrieben: Mit Hilfe von historischen Texten werden Situationen, wie eine Diskussion unter Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen oder ein Experiment, nachgespielt bzw. nachgestellt. Die Nachstellung einer historischen Kontroverse verdeutlicht die Relevanz einer Diskussion innerhalb einer wissenschaftlichen Gemeinschaft. Damit sich die Lernenden mit den von ihnen gespielten Personen besser identifizieren können, wäre auch eine kurze biographische Beschreibung der Rolle von Vorteil. Dies erleichtert den Kindern das Hineinfühlen in die zu spielende Person und das Verstehen seiner bzw. ihrer Lebens- und Arbeitssituation.

Die Vorbereitung von Simulationen historischer Begebenheiten ist durchaus zeitintensiv und auch die Einbettung in einen Unterrichtsinhalt, zu dem die Kinder vor dem Rollenspiel bereits ein Vorwissen haben müssen, darf nicht vergessen werden. Jedoch stellt diese Unterrichtsmethode eine innovative und motivierende Methode dar, die der Erfüllung des Lehrplans entgegenkommt.

Anregungen zu Rollenspielen bietet die Zeitschrift „Naturwissenschaften im Unterricht Chemie“ im Themenheft „Nature of Science“ (2010): „Ein Interview mit Berzelius“ von Henke & Höttecke (S. 73-75), „Forscher als Wegbegleiter der modernen Kriegsführung“ von Schaake (S. 56-61) „Das Haber-Bosch-Verfahren - eine tragende Säule der Welternährung“ von Schaake (S. 62) oder „Contergan-Ein pharmakologischer Alptraum“ von Schaake (S.62f).

5.4 Das historisch-problemorientierte Unterrichtsverfahren

In diesem Unterrichtsverfahren steht das selbstständige Erarbeiten der Schüler und Schülerinnen von Erkenntnissen im Mittelpunkt (Jansen 2009, S. 3), sie erwerben dadurch von der Gesellschaft geforderte Qualifikationen, wie *„Erkennen von Problemen, Entwickeln von Lösungsstrategien, Kritisches Methodenbewußtsein [!], Aufbau einer rationalen Grundhaltung, Kommunikationsfähigkeit, Teamfähigkeit und Kreativität“* (ebenda).

Der historisch problemorientierte Unterricht rekonstruiert Problemsituationen der Vergangenheit und Schüler und Schülerinnen sollen mit Hilfe von historischen Quellentexten und Experimenten Teilschritte des Lösungswegs gehen, wodurch sie erfahren, wie sich wissenschaftliche Vorstellungen, Ideen und Theorien entwickeln (vgl. Bader et al. 2002, S. 212). Wie bereits bei den weiter oben erwähnten Unterrichtskonzepten ist die Auswahl des Quellenmaterials von großer Bedeutung, es geht nicht um die Vollständigkeit der Wissenschaftsgeschichte, sondern viel mehr um eine exemplarische Auswahl, um wesentliche Erkenntnisprozesse der Naturwissenschaften aufzuzeigen (vgl. ebenda).

Ein zentraler Aspekt dieses entdeckenden Unterrichtsverfahrens stellt das eigenständige Erarbeiten von Inhalten dar. Stoßen Schüler und Schülerinnen im Laufe ihres Lernprozesses auf ein Problem, bietet die Lehrkraft kleine Hilfestellungen (history lifts) an. Diese Information gibt nicht *„die Autorität der Lehrerin oder des Lehrers [...]“*, sondern *die historische Persönlichkeit, der Wissenschaftler selbst, der seine Gedanken über das Problem offenbart“* (Bader et al. 2002, S. 212f). Bader et al. (2002, S. 213) empfehlen derartige Hilfestellungen bei:

- *der Entwicklung einer Theorie oder großer Ideen*, um den Schülern und Schülerinnen einen Einblick in die spekulative und kreative Arbeit der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen zu geben, damit sie erkennen, dass naturwissenschaftliches Wissen nicht so linear ist, wie in den Schulbüchern dargestellt. Weiters erfahren die Lernenden, dass heute „gültige“ Theorien nicht immer von Anfang an akzeptiert wurden, sondern in Konkurrenz zu anderen standen, da keine eindeutige Entscheidung möglich war. Sie sollen die Begrenztheit von Theorien und

Modellen verstehen und ein besseres Verständnis von naturwissenschaftlicher Problemlösung und Theorienbildung erwerben.

- *der Einführung von Stoffklassen mit Hilfe ihrer Entwicklungsgeschichte.* Schüler und Schülerinnen haben die Möglichkeit, zum Beispiel an Hand historischer Texte, die Entdeckungsgeschichte neuer Inhalte zu erforschen.
- *dem Erkennen der Naturwissenschaften als eine Aktivität des Menschen, die durch die Gesellschaft geprägt ist.* Forscher und Forscherinnen, ihr Leben, ihr Arbeiten stehen im Mittelpunkt, Schüler und Schülerinnen sollen Persönliches erfahren. Zum Beispiel welche Ziele sie verfolgt haben und wie sie Ergebnisse interpretierten.

Sowohl Bader et al. (2002, S. 214-216) als auch Jansen (2009, S. 5-9) stellen konkrete Konzepte zu den Themen „Die Aufklärung der tetraedrischen Struktur des Methanmoleküls und seiner Derivate“ (Bader et al.), „Diamant“, „Die Batterie der Pather“ und „Alkohol“ (Jansen) vor. Auch Thiemann et al. (2000, S. 9-10) erarbeiteten in der Zeitschrift „Naturwissenschaften im Unterricht“ Chemie (Geschichte der Chemie) ein Unterrichtskonzept zum Thema „Luft und Sauerstoff“.

5.5 Historical-investigative approach

Kipnis (1996, S. 277-292) beschreibt den historisch erforschenden Denkansatz als eine Kombination des demonstrativen traditionellen Experimentalunterrichts, dessen Ziel es ist, Fakten zu „verifizieren“ und dem offenen Experimentieren, bei dem Schüler und Schülerinnen selbstständig arbeiten und ein „richtiges“ Ergebnis nicht im Mittelpunkt steht. Die Lernenden schlüpfen in die Rolle eines Forschers oder einer Forscherin der vergangenen Tage und haben die Möglichkeit, frei zu arbeiten und zu forschen. Sie beobachten, interpretieren und diskutieren Ergebnisse, die als „wahr“ bezeichnet werden, wenn die Gemeinschaft der „Forscher und Forscherinnen“ zustimmt. Die Lehrkraft nimmt in diesem Unterrichtsverfahren lediglich eine unterstützende Rolle ein. Zu beachten ist jedoch, dass Schüler und Schülerinnen erst das erforschende Arbeiten erlernen müssen, und auch während des Forschens sollte es immer

wieder Diskussionen geben, die dem Austausch der bisherigen Ergebnisse und Erfahrungen dienen. Auch die richtige Auswahl des Equipments, also mögliche Instrumente, die zum Forschen verwendet werden können, ist von großer Bedeutung. Als eine kostengünstige Variante hat sich der Nachbau historischer Instrumente mit Materialien von heute erwiesen. Dadurch wird auch die Bedeutung einer bereits bestehenden Erfindung verdeutlicht, an die die Forscher bzw. die Forscherinnen (in diesem Fall die Lernenden) anknüpfen können. Heranwachsende erkennen, dass wissenschaftliche Erkenntnisse einem Prozess unterliegen, bei dem Wissen erweitert, ersetzt oder widerlegt wird. Schüler und Schülerinnen sollen mit Hilfe des Historischen ein besseres Verständnis dafür bekommen „*how new scientific knowledge comes into being*“ (Kipnis 1996, S. 290). Außerdem erfahren sie wie schwierig es sein kann, zu einem Ergebnis zu gelangen und verstehen in weiterer Folge naturwissenschaftliche Forschungsprozesse besser (vgl. Kipnis 1996, S. 277-292).

Dieses Unterrichtsverfahren orientiert sich am inquiry learning (vgl. Kapitel 2.3.4), das auch ohne historische Aspekte durchführbar ist. Hofheinz (2008, S. 109) unterscheidet zwischen drei Öffnungsmöglichkeiten:

1. Probleme und Lösungswege sind den Schülern und Schülerinnen vorgegeben.
2. Nur das Problem ist vorgegeben, Lösungswege und Antworten müssen eigenständig erarbeitet werden.
3. Probleme, Lösungswege und Antworten sind von den Lernenden selbst zu entdecken.

Der Öffnungsgrad von Punkt drei entspricht dem der oben angeführten Methode nach Kipnis (1996, S. 277-292).

Des Weiteren beschreibt Hofheinz (2008, S. 162-171) in seiner Dissertation „Erwerb von Wissen über ‚Nature of Science‘ “ ein Unterrichtskonzept des eigenständigen, naturwissenschaftlich orientierten Arbeitens zum Thema „Hightech in der Babywindel“.

5.6 Interaktive historische Vignette

Kapitel 5.6 bezieht sich im Wesentlichen auf Wandersee & Griffard (2002, S. 29-46) und Roach & Wandersee (1995). Des Weiteren wird dieses Unterrichtskonzept genauer als die weiter oben angeführten Konzepte beschrieben, da hierzu zwei konkrete Beispiele im Zuge dieser Diplomarbeit erarbeitet wurden (Abschnitt 5.7 und 5.8).

Interaktive historische Vignetten (IHV) sind kurze, mit Bedacht ausgewählte Ausschnitte aus der Wissenschaftsgeschichte, mit deren Hilfe gewisse Aspekte der Natur der Naturwissenschaften für Schüler und Schülerinnen erfahrbarer werden (vgl. Carvalho 2003, S. 3). Die IHV unterstützt die Lernenden beim Verknüpfen von Informationen und hilft diese in vorhandenes Wissen zu integrieren. Außerdem wecken interaktive historische Vignetten das Interesse, denn *„everyone loves a good story“* (Roach & Wandersee 1995, S. 1). Eine Vignette ist *„an attention-grabbing slice of a bigger story“* (ebenda). Sie soll einmal pro Woche in den naturwissenschaftlichen Unterricht integriert werden und ca. 10 bis 15 Minuten in Anspruch nehmen. Die zum Thema passende, vom Lehrer bzw. von der Lehrerin erstellte, auf historisch korrekten Begebenheiten beruhende Geschichte darf durchaus auch fiktive Teile beinhalten, wie zum Beispiel ein Gespräch. IHVs können von bekannten Naturwissenschaftlern handeln oder auch von unbekannten. Auch Frauen sollten ein zentrales Thema sein, denn mit Hilfe eines „weiblichen Aspekts“, im ohnedies männlich dominierten naturwissenschaftlichen Unterricht, erkennen die Schüler und Schülerinnen, dass Naturwissenschaften von Männern und Frauen betrieben werden. Außerdem haben dadurch auch die Mädchen die Möglichkeit, sich mit einer historischen Person zu identifizieren. Dies unterstützt unter anderem die Interessenssteigerung der Schülerinnen am Fach.

Die Entwicklung einer interaktiven historischen Vignette (vgl. Wandersee & Griffard 2002 und Carvalho 2003, S. 3), dargestellt in Abbildung 22, beginnt mit dem Lesen der Wissenschaftsgeschichte über einen bestimmten Wissenschaftler oder einer Wissenschaftlerin. Anschließend wählt die Lehrkraft einen Schlüsselmoment im Leben dieser Person aus und überlegt, welcher Aspekt der

Natur der Naturwissenschaften behandelbar wäre. Danach erfolgt das Erstellen der IHV nach bestimmten Kriterien:

1. Eine kurze Vorstellung des Naturwissenschaftlers bzw. der Naturwissenschaftlerin
2. Kontext und Basis des Ereignisses
3. Entscheidungspunkt und mögliche Alternativen
4. Ausgang des Ereignisses

Die im „*docudrama style*“ (Wandersee & Griffard 2002, S. 36) geschriebene Geschichte umfasst maximal sechs Minuten.

Im einleitenden Teil der interaktiven historischen Vignette stellt die Lehrkraft zunächst einen Kontext zum Ereignis her, hinterfragt bestimmte Sachverhalte und lässt die Schüler und Schülerinnen darüber nachdenken. Am entscheidenden Punkt unterbricht der Lehrer bzw. die Lehrerin die Erzählung und gibt den Lernenden Zeit über die Situation nachzudenken, und sich einen möglichen Ausgang der Geschichte zu überlegen. Anschließend wird in der Gruppe über die diversen Möglichkeiten diskutiert, um verschiedene Standpunkte zu betrachten.

Nach der Diskussion präsentiert die Lehrkraft den Ausgang des Ereignisses, die Annahmen der Schüler und Schülerinnen aus der Diskussion werden mit dem tatsächlich Geschehenen verglichen. Die IHV wird mit den Naturwissenschaften, der Natur der Naturwissenschaften und naturwissenschaftlichen Kennzeichen verknüpft. Roach & Wandersee (1995) empfehlen das Besprechen von Fragen wie „Was ist der Unterschied zwischen früher und heute?“, „Was könnte anders sein, hätte sich die Person anders entschieden?“, „Welche Merkmale eines Wissenschaftlers bzw. einer Wissenschaftlerin enthält die Geschichte?“ oder „Was hast du über die Natur der Naturwissenschaften erfahren?“. Manche dieser Fragestellungen, wie die Frage nach der Natur der Naturwissenschaften oder die Merkmale eines Wissenschaftlers bzw. einer Wissenschaftlerin, könnten jedoch auf Verständnisschwierigkeiten bei Schülern und Schülerinnen stoßen.

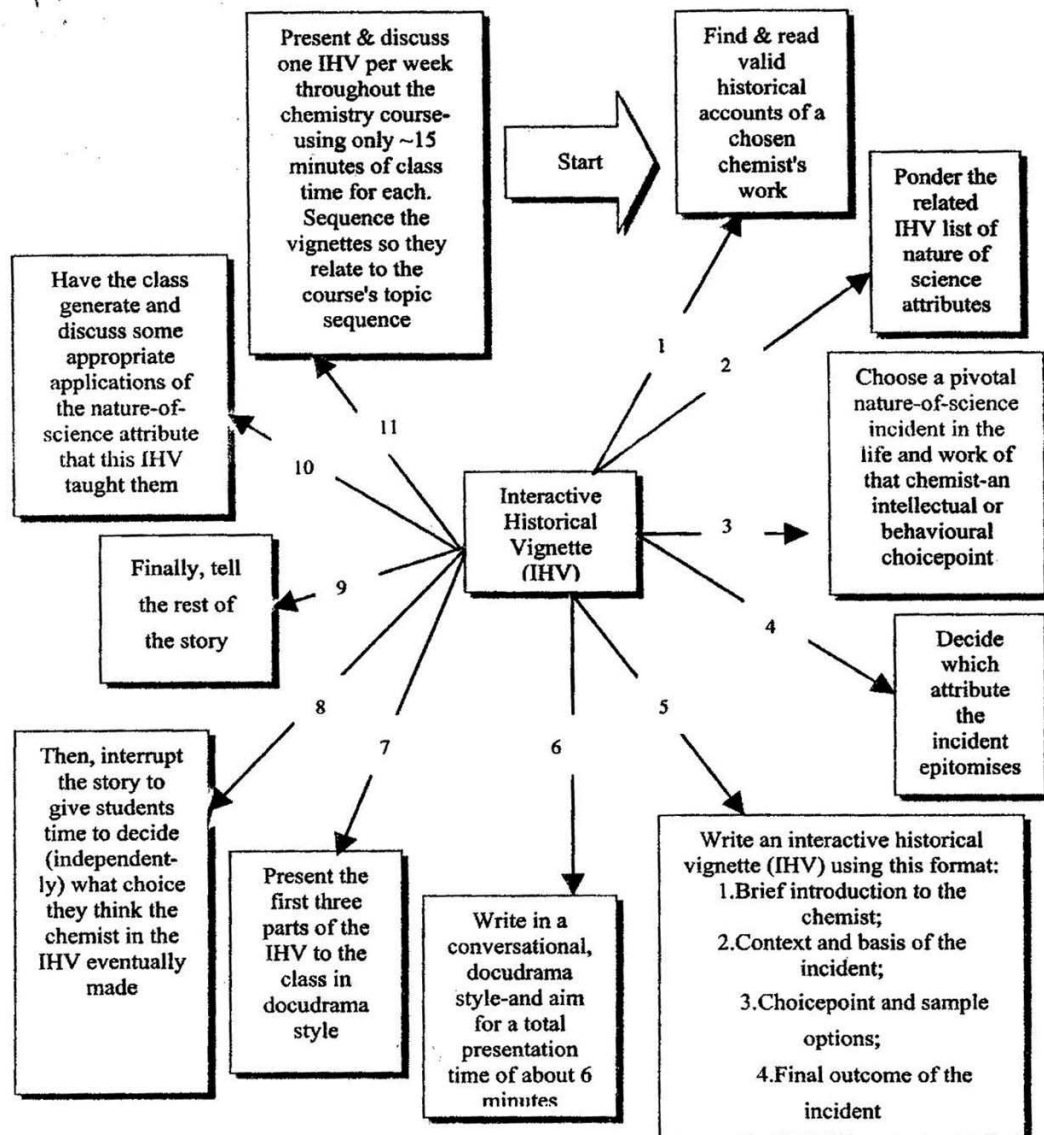


Abbildung 22: Konstruktionsanleitung für eine interaktive historische Vignette (Wandersee 2002, S. 36)

Von der Lehrkraft zur Verfügung gestellte Literaturlisten oder andere Quellen, ermöglichen den interessierten Lernenden mehr zu erfahren. Auch das Erstellen einer IHV von den Kindern selbst bietet eine Möglichkeit, jedoch mit Hilfestellungen des Lehrers bzw. der Lehrerin. Die interaktive historische Vignette, die von den Heranwachsenden gestaltet wurde, könnte auch jede Woche einen anderen Wissenschaftler oder eine andere Wissenschaftlerin vorstellen, unter dem Motto „*Scientist of the Week*“ (Roach & Wandersee 1995, S. 5).

Schwingenschlögl (2009) fasst in ihrer Diplomarbeit nach Roach & Wandersee (1995) den Nutzen der interaktiven historischen Vignette für den Unterricht wie folgt zusammen:

- Die IHV zeigt den historischen Werdegang der Naturwissenschaften und verknüpft die Vergangenheit mit der Gegenwart. Lernende erfahren, dass sich naturwissenschaftliches Wissen entwickelt und veränderlich ist.
- Durch das Miteinbeziehen der Heranwachsenden in die Geschichte, durch Fragen, Diskussion usw., wird das Interesse dieser geweckt.
- Schüler und Schülerinnen werden durch die IHV zu Diskussionen angeregt.
- IHVs verdeutlichen Naturwissenschaften als Aktivität von Menschen.
- Durch die IHV erhalten die Heranwachsenden weitere Informationen zu einem Sachverhalt und können diese mit bereits bestehenden Wissen verknüpfen, dadurch verspricht man sich eine Verbesserung des Verständnisses neuer Konzepte
- Die Verwendung von IHVs im Unterricht ermöglicht den Lernenden Wissen *in* und *über* die Naturwissenschaften zu entwickeln.

Wie bereits weiter oben erwähnt, ermöglicht die Verwendung einer interaktiven historischen Vignette laut Wandersee & Griffard (2002, S. 37) und Roach & Wandersee (1995, S. 3f) das Berücksichtigen folgender Aspekte der Natur der Naturwissenschaften im Unterricht:

- Empirismus
- Determinismus, Abhängigkeit des menschlichen Willens von äußeren Einflüssen
- Respekt vor dem bisherigen Wissen
- Naturwissenschaftliches Wissen ist vorläufig, veränderlich und begrenzt.
- Viele auf Evidenzen basierende Methoden finden in Erkenntnisprozessen Anwendung.
- Wissenschaft ist das Suchen nach Wissen. Durch die Anwendung naturwissenschaftlichen Wissens, verändert die Technik die Um- oder Lebenswelt des Menschen.

- Kreativität, Vorstellungskraft, Neugierde etc. sind wesentlich für die Tätigkeit als Naturwissenschaftler oder Naturwissenschaftlerin.
- Naturwissenschaften erforschen die Natur.
- Skepsis
- Präzision
- Wissensdurst
- Naturwissenschaften bemühen sich um einfache Erklärungen, oft mit zur Hilfenahme der Mathematik.
- Respekt vor Bewertungen und Messungen
- Verständnis für Wahrscheinlichkeit und Statistik etc.

Neben den nachfolgenden Beispielen, die im Zuge dieser Diplomarbeit erstellt wurden, finden sich zwei weitere interaktive historische Vignetten zu den Themen „Clara Immerwahr“ und „Teflon“ in der Arbeit von Anja Schwingenschlögl (2009, 73-79 und S. 80-83).

5.7 Interaktive historische Vignette: Kernspaltung

In diesem Kapitel finden die Ausführungen von Kapitel 5.6 zum Thema „Kernspaltung, eine gewagte Idee“ Anwendung. Die Wahl des durchaus physikalischen Themas wird dadurch begründet, dass für die Entdeckung der Kernspaltung der Chemie Nobelpreis verliehen wurde. Abgesehen davon bietet sich ein fächerübergreifender Unterricht (vgl. 5.7.3) zu diesem Thema an, bei dem die Heranwachsenden den interdisziplinären Charakter der naturwissenschaftlichen Fächer erkennen. Außerdem spricht dieses Thema, verpackt in einer IHV, viele Aspekte der Natur der Naturwissenschaften an und lässt eine Problematisierung des Energieverbrauchs und der Energiegewinnung im Unterricht zu.

Die im Zuge dieser Diplomarbeit erstellte interaktive historische Vignette befasst sich mit Otto Hahn, Lise Meitner und Fritz Strassmann, die gemeinsam eine bahnbrechende und revolutionäre Entdeckung machten. Als Quellen für die Erstellung der vorliegenden Vignette dienten Schneider (2002, S. 85-90), Zankl (2002, S. 144-149; 2005, S. 71-79) und die Internetadresse

<http://lise.univie.ac.at/physikerinnen/historisch/lise-meitner.htm#Studium>
[26.04.2011].

5.7.1 Interaktive historische Vignette: „Kernspaltung, eine gewagte Idee“

Zu nächst folgt eine kurze Vorstellung der Wissenschaftlerin Lise Meitner:

Lise Meitner, 1878 in Wien geboren, promovierte 1906 trotz zahlreicher Hindernisse an der Universität Wien mit dem Thema „Wärmeleitung im inhomogenen Körper“ in Physik. Sie war stets verunsichert, ob es ihr wirklich gelingen würde Wissenschaftlerin zu werden, so äußerte sie sich einmal:

„ich war sehr unsicher, ob ich in der Lage sein würde, Wissenschaftler zu werden, deshalb machte ich auch die Lehramtsprüfungen und absolvierte ein Probejahr an einer Mädchenschule, um mir diese Möglichkeit offen zu halten. Gleichzeitig versuchte ich, meine wissenschaftliche Ausbildung weiter zu bringen und arbeitete an Prof. Boltzmanns Institut⁷“.

1907 ging Lise Meitner nach Berlin, um Vorlesungen über die theoretische Physik von Max Planck zu besuchen, der sie mit Otto Hahn, der 1879 in Frankfurt am Main geboren wurde, bekanntmachte und einer Zusammenarbeit der beiden zustimmte. In Berlin wurden Lise Meitner viele Steine in den Weg gelegt: Max Planck fragte sie beispielsweise bei ihrer Ankunft *„Sie haben doch schon den Dokortitel; was wollen sie denn jetzt noch⁸“*, weiters durfte sie das Institut nur durch den Hintereingang betreten.

Als Otto Hahn kurz vor dem ersten Weltkrieg ans „Kaiser Wilhelm Institut für Chemie“ in Berlin-Dahlem berufen wurde, durfte sie ihm als seine Assistentin folgen. Einige Jahre später wurde Lise Meitner zur Professorin ernannt und hatte einige Abteilungen übernommen. Trotzdem arbeiteten sie und Otto Hahn weiterhin miteinander, denn durch sein Wissen über die Chemie, bezüglich der Planung und Durchführung von Experimenten und ihrem Wissen über theoretisch-physikalische

⁷ Zitat nach: <http://lise.univie.ac.at/physikerinnen/historisch/lise-meitner.htm#Studium>

⁸ Zitat nach: <http://lise.univie.ac.at/physikerinnen/historisch/lise-meitner.htm#Studium>

Grundlagen, waren sie ein gutes Team. So sagte Lise Meitner oft *„Hähnchen, lass mich das machen, von Physik verstehst du nichts“*⁹.

Im Anschluss an den ersten Teil können den Kindern Fragen, wie „Warum hatte Lise Meitner Sorgen keine Wissenschaftlerin zu werden, sie hat doch Physik studiert?“ oder „Welche Rolle hatte die Frau im frühen 20. Jahrhundert?“, gestellt werden.

Im zweiten Teil stellt der Lehrer bzw. die Lehrerin einen Kontext zum Thema her und beschreibt den weiteren Verlauf der Geschichte:

In den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts wurden die Neutronen entdeckt und viele Forscher und Forscherinnen auf der ganzen Welt verfolgten das Ziel, durch Neutronenbeschuss aus Uran „Transurane“, angeblich Elemente, die schwerer als Uran sind, herzustellen. Auch Otto Hahn und Lise Meitner interessierten sich für dieses Thema und zogen einen weiteren Chemiker namens Fritz Strassmann hinzu. Ihre intensive Zusammenarbeit wurde jedoch durch die Veränderung der politischen Situation, der Anschluss von Österreich an Deutschland im Jahre 1938, abrupt unterbrochen. Lise Meitner wurde aufgrund ihrer jüdischen Wurzeln zur Flucht nach Schweden gezwungen. Ihre Abreise riss eine große Lücke in die Forschungsarbeit des Teams und auch Lise Meitner beschrieb ihr Leben in Schweden als *„so leer, dass es wirklich nicht dafür steht, ein Wort darüber zu sagen“*¹⁰ und sie fühle sich wie eine *„Aufziehpuppe ohne wirkliches Leben“*¹¹.

Im dritten Teil kommt es zum entscheidenden Punkt an dem die Lehrkraft stoppt und die Schüler und Schülerinnen überlegen lässt, wie die Geschichte weiter gehen könnte:

Ein reger Briefwechsel ermöglichte Lise Meitner einen Einblick in die von Otto Hahn und Fritz Strassmann fortgesetzten Neutronenexperimente, außerdem

⁹ Zitiert nach: Zankl 2002, S. 147

¹⁰ Zitiert nach: Zankl 2002, S. 148

¹¹ Zitiert nach: Zankl 2005, S. 76

konnte sie ihren Kollegen dadurch mit Ratschlägen zur Seite stehen.

Die beiden in Berlin zurückgebliebenen Männer machten eine zunächst unerklärliche Entdeckung, von einem Element, das sich wie Radium verhielt, aber viel schneller zerfiel. Otto Hahn wandte sich daher an Lise Meitner:

„... es ist nämlich etwas bei den Radiumisotopen, das wir vorerst nur dir sagen ... es könnte noch ein merkwürdiger Zufall vorliegen. Aber immer mehr kommen wir zu dem schrecklichen Schluss: Unsere Ra-Isotope verhalten sich nicht wie Ra, sondern wie Ba ... vielleicht kannst du irgendeine phantastische Erklärung vorschlagen ...“¹².

Lise Meitner kam zu der kühnen These, dass der Urankern durch das zusätzliche Neutron zu einer, wie sie es nannte, „Spaltung“ angeregt wurde. Die Wissenschaftler und die Wissenschaftlerin trauten sich jedoch zunächst nicht, damit an die Öffentlichkeit zu gehen.

Nach der Diskussion über die möglichen Ausgänge erzählt die Lehrperson im vierten und letzten Teil der interaktiven historischen Vignette das Ende der Geschichte:

Sie schickten Lise Meitners Neffen Otto Frisch vor, um diese Entdeckung der Kernspaltung dem „Atompapst“ Niels Bohr vorzustellen. Niels Bohr war sich sofort der Tragweite dieser Entdeckung bewusst und präsentierte die in Berlin gewonnenen Ergebnisse auf einem amerikanischen Kongress. Kurz vor dem zweiten Weltkrieg war diese Erkenntnis von größter politischer und militärischer Bedeutung. Die sensationelle Nachricht verbreitete sich in Windeseile und wurde von mehreren Labors bestätigt.

Zuvor arbeiteten dutzende Labors am Neutronenbeschuss des Urankerns, doch niemand traute sich umzudenken, das Dogma infrage zu stellen, das besagte, dass bei den Elementumwandlungen nur die im Periodensystem nächsten Elemente entstehen würden. Doch Lise Meitner wagte diesen Schritt.

Leider wurde ihre Leistung nicht ausreichend honoriert. Zwar wurde 1944 der Nobelpreis in Chemie für die Entdeckung der Kernspaltung verliehen, jedoch war

¹² Zitiert nach: Zankl 2002, S. 148

Otto Hahn der alleinige Ehrenträger dieser Auszeichnung. Bis heute eine sehr umstrittene Entscheidung des Nobelpreiskomitees. Hinzukommt, dass bereits beim Überreichen des Preises 1945 die grausamen Folgen dieser bahnbrechenden Entdeckung Realität geworden waren. Die Forschungsarbeit der drei wurde sowohl von Deutschland (unter der Führung Hitlers) als auch von den USA intensiv weitergeführt. Die riesige Energie, die bei der Kernspaltung frei wird, wurde für den Bau einer Bombe genutzt. Am 6. August 1945 fiel die erste Atombombe und traf Hiroshima.

Zu Ehren Lise Meitners wurde nach ihrem Tod ein Transuran nach ihr benannt, das „Meitnerium“, und die 1959 in Berlin gegründete Kernforschungseinrichtung mit dem Namen „Hahn-Meitner-Institut“.



Abbildung 23: Otto Hahn, Lise Meitner und Fritz Straßmann (Schneider 2002, S. 87)

5.7.2 Was können Schüler und Schülerinnen daraus über NOS lernen?

Im Zuge der interaktiven historischen Vignette, nach Beendigung des dritten Teils, fragt die Lehrkraft nach dem Ausgang der erzählten Geschichte. Welche Möglichkeiten gibt es? Was wird mit der Entdeckung geschehen?

Erkennen die Kinder die Tragweite dieser Entdeckung, knüpfen sie Zusammenhänge mit späteren Ereignissen, wie das Abwerfen der Atombomben? Wie sehen sie die Rolle von Lise Meitner, sind sie erstaunt, dass eine Frau wesentlich zu dieser Erkenntnis beitrug? Wie reagieren die Mädchen?

Nach dem Erzählen des vierten und letzten Teils werden die vorherigen Annahmen mit dem tatsächlichen Ausgang verglichen. Das anschließende Eingehen auf folgende Aspekte der Natur der Naturwissenschaften wird ermöglicht:

- *Frauen in der Wissenschaft, Veränderung stereotyper Vorstellungen, wie, „Wissenschaftler sind immer Männer“* und auch der *kulturelle und gesellschaftliche Aspekt* wird behandelt: Diese IHV zeigt die Hindernisse, die einer Wissenschaftlerin oft begegneten, die Rolle der Frau im ausgehenden 19. und beginnenden 20. Jahrhundert wird verdeutlicht. Die Lernenden erkennen, dass Wissenschaft nicht eine reine Männerdomäne ist und Frauen genauso zu Erkenntnisprozessen beigetragen haben und beitragen. In diesem Zusammenhang ist auch eine *Richtigstellung der Vergangenheit* wichtig, in der Lise Meitner oft nur als Assistentin anerkannt und ihr Verdienst meistens außer Acht gelassen wurde.
- *Forscher und Forscherinnen arbeiten nicht alleine*: Diese Geschichte zeigt Naturwissenschaften als Teamarbeit, auch wenn möglicherweise nur einzelne Personen, in diesem Fall Otto Hahn, dafür geehrt werden. Durch den regen Austausch unter den Wissenschaftlern und der Wissenschaftlerin war ein Erkenntnisprozess möglich.
- *Wissen ist vorläufig und wandelbar*: Auch der vorläufige und wandelbare Charakter naturwissenschaftlichen Wissens wird für die Schüler und Schülerinnen erfahrbar. Lise Meitner hat sich getraut umzudenken, bereits vorhandenes Wissen ist auf einmal nicht mehr richtig und unumstößlich.

Ein weiterer von der Gesellschaft geforderter und im Lehrplan verankerter Aspekt findet mit Hilfe dieser IHV Einzug in den Unterricht. Das *kritische selbstständige Überlegen und Abwägen von Risiken* naturwissenschaftlicher Erkenntnisse in deren Anwendung. Schüler und Schülerinnen könnten mit folgenden Frage konfrontiert werden: War den Amerikanern die Tragweite des Einsatzes der Atombombe bewusst? Hätten Lise Meitner, Otto Hahn und Fritz Strassmann weiter geforscht, wenn sie gewusst hätten, wofür ihre Entdeckung

in naher Zukunft verwendet wird? Oder wussten sie es vielleicht und das militärische und politische Interesse standen auch bei ihnen im Vordergrund? Lernende sollen sich überlegen wer für naturwissenschaftliches Wissen Verantwortung trägt? Sind das die Experten und Expertinnen, die Politiker und Politikerinnen oder jeder einzelne Bürger bzw. jede einzelne Bürgerin? Ist eine Beeinflussung der Anwendung von naturwissenschaftlichem Wissen möglich, zum Beispiel durch Wahlentscheidungen? Wer finanziert Forschung, woher kam/kommt das Geld?

5.7.3 Wie kann das Thema in den Unterricht eingebunden werden?

Interaktive historische Vignetten sollten immer mit dem Unterrichtsinhalt abgestimmt sein, daher folgt nun ein Vorschlag wie Unterricht aussehen könnte, in dem diese IHV zum Einsatz kommt.

Aufgrund der aktuellen Ereignisse in Fukushima im Jahr 2011 und auch den vergangenen in Tschernobyl im Jahr 1986 ist ein Besprechen der Kernenergie im Unterricht unabdinglich. Schüler und Schülerinnen müssen erfahren, welche Alternativen es zu fossilen Brennstoffen und zur Kernenergie gibt, wie beispielsweise Wind-, Osmose-, Gezeiten- oder Wasserkraftwerke etc.

Auch das Thema „Energieverbrauch“ könnte in diesem Zusammenhang in den Chemieunterricht integriert werden. Schüler und Schülerinnen sollten sich über ihren eigenen Verbrauch Gedanken machen, die Lehrkräfte könnten die Heranwachsenden dazu animieren diesen zu beobachten und sich Fragen zu stellen, wie: Schalte ich immer das Licht aus, wenn ich einen Raum verlasse? Muss der Computer eingeschaltet bleiben, auch wenn ihn niemand verwendet? Wie könnte ich Energiesparen? Wie ist das Verhalten meiner Eltern?

Ein fächerübergreifender Unterricht wäre ebenfalls vorstellbar. Die Physik und Chemie könnten die nötigen Grundlagen zum Thema Kernspaltung liefern, im Biologieunterricht wäre eine Beschäftigung mit den Auswirkungen radioaktiver Strahlung auf den menschlichen Körper bzw. der Umwelt denkbar und die Geschichte hilft den Schülern und Schülerinnen aus bereits Geschehenem (Einsatz der Atombomben, Atomkraftwerkunfälle - Versuchsatomkraftwerk Lucens (Schweiz), Kernkraftwerk Three Mile Island (USA) oder Kernkraftwerk

Tschernobyl (Ukraine) - und die Volksabstimmung über das AKW Zwentendorf) zu lernen.

5.8 Interaktive historische Vignette: Penicillin

Dieses Kapitel führt ein weiteres Beispiel einer interaktiven historischen Vignette, in der die Unordnung des Chemikers Sir Alexander Fleming und ein glücklicher Zufall im Mittelpunkt stehen, an. Als Quellen für die Erstellung dieser IHV dienten Zankl (2002, S. 84-92), Schury (2006, S. 108-114), Schneider (2002, S. 39-48) und die Internetadresse [11.05.2011].

http://nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1945/fleming-bio.html

5.8.1 Interaktive historische Vignette: „Penicillin, ein glücklicher Zufall“

Zu nächst wird der Wissenschaftler, um den es in dieser Vignette geht, von der Lehrkraft kurz vorgestellt:

Alexander Fleming wurde am 6. August 1881 in Schotland geboren. Bereits mit 13 Jahren wurde er zu seinem älteren Bruder nach London geschickt, um dort eine Schule zu besuchen. Aus Geldmangel musste er die Schule abbrechen und bei einer Reederei anheuern. Dieser Beruf erfreute ihn jedoch nicht und im Alter von 20 Jahren begann Alexander Fleming, aufgrund einer Erbschaft und den nun vorhandenen finanziellen Mitteln, seine Ausbildung zum Arzt. Nach seiner mit Auszeichnung bestandenen Prüfung wollte er sich eigentlich der Chirurgie widmen, ein Kollege von ihm animierte Alexander Fleming jedoch sich bei einem Impflabor zu bewerben. Alexander Fleming wurde Mitarbeiter im Labor von Dr. Almroth Wright.

Im zweiten Teil der Geschichte wird der Kontext zum Thema hergestellt:

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren die hygienischen Bedingungen und auch die medizinische Versorgung wesentlich schlechter als heutzutage. Im Ersten Weltkrieg beispielsweise verloren viele Soldaten Gliedmassen oder verstarben

sogar, weil ihre Wunden nicht richtig versorgt werden konnten und sich Infektionen gebildet haben. So stellte Alexander Fleming, der in der Kriegszeit als Arzt in Nordfrankreich tätig war, fest: „Umgeben von all diesen infizierten Wunden ... war ich von dem Wunsch erfüllt etwas zu entdecken, das diese Mikroben abtötet“¹³.

Nach Kriegsende kehrte Alexander Fleming ins Labor nach London zurück und begann intensiv nach einem Mittel das Bakterien abtötet zu suchen. Kleine Erfolge erreichte er bereits nach einer zufälligen Entdeckung von Lysozym, das sich aber als zu schwach herausstellte und nur bei harmlosen Bakterien wirkte.

Im dritten Teil der interaktiven historischen Vignette kommt es zum zentralen Punkt der Geschichte, an dem die Lehrkraft innehält und den Schüler und Schülerinnen Zeit gibt, sich Gedanken über einen möglichen Ausgang der Geschichte zu machen:

Alexander Fleming war immer ein unordentlicher und leicht chaotischer Mensch, in seinem Labor standen zahllose Petrischalen herum. Auf den mit einem Nährboden bestrichenen flachen Glasschalen, züchtete Alexander Fleming Bakterien, unter anderem Staphylokokken. Auch im Sommer 1928, als er auf Urlaub ging, blieben die Petrischalen so wie sie waren im Labor zurück.

Bei seiner Rückkehr stellte er grimmig fest, dass seine Bakterienkulturen geschimmelt waren, wütend auf sich und seine Unordnung, meinte er: „Das habe ich nun davon, lauter Schimmel. Das gibt es doch nicht, jetzt kann ich alles wegschmeißen!“

Nach der Diskussion über die möglichen Ausgänge erzählt der Lehrer bzw. die Lehrerin den tatsächlichen Ausgang der Geschichte:

Alexander Fleming entdeckte kurz bevor er die Petrischalen reinigen wollte bei einer etwas Besonderes. Unter dem Schimmel auf der Nährschicht waren keine Bakterien mehr zu sehen. Der Schimmelpilz, der später den Namen „Penicillin“

¹³ Zitiert nach: Zankl 2002, S. 85

erhält, hat die Bakterien abgetötet. Die neue Entdeckung wurde jedoch aufgrund von fehlenden Fachkräften nur wenig untersucht und auch Alexander Fleming veröffentlichte seine Ergebnisse lediglich in einer britischen Fachzeitschrift.

Es sollte noch weitere zehn Jahre dauern bis die eigentliche Substanz isoliert werden konnte. Zahlreiche Arbeitsgruppen versuchten Alexander Flemings Erkenntnisse weiterzuentwickeln, so auch der australische Pathologe Howard Florey. Er arbeitete gemeinsam mit Ernst Chain zusammen. Später wurde Howard Florey eine Stelle in Oxford angeboten, die er auch annahm. Dort angekommen stellte er fest, dass die Schimmelpilzkultur von Alexander Flemming noch existiert und begann mit der Isolierung des Wirkstoffes.

Der Zweite Weltkrieg begann und die Notwendigkeit von Penicillin wuchs. Aus Angst, dass die deutschen Truppen in England einfallen und alle Pilzkulturen mitnehmen, trankten die beiden Forscher Florey und Chain sogar ihre Kleidung mit Penicillinkulturen.

1941 wurde die erste Behandlung mit Penicillin an einem Menschen durchgeführt. Die Therapie verlief zu nächst sehr gut jedoch war der Vorrat an Penicillin nicht ausreichend. Howard Florey stieß daraufhin auf ein neues Problem, er musste Penicillin in großen Mengen produzieren. Dies war jedoch aufgrund des Krieges in England unmöglich und so emigrierte er in die USA. Dort gelang schließlich eine Großproduktion des Wirkstoffes.

1945 erhielten Alexander Fleming, Howard Florey und Ernst Chain den Nobelpreis für Medizin.



Abbildung 24: Sir Alexander Fleming (nobelprize.org a)



Abbildung 25: Sir Howard Walter Florey (nobelprize.org b)



Abbildung 26: Ernst Boris Chain (nobelprize.org b)

5.8.2 Was können Schüler und Schülerinnen daraus über NOS lernen?

Wie auch bei der vorherigen interaktiven historischen Vignette fragt die Lehrkraft nach dem dritten Teil nach einem möglichen Ausgang der Geschichte. Folgende Fragen können zu Anregung gestellt werden: Was wird Alexander Fleming mit den Petrischalen tun? Wird er sie wirklich entsorgen? Ist er vielleicht so sauer, dass er sie wieder in ein Eck stellt und weiter schimmeln lässt? Verwendet er sie vielleicht für andere Versuche?

Nach dem Erzählen des vierten Teils werden die Annahmen der Kinder mit dem tatsächlichen Ausgang verglichen und der Lehrer bzw. die Lehrerin kann folgende NOS-Aspekte thematisieren:

- *Der kulturelle und gesellschaftliche Aspekt:* Die Forschung an Penicillin wurde aus gesellschaftlichen Gründen vorangetrieben. Viele bakterielle Infektionen forderten ihren Tribut, zahlreiche Forscher und Forscherinnen suchten fieberhaft nach einem Heilmittel um Infektionen zu behandeln oder diese vorzubeugen.
- *Naturwissenschaftliches Arbeiten ist kreativ:* Die Forscher, die an der Entwicklung des Wirkstoffes Penicillin arbeiteten, mussten viele Überlegungen tätigen diesen zu isolieren und dazu gehörten auch oftmals kreative Einfälle. Auch Alexander Flemming bewies Vorstellungskraft, er entsorgte die „verunreinigte“ Petrischale nicht einfach, sondern betrachtete sie genauer und entdeckte die Wirkung des Schimmelpilzes auf die Bakterienkultur.
- *Die wissenschaftliche Methode gibt es nicht:* Auch dieser Aspekt wird durch diese IHV verdeutlicht, denn Fleming machte zunächst eine zufällige Entdeckung und aufgrund mangelnder Fachkräfte konnte er seine Erkenntnisse nicht weiterentwickeln. Erst durch die Beschäftigung von Florey und Chain mit den Schimmelpilzen, waren ein Ausbauen und Anwenden des Wissens möglich. Diese Geschichte zeigt, dass naturwissenschaftliches Wissen nicht ohne Schwierigkeiten generiert wird, es bedarf vieler Faktoren, wie zum Beispiel das Vorhandensein von notwendigen Ressourcen und Fachkräften.

Bei dieser Vignette sollte die Lehrkraft jedoch unbedingt darauf hinweisen, dass wissenschaftliche Erkenntnisse nicht nur auf zufälligen Entdeckungen beruhen. Viel mehr liegt es nach der Entdeckung am Naturwissenschaftler bzw. an der Naturwissenschaftlerin selbst, was aus den Erkenntnissen wird.

5.8.3 Wie kann das Thema in den Unterricht eingebunden werden?

Das Thema „Penicillin“ fällt in den Bereich Biochemie und Gesundheits-erziehung, hierzu fordert der Lehrplan für Chemie eine Förderung der Entscheidungsfähigkeit in Bezug auf Medikamente, Drogen und Ernährung (vgl. BMUKK 2004b, S.3). Eine Einbettung wäre im Kapitel „Stoffwechsel“ denkbar, im Zuge dessen können die Auswirkungen von Alkohol, Drogen oder Medikamenten auf den Organismus besprochen werden.

Die Lehrkraft kann die Schüler und Schülerinnen aufklären welche Folgen die Einnahme von zu vielen Medikamenten haben kann, wie Antibiotika-Resistenzen oder Abhängigkeiten. Die Heranwachsenden sollen durch dieses Thema zum kritischen Denken angeregt werden, sie sollen erkennen, dass sie selber für ihre Entscheidungen verantwortlich sind und nicht leichtfertig Medikamente einnehmen sollten.

6 Schlussfolgerung und Ausblick

Die Schüler und Schülerinnen von heute sind die Erwachsenen von morgen! Innerhalb kürzester Zeit werden sie die neue für die Gesellschaft wichtige Generation sein, die maßgeblich Anteil an Entscheidungen politischer, ökonomischer, ethischer etc. Natur hat. Um diese Herausforderung meistern zu können, müssen die jungen Menschen zu kritischen, autonomen, reflektierenden Bürgern bzw. Bürgerinnen erzogen werden. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Schule, denn sie wirkt bei der Heranbildung der künftigen Erwachsenen mit. Lehrer und Lehrerinnen haben die Aufgabe, die Kinder und Jugendlichen zu fördern und ihre Interessen zu wecken, sie sollen ihnen helfen, einen Grundstock an Kompetenzen und Wissen, für ihr späteres Leben zu legen, um dieses meistern zu können.

Diese Grundbildung ist vor allem in Bezug auf die Naturwissenschaften von großer Bedeutung. Die Schnelllebigkeit dieser Wissenschaft macht es Menschen unmöglich alles zu wissen, es werden laufend neue Entdeckungen und Entwicklungen gemacht, sodass es zu einem exponentiellen Anstieg des naturwissenschaftlichen Wissens kommt. Es ist nicht die Aufgabe eines naturwissenschaftlichen Faches, den Kindern alle Inhalte zu vermitteln, dies wäre auch unmöglich. Vielmehr sollen sie den Schülern und Schülerinnen helfen eine naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) zu entwickeln. Ein Bestandteil dieser Grundbildung ist die Natur der Naturwissenschaften, sie hilft den Kindern Fachinhalte besser zu verstehen und ermöglicht ihnen einen Einblick in Erkenntnisprozesse. Außerdem eröffnet sie die Wissenschaft als Aktivität von Menschen, dadurch erkennen Schüler und Schülerinnen, dass auch naturwissenschaftliches Wissen durch verschiedene Faktoren wie soziales Umfeld und politisches Interesse beeinflusst wird. Des Weiteren werden naturwissenschaftliche Berufe für die Lernenden attraktiver, da sie erkennen, dass Naturwissenschaften nicht rein aus Fakten und Gesetzen bestehen, sondern diese auch ein Produkt des menschlichen Handelns und Entscheidens sind.

Eine in dieser Arbeit vorgestellte Methode, um die Natur der Naturwissenschaften in den Unterricht zu integrieren, stellt die Wissenschaftsgeschichte dar (vgl. Kapitel 3 und 5). Sie unterstützt die Lehrkräfte dabei, adäquate Ansichten über die Naturwissenschaften zu lehren. *„If students are not taught about the historical development of chemistry as they learn chemistry, they may perceive it as a body of dogma-eternally true and without limitations“* (Feifer 1964, S. 460; zit. nach: Wandersee & Griffard 2002, S. 40).

Die Online-Befragung ergab, dass die Geschichte der Chemie für die österreichischen Lehrer und Lehrerinnen durchaus wichtig ist (vgl. H4 und Diagramm 3), dennoch findet sie nur manchmal Platz in den Unterrichtsstunden. Dies wurde in Punkt 4.4.2 auf ein mögliches unzureichendes Wissen über die Wissenschaftsgeschichte zurückgeführt, aber auch der Zeitmangel könnte eine Rolle spielen. Laut den Ergebnissen der Umfrage erkennen die Lehrkräfte zum Teil die Wirkung der Behandlung der Wissenschaftsgeschichte auf das Lernen der Schüler und Schülerinnen. Eine Steigerung des Interesses und des Verständnisses für Fachinhalte und für die Entwicklung der Chemie wurde erkannt.

Bis heute ist der fachsystematische Unterricht die Methode „Nummer eins“ in den naturwissenschaftlichen Fächern, trotz seines Fehlschlagens, erkennbar am Desinteresse der Bevölkerung für Naturwissenschaften und durch das schlechte Abschneiden der Kinder in verschiedenen Studien wie PISA und TIMSS. Diese Art des Unterrichtens wird jedoch weiter bestehen, wenn die Lehrer und Lehrerinnen keine Alternativen sehen. Daher sollte in der Lehramtsausbildung vermehrt auf die Natur der Naturwissenschaften eingegangen werden. Zum einen, um den zukünftigen Lehrkräften eine Alternative für den „herkömmlichen“ Unterricht zu bieten und zum anderen, um *ihnen* ein adäquates Bild *über* die Naturwissenschaften zu verdeutlichen, denn oft sind auch Lehrer und Lehrerinnen vor inadäquaten Ansichten nicht gefeit.

Mögliche Alternativen, um mit Hilfe der Wissenschaftsgeschichte den Schülern und Schülerinnen das Fach Chemie bzw. generell naturwissenschaftliche Fächer näher zu bringen und ihnen die Möglichkeit zu geben, diese zu verstehen, anstatt bloß Fakten auswendig zu lernen, sind in Kapitel 5 angeführt. Jedoch

gibt es kaum Unterlagen bzw. Unterrichtsmaterialien im Speziellen für das Fach Chemie. Einige Beispiele liefert die Zeitschrift „Naturwissenschaften im Unterricht Chemie“ im Themenheft „Nature of Science“ (Rehm & Stäudel 2010) und die Homepage des International Journal of Chemical Education stellt Biographien von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen zur Verfügung („Biographical Snapshots“¹⁴). Weitere Literaturempfehlungen zum Thema Wissenschaftsgeschichte sind unter Kapitel 8.3 „Literaturempfehlungen für den Unterricht“ zu finden.

Nach jahrzehntelangem Diskutieren über die Relevanz der Natur der Naturwissenschaften im Unterricht ist nun die Zeit gekommen, Erkenntnisse dieser Diskussion in den Unterricht mit einfließen zu lassen. Lehrer und Lehrerinnen sollten NOS-Aspekte in ihren Unterricht integrieren und mögliche Konzepte dazu erarbeiten. Zwei konkrete für die Anwendung vorbereitete Konzepte, erstellt von der Autorin, werden in Punkt 5.7 und 5.8 näher beschrieben.

Abschließend ist zu sagen, dass noch ein langer Weg vor uns liegt. Lehrer, Lehrerinnen und auch Lehramtsstudierende müssen anfangen, sich über ihre Unterrichtsweise Gedanken zu machen, sie müssen immer wieder reflektieren und eventuell auch Verbesserungen vornehmen.

„Good teachers can rescue the worst curriculum, and bad teachers can kill the best“! (Matthews 1994, S. 82)

¹⁴ <http://jchemed.chem.wisc.edu/JCEWWW/Features/eChemists/bios.php>

7 Zusammenfassung

Die Naturwissenschaften und all ihre Errungenschaften, ihr Wissen, haben eine große Bedeutung für unser modernes Leben, sowohl die aus ihr resultierenden Bequemlichkeiten für den Menschen, z.B. durch das Nutzen eines Autos oder einer Mikrowelle, als auch die Folgen, beispielsweise den Klimawandel. Diese hochtechnisierte Gesellschaft verlangt nach Bürgern und Bürgerinnen, die autonom und kritisch sind, die eigene Meinungen, beispielsweise zu Themen der Wirtschaft, Politik oder Umwelt, haben und reflektieren. Die zukünftigen Erwachsenen müssen über eine naturwissenschaftliche Grundbildung verfügen, um mit neuen Erkenntnissen und Erfindungen umgehen oder diese kritisch bewerten zu können.

Diese Vorbereitung der Kinder und Jugendlichen auf ihr späteres Leben ist unter anderem durch die Schule durchzuführen. In diesem Sinne hat naturwissenschaftlicher Unterricht die Aufgabe, den Schülern und Schülerinnen die Entwicklung eines angemessenen Verständnisses von Naturwissenschaften und Technik zu ermöglichen, dazu muss jedoch der „Warencharakter“ des naturwissenschaftlichen Wissens, der Jahrzehnte lang in Schulen durch den fachsystematischen Unterricht tradiert wurde, aufgehoben werden. Dies gelingt durch die Thematisierung und die aktive Auseinandersetzung mit der Natur der Naturwissenschaften, durch die die Schüler und Schülerinnen inadäquate Vorstellungen erkennen und adäquate Ansichten entwickeln können. Neben einer möglichen Verbesserung des Wissenschaftsverständnisses der Heranwachsenden kann das Miteinbeziehen der Natur der Naturwissenschaften auch zu einer Interessenssteigerung bei Schülern und Schülerinnen führen.

Die Natur der Naturwissenschaften, auch Nature of Science kurz NOS, beinhaltet drei Aspekte: 1) den erkenntnistheoretischen, der sich mit der Wahrheit der Naturwissenschaften beschäftigt, 2) den wissenschaftstheoretischen, der auf die Frage „Was ist Naturwissenschaft?“ eingeht und 3) den ethischen, mit dessen Hilfe Risiken, moralische Bedenken usw. abgeschätzt werden.

Die durch unterschiedliche Disziplinen (nach McComas: Philosophie, Geschichte, Psychologie und Soziologie) beeinflusste Metastruktur der Naturwissen-

schaften findet bereits in einigen Projekten für den naturwissenschaftlichen Unterricht Anwendung, z.B. Science-Technology-Society (STS), PING oder Cuna.

Ein weiterer Weg NOS in den Unterricht zu integrieren führt über die Wissenschaftsgeschichte. Mit deren Hilfe den Schülern und Schülerinnen verdeutlicht wird, was Naturwissenschaften sind, wie sie funktionieren und wie sie das Leben bzw. die Gesellschaft beeinflussen. Heranwachsende erkennen diese als eine Aktivität des Menschen, wodurch naturwissenschaftliches Wissen als weniger abstrakt und begreifbarer erscheint. Die Wissenschaftsgeschichte zeigt den Kindern und Jugendlichen die Prozesshaftigkeit der Naturwissenschaften die nach Höttecke wie folgt unterteilt ist: 1) Naturwissenschaften sind Teil und Leistung der Kultur, 2) die Wissensgenese innerhalb der scientific community und 3) Arbeit in Forschungsteams. Durch das Betrachten der Geschichte der Naturwissenschaften wird erkennbar, dass Wissen nicht unumstößlich und hundertprozentig wahr ist und dass die Wissensgenese meist einem langen Prozess unterliegt.

Die Bedeutung der Wissenschaftsgeschichte für die österreichischen Chemielehrer und Chemielehrerinnen wurde mittels einer Online-Befragung erhoben. Die befragten Lehrkräfte empfinden die Geschichte der Chemie als durchaus wichtig, sie erkennen auch ihre Bedeutung hinsichtlich möglicher Wirkungen auf den Unterricht. Im Zuge der Befragung wurde angegeben, dass die Schüler und Schülerinnen interessiert an der Wissenschaftsgeschichte sind und dass diese ihnen hilft die Prozesshaftigkeit der Naturwissenschaften besser zu verstehen. Auch die Bedeutung von Rollenvorbildern für die Mädchen, also das Hervorheben von Wissenschaftlerinnen, wurde ermittelt, jedoch werden diese, meist aus Mangel an Wissen, nur selten erwähnt.

Anschließend an die Thematisierung des Soll-Zustands, also warum über die Natur der Naturwissenschaften gelehrt und gelernt werden soll, und die Ermittlung des Ist-Zustands, die mit Hilfe der Online-Befragung erfolgte, geht die vorliegende Arbeit auf mögliche Unterrichtskonzepte ein, die Aspekte der Natur der Naturwissenschaften mittels der Wissenschaftsgeschichte in den Unterricht integrieren. Hierzu werden auch zwei konkrete Beispiele der

interaktiven historischen Vignette zum Thema „Kernspaltung, eine gewagte Idee“ und „Penicillin, ein glücklicher Zufall“ angeführt. Des Weiteren finden sich unter Punkt 8.3 Literaturempfehlungen für den Unterricht, die Unterrichtskonzepte, die die Wissenschaftsgeschichte integrieren, beinhalten.

8 Quellenverzeichnis

8.1 Literatur

- Aikenhead, Glen; Fleming, Reg; Ryan, Alan. (1987): High-School Graduates' Beliefs about Science-Technology-Society. III. Characteristics and Limitations of Scientific Knowledge. *Science Education*. V71. n4. (S. 459-487); zit. nach: Höttecke, D. (2001): Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen. In: Niederer, H. & Fischler, H. (Hrsg.): Studien zum Physiklernen. Band 16. Berlin: Logos Verlag
- Almazroa, Hiya; Clough, Michael; McComas, William (1998): The Role and Character of the Nature of Science in Science Education. In: McComas, W. (Hrsg.): The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies. (S. 3-39). London u.a.: Kluwer Academic Publisher
- Bader, Hans; Lutz, Bernd; Pfeifer, Peter (2002): Konkrete Fachdidaktik Chemie. München: Oldenbourg Verlag
- Barman, Charles (1999). Students' views about scientists and school science: Engaging K-8 teachers in a national study. *Journal of Science Teacher Education*, 10 (1), (S.43-54); zit. nach: Finson, K. (2002): Drawing a scientist: What we do and do not know after fifty years of drawings. Online im Internet unter URL: http://findarticles.com/p/articles/mi_qa3667/is_200211/ai_n9160846/?tag=antle_skin;content [21.04.2011]
- Chambers, David (1983): Stereotypic Images of the Scientist. The Draw-A-Scientist Test. *Science Education*. V67. n2. (S. 255-265); zit. nach: Höttecke, D. (2001): Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen. In: Niederer, H. & Fischler, H. (Hrsg.): Studien zum Physiklernen. Band 16. Berlin: Logos Verlag
- Chamizo, José (2005): We teachers of chemistry, have become teachers of the history of chemistry ... but which type of history must we teach? In: 8. International History and Philosophy of Science Teaching Group International Conference. England. Online im Internet unter URL: <http://www.ihpst2005.leeds.ac.uk/papers/Chamizo.pdf> [4.02.2011]
- Carvalho, Wanderly & Carvalho, Carmen (2003): Roleplays in middle school science textbooks. A significant contribution to the history of science teaching. Online im Internet unter URL: http://www.modelab.ufes.br/xioste/papers/xioste_papero90.pdf [27.03.2011]
- Driver, Rosalind et al. (1996): Young People's Images of Science. Buckingham, Philadelphia: Open University Press; zit. nach: Höttecke, D. (2001): Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen. In: Niederer, H. & Fischler, H. (Hrsg.): Studien zum Physiklernen. Band 16. Berlin: Logos Verlag

- Evans, Robert et al. (Hrsg.) (2002): Scientific literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur allgemeinen Bildung. Opladen: Leske + Budrich.
- Feifer, Nathan (1964): Phlogiston revisited. Chemical theories, New and Old. Science Education (48). (S. 460-467); zit. nach: Wandersee, J. & Griffard, P. (2002): The History of Chemistry. Potential and Actual Contributions to Chemical Education. In: Gilbert, J. (Hrsg.): Chemical Education. Towards Research-based Practice. (S. 29-46). Netherlands: Kluwer Academic Publishers
- Finson, Kevin (2002): Drawing a scientist: What we do and do not know after fifty years of drawings. Online im Internet unter URL:
http://findarticles.com/p/articles/mi_qa3667/is_200211/ai_n9160846/?tag=mantle_skin;content [21.04.2011]
- Grafendorf, Andrea (2009): Kompetenzenprofil Naturwissenschaften. In: Schreiner, C. & Schwantner, U. (Hrsg.) (2009): PISA 2006. Österreichischer Expertenbericht zum Naturwissenschafts-Schwerpunkt. (S. 20-31). Graz: Leykam
- Grygier, Patricia (2008): Wissenschaftsverständnis von Grundschulern im Sachunterricht. Kempten: Klinkhardt. Im Internet unter URL:
http://books.google.at/books?id=EGSRonPd5jAC&printsec=frontcover&dq=grygier&hl=de&ei=TOivTbGeFMbT4waT2ISFDA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCoQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false [21.04.2011]
- Hofheinz, Volker (2008): Erwerb von Wissen über „Nature of Science“. Eine Fallstudie zum Potenzial impliziter Aneignungsprozesse in geöffneten Lehr-Lern-Arrangements am Beispiel von Chemieunterricht. Siegen: Univ., Diss. Online im Internet unter URL: <http://dokumentix.ub.uni-siegen.de/opus/volltexte/2008/357/pdf/hofheinz.pdf> [23.02.2011]
- Hofstein, Avi et al. (2005): Learning science through a historical approach. Does it affect the attitudes of non-science-oriented students towards science? In: International Journal of Science and Mathematics Education. (S. 485-507). Taiwan: National Science Council
- Höble, Corinna; Höttecke, Dietmar; Kircher, Ernst (Hrsg.) (2004): Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren
- Höttecke, Dietmar (2001a): Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen. In: Niederer, H. & Fischler, H. (Hrsg.): Studien zum Physiklernen. Band 16. Berlin: Logos Verlag
- Höttecke, Dietmar (2001b): Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der „Natur der Naturwissenschaften“. In: Duit, R. u.a. (Hrsg.): Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. Jg. 7. (S. 7-23). Kiel. Online im Internet unter URL: ftp://ftp.rz.uni-kiel.de/pub/ipn/zfdn/2001/S.7-23_Hoettecke_2001.pdf [08.03.2011]
- Höttecke, Dietmar (2004a): Schülervorstellungen über die „Natur der Naturwissenschaften“. In: Höble, C.; Höttecke, D.; Kircher, E. (Hrsg.): Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften. (S. 264-277). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren

- Höttecke, Dietmar (2004b): Wissenschaftsgeschichte im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Hößle, C.; Höttecke, D.; Kircher, E. (Hrsg.): Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften. (S. 43-56). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren
- Jansen, Walter (2009,.): Das historisch-problemorientierte Unterrichtsverfahren. Geschichte der Chemie im Chemieunterricht –ein Forschungsprojekt. Online im Internet unter URL: <http://www.chemiedidaktik.uni-oldenburg.de/material/unterrichtsverf.PDF> [22.03.2011]
- Jelinek, Andrea (2007): Historische Begebenheiten, Anekdoten und Experimente entlang des AHS-Chemielehrplans. Wien: Univ., Dipl.
- Justi, Rosaria & Gilbert, John (1999): History and philosophy of science through models. The case of chemical kinetics. Science and Education 8; zit. nach: Wandersee, J. & Griffard, P. (2002): The History of Chemistry. Potential and Actual Contributions to Chemical Education. In: Gilbert, J. (Hrsg.): Chemical Education. Towards Research-based Practice. (S. 29-46). Netherlands: Kluwer Academic Publishers
- Kipnis, Nahum (1996): The 'historical-investigative' approach to teaching science. In: Science and Education. (S. 277-292). Niederlande: Kluwer Academic Publishers
- Kircher, Ernst (1995): Studien zur Physikdidaktik. Erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Grundlagen. Kiel: IPN
- Kircher, Ernst & Dittmer, Arne (2004): Lehren und lernen über die Natur der Naturwissenschaften. Ein Überblick. In: Hößle, C.; Höttecke, D.; Kircher, E. (Hrsg.): Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften. (S. 2-22) Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Kirchhoff, Sabine et al. (2000): Machen wir doch einen Fragebogen. Opladen: Leske + Budrich
- Krätz, Otto (1990): 7000 Jahre Chemie. Alchemie, die schwarze Kunst. Schwarzpulver. Sprengstoffe und Teerchemie. Farben. Kunststoffe. Biochemie und mehr. Von den Anfängen im alten Orient bis zu den neuesten Entdeckungen im 20. Jahrhundert. München: Georg D. W. Callwey GmbH & Co
- Kremer, Kerstin (2010): Die Natur der Naturwissenschaften verstehen – Untersuchungen zur Struktur und Entwicklung von Kompetenzen in der Sekundarstufe I. Kassel: Univ., Diss. Online im Internet unter URL: <https://kobra.bibliothek.uni-kassel.de/bitstream/urn:nbn:de:hebis:34-2010091734623/7/DissertationKerstinKremer.pdf> [23.02.2011]
- Labudde, P. (2000): Konstruktivismus im Physikunterricht der Sekundarstufe II. Bern: Haupt; zit. nach: Niedderer, H. & Schecker, H. (2004): Physik lernen und das Vorverständnis der Schüler. In: : Hößle, C.; Höttecke, D.; Kircher, E. (Hrsg.): Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften. (S. 248-263) Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Ledermann, Norman & Abd-El-Khalick, Fouad (1998): Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the Nature of Science. In: McComas,

- W. (Hrsg.): The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies. (S. 83-126). London u.a.: Kluwer Academic Publisher
- Lembens, Anja & Rehm, Markus (2010): Chemie und Demokratielernen – zwei unvereinbare Welten? In: Ammerer, H. et al. (Hrsg.): Politisches Lernen. Der Beitrag der Unterrichtsfächer zur politischen Bildung. Österreichischer Beitrag zur Geschichtsdidaktik. Bd. 5. (S. 281-302). Wien u.a.: Studien Verlag
- Lembens, Anja; Stadler, Helga; Weiglhofer, Hubert (2009a): PISA 2006 Naturwissenschaft. Das Konzept aus fachdidaktischer Sicht. In: Schreiner, C. & Schwantner, U. (Hrsg.): PISA 2006. Österreichischer Expertenbericht zum Naturwissenschafts-Schwerpunkt. (S. 32-41). Graz: Leykam
- Lembens, Anja; Stadler, Helga; Weiglhofer, Hubert (2009b): PISA Naturwissenschaft. Die österreichischen Ergebnisse aus fachdidaktischer Sicht. In: Schreiner, C. & Schwantner, U. (Hrsg.): PISA 2006. Österreichischer Expertenbericht zum Naturwissenschafts-Schwerpunkt. (S. 42-53). Graz: Leykam
- Matthews, Michael (1994): Science teaching. The role of history and philosophy of science. New York: Routledge.
- Matthews, Michael (1998): Foreword and Introduction. In: McComas, W. (Hrsg.): The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies. (S. xi-xxi). London u.a.: Kluwer Academic Publisher
- McComas, William (1998): The Principal Elements of the Nature of Science. Dispelling the Myths. In: McComas, W. (Hrsg.): The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies. (S. 53-70). London u.a.: Kluwer Academic Publisher
- McComas, William & Olson, Joanne (1998): The Nature of Science in international science education standards documents. In: McComas, W. (Hrsg.): The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies. (S. 41-52). London u.a.: Kluwer Academic Publisher
- Mead, Margaret & Métraux, Rhoda (1957): The Image of the Scientist among High-School Students. A Pilot Study. Science 126; zit. nach: Höttecke, D. (2004): Schülervorstellungen über die „Natur der Naturwissenschaften“. In: Höttecke, C.; Höttecke, D.; Kircher, E. (Hrsg.): Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften. (S.264-277). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren
- Meyling, Heinz (1990): Wissenschaftstheorie im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. Bremen: Uni., Diss.; zit. nach: Kircher, E. (1995): Studien zur Physikdidaktik. Erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Grundlagen. Kiel: IPN
- Möller, Kornelia (2001): Genetisches Lehren und Lernen – Facetten eines Begriffs. In: Cech, D. u.a. (Hrsg.): Die Aktualität der Pädagogik Martin Wagenscheins für den Sachunterricht. Walter Köhnlein zum 65. Geburtstag. (S. 15-30). Bad Heilbrunn: Klinkhardt. Im Internet unter URL: http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/didaktik_des_sachunterrichts/dokumente/literaturmoeller/genetischeslehrenlernen.pdf [23.03.2011]
- Monk, Martin & Osborne, Jonathan (1997): Placing the History and Philosophy of Science on the Curriculum. A Model for the Development of Pedagogy. London:

- John Wiley & Sons, Inc. Im Internet unter URL:
<http://www.csun.edu/~kdm78513/coursework/625/assignments/documents/philo-science.pdf> [16.03.2011]
- Müller, Wolfgang et al. (Hrsg.) (1996): Duden. Rechtschreibung der deutschen Sprache. Mannheim u.a.: Dudenverlag
- Niedderer, H. & Schecker, Horst (2004): Physik lernen und das Vorverständnis der Schüler. In: Höble, C.; Höttecke, D.; Kircher, E. (Hrsg.) (Hrsg.): Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften (S. 248-263). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren
- Novak, Anna & Krajick, Joseph (2006): Using technology to support inquiry in middle school science. (S. 75-101). In: Flick, Lawrence & Lederman, Norman (Hrsg.) (2006): Scientific inquiry and nature of science. Implications for teaching, learning, and teacher education. Dordrecht: Springer
- OECD (2006): Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy. A Framework for PISA 2006. Im Internet unter URL:
<http://www.oecd.org/dataoecd/63/35/37464175.pdf> [22.04.2011]
- Priemer, Burkhard (2006): Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. In: Duit, R. u.a. (Hrsg.): Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. Jg. 12. (S. 159-175). Kiel. Online im Internet unter URL: http://www.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/009_12.pdf [23.02.2011]
- Pukies, Jens (1979): Das Verstehen der Naturwissenschaften. Braunschweig: Westermann
- Raab-Steiner, Elisabeth & Benesch, Michael (2008): Der Fragebogen. Von der Forschungsidee zur SPSS-Auswertung. Wien: Facultas WUV
- Rehm, Markus & Stäudel, Lutz (Hrsg.) (2010): Naturwissenschaften im Unterricht Chemie. Nature of Science. Heft 118/119. 21.Jg. Kassel, Ludwigsburg: Friedrich
- Roach, Linda & Wandersee, James (1995): Putting people back into science. Using historical vignettes. Online im Internet unter URL: http://findarticles.com/p/articles/mi_qa3667/is_199511/ai_n8723031/?tag=content;col1 [16.03.2011]
- Schneider, Martin (2002): Teflon, Post-it und Viagra. Große Entdeckungen durch kleine Zufälle. Weinheim: Wiley-Vch Verlag GmbH
- Schury, Gudrun (2006): Wer nicht sucht, der findet. Zufallsentdeckungen in der Wissenschaft erzählt von Gudrun Schury. Frankfurt am Main: Campus Verlag GmbH
- Schwingenschlögl, Anja (2009): Zur Bedeutung der Natur der Naturwissenschaften für den Aufbau einer naturwissenschaftlichen Grundbildung. – Beispielhafte Lerngelegenheiten im Chemieunterricht durch historische Vignetten. Wien: Univ., Dipl. Online im Internet unter URL:
http://aecce.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/kompetenzzentrum_aecce/Forschung_und_Projekte/Diplomarbeiten/NaturDerNaturwissenschaftenSchwingenschl%C3%B6gl-1.pdf [26.04.2011]

- Solomon, Joan (1993): Teaching Science, Technology and Society. Philadelphia u.a.: Open University Press; zit. nach: Höttecke, D. (2001): Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen. In: Niederer, H. & Fischler, H. (Hrsg.): Studien zum Physiklernen. Band 16. Berlin: Logos Verlag
- Songer, Nancy & Linn, Marcia (1991): How do Students' View of Science Influence Knowledge Integration. Journal of Research in Science Teaching. V28. (S. 761-784); zit. nach: Höttecke, D. (2001): Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen. In: Niederer, H. & Fischler, H. (Hrsg.): Studien zum Physiklernen. Band 16. Berlin: Logos Verlag
- Stadler, Helga (2009): Leistungsdifferenz von Mädchen und Burschen in den Naturwissenschaften. In: Schreiner, C. & Schwantner, U. (Hrsg.): PISA 2006. Österreichischer Expertenbericht zum Naturwissenschafts-Schwerpunkt. (S. 185-194). Graz: Leykam
- Terrell, Peter et al. (2001): PONS: Wörterbuch für Schule und Studium. Englisch-Deutsch. Wien: öbv & hpt
- Urhahne, Detlef & Hopf, Martin (2004): Epistemologische Überzeugungen in den Naturwissenschaften und ihre Zusammenhänge mit Motivation, Selbstkonzept und Lernstrategien. In: Duit, R. u.a. (Hrsg.): Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. Jg. 10. (S. 71-87). Kiel. Im Internet unter URL: ftp://ftp.rz.uni-kiel.de/pub/ipn/zfdn/2004/4.Urhahne_Hopf_071-088.pdf [22.04.2011]
- Wagenschein, Martin (1968): Verstehen lehren. Genetisch-Sokratisch-Exemplarisch. Weinheim u.a.: Verlag Julius Beltz
- Wandersee, James & Griffard, Phyllis (2002): The History of Chemistry. Potential and Actual Contributions to Chemical Education. In: Gilbert, J. (Hrsg.): Chemical Education. Towards Research-based Practice. (S. 29-46). Netherlands: Kluwer Academic Publishers
- Zankl, Heinrich (2002): Die Laune des Zufalls. Wissenschaftliche Entdeckungen von Archimedes bis heute. Darmstadt: Primus Verlag
- Zankl, Heinrich (2005): Nobelpreis. Brisante Affairen, umstrittene Entscheidungen. Weinheim: Wiley-Vch Verlag GmbH & Co. KGaA

8.2 Internetquellen

- American Association for the Advancement of Science (AAAS) a:
<http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php?chapter=1>
[15.03.2011]
- American Association for the Advancement of Science (AAAS) b:
<http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php?chapter=10>
[15.03.2011]

- Austrian Educational Competence Centre Chemistry (AECCC):
<http://aecccc.univie.ac.at/projekte/bildungsstandards-8-schulstufe/> [28.02.2011]
- Bundesinstitut Bildungsforschung, Innovation & Entwicklung des österreichischen Schulwesens (Bifie): <http://www.bifie.at/bildungsstandards> [23.02.2011]
- Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur (BMUKK) (2004a):
<http://www.bmukk.gv.at/medienpool/11668/11668.pdf> [06.03.2011]
- Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur (BMUKK) (2004b):
<http://www.bmukk.gv.at/medienpool/780/ahs6.pdf> [06.03.2011]
- Crocker, Deborah & Howard, Sethanne (2007): 4000 Years of Women in Science.
Online im Internet unter URL: <http://www.astr.ua.edu/4000WS/MENTEN.html>
[03.04.2011]
- Höttecke, Dietmar (2005): Forum Wissenschaftsgeschichte im naturwissenschaftlichen Unterricht. Universität Oldenburg . Im Internet unter URL <http://www.staff.uni-oldenburg.de/dietmar.hoettecke/forum/warum%20wg.htm> [21.03.2011]
- Jasper, Silke (2006): Rollenspiele im Unterricht. Universität Magdeburg. Im Internet unter URL: http://www.uni-magdeburg.de/didaktik/cms/upload/cont_content_1164709556/File/Rollenspiel_e.pps [22.03.2011]
- Journal of Chemical Education. Biographical Snapshots. Im Internet unter URL:
<http://jchemed.chem.wisc.edu/JCEWWW/Features/eChemists/bios.php>
[27.04.2011]
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2004): Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Online im Internet unter URL:
http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf [23.02.2011]
- Nobelprize.org a:
http://nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1945/fleming-bio.html
[11.05.2011]
- Nobelprize.org b:
http://nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1945/florey.html
[11.05.2011]
- Nobelprize.org c:
http://nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1945/chain.html
[11.05.2011]
- Praxis integrierter naturwissenschaftlicher Grundbildung (PING):
http://ping.lernnetz.de/pages/n323_DE.html [15.03.2011]
- Projekt 2061 (2010 a): <http://www.project2061.org/images/home/EtNS.pdf>
[15.03.2011]

Projekt 2061 (2010 b):

<http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php?chapter=1>
[15.03.2011]

Universität Wien: <http://lise.univie.ac.at/physikerinnen/historisch/lise-meitner.htm#Studium> [26.04.2011]

Wiki 1: http://de.wikipedia.org/wiki/Ernst_Mach [28.02.2011]

Wiki 2: http://de.wikipedia.org/wiki/John_Dewey [28.02.2011]

Wilhelm, Thomas (2009): Einführung in die Fachdidaktik II. Methoden, Medien. Uni. Würzburg. Im Internet unter URL: http://www.physik.uni-wuerzburg.de/~wilhelm/vorlesung/Vorl2_Kapitel1.pdf [21.04.2011]

Wissen.de 1:

<http://wissen.de/wde/generator/wissen/ressorts/gesundheit/medizin/index.page=4244860.html> [06.03.2011]

Wissen.de 2:

<http://wissen.de/wde/generator/wissen/ressorts/bildung/woerterbuecher/index.page=3759784.html> [06.03.2011]

Wissen.de 3:

<http://wissen.de/wde/generator/wissen/ressorts/bildung/woerterbuecher/index.page=3842106.html> [20.03.2011]

Wissen.de 4:

<http://wissen.de/wde/generator/wissen/ressorts/bildung/woerterbuecher/index.page=3910904.html> [23.03.2011]

Wissen.de 5:

<http://wissen.de/wde/generator/wissen/ressorts/bildung/index.page=1093880.html> [02.04.2011]

8.3 Literaturempfehlungen für den Unterricht

Bader, Hans; Lutz, Bernd; Pfeifer, Peter (2002): Konkrete Fachdidaktik Chemie. München: Oldenbourg Verlag

- „Die Aufklärung der tetraedrischen Struktur des Methanmoleküls und seiner Derivate“ (S. 214-216)

Biographical Snapshots:

<http://jchemed.chem.wisc.edu/JCEWWW/Features/eChemists/bios.php>
[13.05.2011]

Dämmgen, Ulrich; Demuth, Reinhard; Kober, Friedhelm (Hrsg.) (1983): Studienbücher Chemie. Quellentexte Chemie. Frankfurt am Main u.a.: Verlag Moritz Diesterweg, Otto Salle Verlag & Verlag Sauerländer

Hofheinz, Volker (2008): Erwerb von Wissen über „Nature of Science“. Eine Fallstudie zum Potenzial impliziter Aneignungsprozesse in geöffneten Lehr-Lern-

- Arrangements am Beispiel von Chemieunterricht. Siegen: Univ., Diss. Online im Internet unter URL: <http://dokumentix.ub.uni-siegen.de/opus/volltexte/2008/357/pdf/hofheinz.pdf> [23.02.2011]
- „Die historische Genese der Säure-Base-Definitionen von Lavoisier, Arrhenius und Brønsted“ (S. 132-161)
 - „Hightech in der Babywindel“ (S. 162-171)
- Höttecke, Dietmar (2001a): Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen. In: Niederer, H. & Fischler, H. (Hrsg.): Studien zum Physiklernen. Band 16. Berlin: Logos Verlag
- „Experimentelle Tätigkeiten Michael Faradays“ (S.253-444)
- Jansen, Walter (2009): Das historisch-problemorientierte Unterrichtsverfahren. Geschichte der Chemie im Chemieunterricht –ein Forschungsprojekt. Online im Internet unter URL: <http://www.chemiedidaktik.uni-oldenburg.de/material/unterrichtsverf.PDF> [22.03.2011]
- „Diamant“ (S. 5f)
 - „Die Batterie der Pather“ (S. 6f)
 - „Alkohol“ (S. 7-9)
- Pukies, Jens (1979): Das Verstehen der Naturwissenschaften. Braunschweig: Westermann
- „Teile der klassischen Mechanik“
 - „Thermodynamik“
- Rehm, Markus & Stäudel, Lutz (Hrsg.) (2010): Naturwissenschaften im Unterricht Chemie. Nature of Science. Heft 118/119. 21.Jg. Kassel, Ludwigsburg: Friedrich Verlag
- „Kristalle aus dem Nichts“ (Buck, Peter: S. 20-23)
 - „Ein Interview mit Berzelius“ (Henke, Andreas & Höttecke, Dietmar: S. 73-75)
 - „Forscher als Wegbegleiter der modernen Kriegsführung“ (Schaake, Steffen: S. 56-61)
 - „Das Haber-Bosch-Verfahren - eine tragende Säule der Welternährung“ (Schaake, Steffen: S. 62)
 - „Contergan-Ein pharmakologischer Alptraum“ (Schaake, Steffen: S.62f).
- Schwingenschlögl, Anja (2009): Zur Bedeutung der Natur der Naturwissenschaften für den Aufbau einer naturwissenschaftlichen Grundbildung. – Beispielhafte Lerngelegenheiten im Chemieunterricht durch historische Vignetten. Wien: Univ., Dipl. Online im Internet unter URL: http://aeeccc.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/kompetenzzentrum_aeeccc/Forschung_und_Projekte/Diplomarbeiten/NaturDerNaturwissenschaftenSchwingenschl%C3%B6gl-1.pdf [26.04.2011]
- „Clara Immerwahr“ (S. 73-79)
 - „Teflon“ (S. 80 -83)

- Stäudel, Lutz et al. (Hrsg.) (2000): Naturwissenschaften im Unterricht Chemie.
Geschichte der Chemie. Heft 57. Kassel, Ludwigsburg: Friedrich Verlag
- „Luft und Sauerstoff (Thiemann, Frank et al.: S. 9-10)

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Definition von Scientific Literacy (vgl. Hofheinz 2008, S. 40).....	10
Abbildung 2: Überblick über NOS (Kircher & Dittmer 2004, S. 19).....	13
Abbildung 3: Beschreibung der Natur der Naturwissenschaften durch verschiedene Disziplinen (McComas & Olson 1998, S. 50).....	18
Abbildung 4: Unterschiedliches Vorverständnis (Niedderer & Schecker 2004, S. 254) ..	25
Abbildung 5: STS-Modell (R&D bedeutet Research and Development) (Höttecke 2001a, S. 87)	39
Abbildung 6: Figur 1 (Ledermann & Abd-El-Khalick 1998, S. 90)	46
Abbildung 7: Figur 2 (Ledermann & Abd-El-Khalick 1998, S. 88)	46
Abbildung 8: Figur 3 (Ledermann & Abd-El-Khalick 1998, S. 89)	47
Abbildung 9: Alte Dame-junge Frau 1 (Ledermann & Abd-El-Khalick 1998, S. 104)....	49
Abbildung 10: Alte Dame-junge Frau 2 (Ledermann & Abd-El-Khalick 1998, S. 105)..	49
Abbildung 11: Ente-Hase (Ledermann & Abd-El-Khalick 1998, S. 103)	50
Abbildung 12: Frage 5 des Online-Fragebogens.....	65
Abbildung 13: Frage 6 des Online-Fragebogens.....	66
Abbildung 14: Frage 7a und 7b des Online-Fragebogens	66
Abbildung 15: Frage 8 des Online-Fragebogens.....	67
Abbildung 16: Frage 9 des Online-Fragebogens.....	67
Abbildung 17: Frage 10 des Online-Fragebogens	67
Abbildung 18: Frage 11a und 11b des Online-Fragebogens	68
Abbildung 19: Frage 11c und 11d des Online-Fragebogens	68
Abbildung 20: Frage 12 und 13 des Online-Fragebogens.....	69
Abbildung 21: Frage 14 und 15 des Online-Fragebogens	69
Abbildung 22: Konstruktionsanleitung für eine interaktive historische Vignette (Wandersee 2002, S. 36)	99
Abbildung 23: Otto Hahn, Lise Meitner u. Fritz Straßmann (Schneider 2002, S. 87).105	
Abbildung 24: Sir Alexander Fleming (nobelprize.org a)	110
Abbildung 25: Sir Howard Walter Florey (nobelprize.org b).....	110
Abbildung 26: Ernst Boris Chain (nobelprize.org b).....	110

10 Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Frage 5.1: „Wie vertraut ist Ihnen die Geschichte der Chemie?“	72
Diagramm 2: Frage 5.2: „Fühlen Sie sich gut darauf vorbereitet, chemiehistorische Aspekte in den Unterricht zu integrieren?“	73
Diagramm 3: Frage 5.3: „Wie wichtig ist Ihnen persönlich die Geschichte der Chemie?“	73
Diagramm 4: Frage 6: „Wie oft integrieren Sie historische Aspekte in Ihren Unterricht?“	74
Diagramm 5: Frage 8.1: „Meiner Meinung nach interessieren sich die SchülerInnen für die Geschichte der Chemie?“	74
Diagramm 6: Frage 8.2: „Meiner Meinung nach lockern historische Aspekte den Unterricht auf?“	75
Diagramm 7: Frage 8.3: „Meiner Meinung nach steigert das Einbringen chemiehistorischer Aspekte das Interesse am Fach Chemie?“	76
Diagramm 8: Frage 9.1: „Meiner Meinung nach hilft die Geschichte der Chemie den SchülerInnen beim Erlernen und Verstehen von Fachinhalten und Konzepten?“	76
Diagramm 9: Frage 9.2: „Meiner Meinung nach hilft die Geschichte der Chemie den SchülerInnen die Entwicklung der Chemie besser zu verstehen?“	77
Diagramm 10: Frage 11a: „Wie oft weisen Sie explizit auf das Leben und die Erfindungen weiblicher Wissenschaftlerinnen in Ihrem Unterricht hin?“	78

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Alter	72
Tabelle 2: Dienstjahre.....	72
Tabelle 3: Frage 6: „Wie oft integrieren Sie historische Aspekte in Ihren Unterricht?“	79
Tabelle 4: Frage 5.1: „Wie vertraut ist Ihnen die Geschichte der Chemie?“	79
Tabelle 5: Frage 5.2: „Fühlen Sie sich gut darauf vorbereitet, chemiehistorische Aspekte in den Unterricht zu integrieren?“	80
Tabelle 6: Frage 5.3: „Wie wichtig ist Ihnen persönlich die Geschichte der Chemie?“..	81
Tabelle 7: Häufigkeit im Vergleich zum Schulschwerpunkt – vgl. Frage 6 und 4a.....	82
Tabelle 8: Frage 8.1: „Meiner Meinung nach interessieren sich die SchülerInnen für die Geschichte der Chemie?“	82
Tabelle 9: Frage 8.2: „Meiner Meinung nach lockern historische Aspekte den Unterricht auf?“	83
Tabelle 10: Frage 8.3: „Meiner Meinung nach steigert das Einbringen chemiehistorischer Aspekte das Interesse am Fach Chemie?“	83
Tabelle 11: Frage 9.1: „Meiner Meinung nach hilft die Geschichte der Chemie den SchülerInnen beim Erlernen von Fachinhalten und Konzepten?“	84
Tabelle 12: Frage 9.2: „Meiner Meinung nach hilft die Geschichte der Chemie den SchülerInnen die Entwicklung der Chemie besser zu verstehen?“	84
Tabelle 13: Frage 11a: „Wie oft weisen Sie explizit auf das Leben und die Erfindungen weiblicher Wissenschaftlerinnen in Ihrem Unterricht hin?“	85

12 Anhang

1-Fragebogen

LehrerInnenbefragung

Liebe LehrerInnen,

im Zuge meiner Diplomarbeit zum Thema "Revolutionäre Entdeckungen in der Chemie und wie sie die Welt veränderten" habe ich folgenden Fragebogen erstellt, der sich mit der Integration chemiehistorischer Aspekte im Chemieunterricht beschäftigt.

Ich würde Sie bitten, den Fragebogen möglichst vollständig auszufüllen.

Falls Sie eine Frage nicht beantworten können oder wollen, lassen Sie diese bitte einfach aus und setzen Sie mit der nächsten Frage fort.

Die Daten werden selbstverständlich anonym behandelt.

Vielen Dank im Voraus

Jennifer Anzlin

Falls Sie Fragen an mich haben, erreichen Sie mich unter jenny.anzlin@gmail.com

1. In welchem Bundesland unterrichten Sie?

- ☐ Wien
- ☐ Niederösterreich
- ☐ Oberösterreich
- ☐ Burgenland
- ☐ Steiermark
- ☐ Kärnten
- ☐ Salzburg
- ☐ Tirol
- ☐ Vorarlberg

2. Wie viele Jahre unterrichten Sie schon?

- ☐ unter 5
- ☐ 6-10
- ☐ 11-15
- ☐ 16-20
- ☐ 21-25
- ☐ 26-30
- ☐ über 30

3a. In welchen Schultypen unterrichten Sie?

auch mehrere Antworten sind möglich

- ☐ Volksschule
- ☐ Hauptschule
- ☐ Mittelschule
- ☐ Realgymnasium (Unterstufe)
- ☐ Realgymnasium (Oberstufe)
- ☐ Gymnasium(Unterstufe)
- ☐ Gymnasium (Oberstufe)
- ☐ HASCH
- ☐ HTL
- ☐ HBLA
- ☐ HAK
- ☐ andere

3b. Falls Sie in anderen Schultypen unterrichten als in den oben genannten, geben Sie bitte an, in welchen?

4a. Hat Ihre Schule besondere Schwerpunkte im naturwissenschaftlichen Bereich?

wie zum Beispiel Laborunterricht, ...

- ☐ ja
☐ nein

4b. Wenn ja, welche?

5. Chemiehistorische Aspekte im Unterricht

Bitte geben Sie Ihre persönliche Einschätzung an: (1= sehr ; 5= gar nicht)

	1	2	3	4	5
Wie vertraut ist Ihnen die Geschichte der Chemie?	☐	☐	☐	☐	☐
Fühlen Sie sich gut darauf vorbereitet, chemiehistorische Aspekte in den Unterricht zu integrieren?	☐	☐	☐	☐	☐
Wie wichtig ist Ihnen persönlich die Geschichte der Chemie?	☐	☐	☐	☐	☐

6. Wie oft integrieren Sie historische Aspekte in Ihren Unterricht?

- ☐ immer
☐ fast immer
☐ manchmal
☐ selten
☐ fast nie
☐ nie

7a. Woher beziehen Sie Ihr Wissen über die Geschichte der Chemie?

mehrere Antworten sind möglich

- ☐ Schulbücher
☐ Mitschriften aus der Studienzeit
☐ private Lektüre (Romane ...)
☐ Internet
☐ Fachbücher
☐ Zeitschriften
☐ Fachzeitschriften
☐ andere Quellen

7b. Wenn Sie andere Quellen nutzen, welche sind das?

8. SchülerInnen und chemiehistorische Aspekte

Meiner Meinung nach ... (1=sehr; 5=gar nicht)

	1	2	3	4	5
... interessieren sich die SchülerInnen für die Geschichte der Chemie?	☐	☐	☐	☐	☐
... lockern historische Aspekte den Unterricht auf?	☐	☐	☐	☐	☐
... steigert das Einbringen chemiehistorischer Aspekte das Interesse am Fach Chemie?	☐	☐	☐	☐	☐

9. Chemielernen und chemiehistorische Aspekte

Meiner Meinung nach hilft die Geschichte der Chemie den SchülerInnen ... (1=sehr, 5=gar nicht)

	1	2	3	4	5
... beim Erlernen und Verstehen von Fachinhalten und Konzepten?	☐	☐	☐	☐	☐
... die Entwicklung der Chemie besser zu verstehen?	☐	☐	☐	☐	☐

10. In welche Stoffgebiete integrieren Sie historische Hintergründe?**11a. Wie oft weisen Sie explizit auf das Leben und die Erfindungen weiblicher Wissenschaftlerinnen in Ihrem Unterricht hin?**

- ☐ sehr oft
☐ oft
☐ manchmal
☐ selten
☐ sehr selten
☐ nie

11a. Wie oft weisen Sie explizit auf das Leben und die Erfindungen weiblicher Wissenschaftlerinnen in Ihrem Unterricht hin?

- ☐ sehr oft
☐ oft
☐ manchmal
☐ selten
☐ sehr selten
☐ nie

11b. Welche Wissenschaftlerinnen erwähnen Sie und in welchen stofflichen Zusammenhängen?**11c. Falls Sie Wissenschaftlerinnen in Ihren Unterricht integrieren, warum?**

11d. Falls Sie Wissenschaftlerinnen in Ihren Unterricht nicht integrieren, warum nicht?
Und nun noch ein paar demographische Angaben:
12. Sie sind ...
☐ weiblich ☐ männlich
13. Wie alt sind Sie?
☐ unter 25 ☐ 26-35 ☐ 36-45 ☐ 46-55 ☐ 56+
14. Welche Fächer unterrichten Sie außer Chemie?
15. Haben Sie Chemie studiert oder unterrichten Sie es fachfremd / ungeprüft?
☐ Ich habe Chemie studiert ☐ Ich unterrichte fachfremd / ungeprüft
Submit
Powered by Google Docs
Report Abuse - Terms of Service - Additional Terms

2-Artikel in „Chemie und Schule“:

Revolutionäre Entdeckungen in der Chemie und wie sie die Welt verändern

**Ein Diplomarbeitsprojekt am Österreichischen Kompetenzzentrum
für Didaktik der Chemie (AECC Chemie) an der Universität Wien**

Chemie ist eine Naturwissenschaft, die Fragen an die Natur und unsere Welt stellt und immer neue Wege sucht, diese besser zu verstehen. Dadurch verändern sich unsere Weltbilder im Laufe der Zeit auf der Basis neu gewonnener Erkenntnisse. Zu dieser Entwicklung tragen Menschen aus unterschiedlichen kulturellen Kontexten auf der ganzen Welt bei.

SchülerInnen Einblicke in und Erfahrungen mit den Meilensteinen der Naturwissenschaftsgeschichte und ihren ProtagonistInnen zu ermöglichen, eröffnet ihnen die Möglichkeit, das Wesen der Naturwissenschaften besser zu verstehen und damit ein realistischeres Bild von den Naturwissenschaften als menschliches Handlungsfeld zu entwickeln. Erkenntnisse aus der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung legen nahe, dass das Lernen fachlicher Inhalte und Konzepte deutlich leichter fällt und als sinnvoller erlebt wird, wenn ihre Bedeutung durch Einbettung in ihren historischen Kontext erfahrbar wird. Ähnliches gilt für den Aufbau von Interesse und Motivation.



Sehr geehrte Chemielehrerinnen und Chemielehrer!

*Mein Name ist Jennifer Anzlin
und ich studiere Chemie und Geschichte, Sozialkunde
und Politische Bildung für das Lehramt
an der Universität Wien.*

Im Rahmen des Studiums fertige ich am österreichischen Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie an der Universität Wien (<http://aeccc.univie.ac.at>) eine fachdidaktische Diplomarbeit unter der Betreuung von Prof. Dr. Anja Lembens an.

Um erste Erkenntnisse über den Stellenwert historischer Aspekte im Chemieunterricht in Österreich zu erhalten, bitte ich Sie um Ihre Mithilfe:

Auf der Internetseite <http://unet.univie.ac.at/~a0503238> finden Sie einen anonymen Fragebogen zur Geschichte der Chemie im Chemieunterricht: Neben der empirischen Erfassung des Einsatzes der Geschichte im Chemieunterricht, beschäftige ich mich in meiner Diplomarbeit mit naturwissenschaftlichen Erfindungen und Entdeckungen und den Menschen, die dahinter stehen, die das Leben verändern oder beeinflussen. In meiner Arbeit möchte ich ein neues Konzept entwickeln mit dessen Hilfe chemisches Fachwissen und Konzepte mit Unterstützung von chemiehistorischen Kontexten für SchülerInnen bedeutungsvoll erschlossen werden können.

Die anonyme Online-Befragung ist ein wesentlicher und grundlegender Bestandteil meiner Diplomarbeit. Ich würde mich freuen, wenn Sie mir durch Ihr Mitwirken helfen könnten, eine ausgewogene Situationsanalyse zur Geschichte der Chemie im Unterricht zu erstellen.

*Die Online-Befragung kann vom **15. September bis zum 15. November 2009** unter der Internetadresse **<http://unet.univie.ac.at/~a0503238>** durchgeführt werden.*

Im Voraus vielen Dank für Ihre Unterstützung und Ihre Mithilfe an meiner Diplomarbeit! Für Fragen stehe ich Ihnen gerne unter jenny.anzlin@gmail.com zur Verfügung.

Jennifer Anzlin

13 Lebenslauf

Name	Jennifer Anzlin
Geburtsdatum	30.11.1986
Geburtsort	Wien
Familienstand	ledig
Wohnort	3032 Eichgraben, Hauptstrasse 20
Telefon	0676/561 0 571
Email	jenny.anzlin@gmail.com
Eltern	Michael Anzlin, Uhrmachermeister Eveline Anzlin, Exekutivbeamtin
Geschwister	Melanie Anzlin, Restaurantfachfrau
Schulbildung	Vorschule Köhlergasse, 1180 Wien (1992-1993) Volksschule Köhlergasse, 1180 Wien (1993-1997) Gymnasium Sacré Coeur, Pressbaum (1997-2005)
Hochschul- studium	Universität Wien, Lehramtsstudium Mathematik und Chemie (2005-2006) Universität Wien, Lehramtsstudium Chemie und Geschichte (seit 2006)
Beruflicher Werdegang	Nachmittagsbetreuerin, Mittelschule Eichgraben (seit Sept. 2010)
Sprachen	Deutsch (Muttersprache), Englisch (in Wort und Schrift), Französisch (Grundkenntnisse) und Latein (Maturaniveau)
Hobbys	Lesen, Wandern, Reiten, Reisen
Sonstiges	Ferialpraktikum bei Fa. Immosolution (Aug. 2003) Musikschule Eichgraben, Schlagzeug (1998-2005) Führerschein der Klasse B (Jänner 2004) Auslandsaufenthalt, Neuseeland (Dez. 2009–März 2010)