Lissy Jäkel, Susanne Rohrmann,
Michael Schallies und Manuela Welzel (Hrsg.)

# Der Wert der naturwissenschaftlichen Bildung

Schriftenreihe der
Pädagogischen Hochschule Heidelberg
Band 48

Herausgegeben von der
Pädagogischen Hochschule Heidelberg

Wissenschaftlicher Beirat
Albrecht Abele, Gerhard Härle, Hans Peter Henecka,
Anette Hettinger, Gerhard Hofsäß, Veronika Strittmatter-Haubold

# Der Wert der naturwissenschaftlichen Bildung

8. Heidelberger Dienstagsseminar

Herausgegeben von
Lissy Jäkel, Susanne Rohrmann,
Michael Schallies und Manuela Welzel

Mattes Verlag · Heidelberg 2007

*Über die Herausgeberinnen und den Herausgeber:*

*Jäkel, Lissy*, Jahrgang 1961, Dr. habil., Professorin für Biologie und ihre Didaktik an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg.

*Rohrmann, Susanne*, Akademische Oberrätin im Fach Biologie an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg.

*Schallies, Michael*, Jahrgang 1945, Dr., Professor für Chemie und Didaktik der Chemie an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg.

*Welzel, Manuela*, Jahrgang 1959, Dr., Professorin für Physik und ihre Didaktik an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg.

**Bibliographische Information Der Deutschen Nationalibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über `http://dnb.ddb.de` abrufbar.

**ISBN 978-3-930978-93-9**

© Mattes Verlag 2007

Mattes Verlag GmbH, Tischbeinstraße 62, Postfach 103866, 69028 Heidelberg
Telefon (06221) 437853, 459321, Telefax (06221) 459322
Internet www.mattes.de, E-Mail verlag@mattes.de
Druck: Druck Partner Rübelmann GmbH, Hemsbach

# Inhalt

Vorwort . . . . . 7

*Peter Janich*
Wozu Naturwissenschaften?
Eine philosophische Aufklärung über Kultur . . . . . 11

*Ernst Peter Fischer*
Wie viel Naturwissenschaft braucht der gebildete Mensch? . . . . . 21

*Albert Zeyer*
Naturwissenschaften unterrichten:
disziplinär, interdisziplinär, integriert . . . . . 39

*Ulrich Gebhard*
Die Natur verstehen? Sinnkonstruktionsprozesse
im naturwissenschaftlichen Unterricht . . . . . 55

*Kornelia Möller*
Kindgemäße Lernformen im naturwissenschaftlichen
Lernbereich des Sachunterrichts in der Grundschule . . . . . 79

*Susanne Bögeholz*
Von Naturerfahrung und verwandten Konstrukten . . . . . 103

*Lissy Jäkel und Susanne Rohrmann*
Der Wert biologischer Bildung –
Erfahrungen mit innovativen Projekten in Forschung und Lehre . . 117

Farbabbildungen zu den Beiträgen *Möller* und *Jäkel / Rohrmann* . . 133

*Michael Schallies, Jürgen Storrer und Manuela Welzel*
Innovative Lehr-Lern-Konzepte in der Lehrerbildung.
Erfahrungen mit Schul- und Hochschulprojekten . . . . . 149

*Anja Lembens und Angela Risch*
Wie Naturwissenschaft bildet – Spitzenforschung,
Lehrerbildung und Schule vereint im EU-Projekt Pallas Athene . . 165

*Helmuth Köck*
Zum Spannungsverhältnis von Geistes- und Naturwissenschaften 177

*Horst Schecker*
Kompetenzmodelle, Bildungsstandards und Aufgabenkultur –
Qualitätsentwicklung für den naturwissenschaftlichen Unterricht 205

Autorenverzeichnis . . . . . 229

# Vorwort

Die Reformen im Bildungswesen der Bundesrepublik Deutschland haben den naturwissenschaftlichen Unterricht sehr betont in das öffentliche Bewusstsein geraten lassen. Es wurde die Frage aufgeworfen, was das Ergebnis der unterrichtlichen Bemühungen zum Aufbau des Verstehens der Naturwissenschaften ist, welchen Stellenwert wir einer naturwissenschaftlichen Bildung in der Gesellschaft beimessen sollten, welche Probleme für Schülerinnen und Schüler beim Lernen der Naturwissenschaften bestehen und welche Perspektiven sich für eine Weiterentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht abzeichnen. Im Rahmen der an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg bestehenden Reihe der Dienstagsseminare wurden diese und weitere Fragen auf der Grundlage von Beiträgen unterschiedlicher namhafter wissenschaftlicher Disziplinen ausgiebig diskutiert. Dies geschah, um den Zusammenhang zwischen den Naturwissenschaften und den Geisteswissenschaften zu klären, ganz konkret auf der fachdidaktischen Ebene von Biologie, Chemie und Physik zur Frage, was im Klassenraum auf verschiedenen Altersstufen angeboten werden sollte und ebenso auf der Ebene der Lehrerbildung in Bezug auf die Ausbildungskonzeptionen für angemessen vorbereitete Lehrkräfte.

Die in diesem Band zusammengetragenen Aufsätze stellen einen Querschnitt von grundlegenden, aber auch spezifischen und differenzierten Überlegungen zu solchen Fragen dar. Sehr grundsätzlich diskutiert Peter Janich die Frage, wozu überhaupt naturwissenschaftliche Kenntnisse notwendig sind und warum sie gelernt werden sollen. Dazu beschreibt er zunächst das naturalistische Selbstverständnis der Naturwissenschaften, klärt in einem zweiten Teil methodisch, wie die Naturwissenschaften philosophisch zu verstehen seien, um sich dann der Frage zu widmen, wie Naturwissenschaften zu begreifen sind, um auf diese Weise die Ausgangsfrage „Wozu Naturwissenschaften?“ zu beantworten.

Ähnlich tiefschürfend geht Ernst Peter Fischer auf das Verhältnis von Naturwissenschaft und Bildung ein, um daraus Rückschlüsse auf den Wert der naturwissenschaftlichen Bildung zu ziehen und dann eine Antwort auf die Frage zu finden, wie viel Naturwissenschaft der gebildete Mensch braucht.

Die Reihe der Grundsatzartikel wird von Helmuth Köck abgerundet, der sich sehr ausführlich und detailliert zum Spannungsverhältnis von Geisteswissenschaften und Naturwissenschaften äußert.

Die eher allgemeinen Beiträge von Peter Janich, Ernst Peter Fischer und Helmut Köck werden durch solche Aufsätze ergänzt, die sich konkret mit der Frage der naturwissenschaftlichen Bildung an Schule und Lehrer bildender Hochschule auseinandersetzen, aus der jeweiligen Sicht einer Bezugswissenschaft wie Biologie, Chemie oder Physik oder von vorneherein aus

der übergreifenden Herangehensweise einer interdisziplinären Bildungskonzeption.

So beschäftigt sich Cornelia Möller mit der Frage, welche kindgemäßen Lernformen im technisch-naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Primarstufe adäquat sind. Frau Möller erhebt dazu aus konkreten Projektarbeiten an Grundschulen analytische Daten, die einen tiefgehenden Einblick in das Lernen physikalischer Sachverhalte von Grundschulkindern ermöglichen.

Im Beitrag von Lissy Jäkel und Susanne Rohrmann wird der Weg zur biologischen Bildung anhand der konkreten Projekterfahrungen in Forschung und Lehre an Themen wie Biodiversität und LehrerInnenbildung oder Interdisziplinarität und Problemorientierung ausgebreitet, die in ihren fachlichen und überfachlichen Bezügen jeweils unter dem Generalthema „Mensch nutzt Natur“ diskutiert werden.

Der Beitrag von Susanne Bögeholz ergänzt die Bedeutung von Naturerfahrungen im Biologieunterricht mit empirischen Daten, die aus Forschungsprojekten erhoben wurden und deutlich machen, wo weiterer Forschungsbedarf notwendig ist, um den Erfolg unterrichtlicher Bemühungen feststellen zu können.

Ulrich Gebhard beschäftigt sich in seinem Beitrag über das Verstehen der Natur stärker mit den Sinnkonstruktionsprozessen von Schülern im naturwissenschaftlichen Unterricht. Diese sind – so seine Sichtweise – nicht ausschließlich kognitiv geprägt, vielmehr spielen Gefühle in der Frage von Sinnhaftigkeit eine wesentliche Rolle. Dass dies so ist, lässt sich anhand der von Schülern verwendeten Analogien zu biologischen Phänomenen herauspräparieren.

Einen systemischen Ansatz zum Aufbau von Wissenschaftsverständnis, der Ausbildungskonzeptionen in der Lehrerbildung mit konkreten Lehr-Lern-Situationen an außerschulischen Lernorten verknüpft, verfolgen Michael Schallies, Jürgen Storrer und Manuela Welzel. Dazu wurden offene Lernumgebungen an der Hochschule bzw. in einem angrenzenden Technologiepark eingerichtet, die mit unterschiedlichen Schwerpunkten – entsprechend der unterschiedlichen Bezugsdisziplinen, aus denen die Autoren stammen – Beiträge zu einem allgemeinen Wissenschaftsverständnis liefern.

Ein weiterer systemischer Weg zum Aufbau von Wissenschaftsverständnis wird in dem Beitrag von Anja Lembens beschrieben. In einem europäischen Projekt, an dem sie mitarbeitet, werden Wissenschaftlerinnen zusammen mit Schülern und Lehramtsstudierenden in die Aufgabe verwickelt, wissenschaftliche Forschungsergebnisse aufzubereiten und im Sinne von „public understanding“ für die interessierte Öffentlichkeit verständlich zu machen. Gleichzeitig sollen in diesem Projekt jungen Nachwuchswissenschaftlerinnen Erfahrungen ermöglicht werden, den Wissenschaftsdialog adressatengerecht zu führen. Ein ambitioniertes Unternehmen, das durch eine qualitative Begleitforschung evaluiert wird.

Im Zusammenhang mit den in diesem Band diskutierten Problemen lohnt sich der Blick über die Landesgrenzen in die Schweiz, wie mit dem Beitrag von Albert Zeyer nachdrücklich bekräftigt wird. Er setzt sich detailliert mit der Frage auseinander, ob Naturwissenschaften disziplinär, interdisziplinär oder integriert unterrichtet werden sollten, sowohl an Schulen als auch an Lehrer bildenden Hochschulen.

Komplettiert wird das Spektrum an Beiträgen von Horst Schecker, der sehr konkret und pragmatisch Bildungsstandards, Kompetenzmodelle und Aufgabenkultur im Zusammenhang mit der Herausforderung darstellt, im Rahmen von generellen Bildungsreformvorhaben die Qualität von naturwissenschaftlichem Unterricht zu verbessern.

Jeder Beitrag für sich ermöglicht einen stimulierenden Blick auf spezifische Sichtweisen über den Wert naturwissenschaftlicher Bildung aus der Perspektive von Naturwissenschaftlern oder Geisteswissenschaftlern, den unterschiedlichen Fachdisziplinen oder darüber hinaus gehenden interdisziplinären Ansätzen. In ihrer Gesamtheit fügen sie sich in ein Verständnis von naturwissenschaftlicher Bildung als Teil der Allgemeinbildung ein und zeigen Wege auf, wie dieses Bildungsziel durch die berufliche Ausbildung von Lehrerinnen und Lehrern sowie konkrete Aktivitäten an Schule und Hochschule erreicht werden kann.

Heidelberg, Dezember 2006

Die Herausgeberinnen
Der Herausgeber

Peter Janich, Universität Marburg

# Wozu Naturwissenschaften?
# Eine philosophische Aufklärung über Kultur

## 1. Einleitung

Es ist leider Mode geworden, den Leuten vorzuschreiben, was sie lesen und wissen sollen – und was nicht so wichtig ist. Das Buch „Bildung. Alles, was man wissen muß“ von Dietrich Schwanitz (1999), lange auf Bestsellerlisten zu finden, doziert auf rund 500 Seiten, was es zu „Wissen“ und zu „Können“ gibt – und behauptet nebenbei (S. 482): „Naturwissenschaftliche Kenntnisse müssen zwar nicht versteckt werden, aber zur Bildung gehören sie nicht.“

Darauf kontert Ernst Peter Fischer mit dem Buch „Die andere Bildung. Was man von den Naturwissenschaften wissen sollte“ (2001). In diesen Streit, in dem es anscheinend auf beiden Seiten nicht zur Bildung gerechnet wird, selbst zu entscheiden, worin diese bestehe, möchte ich mich auch angesichts des Rahmenthemas der Vorlesungsreihe „Naturwissenschaft und Bildung“ nicht einmischen; und erst recht nicht in den Oberflächenstreit der „Zwei Kulturen“ (C. P. Snow (1959)). Vielmehr möchte ich versuchen, auf die Frage „Was sind und wozu treibt man Naturwissenschaften?“ eine philosophische Antwort zu geben, um Missverständnisse aufzuklären, die in einer vor allem naturwissenschaftlich-technisch geprägten Welt erheblichen Schaden anrichten. Ich werde dazu, kurz gesagt, die Naturwissenschaften als Kulturleistung präsentieren. Dafür werde ich in drei Schritten vorgehen:

- in einem analytisch beschreibenden Teil geht es um das *naturalistische Selbstverständnis* der Naturwissenschaften;
- in einem methodischen Teil ist zu klären, wie *Naturwissenschaften philosophisch zu verstehen* sind;
- in einem legitimierenden Teil geht es darum, die Naturwissenschaften zu begreifen, d.h. die *Wozu-Frage zu beantworten*;

Daraus ist dann in einem vierten Schritt ein kurzes Fazit zu ziehen.

## 2. Das naturalistische Selbstverständnis der Naturwissenschaften als Problem (analytischer Teil)

Als kürzlich im Fernsehmagazin „Frontal 21“ von Theo Koll berichtet wurde, wie eine Woge des „Kreationismus“ und des „Intelligent Design“ von den USA nach Deutschland herüberschwappt, wurde ein Professor aus einem naturwissenschaftlichen Fach an einer Münchener Universität aufgeboten, kurz und bündig zu erklären, auf diesem Gebiet der Entstehung des Menschen bleibe allein der „naturalistische“ Weg; er meinte wohl den naturwissenschaftlichen Weg, was inhaltlich nicht zu beanstanden ist, aber terminologisch höchst unbekümmert war.

Unter Philosophen gibt es nämlich seit längerem eine umfangreiche Debatte darüber, wie naturalistische Positionen zu bestimmen und zu rechtfertigen seien. Spätestens seit dem Aufsatz „Epistemology Naturalized“ (1969) von Willard van Orman Quine sollte an Stelle einer philosophischen Erkenntniskritik an den Naturwissenschaften eine (selbst naturwissenschaftliche) Erkenntnispsychologie treten. Auf diese philosophische Debatte und auf Fragen, welchen Naturalismus nun etwa R. Rorty oder D. Davidson vertrete, möchte ich nicht eingehen. Wen die philosophische Debatte interessiert, der sei auf den Suhrkamp-Band von G. Keil und H. Schnädelbach (Hrsg.) „Naturalismus. Philosophische Beiträge“ (2000) verwiesen.

Mir geht es um den Naturalismus der Naturwissenschaftler, der sich insbesondere in der öffentlichen Diskussion etwa zu kosmologischen Fragen der Physik, zur Genom- und zur Hirnforschung äußert und in großen Zeitungen wie der FAZ, der SZ, im Spiegel und der ZEIT das öffentliche Bewusstsein beeinflusst. Dort wird Meinung gemacht, die wirkt, unter anderem auf öffentliche Wertschätzung und Finanzierung der solchermaßen gelobten Naturwissenschaften.

Eine grobe erste Definition für „Naturalismus“ könnte lauten, dass die Naturwissenschaften für alle Gegenstandsbereiche nicht nur zuständig, sondern letztlich allein zuständig seien. Nach dem Motto, alles ist Materie und Natur und damit von Naturgesetzen beherrscht, wird alles zum Gegenstand der Naturwissenschaften. (Es geht nicht darum, dass die Naturwissenschaften tatsächlich und mit vernünftigen Gründen auf alles anwendbar sind; auch die Untersuchung etwa eines historischen Gemäldes mit physikalischen und chemischen Methoden ist möglich und kann höchst sinnvoll sein. Die Endung „istisch“ bzw. „ismus“ signalisiert dagegen eine Übertreibung, die hier darin besteht, dass die Naturwissenschaften den Geistes- und Kulturwissenschaften sowie der Philosophie glauben, das angestammte Terrain streitig machen zu können.).

Als Beispiel mag ein Zitat aus dem viel diskutierten Buch „Die Einheit des Wissens“ aus der Feder des amerikanischen Biologen Edward O. Wilson dienen: „Die Grundidee bei der Vorstellung von einer natürlichen Einheit allen Wissens ist, dass alle greifbaren Phänomene, von der Sternengeburt bis

hin zu den Funktionsweisen von gesellschaftlichen Institutionen, auf materiellen Prozessen basieren, die letzten Endes auf physikalische Gesetze reduzierbar sind, ganz egal wie lang oder umständlich ihre Sequenzen sind.“ (Wilson 1998, S. 355) Dazu heißt es schon am Beginn des Buches: „Die Philosophie, das Nachdenken über das Unbekannte, wird sich als Wissensgebiet zusehends verkleinern. Daher ist es unser gemeinsames Ziel, so viel Philosophie wie nur möglich in Wissenschaft zu verwandeln.“ (ebd., S. 19)

Dramatische Formen hat diese Überzeugung in den *Naturwissenschaften vom Menschen* angenommen, wie dies heute jeder Zeitungsleser in Berichten zur Gen- und Hirnforschung feststellen kann. Der Mensch wird als Teil der Natur gesehen, und seine Erkenntnisfähigkeit als natürliche Disposition. Woher rührt dieser Naturalismus der Naturwissenschaften? Für eine Antwort muss man sich zunächst der Leitdisziplin Physik zuwenden:

Der Physiker Heinrich Hertz schrieb in der Einleitung zu seinem Buch „Die Prinzipien der Mechanik“ (1894) über das Verfahren der physikalischen Erfahrungserkenntnis: „Wir machen uns innere Scheinbilder oder Symbole der äußeren Gegenstände, und zwar machen wir sie von solcher Art, dass *die denknotwendigen Folgen der Bilder* stets wieder die Bilder seien von *den naturnotwendigen Folgen der abgebildeten Gegenstände*. Damit diese Forderung überhaupt erfüllbar sei, müssen gewisse *Übereinstimmungen* vorhanden sein *zwischen der Natur und unserem Geiste*. Die Erfahrung lehrt uns, dass die Forderung erfüllbar ist und dass also solche Übereinstimmungen in der Tat bestehen.“

Solche Äußerungen, ja die gesamte Einleitung von Hertz sind selbst keine Physik, sondern Philosophie. In ihr wird *über* Physik, ihren Gegenstand, ihre Methoden und ihren Erfolg gesprochen, aber nicht Physik getrieben.

In der Gegenstandsbestimmung vertritt Hertz einen *Realismus*: Unabhängig vom Menschen existieren die „äußeren Gegenstände“ mit ihren „naturnotwendigen Folgen“, die in der „bewussten Naturerkenntnis“ so in unseren Geist abzubilden seien, dass den natürlichen Ursachen im Denken logische Gründe entsprechen. Die Wahrheitstheorie von Hertz ist also eine Korrespondenztheorie. Die physikalischen Methoden der Beobachtung und des Experiments (Hertz: durch „Erfahrungen“) ist empirisch, genauer, da sie *nur* empirisch ist, *empiristisch*. Und als *Geltungsgrund* der Abbilder von Realität in unseren Geist nimmt Hertz an, dass dieser Geist von Natur aus mit dieser übereinstimme, was wiederum die Erfahrung lehre.

Physiker unterschätzen leicht die Schwierigkeit philosophischer Argumente. Der Erfolg der Physik kann bestenfalls als eine historische Erfahrung festgestellt werden und betrifft die Leistungen von Physikern, ist also ein prinzipiell anderer Erfahrungstyp als astronomische Beobachtungen oder Experimente im Labor. Und es bleibt zu fragen, wie ein Physiker zu solchen Annahmen über den menschlichen Geist kommt, da er doch letztlich nichts anderes hat als die Physik, wie sie unter historischen Bedingungen mit unbe-

strittenem technischen und prognostischen Erfolg unter historischen Bedingungen von Physikern erarbeitet wurde und wird.

Entscheidend ist aber, dass diese Auffassung von Hertz, die im wesentlichen auch von den heutigen Physikern geteilt wird, alles zu Naturgegenständen erklärt, nämlich die Physiker (und ihren „Geist“), ihre Physik und deren Geschichte. In einer kühnen (und philosophischer Kritik nicht standhaltenden) Verbindung von Realismus, Empirismus und Naturalismus liegt hier eine prominente und historisch wirksame Äußerung vor, für die man vergebens nach einer begrifflichen Bestimmung von „Natur“, „Erfahrung“, „Geist“ und anderen Grundbegriffen sucht. Dessen ungeachtet setzt sich das programmatische Selbstverständnis durch, die Physik und die Naturwissenschaften insgesamt hätten die Aufgabe der Beschreibung, Erklärung und Vorhersage natürlicher Verhältnisse – und so wird dann das Vorbild Physik etwa in die Psychologie übernommen und führt zum behavioristischen Programm, das Verhalten von Menschen zu beschreiben, zu erklären und vorherzusagen wie ein Naturgeschehen.

Die Defizite dieser Naturalisierung sind mit Händen zu greifen: Es fehlt an Bestimmungen und Verständnis, was mit Wörtern wie Mensch, Handlung, Zweck, Kultur, Wissenschaft, Geschichte usw. gemeint ist. Das naturalistische Selbstverständnis der Naturwissenschaften erweist sich als Selbstmissverständnis. Daraus ergibt sich die *Bildungsaufgabe*, die naturalistischen Vulgärphilosophien zu ersetzen durch ein begrifflich geklärtes Verständnis der Wissenschaften, das Geltung beansprucht und diesen Anspruch durch Begründungen einlöst.

## 3. Naturwissenschaften philosophisch verstehen (methodischer Teil)

Zunächst ist zu unterscheiden zwischen Natur und Naturwissenschaft. Nur letztere kommt durch Handeln von Menschen zustande. Unter „Handeln“ (etwa im Gegensatz zu einem bloß natürlichen Verhalten unseres Körpers wie den Stoffwechselprozessen) verstehen wir die elementarste Sozialkompetenz unserer Mitmenschen. Wir alle haben als Kinder und Jugendliche lernen müssen und gelernt, zu unterscheiden zwischen dem, was uns die Handlungs- und Redegemeinschaft als Verdienst oder Verschulden zurechnet, und dem, was an uns gleichsam naturgesetzlich abläuft oder uns in anderer Weise (etwa als Handlungen unserer Mitmenschen) widerfährt.

Es zählt zu unserer elementarsten Sozialkompetenz zu wissen, dass uns Handlungen ge- und misslingen können, dass sie Zwecke erreichen und verfehlen, also Erfolg und Misserfolg haben können, und dass wir uns für unser Handeln verantworten müssen. Zugleich wissen wir, dass uns allerlei widerfährt, Naturgesetzliches vom Wetter bis zur Krankheit, vom Geborenwerden und Wachsen über das Altern bis zum Tod, aber auch Kultürliches wie die

Handlungen und ihre Folgen von Seiten anderer Menschen; und schließlich widerfährt uns sogar im eigenen Handeln, ob dieses uns ge- oder misslingt und Erfolg oder Misserfolg hat. Dieses alles nennt man „Erfahrung“.

Wir wissen aber auch, und zwar durch Einübung und Lernen, dass wir in den Handlungsketten des täglichen und des wissenschaftlichen Lebens häufig an Reihenfolgen von Teilhandlungen gebunden sind, deren Vertauschung zum Verfehlen des angestrebten Zweckes führt. Wer Wein trinken möchte, muss zuerst die Flasche öffnen, dann das Glas eingießen und dann trinken und nicht umgekehrt. Und wir wissen, dass man sich am morgen die Strümpfe vor den Schuhen anzieht, dass es aber nicht wichtig für ein erfolgreiches Ankleiden ist, mit welchem Fuß wir dabei beginnen. Diese pragmatische Ordnung des „nichtsprachlichen“ Handelns muss in sprachlichen Beschreibungen oder Vorschreibungen (wie Rezepten, Bauanleitungen oder Gebrauchsanweisungen) berücksichtigt und übernommen werden, oder unsere Beschreibungen bzw. Vorschreibungen werden falsch bzw. irreführend.

Die Wir-Form der voranstehenden Bemerkungen zielt auf die schlichte Tatsachenfeststellung unserer kultürlichen Praxis. Wer dies alles nicht gelernt hat, wird sich alsbald in einer Heil- oder Strafanstalt vorfinden.

Wo also die Naturwissenschaften durch Handeln von Menschen in die Welt kommen, lohnt es sich, nun von Aristoteles zu lernen, wie man das *Technische* oder Künstliche *vom Natürlichen unterscheidet*. Das Natürliche ist nach Aristoteles dasjenige, was den Anfang und Grund seiner Veränderung und seiner Eigenschaften in sich selbst hat. Das Technisch-Künstliche dagegen ist planvoll und zweckrational vom Menschen gemacht. Der Sinn der Unterscheidung ist, das Naturgeschehen nach dem Modell des menschlichen Herstellens, der Technik, zu verstehen.

Dieses aristotelische Programm wird etwa in der biologischen Geschichtsschreibung bei Charles Darwin erfüllt, wo die natürliche Zuchtwahl (Selektion) der in der Generationenfolge mutierenden Organismen nach dem Modell des Züchterhandelns verstanden wird, das Darwin bei Tauben- und Orchideenzüchtern studiert hat. Kurz, das aristotelische *Programm* lässt sich, zumal seit Beginn der klassischen Physik mit ihren handwerklichen Laborverfahren, dahingehend verstehen, dass *alles Natürliche* nach dem Modell der technischen Herstellungspraxis in menschlicher Kultur verstanden werden soll.

Berechtigung findet dieses Programm darin, dass die Experimentalwissenschaften ein technisches Fundament benötigen und haben, wie es im Gebrauch von Messgeräten und anderer Technik im Experiment erforderlich ist.

Naturalistisch werden Mess- und Experimentiergeräte wieder missverstanden als vollständig durch Naturgesetze bestimmt. Ein Missverständnis ist dies, weil ja diese Naturgesetze unberührt bleiben, wenn ein Messgerät oder eine Experimentieranordnung *defekt* sind und dem Forscher gar nichts zeigen. Mit anderen Worten, das technische Fundament der Experi-

mentalwissenschaften kommt durch ein ingenieurmäßiges Planen und handwerkliches Herstellen zustande, für das *Zwecke leitend* sind, die ihrerseits die geforderten Funktionen festlegen. Die Uhr, die aufgrund eines Defekts stehen bleibt und sich damit nicht mehr zur Zeitmessung eignet, widerlegt kein Naturgesetz, sondern verfehlt nur einen menschlichen Zweck. Und die Experimente liefern ein Know-how, ein Bewirkungswissen, das seinerseits zum Modell wird, wo es um Naturphänomene (wie in der Astronomie) geht.

Bezüglich der Wissenschaftlichkeit der Naturwissenschaften zeigt dies, dass die ältere Auffassung der Objektivität der Physik (als abgeleitet vom Objekt der Natur und ihrer Gesetze) ein Missverständnis ist. Tatsächlich besteht die *Wissenschaftlichkeit* der Physik und der Naturwissenschaften darin, auf Seiten der Autoren eine *transsubjektive Geltung zu beanspruchen*, also die Subjektivität des einzelnen Urhebers zu überschreiten. Auf Seiten der Objekte besteht die Wissenschaftlichkeit in einer *Universalität*, d.h. Geltung für alle Objekte eines Bereiches zu beanspruchen; diese Universalität ist für den Naturforscher kein Geschenk des Himmels, sondern wird durch explizite Rezeptur seiner technischen Verfahren und damit durch die technische Reproduzierbarkeit von Geräteeigenschaften beim Messen und Experimentieren kultürlich sichergestellt.

Die berühmten *Gesetze der Natur* sind selbstverständlich sprachliche Sätze, denen die besondere Qualität zukommt, in technisch reproduzierbaren Verfahren geprüft werden zu können.

Eine erste Aufgabe, das naturalistische Missverständnis der Naturwissenschaften zu überwinden, hat also seine Lösung in der Einsicht, dass pragmatische und normative Defizite zu überwinden sind. Es sind Vorschriften für menschliches Handeln (der Forscher), die diesem Wissenschaftlichkeit garantiert. All dies ist keine ad-hoc-Behauptung, sondern in einer Wissenschaftsphilosophie wie dem *Methodischen Kulturalismus* expliziert und diskutiert; dazu liegen ausgearbeitete Wissenschaftstheorien zu den drei Hauptdisziplinen Physik, Chemie und Biologie sowie zur Mathematik, zur Informatik und zur Psychologie vor. Festzuhalten ist, daß *nur über Zweckrationalität Geltungskriterien* für diese Wissenschaften *festzulegen* sind, ja, dass nur die Klärung der jeweiligen Zwecke naturwissenschaftlicher Praxen ein Verständnis der Ergebnisse, ihrer Reichweite und ihrer ganz hervorragenden Leistungsfähigkeit eröffnen. Damit ist aber auch der Zugang zu dritten Problem naturwissenschaftlicher Bildung eröffnet, nämlich der Frage nach der Legitimation der Zwecke von Forschung.

## 4. Naturwissenschaften begreifen (legitimierender Teil)

Hier ist selbstverständlich das Verstehen von Begreifen, anders als in der saloppen Alltagssprache, zu unterscheiden. Die Philosophen reden hier auch gerne von Verstand im Unterschied zu Vernunft.

Für unsere Zwecke mag es genügen, folgendermaßen zu bestimmen: „Verstehen“ betrifft ein *Verfügungswissen über Mittel bei feststehenden oder festgehaltenen Zwecken*. Es geht um die Frage, wie etwas geht. Naturwissenschaftliches Wissen zu verstehen heißt, es als Know-how methodisch geordnet reformulieren („rekonstruieren“) zu können.

Im Unterschied dazu besteht das „Begreifen“ von Naturwissenschaft in der Antwort auf die Frage nach dem Wozu. Woher kommen die Zwecke, und zwar die großen wie die kleinen, die gesamte Forschungsprogramme oder einzelne, kleine Schritte lenken? Wer setzt sie, wer legitimiert sie und wie unterscheidet sich eine erfolgreiche Legitimation von einer misslungenen?

Das Begreifen der Naturwissenschaften soll hier dadurch geleistet werden, dass sie *als Kulturleistung* identifiziert werden. Das Wort „Kultur“ kommt vom Lateinischen „colere“ und meint das Kultivieren des Vorgefundenen primär durch den Acker- und Waldbauern und den Viehzüchter. Was nun am Anfang der Kulturgeschichte die Menschen zu ihrer Lebensbewältigung an Künsten und Techniken entwickelt haben, wurde in der jüngsten Geschichte der letzten Jahrhunderte aus lebensweltlichen Praxen zu Naturwissenschaften „hochstilisiert“. Man denke an die Künste des Gerbens und Färbens, der Herstellung und Konservierung von Lebens- und Heilmitteln, allgemein der Werk-, Wirk- und Brennstoffe als Vorgeschichte der naturwissenschaftlichen Chemie. Entgegen ihrem Namen sind also *die Naturwissenschaften in Wahrheit Technikwissenschaften*. Sie als solche zu begreifen ist ein Projekt der Aufklärung von Ideologien und Selbstmissverständnissen. Aufklärung im Sinne Immanuel Kants als Mut zum Selberdenken gegenüber Autoritäten erweist sich als Bildungsaufgabe insbesondere dort, wo es um Welt- und Menschenbilder geht, die ihrerseits politisch, rechtlich und moralisch orientierend wirken. Ein Blick auf das Menschenbild der Naturwissenschaften mag hier exemplarisch helfen, was es heißt, Naturwissenschaften vom Menschen als Kulturleistung zu begreifen.

Grob gesprochen erforschen die Naturwissenschaften den Menschen unter den Aspekten des Lebensvollzugs (Physiologie, Organismustheorie), der Fortpflanzung und Vererbung (Genetiken) und der naturgeschichtlichen Herkunft (Evolutionstheorien). Die dabei gegebenen Antworten auf die Frage „Was ist der Mensch?“ lassen sich mit dem anonymen mittelalterlichen Gedicht konfrontieren, das lautet:

*„Ich bin, ich weiß nicht, wer;*
*ich komme, ich weiß nicht, woher;*
*ich gehe, ich weiß nicht, wohin;*

*mich wundert's, dass ich so fröhlich bin!"*

Man mag dies mit den drei Bereichen der Naturwissenschaften vom Menschen oder auch mit den methodologischen Selbsteinschätzungen des Beschreibens, Erklärens und Vorhersagens parallelisieren. Aber soll die ahnungslose Fröhlichkeit mit der naturalistischen Naivität der Naturwissenschaften gleichgesetzt werden?

Immerhin ist die Naturalisierung des Menschen heute als Mehrheitsmeinung gängig – und doch ist sie nicht nur misslungen, sondern unmöglich, wie hier der Kürze halber exemplarisch angedeutet werden soll:

Für die Erforschung des Lebensvollzugs mag die Sinnesphysiologie stehen. Wer nicht schon weiß, was das Wort „Sehen" bedeutet, kann auch keine physiologische Erklärung für die Funktion der Augen und allgemein, des Gesichtssinns geben; er hätte nämlich keinen Gegenstand für seine Wissenschaft, und darüber hinaus nicht einmal eine Methode, denn auch die Sinnesphysiologen müssen sich sprachlich einigen können auf das, was sie im sinnesphysiologischen Experiment selber als Forscher sehen.

Auch bei Fortpflanzung und Vererbung sind genetische Erklärungen nur relativ zu künstlichen Gegenständen möglich: Erst einmal nämlich sind die zu erklärenden vererbten Merkmale, wie wir sie etwa bei Ähnlichkeiten von verwandten Menschen beobachten, festzulegen; denn es kann keine Erklärung geben, wo es nicht methodisch zuerst ein „Explanandum", d.h. ein zu Erklärendes gibt. Die ersten Einsichten in den Erbgang von so genannten Eigenschaften wurden bekanntlich in den Mendelschen Gesetzen formuliert. Diese sind aber als Ergebnis von Kreuzungsexperimenten nur möglich, wenn vorher etwas Künstliches, nämlich so genannte Reinzuchtformen (Pflanzen, die durch wiederholte Selbstbefruchtung und Auslese genetisch einer reinen Blütenfarbe zugerechnet werden können) geschaffen wurden. Auch die biologische Erklärung der Herkunft des Menschen mit dem Versuch der so genannten evolutionären Erkenntnistheorie beruht auf einem Irrtum. Was immer uns an natürlichen Dispositionen durch das Evolutionsgeschehen zugewachsen sein mag, es begründet nicht unsere Fähigkeit zur Erkenntnis, weil wir nämlich mit eben derselben Ausstattung auch alle Irrtümer und Fehlleistungen begehen. Das heißt, so wenig wie die Naturgesetze die Funktion von Messgeräten erschöpfend bestimmen können, so wenig kann das Naturgeschehen die Erkenntnisfähigkeit des Menschen erschöpfend erklären. Und so wenig wir „Sehen" physiologisch definieren können, so wenig kann die Biologie den Menschen bestimmen, der zugleich fähig ist, die Kulturleistung eben der Biologie als Forschungsgeschichte hervorzubringen.

Als Forderung ist deshalb ein „kulturalistisches anthropisches Prinzip" aufzustellen und von den Naturwissenschaften vom Menschen einzufordern. Der Ausdruck „Anthropisches Prinzip" ist einer naturalistisch verstandenen Kosmologie entlehnt. Dort wird gefordert, Entstehungstheorien des Universums müssten die Entstehung des Menschen zumindest als möglich zulassen

(„schwaches Prinzip“); eine starke Form des Prinzips verlangt gar, Weltentstehungstheorien müssten auch die Entstehung des Menschen (über die Rahmenbedingungen für die tatsächlich abgelaufene Evolution) erklären. Die schwache wie die starke Form dieses Prinzips sind hier naturalistisch, weil der Mensch nur als Naturgegenstand (im Sinne des biologisch beschriebenen Evolutionsprodukts) betrachtet wird.

Für ein *gebildetes Verstehen und Begreifen der Naturwissenschaften* ist dagegen zu verlangen, dass (in der schwachen Form) der Mensch so beschrieben wird, dass diese Beschreibung eben diese Naturwissenschaft vom Menschen nicht ausschließt. In einer starken Form besagt das kulturalistische anthropische Prinzip, die Naturwissenschaften vom Menschen müssten diesen in seiner Fähigkeit erfassen können, eben die Kulturleistung dieser Naturwissenschaften vom Menschen hervorzubringen.

## 5. Fazit und Schluss

Auf die Frage „Wozu Naturwissenschaften?“ unter der Perspektive eines Beitrags zu einer nicht idiologisch beschränkten Bildung soll durch den vorgetragenen Weg einer kleinen Philosophie der Naturwissenschaften Folgendes gewonnen sein: Wenn Naturwissenschaften als technisches Verfügungswissen für die Lebensbewältigung und die Stützung lebensweltlicher Praxis verstanden werden, lassen sie sich auch begreifen als *Naturwissenschaften von Menschen für Menschen*. „Von Menschen“ meint dabei zweierlei. Der Mensch ist einerseits der *Urheber und Träger* der Naturwissenschaften, die folglich nicht ihre Qualität durch „Entanthropologisierung“ erreichen; und sie sind Naturwissenschaften, die sich andererseits den Menschen *als Gegenstand* wählen. Sie suchen nach Antworten auf die Fragen, woher wir Menschen kommen, wer wir sind und wohin wir gehen. Dies ist die säkulare und profane Alternative zur religiösen Offenbarung. Als Bildungsaufgabe ist sie geboten, weil nur auf diesem Weg *Verantwortung* für die Naturwissenschaften *übernommen werden kann*. Damit ist auch das Fazit genannt: Eine Philosophie der Naturwissenschaften und ihre Antworten auf die Frage nach dem Wozu dient letztlich auch der Antwort auf die Frage „Wozu naturwissenschaftliche Bildung?“: Es geht um die Möglichkeit und die Bereitschaft, Verantwortung in unserer naturwissenschaftlich-technisch geprägten Welt zu übernehmen für das, was wir tun.

## Literatur

Darwin, C. (1974). Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl. Stuttgart: Schweizerbart.

Fischer, E. P. (2001). Die andere Bildung. Was man von den Naturwissenschaften wissen sollte. (4. Aufl.). München: Ullstein.

Hertz, H. (1894). Die Prinzipien der Mechanik. Leipzig: Barth (Nachdruck Darmstadt 1963).

Keil, G., Schnädelbach, H. (Hrsg.) (2000). Naturalismus. Philosophische Beiträge. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Van Orman Quine, W. (1969). Epistemology naturalized. In: Ontological Relativity and other Essays, New York/London: Reclam (Dt. Ausg. Ontologische Relativität und andere Schriften, Stuttgart 1975).

Schwanitz, D. (1999). Bildung. Alles, was man wissen muss. Frankfurt am Main: Eichborn.

Snow, C. P. (1959). The two Cultures. Cambridge University Press.

Wilson, E. O. (1998). Die Einheit des Wissens. Berlin: Siedler.

## Weiterführende Literatur

Hartmann, D., Janich, P. (Hrsg.) (1996). Methodischer Kulturalismus. Zwischen Naturalismus und Postmoderne. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Janich, P. (1997). Kleine Philosophie der Naturwissenschaften. München: C.H. Beck-Verlag.

Janich, P. (2006). Kultur und Methode. Philosophie in einer wissenschaftlich geprägten Welt. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Ernst Peter Fischer, Universität Konstanz

# Wie viel Naturwissenschaft braucht der gebildete Mensch?

## 1. Einleitung

Naturwissenschaft und Bildung gehören in Deutschland nicht unbedingt zusammen. Mir sind jedenfalls viele Menschen bekannt, die sich als gebildet in dem Sinne bezeichnen, dass sie so genannte Intelligenzblätter – wie die „Zeit“ oder den „Spiegel“ – lesen, dass sie ins Theater gehen – etwa in die „Schaubühne am Halleschen Ufer“ –, dass sie nur klassische Musik auf dem CD-Player spielen und dass sie zwar Romane zum Beispiel von Martin Walser, aber nicht von Rosamunde Pilcher lesen, während sie zugleich gerne und bereitwillig zugeben, von den Naturwissenschaften nichts zu verstehen. Sie kennen zwar Gedichte, aber keine Gesetze (der Natur), und sie halten es nicht für wichtig, dies zu tun. Sie können Namen von Dichtern und Malern aufzählen und einige ihrer Werke nennen, aber Physiker und Biologen kennen sie nicht oder nur dann, wenn sie auf persönliche Weise auch außerhalb und unabhängig von ihrer Wissenschaft auffällig sind – wie Albert Einstein etwa durch seine langen Haare, wie der amerikanische Physiker Richard Feynman durch sein Trommelspiel bzw. seinen spektakulären Auftritt vor dem Untersuchungsausschuss des Challenger-Unglücks von 1986, wie der britische Kosmologe Stephen Hawking, dessen verkrüppelter Körper nur noch mit Hilfe eines Computers kommunikationsfähig ist und insofern seinen Geist direkt durch eine Maschine sprechen lässt, oder wie der amerikanische Softwareingenieur Billy Joy, der in Harlekinverkleidung nicht Auskunft über seine wissenschaftlichen Ideen, sondern über seine Ansicht gibt, dass die Zukunft die Menschen nicht braucht, weil sich hier die neuen Maschinen breit machen – *Robo sapiens* statt *Homo sapiens*.

## 2. Eine Frage der Bildung

Tatsächlich lässt sich ohne weiteres und ohne Zögern zunächst weder behaupten, dass die Naturwissenschaften etwas sind, das aus Selbstzweck betrieben wird, noch dass es sich dabei um etwas handelt, das die Menschen jenseits ihrer Berufe miteinander verbindet und ihnen geistigen Genuss bereitet. Genau so hat aber der Altphilologe Manfred Fuhrmann in einem 1995 erschienenen Aufsatz, der „Von den Ursachen des Verfalls der

Allgemeinbildung“ handelte, die geistige Einstellung definiert, die wir in der westlich-abendländischen Kultur Bildung nennen und auf die es hier ankommt. Es geht bei Bildung also um die Fähigkeit zur Kommunikation und zum Dialog, um den Prozess, der einem Individuum zu Selbständigkeit und Freiheit verhelfen und die Möglichkeit zur Teilhabe am Kulturganzen mit sich bringen soll, die man mit dem Ausdruck „Kennerschaft“ belegen könnte.

Fuhrmann erklärt in seinem Text, warum Bildung in Deutschland lange Zeit keine Konjunktur hatte. Er verweist dazu auf die sechziger Jahre des 20. Jahrhunderts, in deren Verlauf es zum so genannten Durchbruch des gesellschaftspolitischen Denkens gekommen ist, der in einer radikalen Abkehr von der klassischen Bildungstradition bestand. Es ging vielen Menschen von da an nicht mehr um Geist, Idee und Kultur; es ging ihnen mehr um Gesellschaft, Einkommen und soziale Gerechtigkeit. Zwar wurden nach dem berühmten Jahr 1968 erst ein „Strukturplan für das Bildungswesen“ (1970) und dann der „Bildungsgesamtplan“ (1973) vorgelegt, aber beide Entwürfe enthielten keinen allgemeinverbindlichen Kanon mehr, mit dessen Hilfe eine Orientierung in dem vielfältigen Angebot der europäischen Kultur möglich wurde. Gymnasien und Universitäten kümmerten sich stattdessen um individuelle Neigungen und übernahmen die Aufgaben der Berufsvorbereitung. Studierende sollten ausgebildet werden und konnten dabei ungebildet bleiben.

Es ist natürlich diese Lücke, die von den aktuellen Bemühungen um Bildung – etwa den zitierten von Dietrich Schwanitz – gefüllt werden soll, wobei es die literarischen oder künstlerischen Angebote deshalb leicht haben, weil sie über den Weg der Romanlektüre oder der Bildbetrachtung im Museum genau das erzielen können, was der gebildete Mensch anstrebt, nämlich den geistigen Genuss in Form der Kennerschaft.

Ich vermute nun, dass es vor allem für Laien außerhalb der Wissenschaftlergemeinde schwierig ist, sich vorzustellen, dass beim Erreichen oder Nachvollziehen naturwissenschaftlicher Einsichten auch von solch einem Genießen die Rede sein kann. Dabei kann schon ein kurzer Blick in Biographien von Forschern genau diesen Tatbestand an den Tag bringen:

Max Delbrück, der Wegbereiter der Molekularbiologie, der 1969 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet worden ist, hat zum Beispiel unermüdlich und ausdrücklich die „Freude am Denken“ betont, die er empfindet, wenn er versucht, die Rätsel zu lösen, die von der Natur vor unseren Augen ausgebreitet werden. Viktor Weisskopf, einer der produktiven Physiker des 20. Jahrhunderts, der lange Zeit als Direktor des CERN die europäische Forschung organisiert hat, weist in seiner Autobiographie „Mein Leben“ darauf hin, dass es das große geistige Vergnügen seines Lebens sei, „Mozart und die Quantenmechanik“ zu kennen – mit der Betonung auf dem Wort nach Mozart. Und der überlebensgroße Einstein hat häufig zu verstehen gegeben, dass er das Privileg habe, sich dem reinen Nachdenken über wissenschaftli-

che Zusammenhänge hingeben und dabei ungetrübten Genuss erleben zu können, weil er sicher fühlte, der Natur einige Schönheiten entlocken zu können.

Mit anderen Worten: Von ihren geistigen Qualitäten her könnten Naturwissenschaften wie die Musik oder die Literatur zur Bildung gehören – und damit einen völlig anderen Stellenwert in der öffentlichen Diskussion und Einschätzung bekommen –, doch scheint diese Seite zu wenig von Menschen außerhalb der wissenschaftlichen Berufe und Institute wahrgenommen zu werden. Der Grund für diesen Mangel lässt sich leicht angeben, denn – von wenigen Initiativen einmal angesehen – ist keine Institution in Sicht, die Menschen so schult und ausbildet, dass sie in die Lage versetzt werden, jenes Vergnügen an den Naturwissenschaften zu haben, das ihren Schöpfern selbstverständlich geworden ist, ohne an den steilen Zugängen zu scheitern, die ihre Inhalte so unzugänglich bzw. ungemütlich zu machen scheinen.

## 3. Mehr als Missverstehen

Leider gehört es vor allem in Deutschland zu dem Ritual einiger Geisteswissenschaftler, den Naturwissenschaften die geistigen Qualitäten abzusprechen, die sie in Wirklichkeit besitzen und die man viel stärker propagieren sollte, um das Verständnis für diese leider immer noch geheimnisvolle Macht zu verbessern, die das Leben in unserer Gesellschaft stärker bestimmt, als vielen selbst gut informierten Beobachtern klar zu sein scheint. So konnte man zum Beispiel 1972 in dem von Josef Kopperschmidt stammenden Aufsatz über „Literarisches Sprechen im Zeitalter der Wissenschaften“ die Meinung des Autors lesen, dass die Naturwissenschaften keinerlei Bildungswert besitzen, „weil sie ihrem methodischen Erkenntnisgewinn nach technisch und ihrer Verwertung nach praktisch orientiert sind.“ Natürlich gehören systematisches Experimentieren und technisches Nutzen zum Grundvermögen der Naturwissenschaft, aber dies ist nur ein Auszug aus der Palette, die sie zu bieten hat. Kopperschmidt verwechselt den Teil mit dem Ganzen, das doch voller Phantasie und Kreativität steckt, wie bei einigermaßen gutem Willen für jeden Menschen nachvollziehbar sein müsste. Aber genau der scheint oft nicht vorhanden zu sein, wie das Beispiel von Jürgen Habermas zeigt, der schon vier Jahre vorher – im Jahre 1968, auf dem Höhepunkt der Studentenbewegung –, in einem Beitrag über den Zusammenhang, den „Technischer Fortschritt und soziale Lebenswelt“ eingehen, folgendes vollkommen unzulängliche Bild von den Auswirkungen der Naturwissenschaft entworfen hat:

„Die Erkenntnisse der Atomphysik bleiben, für sich genommen, ohne Folgen für die Interpretation unserer Lebenswelt. ... Erst wenn wir mit Hilfe der physikalischen Theorien Kernspaltungen durchführen, erst wenn die Informationen für die Entfaltung produktiver oder destruktiver Kräfte ver-

wertet werden, können ihre umwälzenden *praktischen Folgen* in das literarische Bewusstsein der Lebenswelt eindringen – Gedichte entstehen im Anblick von Hiroshima und nicht durch die Verarbeitung von Hypothesen über die Umwandlung von Masse und Energie."

## 4. Wissenschaftliche Weltbilder

Habermas beschreibt seinen eigenen engen Horizont und nicht den der Wissenschaft. Schlimm wird dieser Unsinn durch die Wirkung bei den zahlreichen stärker soziologisch und politisch orientierten Studenten, bei denen seine Texte eine gläubige Akzeptanz und mit denen sie zuletzt eine immer weitere Verbreitung gefunden haben. Wie geistlos die Ansicht ist, die der Philosoph in dem Zitat vertritt, zeigt eine Auskunft, die der Romancier Wolfgang Koeppen 1974 in einem Interview gegeben hat. Als er um Hinweise auf Anregungen oder gar Lehrmeister gebeten wurde, antwortete er mit einem überraschenden Hinweis, den bislang weder die Literaturwissenschaft noch die Philosophie ausreichend beachtet hat. Koeppen sagte nämlich (zitiert in Emter 1995):

> *„Sie fragten nach literarischen Vorbildern und Einflüssen auf mich – jetzt möchte ich Ihnen sagen, dass die neuen Erkenntnisse der Physik, besonders der modernen Physik, einen Einfluss auf meine Entwicklung gehabt haben. ... Ich empfange da ganz deutlich ein Weltbild, das meinen Ahnungen entspricht in vielem."*

Dieses Empfangen hat es schon vor Koeppen gegeben, etwa bei Rainer Maria Rilke, der das, was die neue Physik seiner Zeit über die Atome und das Universum erkannte und vortrug, in sein Dichten und Denken aufgenommen hat. Natürlich sind weder Koeppen noch Rilke durch populärwissenschaftliche Zeitschriften über die Fortschritte der Wissenschaften informiert worden. Sie haben stattdessen etwas von ihnen „empfangen" oder an ihnen wahrgenommen. Dies kann auch so ausgedrückt werden, dass die Dichter die Wissenschaften als Fenster benutzt haben, um das dabei Unsichtbare zu erleben, in das die physikalischen Theorien die sichtbaren Ergebnissen der Forschung verwandelt haben.

Die Frage, wie den Poeten dieses Wahrnehmen und Empfangen gelungen ist, bleibt bislang ohne Antwort. Koeppen betonte im weiteren Verlauf des zitierten Gesprächs, dass dies keineswegs trivial sei. Er merkt etwas an, das vielen wissenschaftlich interessierten Zeitgenossen schon länger schmerzhaft bewusst ist, nämlich die Tatsache, dass es Außenstehenden äußerst schwer fällt, alle Details dieser neuen Physik verstehen zu können, weil ihnen zumeist die entsprechenden Denkzeuge fehlen. Auf diesen Punkt ist vielfach hingewiesen worden, und besonders deutlich hat dies Karl

Schwedhelm bereits 1964 in einem Essay getan, der „Das Gedicht in einer veränderten Wirklichkeit“ analysieren wollte:

> *„Für uns, die wir nicht Naturwissenschaftler sind, werden die Veränderungen der klassischen Physik seit wenig mehr als einem halben Jahrhundert in ihren Ursachen und Folgerungen auch künftig weitgehend undurchschaubar bleiben. ... Der Künstler ist von diesem esoterischen Bereich nebelhaft schwieriger Funktionen und Differentialgleichungen genauso wie wir anderen ausgeschlossen.“*

## 5. Asymmetrisches

Hier wird in der Tat ein schwieriges Problem angesprochen, für das noch keine geeignete Antwort vorgelegt werden konnte, und zwar deshalb nicht, weil sich bislang kaum jemand ernsthaft Gedanken und Vorstellungen darüber gemacht hat. Ich möchte dazu gleich einen Vorschlag unterbreiten, allerdings erst, nachdem die ärgerliche Asymmetrie der kulturellen Bewertung deutlich geworden ist, die in dem Zitat zum Ausdruck kommt.

Niemand wird bestreiten, dass die Einsichten der modernen Wissenschaft sich weit von dem entfernt haben, was dem gesunden Menschenverstand problemlos zugänglich ist. Man kann wissenschaftliche Einsichten wahrscheinlich sogar durch ihre Eigenart charakterisieren, dem „common sense“ zu widersprechen. Aber statt aus diesem Tatbestand die Notwendigkeit abzuleiten, sich auf die Geschichte der Wissenschaft einzulassen, um bei dem dazugehörigen Studium zu verstehen, wie es ihren Vertretern im Laufe der Jahrhunderte gelungen ist, die biologisch bedingte und damit natürlich gegebene Barriere des Erkennens zu überspringen, spielt man den dummen Bauern, der nicht frisst, was er nicht kennt. Die Verwendung von Begriffen wie „esoterisch“ bzw. „nebelhaft“ scheint typisch für die Asymmetrie der Bewertung zu sein, die viele Intellektuelle beim Blick auf die Naturwissenschaften vornehmen. Physik und Biologie soll es offenbar zum geistigen Nulltarif geben – nach dem Motto „Relativitätstheorie leicht gemacht“ oder „Genetik in bunten Bildchen.“ Gedanklich anstrengend und geistig verzwickt darf es offenbar nur werden, wenn philosophische oder historische Themen verhandelt werden.

Diese Asymmetrie durchzieht die ganze abendländische Debatte um die Bildung. Sie erstreckt sich vor allem auf das, was in Quizsendungen unter der Rubrik „Was man weiß, was man wissen sollte“ zu finden ist. Jeder weiß, dass er etwas von Picassos Rosa Periode oder vom „Blauen Reiter“ und seinen Malern wissen sollte. Aber niemand weiß, dass es sich lohnt, ebenso über die Doppelhelix oder Theorie der Quarks und ihre Vertreter informiert zu sein. Wer Arthur Schopenhauer nicht kennt oder nicht von ihm gehört hat, gilt als ungebildet. Wer hingegen Ludwig Boltzmann nicht un-

terbringen kann, macht sich über diese Lücke keine Sorgen – und niemand hierzulande wird ihm dies übel nehmen.

Auf diese unterschiedliche Gewichtung von Wissen hat bereits 1959 der britische Physiker, Dichter und Staatsmann Charles P. Snow hingewiesen, als er seine zwar vielfach verworfene, sich aber hartnäckig behauptende Trennung der zwei Kulturen einführte. Snow hatte konkrete Vertreter dieser Bereiche im Auge, und er unterschied die Vertreter der literarischen Intelligenz (Autoren, Kritiker) von den Repräsentanten der naturwissenschaftlichen Fächer (Forscher, Ingenieure) (vgl. Anmerkung). Dann fragte er nach dem allgemeinen Verständnis der Themen, die in genannten Kreisen erörtert werden, und dabei fiel ihm das eingangs erwähnte Ungleichgewicht auf. Snow machte die fehlende Symmetrie an den Sonetten Shakespeares und dem Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik fest, indem er bemerkte, dass jeder nickt und verständnisvoll tut, wenn von den Sonetten die Rede ist, während jeder verständnislos den Kopf schüttelt, wenn die Wärmelehre und einer ihrer Hauptsätze angesprochen wird.

Bislang hat noch jedes Publikum so reagiert, wie es Snow beschrieben hat, ohne zu merken, dass an dieser Stelle etwas völlig falsch ist. Es trifft meiner Erfahrung nach nämlich überhaupt nicht zu, wie oft zu lesen ist, dass – auf die Öffentlichkeit bezogen – jeder die Sonette und niemand die Hauptsätze kennt. Was bestenfalls zutrifft, lässt sich so formulieren, dass zwar jeder von den Sonetten gehört hat, die Shakespeare geschrieben hat, dass diese erstaunlichen Texte aber trotzdem niemand kennt bzw. versteht, und zwar eher noch weniger als den Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik.

## 6. Der eingebildete Gelehrte

Das Problem des physikalischen Lehrsatzes besteht darin, dass er am besten in einen Sprache zu formulieren ist, die vom Publikum weder geschätzt noch gesprochen wird. Gemeint ist die Mathematik, deren Beherrschung zu den ursprünglichen Zielen der Wissenschaft gehört, wie sie zum Beispiel von Galileo Galilei aufgestellt worden sind. Doch genau an dieser Stelle haben viele Menschen ihren Einwand erhoben, die mehr poetisch als analytisch begabt waren. Berühmt sind die Verse, die Novalis für spätere (unvollendet gebliebene) Passagen seines Romans „Heinrich von Ofterdingen“ vorgesehen hatte. Ihre ersten und letzten vier Zeilen lauten:

*Wenn nicht mehr Zahlen und Figuren*
*Sind Schlüssel aller Kreaturen,*
*Wenn die, so singen oder küssen*
*Mehr als die Tiefgelehrten wissen,*
...
*Und man in Märchen und Gedichten*
*Erkennt die wahren Weltgeschichten,*

*Dann fliegt von einem geheimen Wort*
*Das ganze verkehrte Wesen fort.*

Was die Wissenschaft hervorbringt, kommt vielen künstlerisch empfindenden oder sich so gebenden Menschen tatsächlich oft als „verkehrtes Wesen" vor, wie nicht nur das Zitat von Karl Schwedhelm deutlich macht, sondern wie auch anderswo ausgedrückt worden ist Ein berühmtes Beispiel liefert Alfred Döblin, der die Welt nicht mehr verstand, als Einstein den Kosmos verstand. Der Autor von „Berlin Alexanderplatz" protestierte in den Jahren der Weimarer Republik lautstark und öffentlich, als er erfuhr, dass die Allgemeine Relativitätstheorie bzw. die damit verbundenen Gleichungen der Gravitation den Kosmos und seine raumzeitliche Wirklichkeit offenbar besser beschreiben konnte als alle physikalischen Ansätze zuvor, die mit Isaac Newton begonnen hatten und gewöhnlich mit seinem Namen verbunden geblieben sind. Das Newtonsche Universum präsentierte den Raum als einen riesengroßen Schuhkarton mit geraden Linien und rechten Winkeln, den eine gleichmäßig träge fließende Zeit durchströmte, ohne irgendeine Wechselwirkung mit ihm eingehen zu können. So etwas konnte man sich leicht vorstellen und anschaulich vor Augen führen. Doch mit Einsteins Universum ging dies nicht mehr. Mit ihm tauchten seltsame Verzerrungen und Krümmungen in diesem Karton auf, den es zum einen gar nicht mehr ohne Schuhe geben konnte, der zum zweiten gerade durch seinen Inhalt aus der vertrauten Rechtwinkligkeit gerissen wurde und der zum dritten auch mit dem Strom der Zeit ins Gehege kam und ihn umleitete und verzögerte.

Döblins Problem steckte nicht in dieser Akrobatik der vertrackten Anschauung, der zufolge Raum und Zeit nicht bloß entleert werden, sondern selbst verschwinden, wenn man versucht, die Dinge aus ihnen zu entfernen. Seine Klage richtete sich vielmehr gegen die Tatsache, dass Einstein sein Wissen und seine Kenntnisse über den Kosmos mit Hilfe komplizierter mathematischer Verfahren gewonnen hatte, in denen es unter anderem um Kovarianz, Tensoranalysis und Differentialgleichungen ging, also um Hervorbringungen der analytischen Verstandes, die für Döblin und die meisten Menschen unverständlich blieben und unzugänglich bleiben. Für sie gab und gibt es in dieser so abstrakt wirkenden Formelwelt nichts zu verstehen, und der offenkundige Skandal steckt darin, dass sie damit verurteilt zu sein scheinen, in einem Kosmos zu leben, der nur noch den wenigen Eingeweihten zugänglich ist, die genügend mit der Sprache der höheren Mathematik vertraut sind. Döblin protestierte dagegen, dass der Erfolg des Forschers den Dichter vom Verständnis der Welt ausschloss, in der doch beide gemeinsam lebten. Wieso konnte es einem großen Teil der Menschen verwehrt sein, etwas über die Strukturen ihrer Welt – über die Geometrie ihres Universum – zu wissen?

## 7. Einsteins Durchblick

Gewöhnlich bedauert man an dieser Stelle die Schwierigkeiten der mathematischen Sprache und weist auf die vielen populären Darstellungen hin, die sich mutig an die Allgemeine Relativitätstheorie wagen und dabei versuchen, mit ihren gebogenen Räumen und gedehnten Zeiten fertig zu werden. Tatsächlich findet der Interessierte in der entsprechenden Literatur viele unmittelbar anschauliche Darstellungen der vierdimensionalen Raumzeit und ihrer gekrümmten Geometrie, in der wir nach Einsteins Theorie leben. Doch können die Leserinnen und Leser damit wissen, was Einstein gewusst hat? Wer versucht, diese Frage zu beantworten, wird feststellen, dass das Hauptproblem im Nachsatz steckt. Wissen wir überhaupt, was Einstein gewusst hat? Wir wissen, wie seine Formel in Lehrbüchern aussieht, und wir wissen aus Experimenten, dass damit bessere Vorhersagen über den Ausgang von Messungen in den kosmischen Weiten des Weltraums zu machen sind, als alle konkurrierenden Theorien dies können. Aber wissen wir deshalb, was Einstein verstanden hat?

Einsteins Ziel bestand primär sicher nicht darin, eine Formel zu finden. Er wollte vielmehr etwas über die Raumzeitstruktur der Welt wissen, und er hat dies mit Hilfe seiner Formel bewerkstelligt. Aber wenn wir nun so einfach sagen, dass Einstein etwas über das Universum durch seine Gleichung weiß, dann sollten wir uns darüber im Klaren sein, dass dies nicht oberflächlich gemeint sein kann, weil das „durch“ sehr tief reicht. Wie tief es tatsächlich gehen kann, hat Werner Heisenberg in seiner Autobiographie „Der Teil und das Ganze“ beschrieben (1969, S. 89). Er stellt dort den Augenblick (!) dar, in dem einige (andere) mathematische Zeichen auf einem Blatt Papier ihm plötzlich ihre Bedeutung offenbaren und er in ihnen die Grundgesetze der Atome erkennt, und zwar auf die folgende Art und Weise:

> *„Ich hatte das Gefühl, durch die Oberfläche der atomaren Erscheinungen hindurch auf einen tief darunter liegenden Grund von merkwürdiger innerer Schönheit zu schauen, und es wurde mir fast schwindlig bei dem Gedanken, dass ich nun dieser Fülle von mathematischen Strukturen nachgehen sollte, die die Natur da vor mir ausgebreitet hatte.“*

Es ist wichtig, sich klarzumachen, was Heisenberg bei diesem Erlebnis eigentlich erblickt. Vor ihm auf dem Papier befinden sich doch nur einige mathematische Formeln und Strichgebilde, und aus diesen Zahlen und Figuren kann nur dann das viele Wissen werden, das Heisenberg erregt, wenn die Zeichen den Charakter von Symbolen annehmen.

Dies gilt natürlich auch für Einstein, denn auch ihm sagen die mathematischen Gebilde nur etwas über die Welt – den Kosmos –, wenn er sie nicht bloß als Abkürzungen für real gegebene Größen versteht – G für Gravitation oder R für Raum –, sondern wenn er sie als Symbole wahrnimmt und deutet,

die nicht nur seine rational ausgerichteten Fähigkeiten ansprechen, sondern ihm auch durch Gefühle Wissen über die Welt verschaffen, wie Heisenberg er beschrieben hat. Und kennen wir nicht alle auch Wissen, das nur durch Gefühle möglich wird?

Mathematische Formeln sind eben nicht das Wissen selbst, um das es geht, sondern sie liefern nur der symbolischen Schlüssel dazu, und es ist nicht nur anzunehmen, sondern wird hier sogar behauptet, dass es noch andere Schlüssel zu demselben Wissen gibt. Worauf es dann bei der Weitergaben von wissenschaftlichem Wissen ankommt, lässt sich mit einfachen Worten nun so ausdrücken, dass man dafür sorgen muss, den entsprechenden Schlüssel für Menschen wie den Dichter Döblin zu finden, die in mathematischen Formeln keine Symbole entdecken können. Da ihnen diese Begabung fehlt, man muss Bilder oder andere Symbole finden, die ihnen das Wissen über die Wirklichkeit verschaffen, das Einstein und Heisenberg dadurch bekommen, dass sich für sie die mathematischen Zahlen und Figuren in Symbole verwandeln. In beiden Fällen können schließlich die inneren Bilder entstehen, die zum Verstehen führen und die Erinnerung werden, die wir zuletzt als Wissen kennen. Wir können alle dasselbe wissen, müssen aber nicht versuchen, dies mit denselben Symbolen zu erreichen.

## 8. Wissen durch Einbildung

Der wichtige Begriff ist „Bild“, was nicht wie ein „picture“ (etwa eine Photographie), sondern wie ein „image“ (etwa ein Gemälde) zu verstehen ist. Unser Denken endet mit Bildern, und es beginnt auch als malendes Schauen, wie die Psychologie weiß und wie erneut am einfachsten am Beispiel der Biographie von Einstein verdeutlicht werden kann. Einstein hat nämlich einmal in einem Gespräch mit einem Psychologen erzählt, dass sein wissenschaftliches Denken mit Bildern beginnt, die in ihm weitere Bilder generieren und zu einem Strom werden lassen, den er dann – mühsam genug – in Worte und Formeln übertragen muss, um sie kommunizieren zu können. Diese Erfahrung haben viele Naturforscher gemacht, wie der immer wieder feststellen kann, wer sich auf ihre Biographien einlässt.

Der Beitrag der Bilder zum Wissen ist schon bei Einsteins berühmten Vorgänger Johannes Kepler zu erkennen, der im 17. Jahrhundert nicht nur die drei nach ihm benannten Planetengesetze entdeckt, sondern auch beschrieben hat, wie seinen Erfahrungen zufolge Wissen überhaupt entsteht. Für Kepler kommt Erkennen durch Bilder zustande, das heißt genauer durch Bilder, die ein Betrachter in sich zur Deckung bringt. Das ihm von außen durch die Sinne Zugeleitete verwandelt seine Wahrnehmung in Bilder, die dann – so sieht es Kepler – mit anderen Bildern (Imaginationen) verglichen werden, und zwar denjenigen, die in seinem Inneren entstanden sind. Kepler vermutet, dass beide Bilderströme an der Stelle zueinander finden, die man

früher Seele nannte. Wenn eine Passung gelingt, wird man wach, und die Seele leuchtet auf (was in modernen Sprachen heißt, dass Zufriedenheit empfindet, wer etwas erkennt).

Was Kepler sagt, lässt sich auch so ausdrücken, dass wir dann etwas über die Welt wissen, wenn wir sie uns durch Bilder zu eigen gemacht haben, wenn wir sie uns also – im Wortsinne – eingebildet haben. Nun heißt das alte lateinische Wort für diesen Vorgang der (mit Bindestrich zu denkenden) Ein-bildung „informatio“, und es ist unschwer zu erkennen, dass davon zum einen zwar der Begriff der Information abgeleitet ist, den sich die moderne Gesellschaft gerne als Vornamen gibt, dass zum anderen aber die heutige Verwendung dieses Wortes nichts mehr mit dem Bild zu tun hat, um das er eigentlich geht. Wer heute informiert ist, hat vielleicht viele Daten auf seiner Festplatte oder einige Nachrichten auf der Mailbox, aber keine Bilder mehr im Kopf. Informiert im sinnvollen und Wissen anstrebenden Gebrauch dieser Idee ist aber nur der „eingebildete“ Mensch. Seine Bilder stellen die humane Ebene des Wissens dar. Sie sind seine primäre Form.

## 9. Wissen durch Wahrnehmen

Die Bilder sind eine Wissensform vor den Begriffen, und sie entstehen durch die menschliche Fähigkeit der Wahrnehmung, die weder philosophisch noch physiologisch ausreichend erkundet ist. Anders ausgedrückt, Wissen beginnt mit Wahrnehmung, und bei diesem Satz kann man sich auf Aristoteles berufen. Seine „Metaphysik“ beginnt mit der berühmten Feststellung, dass die Menschen ihrer Natur aus nach Wissen streben, und sie tun dies – so sieht es Aristoteles –, weil sie Freude an der Wahrnehmung haben.

Wissen macht also Freude, wenn die Wahrnehmung geeignete und gefällige Formen erfasst, und diese Formen können sowohl natürlicher als auch künstlerischer oder mathematischer Art sein. Wahrnehmung verwandelt Gestaltetes außen in Gestalten innen. Äußere Formen werden innere und finden dabei das Bild, das unser Wissen wird, weil wir uns daran erinnern können (wobei das „innere“ in diesem Wort nicht zu überhören ist).

Der hier vorgestellte Reigen beschränkt sich nicht nur auf komplizierte Wissenschaft, sondern hat seine Anwendungen auch im Alltag – und wahrscheinlich vor allem dort. Wer zum Beispiel mit einem anderen Menschen zusammentrifft, versucht sofort, sich ein Bild von ihm zu machen, und er kann dies ganz selbstverständlich und sofort mit den Mitteln der Wahrnehmung tun, die jedem von Natur aus zur Verfügung stehen. „Sofort“ heißt dabei erneut, dass dieser Zuwachs an Wissen ohne Begriffe gelingt. Wer einem Menschen begegnet, wird vielleicht irgendwann auch seine Haarfarbe oder die Linie seiner Augenbrauen beobachten. Er wird aber zunächst und vor allem sein Gegenüber wahrnehmen, und das heißt, er verschafft sich ein

Wissen, das die ganze Person erfasst – seine Neugierde, seine Schönheit und seine Attraktivität zum Beispiel.

Mit anderen Worten, wenn Döblin sich beklagt, dass er den Kosmos nicht verstehen kann, weil er mit den mathematischen Begriffen nicht zurechtkommt, dann versucht er ein grundlegendes Bedürfnis durch ein unpassendes Argument zu rechtfertigen. Man muss ihm keinen Nachhilfeunterricht in Tensoranalysis geben. Man muss ihm ein Symbol oder ein Bild (ein Kunstwerk) vorlegen, das seine Wahrnehmung anspricht, und zwar so, dass dabei das Bild des Kosmos *ent*steht, das Einstein *ver*steht.

Solch ein Bild oder Symbol zu finden, ist keine Aufgabe, die sich nebenbei erledigen lässt. Man könnte sie Wissenschaftsgestaltung nennen, und für diese Formung des Wissens braucht man mindestens so viel Geschick wie für die Wissenschaft selbst. Bedarf an Wissenschaftsgestaltung besteht in unserer Gesellschaft genug, denn schließlich wollen wir alle die Welt so verstehen wie Einstein den Kosmos.

Zum Wissen brauchen die Menschen alle beide, die Zahlen und Figuren ebenso wie das wahrnehmende Erleben. Die oben zitierten Zeilen von Novalis sind also ebenso einseitig (und damit ebenso falsch) wie die Überzeugung, die Natur teile sich uns allein in der Sprache der Mathematik mit. Vielleicht darf man die alten Verse modern öffnen, um in dieser Wendung das Zauberwort hörbar zu machen:

*Wenn nicht nur Zahlen und Figuren*
*Sind Schlüssel aller Kreaturen,*
*Wenn die, so singen oder küssen*
*So viel wie Tiefgelehrte wissen,*

*Und auch in Bildern und Gedichten*
*Sich zeigen wahre Weltgeschichten,*
*Dann fliegt das Wissen ohne Wort*
*Dem Menschen zu an seinem Ort.*

## 10. Eine neue Wissenschaft

Diesen Ort kann die Naturwissenschaft alleine weder bestimmen noch erfinden. Sie ist vielmehr auf den Bereich angewiesen, den der italienische Philosoph Gianbattista Vico als einer der ersten erschlossen hat, als er 1725 seine Vorstellungen von der „Neuen Wissenschaft“ veröffentlichte, bei denen es ihm darauf ankam, den sich entfaltenden Geist der menschlichen Wissenschaft zu verstehen. Ausgangspunkt seiner Bemühungen waren die Renaissance und die Revolution der Naturwissenschaften, die im 17. Jahrhundert stattgefunden hatte, die mit den Namen Francis Bacon, Johannes Kepler, Galileo Galilei und Réne Descartes verbunden ist und noch ausführlich vorgestellt und geschildert werden wird. Es ging Vico um eine Geschichte der

geistigen Abenteuer, auf die sich Menschen eingelassen haben, und aus diesem Bemühen heraus ist das entstanden, was wir heute mit dem etwas schwerfälligen Wort der Geisteswissenschaften bezeichnen. Es dauerte übrigens bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts, bevor dieser letztlich technische Ausdruck in der deutschen Sprache auftauchte, und zwar als Übersetzung des englischen Ausdrucks „moral science“, den John Stuart Mill benutzt hatte. Ihre moderne Rolle begannen die Geisteswissenschaften in dem Augenblick zu spielen, in dem der Berliner Physiker und Physiologe Hermann von Helmholtz sie 1862 als „weiche“ Wissenschaften von den methodisch „harten“ Naturwissenschaften abzusetzen versuchte und damit Gerangel auslöste, das bis heute anhält und manche Karriere aufbraucht. Gut zwanzig Jahre nach Helmholtz verfasste der Philosoph Wilhelm Dilthey seine berühmte „Einführung in die Geisteswissenschaft“, wobei er deren besondere Qualität in der Fähigkeit zum intuitiven Verstehen („Einfühlung“) sah. Weitere zehn Jahre später (1894) führt der Philosoph Wilhelm Windelband die systematische Unterscheidung ein, die bis heute als gültig anerkannt wird, indem er die gesetzgebenden – die so genannten *nomothetischen* – Naturwissenschaften wie Physik und Biologie von den mit Einzelerlebnissen und ihrer beschreibenden Analyse befassten – so genannten *idiographischen* – Geisteswissenschaften wie Philosophie und Literaturwissenschaft unterschied.

So kompliziert diese Ausdrücke klingen, sie erfassen einen markanten Unterschied. Denn tatsächlich versuchen die Naturwissenschaften alles, um individuelle Besonderheiten auszuschließen. Im theoretischen Bereich nehmen sie statistische Methoden zu Hilfe und bilden Mittelwerte, und im experimentellen Bereich bestehen sie auf der möglichst genauen Reproduzierbarkeit von Ergebnissen, das heißt, sie übersehen und übergehen gerade das, was Einzelereignisse unverwechselbar macht. Auf diese Weise gewinnt zum Beispiel eine naturwissenschaftlich vorgehende Medizin zwar immer mehr Kenntnisse etwa über Herzkrankheiten im allgemeinen, ein entsprechend *aus*gebildeter Arzt nimmt zugleich aber immer weniger Rücksicht auf die individuellen Eigenschaften des jeweils vor ihm sitzenden Patienten. Das Kunststück besteht darin, diese Ausbildung durch Bildung zu ersetzen und die allgemeinen Kenntnisse des Organischen und die individuelle Wahrnehmung des Patienten als komplementär anzusehende Zugänge zusammen zu bringen. Die Idee der Komplementarität, deren Bedeutung den Physikern beim Eindringen in die Welt der Atome aufgefallen ist und die in dem dazugehörigen Kapitel vorgestellt wird, drückt den im Alltag oft wohlbekannten Tatbestand aus, dass es Verfahren bzw. Zugänge zu einem Problem gibt, die sich zwar oberflächlich betrachtet widersprechen und in die Quere kommen, die aber in der Tiefe zusammengehören und in gleichberechtigter Form das Ganze („completum“) ergeben, das angestrebt wird.

## 11. Über die Zeit

Mit dem Gedanken der Komplementarität lässt sich sagen, dass die Natur- und die Geisteswissenschaften auf ihre Weise komplementäre Zugänge zur Welt darstellen und man nicht nur das Trennende zwischen diesen Bereichen menschlichen Tuns sehen sollte, wie es C.P. Snow so erfolgreich und nachhaltig getan hat. Man sollte vielmehr auf die Gemeinsamkeiten hinweisen, die zum Beispiel in den Themen und Inhalten bestehen, um die es geht. Tatsächlich bemühen sich selbst die Sonette von Shakespeare und der Zweite Hauptsatz der Wärmelehre um eine Sache, nämlich die Zeit und unser Verständnis für diese Dimension. Während der Dichter auf vielen verschiedenen Wegen zur Sprache bringt, dass er versucht, den Dingen Dauer zu verleihen und die Zeit anzuhalten, drückt der Zweite Hauptsatz die unvermeidliche physikalische Tatsache aus, dass dies in der so genannten Wirklichkeit nicht geht. Die Zeit bleibt nicht stehen, und rückwärts läuft sie erst recht nicht. Sie eilt nur nach vorne und uns davon. Nur im Kunstwerk – zum Beispiel in Gedichten – kann man die Zeit feststellen (zum Stehen bringen), und Shakespeare sagt dies ausdrücklich, zum Beispiel in seinem Sonett XVIII, in dem die letzten Zeilen lauten:

*„Dir soll dein Sommer ewig nicht vergehn,*
*nie, was die Schönheit je verheißt,*
*niemals wirst du in Todes Schatten stehn,*
*wenn meine Schrift dich deiner Zeit entreißt.*

*Solange Menschen leben, stirbt sie nie,*
*unsterblich ist dein Liebreiz so durch sie.“*

Und das Sonett LXXXI schließt mit folgenden Zeilen:

*„Denn meine Kunst verleiht dir Ewigkeit,*
*Auf dass dich fernste Nachwelt einst noch kennt,*
*bricht sie die Allmacht der Vergänglichkeit,*
*schafft allen Sterblichen ein Monument.*

*Solange schenkt dir Dauer mein Gedicht,*
*wie Menschen atmen, eine Zunge spricht.“*

## 12. Folgen der Entropie

Während wir wie immer die Form bewundern, in der ein großer Dichter seine Einsichten für uns festhält, wissen wir natürlich, dass die Gesetze der Natur anders sind, als er sie beschreibt. Die physikalische Zeit läuft immer weiter, auch wenn wir dies manchmal gerne ändern würden, und die Physiker drücken diesen Tatbestand durch den Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik aus, in dessen Mittelpunkt ein oft missbrauchter Begriff steht, der Begriff der Entropie nämlich. Die Idee zur Entropie tauchte nach 1850 auf,

als die Wissenschaftler versuchten, die Leistungsfähigkeit der Maschinen zu beschreiben, die sie mit einem möglichst hohen Wirkungsgrad funktionieren lassen wollten. Sie merkten bald, dass das Konzept der Energie nicht ausreicht, um Maschinen theoretisch zu erfassen, denn es gab Energie, die in Arbeit umgewandelt werden konnte, und es gab Energie, die sich nicht dazu eignete. Die erste Form der Energie nannte man die „freie Energie", und sie unterschied sich von der Gesamtmenge durch eine Größe, die man mit dem ähnlich klingenden Wort „Entropie" bezeichnete.

Die Physiker hatten kurz vor 1850 ein grundlegendes Gesetz der Natur gefunden, als sie beobachtet hatten, dass Energie weder gewonnen werden noch verloren gehen kann und in allen Prozessen nur verwandelt wird – von Bewegungsenergie in Wärmeenergie, von Wärmeenergie in chemische Energie, und so weiter. Sie fassten diese Einsichten in einem Hauptsatz der Thermodynamik zusammen, demzufolge die Energie der Welt konstant ist, und sie sprachen hierbei vom Ersten Hauptsatz, als es um 1870 gelang, nicht nur mit der Energie, sondern auch mit der Entropie eine Gesetzmäßigkeit zu formulieren, die folglich als Zweiter Hauptsatz in die Lehrbücher einging. Er besagt, dass die Entropie der Welt im Verlauf physikalischer Vorgänge immer nur zunimmt, und zwar so lange, bis sie das Maximum erreicht hat.

Das Besondere an diesem Gesetz der Physik ist nun, dass es der Zeit eine Richtung gibt. Zeit läuft in unserer Welt so ab, dass die Entropie wächst, wobei die Frage „Was ist Entropie?" bis heute immer noch neue Antworten zulässt. Entropie kann man messen – wie sich in jedem Lehrbuch der Physik nachlesen lässt –, aber dies ändert nichts an der Tatsache, dass die meisten Menschen bei diesem Begriff mit den Schultern zucken. Er besitzt keinerlei Anschaulichkeit und löst nicht die geringste Vorstellung in ihnen aus. Mit der Energie verhält es sich da ganz anders. Offenbar kann auch ein der Physik fern stehender Laie mit diesem Begriff unmittelbar etwas anfangen, und die Energie scheint vielen so vertraut wie die Temperatur zu sein, obwohl es sich in allen drei Fällen – Energie, Entropie und Temperatur – um Begriffe handelt, die einen Physiker technisch vor vergleichbare Probleme stellen.

Es gibt viele Vorschläge, Entropie anschaulich zu machen. Da ist von einem „Maß für die Unordnung" in einem System die Rede, da denkt man an den „Vorrat an Zufälligkeit", die es beherbergt, da wird vom „Grad der Unkenntnis" gesprochen, den Physiker nie ganz zum Verschwinden bringen können. Entsprechend wird Entropie oft als Gegenteil bzw. Gegenstück zur Information – als „Neg-Information" – verstanden, als die Information, die nicht verfügbar ist. So verdienstvoll all diese Vorschläge sind, in dem wundersam erfolgreichen Konzept der Entropie stecken stets noch anders Aspekte, die es nach und nach offen zu legen gilt, was aber an dieser Stelle nicht passieren soll (abgesehen von dem Hinweis, dass man sich davor hüten sollte, den Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik auf eine Trivialität der Art „Die Unordnung der Welt wächst ständig" zu reduzieren) (Fischer 1992).

## 13. Zeitreisen

Hier geht es ja mehr um die Verbindung zwischen der als Gesetz formulierten Entropiezunahme und den poetischen Versuchen, sie zu verhindern. Es geht – einfacher ausgedrückt – um die Frage nach dem Verständnis von Zeit, und es scheint, dass man als Wissenschaftler nur sagen kann, etwas von der Zeit verstanden zu haben, wenn man seine Einsichten so formulieren kann, dass sich Menschen dafür interessieren, die nicht Physiker sind. Ein Weg, dies zu lernen, besteht darin, nachzulesen, was zum Beispiel Dichter dazu sagen, und ein Beispiel dafür lässt sich in dem Reich der Phantasie finden, in dem sich ab und zu auch Wissenschaftler aufhalten:

Obwohl der Zweite Hauptsatz von der Entropiemaximierung die Richtung der Zeit festlegt – ihr Pfeil fliegt nur nach vorne –, denken Physiker immer mal wieder einmal über die Möglichkeit einer Zeitmaschine nach, die es Menschen erlauben sollte, in die Vergangenheit zu reisen. Natürlich gibt es rein physikalische Argumente (aus der Relativitätstheorie) dagegen, und auch scheint man sich bei solchen Zeitreisen in (bio)logische Kalamitäten zu begeben, denn wenn man nur weit genug zurückkommt, könnte man immerhin seinen Vater erschlagen, bevor man geboren wird. Doch unabhängig davon wissen wir intuitiv, dass es so eine Art persönliche Zeitmaschine tatsächlich doch gibt, und der holländische Romancier und Essayist Cees Noteboom hat sie in seinem „Umweg nach Santiago“ so dargestellt. Auf einer Reise durch Spanien besucht er ein Kloster, und er lässt sich in eine Zelle führen. Dabei wird ihm klar:

> *„Es gibt die Zeitmaschine wirklich: In einer Kapsel bin ich, gegen Tod und Unheil geschützt, in die Tiefen des für immer entschwundenen Mittelalters hinab gelassen worden.“*

Noteboom ist als Dichter von dem Phänomen der Zeit ebenso fasziniert wie ein Physiker, und er teilt den Lesern einige seiner Einsichten mit, zum Beispiel in dem Roman, der „Die folgende Geschichte“ erzählt, wie es im Titel heißt:

> *„Uhren hatten meiner Ansicht nach zwei Funktionen. Erstens, den Leuten zu sagen, wie spät es ist, und zweitens, mich mit dem Geheimnis zu durchdringen, dass die Zeit ein Rätsel ist, ein zügelloses, maßloses Phänomen, das sich dem Verständnis entzieht und dem wir, mangels besserer Möglichkeiten, den Schein der Ordnung gegeben haben. Zeit ist das System, das dafür sorgen soll, dass nicht alles gleichzeitig geschieht.“*

Das Schöne an solchen Darstellungen, die auch einem Naturwissenschaftler gefallen, steckt darin, dass sie das enthalten, was Alexander von Humboldt in seinen Vorlesungen über den Kosmos einmal den „Hauch des Lebens“ genannt hat. Wenn es gelingen könnte, den naturwissenschaftlichen Entwürfen diesen Hauch zu geben, dann würde auch für Außenstehende einsichtiger, dass hier geistige Genüsse zu gewinnen sind, die einem gebildeten oder

bildungswilligen Menschen offen stehen. Wissenschaft kann auf diese Weise zugänglich und erlebbar werden, wenn sie dabei von den Künsten unterstützt wird, wie bereits 1946/7 von Heinrich Koch festgehalten worden ist, als er in einem Aufsatz mit dem provozierend gemeinten Titel „Chaplin und die Atomphysik“ notierte:

> *„Was hat der Mensch von heute mit der modernen Atomphysik zu tun? Diese Wissenschaft wird ein neuen Weltbild entwerfen, und da die Philosophie sich die neuen Erkenntnisse noch nicht gültig zu eigen gemacht hat, so ruht die Last, dieses Weltbild zu formen, allein auf den Schultern des Künstlers.“*

## 14. Die doppelte Bildung

Wer die in der Kapitelüberschrift gestellt Frage in fasslicher Kürze beantworten will, wieviel Wissenschaft ein gebildeter Mensch braucht bzw. wie er oder sie Kennerschaft auch auf den Gebiet der exakten Wissenschaften erlangen kann, könnte sagen: Er oder sie braucht soviel Wissenschaft, um erstens in der Lage zu sein, die Betrachtung und Diskussion ihrer Inhalte zu genießen, die den Ort und das Bild des Menschen prägen, und um zweitens dabei zu verstehen, dass Wissenschaft in ihm steckt und zu ihm – und damit zum Menschen allgemein – gehört. Nur aus dieser Verbindung kann die Anteilnahme – die Dialogbereitschaft – entstehen, die nötig ist, damit alle die Verantwortung übernehmen können, die Wissenschaft heute benötigt.

Humanistisch gebildete Menschen werden in dieser Antwort das griechische Modell erkennen, an dem sich dieser Begriff orientiert. Die Antike hatte ein klassisches Bildungssystem (mit Gymnastik) eingerichtet, weil sich in ihrem Verständnis nur der gebildete Bürger aktiv an der Demokratie beteiligen kann. Das griechische Wort dafür – paideia – steckt in unserem Ausdruck für Pädagogik, die nicht unbedingt Bildung im Sinne hat, obwohl die Wurzel: „bil“ – behauen und glätten meint und dabei sowohl die äußere als auch die inneren Form im Blick hat. Das Wort Bildung wird im 18. Jahrhundert zum Terminus der Pädagogik, und es findet sich bald im Lexikon. 1903 kann man zum Beispiel lesen:

> *„Gebildet ist, wer nicht mit der Hand arbeitet, sich richtig anziehen und zu benehmen weiß, und bei allen Dingen, von denen in Gesellschaft die Rede ist, mitreden kann“.*

Wichtig ist die Doppeldeutigkeit der Bildung – sie meint den Prozess des Bildens und dessen Ergebnis, das Gebildetsein. Es kommt dabei vor allem auf die aktive Komponente an, denn Teilhabe an der Kultur kann heute nicht mehr das Festhalten an einem Brauchtum bedeuten; zu dieser Teilhabe gehören Lernen und Reflexion – eben Bildung.

## Anmerkung

Snow verwendet im Englischen das Wort „science“, das die Naturwissenschaften meint. „Scientific“ muss daher mit „naturwissenschaftlich“ übersetzt werden. „Wissenschaftlich“ ist mehr.

## Literatur

Emter, E. (1995). Literatur und Quantentheorie. Berlin: de Gruyter.

Fischer, E. P. (1992). Der Missbrauch der Entropie, In: V. Becker & H. Schipperges (Hrsg.), Entropie und Pathogenese, S. 71-83. Heidelberg: Springer.

Fuhrmann, M. (1995). Caesar oder Erasmus? Tübingen: Klöpfer & Meier.

Habermas, J. (1968). Technik und Wissenschaft als Ideologie. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.

Heisenberg, W. (1969). Der Teil und das Ganze. München: Piper.

Koch, H. (1946/47). Chaplin und die Atomphysik. Athena 1(2), 55-63.

Kopperschmidt, J. (1972). Literarisches Sprechen im Zeitalter der Wissenschaften. In: E. Meier (Hrsg.), Sprachnot und Wirklichkeitszerfall, S. 62-97. Düsseldorf: Patmos.

Schwedhelm, K. (1964). Das Gedicht in einer veränderten Wirklichkeit. In: H. Lehner (Hrsg.), Zeitalter des Fragments, S. 143-158. Herrenalb: Erdmann.

Albert Zeyer, Universität Zürich,
Pädagogische Hochschule Zentralschweiz

# Naturwissenschaften unterrichten: disziplinär, interdisziplinär, integriert

## 1. Einleitung

Integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht ist mehr als nur eine methodische Alternative, um Naturwissenschaften zu unterrichten. Es geht um eine bestimmte Art, die Dinge zu sehen – eine Vision, eine Anschauung der Welt – die man teilen oder verwerfen kann.

Im vorliegenden Artikel möchte ich diese ‚Welt-Anschauung' zunächst in einen historischen Kontext bringen und als natürliche Fortsetzung einer ‚Bildungs-Vision' interpretieren, die uns seit der klassischen Antike in immer wieder unterschiedlichen Manifestationen begleitet. Erst vor diesem Hintergrund wird es möglich, über fachdidaktische Fragen nachzudenken, ohne Integration auf Fragen der Schul- und Unterrichtsorganisation zu reduzieren, die gewiss wichtig sind, aber den bildungstheoretischen Kern der Sache unberührt lassen.

Integration von naturwissenschaftlichem Unterricht ist ein Thema, welches auf der Ebene der praktischen Umsetzung viel Aufmerksamkeit erfahren hat. Auf der theoretischen Ebene freilich besteht ein erhebliches Defizit und im Bereich der empirischen Evidenz ist die Datenlage dürftig. So ist der Entscheid zu Gunsten eines integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts, wie er sich etwa in der Schweiz auf Sekundarstufe I weitgehend durchgesetzt hat und durch die aktuelle Entwicklung von Standards aufgenommen und verfestigt wird, aus fachdidaktischer Sicht nicht zwingend.

Persönlich befürworte ich auf Grund langjähriger Praxiserfahrung in verschiedenen Funktionen den integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht. In der Zentralschweiz besteht eine langjährige Tradition dafür, die schließlich in den Entscheid mündete, auch an der neuen Pädagogischen Hochschule Zentralschweiz eine integrierte Ausbildung für zukünftige Lehrpersonen in Naturlehre anzubieten. Im letzten Teil dieses Artikels komme ich auf Ergebnisse eigener Forschung zu sprechen, die Chancen und Probleme eines integrierten Ansatzes der Naturlehre in Schule und Lehrpersonenausbildung illustrieren und erste Umrisse wissenschaftlich gestützter Konzepte erkennen lassen.

## 2. Integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht als Bildungs-Vision

> „Da wir alles, was die Wissenschaften und Künste betrifft, in die Form eines Wörterbuches brachten, so kam es auch darauf an: klarzumachen, welche Hilfe sie sich gegenseitig leisten; diese Hilfe zu benutzen, um die Prinzipien zuverlässiger und ihre Konsequenzen deutlicher zu machen; die fernen oder nahen Verbindungen zwischen den Dingen anzudeuten, welche die Natur bilden und von jeher die Menschen beschäftigt haben; an der Verflechtung der Wurzeln und an der Verflechtung der Zweige zu zeigen, warum es unmöglich ist, einige Teile des Ganzen gut zu kennen, ohne auf viele andere zurückzugreifen oder einzugehen;...“ (Diderot 1969, S. 37.f)

Nicht zufällig stammt diese schöne Beschreibung integrierter Naturwissenschaften von Diderot, einem der beiden Herausgeber der großen Enzyklopädie schlechthin, der ‚Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et métiers‘ von Diderot und D’Alembert, erschienen von 1751 bis 1772. Zu Diderots Zeiten war Integration noch eine Selbstverständlichkeit. Es sei unmöglich, schreibt Diderot schlicht, einige Teile des Ganzen gut zu kennen, ohne auf viele andere zurückzugreifen oder einzugehen. Zur Illustration benutzt er die eingängige Metapher eines Baumes, dessen Wurzeln und Zweige miteinander verflochten sind.

Solche Aussagen stehen in einer integrierten Tradition, die in der Tat bis zum klassischen Altertum zurückgeführt werden kann (Thompson-Klein 1990, S. 19f.). Die klassische Idee des Ganzen wurzelt in der enkyklios paideia, der Gesamtheit von Wissenschaften und Künsten, die ein frei geborener Grieche oder Römer kennen sollte. Sie findet sich wieder in der römischen Orbis Doctrinae (eine gebildete Person überblickt die Disziplinen), in Ciceros Konzept des Doctus Orator (ein Mann welcher vertiefte Kenntnisse aller Wissenschaften kombiniert mit der gründlichen Kenntnis und Erfahrung der Probleme des Alltagslebens), erfuhr ihre Reinkarnation im Ideal des „Renaissance Menschen“ und mündete schließlich mit der Gründung der Royal Society in Großbritannien im 17. Jahrhundert in den Gedanken der Naturphilosophie.

In der französischen Aufklärung wurde die Idee der enkyklios paideia schließlich zu einem explizit pädagogisch-didaktischen Projekt (Tenorth 1994). Wie Diderots Beschreibung eindringlich zeigt, ist der enzyklopädische Gedanke viel tiefer als man gewöhnlich denkt und sehr nahe an dem, was wir heute als Integration bezeichnen. Nicht um die mechanische Transmission möglichst des gesamten überlieferungswürdigen Wissens einer Zeit ging es, sondern um die Aufbereitung seiner inneren Zusammenhänge, um die innere Ordnung des Wissens, um seine Präsentation, letztlich also um seine Lehrbarkeit. Das enzyklopädische Projekt der Integration des beste-

henden Wissens war für Diderot die Speerspitze des Projektes einer allgemeinen Bildung. „Möge die allgemeine Bildung so schnell fortschreiten," schrieb er enthusiastisch, „dass es nach zwanzig Jahren in tausend Seiten von uns kaum noch eine Zeile gibt, die nicht etwas überall Bekanntes sagt" (ebd.).

Die moderne Konnotation von Disziplinarität ist bekanntlich ein Produkt des 19. Jahrhunderts. Der übermächtige Fortschrittsgedanke ließ das disziplinäre Denken zunehmend als einzig Erfolg versprechende Strategie erscheinen. Doch die Idee des Ganzen, die enkyklios paideia, ging nicht einfach unter. „As liberal arts colleges were becoming dominated by disciplinary structure and the proliferation of specialities continued, it was becoming increasingly more difficult to educate the ‚whole person'. In response many proponents of ‚liberal' and ‚general' culture promoted ‚general' education as an antidote to specialization" (Thompson-Klein 1990, S. 23). Interdisziplinarität wurde zum ‚Antidot' spezialisierter Einfältigkeit, der Generalist zum Gegenpol des Fachidioten. „Interdisziplinarität ist keineswegs etwas Normales oder die wissenschaftliche Ordnung schlechthin. Sie korrigiert vielmehr disziplinäre Entwicklungen und wird dort zur Tugend, wo etwas, wie es scheint unwiderruflich, verloren gegangen ist" (Mittelstraß 1987, S. 152). Allgemeine Bildung wurde damit zum Gegenentwurf zu einer als technokratisch-instrumentell verstandenen Aus-Bildung, zum Hort der Vision von Ganzheit und der Unversehrtheit in einer entzauberten Welt der instrumentellen Vernunft.

Der moderne Impetus, Naturwissenschaften integriert zu vermitteln, muss in diesem Kontext gesehen werden. Er ist gewissermaßen der Nachhall des enzyklopädischen Bildungsgedankens eines Diderot und trägt daher auch dessen aufklärerische, bildungsenthusiastische, emanzipatorische Züge. Es ist wohl kein Zufall, dass das Interesse an integriertem naturwissenschaftlichem Unterricht in den 1980er Jahren neu erwachte, in einer Zeit, als Themen wie Umweltschutz, Gesundheitserziehung und Technikkritik ins Zentrum des öffentlichen Bewusstseins rückten und die Zersplitterung in Disziplinen und Subdisziplinen, Spezialisierung und Subspezialisierung zunehmend hinterfragt wurden.

## 3. Integration von Naturwissenschaften im fachdidaktischen Kontext

In der Fachdidaktik der Naturwissenschaften wird integrierter Unterricht dadurch bestimmt, „dass unter einem gemeinsamen Thema sowohl die fachliche Differenzierung in die Disziplinen wie die thematische Integration in einer ‚Hand' stattfindet. Die Entwicklung fachlichen Wissens muss also in dem Unterricht selbst initiiert, entwickelt und ausdifferenziert werden. Das Thema als integrierendes didaktisches Konzept ist dabei in den allermeisten

Fällen auf die Lebens- und Umwelt der Schülerinnen und Schüler bezogen“ (Häußler, Bünder et al. 1998, S. 51).

Integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht ist damit ein Beispiel für so genannten fächerübergreifenden Unterricht, der ganz verschiedene Formen und Ausprägungen annehmen kann. Im Unterschied etwa zu fächerergänzendem Unterricht, wo fächerübergreifende Themen in einem eigens dafür geschaffenen Unterrichtsgefäß thematisiert werden, ist bei Schulen, die Naturwissenschaften integriert unterrichten, in der Regel kein disziplinärer Unterricht vorgesehen. „Der integrierte Unterricht enthält sowohl Fach übergreifende als auch Fach spezifische Phasen“ (Labudde 2003, S. 54). Der sofort in die Augen springende Vorteil des integrierten Unterrichtes ist es zunächst einmal einfach, „dass Differenzierungen in die einzelnen Fächer und erneute Integration in den Gesamtkontext direkt, d.h. ohne notwendige Absprachen und Entscheidungen mit anderen Kollegen und Kolleginnen durchgeführt werden können“ (Häußler, Bünder et al. 1998, S. 52). Das mag nüchtern und allzu organisationsorientiert klingen. Die erfahrene Lehrperson allerdings weiß, dass dieser Aspekt des integrierten Unterrichts gar nicht hoch genug eingeschätzt werden kann. Mag integrierter Unterricht seine Tücken und Schwierigkeiten haben, in der Regel findet er wenigstens statt, während es beim fächerübergreifenden Unterricht oft genug beim guten Vorsatz bleibt.

Doch ist das alles, was von Diderots Bildungsenthusiasmus übrig geblieben ist, wenn Fachdidaktik sich mit integriertem Unterricht auseinandersetzt? Lassen Sie mich mit einem Zitat von Hartmut von Hentig andeuten, worum es auch noch geht. Das Zitat reflektiert sozusagen das Diderotsche Feuer der Integration im Spiegel der Schule und lässt gleichzeitig ein wenig von dem Charme erahnen, der gutem integrierten Unterricht eigen ist. Es ist eine Liebeserklärung an diese spezielle Unterrichtsform, die es verdient, in ganzer Länge aufgeführt zu werden:

„Zurzeit unterrichte ich auch Religion in einer dritten Klasse, also für Acht- bis Neunjährige. Ich habe ihnen seit dem Sommer die ersten zwei Bücher Mose erzählt und sie mit ihnen besprochen. Ich musste – über alle Theologie und, sagen wir, Bibelkunde hinaus, in der ein Religionslehrer ausgebildet wird – Auskunft geben (nicht nur auf Fragen der Kinder, sondern durch die Pointe der Erzählung genötigt) über: Kosmogonien (mesopotamische, griechische, germanische, indianische), Urknall, Materie, Universum, Unendlichkeit, Energie, Licht, Evolution, Klassifikationen von Dingen und Lebewesen, Sabbat und Sonntag, Entstehung der Sprache, Schlangen und wie sie sich fortbewegen, Geburtswehen, Verträglichkeit und Unverträglichkeit von Tieren untereinander, Instinkt und Erlerntes, Jäger und Nomaden, Ackerbau und Viehzucht, Stadtgründung und Krieg, Schiffsbau, Fortpflanzung und Geschlecht, Tauben und Raben, höchste Berge und tiefste Meere, Entstehung von Rassen und Sprachen, Bimsstein und Salzsäulen, die Geographie des Nahen Ostens, den Nil und die Gründe für die

Nil-Schwemmen, Dürre und Fruchtbarkeit Afrikas, die Geheimnisse der Pyramiden, das Bauen mit Ziegeln, kollektives Wirtschaften und Herrschaft, Brunnen im Orient und wie sie funktionieren, Irrigationssysteme, Wasserräder, Wassertransport, Schläuche, Epidemien, Heuschreckenschwärme, Ebben und Quellen und Wachteln, wovon man in der Wüste lebt, wie man Gold schmilzt und ein Kalb daraus formt, welche Gesetze man braucht ... Dies alles wollen Kinder wissen und in ihre Erfahrung einordnen; sie fragen unbekümmert um die Schranken der Fächer“ (von Hentig 1987, S. 54).

Genau so habe ich integrierten Unterricht selber erlebt – als Gymnasiallehrer, als Lehrpersonen-Ausbildner an der Pädagogischen Hochschule Zentralschweiz und als Experte beim Schulbesuch auf Sekundarstufe I. Als Fachdidaktiker sehe ich allerdings eine Reihe von interessanten Problemen und Fragestellungen für die Didaktik der Naturwissenschaften, die es noch zu erforschen gilt.

Interessant ist übrigens, dass von Hentig in diesem Zitat nicht etwa als naturwissenschaftliche Lehrperson spricht, sondern als Religionslehrer, der offenbar keine Berührungsängste mit Naturwissenschaften kennt. Auch Diderot spricht von Wissenschaften und Künsten, die einander gegenseitig Hilfe leisten sollen, und geht damit weit über die heute üblichen Ambitionen integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts hinaus. Wie weit kann und soll Integration getrieben werden? Leidet nicht die disziplinäre Qualität darunter? Kann das enzyklopädische Bildungsideal in der modernen Schule gelebt werden, oder bricht man sich den fachdidaktischen Hals damit? Lauter schwierige und berechtigte Fragen, auf die es noch wenig fachdidaktische Antworten gibt.

Von Hentig scheint allerdings von solchen Zweifeln nicht geplagt, wenn er ausruft: „Wehe dem Lehrer, der nur sein Fach beherrscht! Wehe dem Lehrer, dem es gelingt, sich in den Grenzen seines Fachs zu halten! Ihm werden die Kinder innerlich davonlaufen!“ Die große Frage bleibt: Hat er recht?

## 4. Integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht auf dem Prüfstand

Kehren wir für einen Moment zurück zur Geschichte. Im modernen naturwissenschaftlichen Unterricht wurde der integrierte Ansatz in den 1970er Jahren in Nordamerika zum Thema (Aikenhead 2003, S. 119). Die Evaluation dieser Bewegung wies allerdings keinen positiven Effekt von Integration nach (Cox 1980). Gewöhnlich, so zeigte sich, konnte der Erfolg eines integrierten Themas an der einen Schule in einer andern Schule nicht wiederholt werden. Zu oft war ein solches Thema an das spezielle Profil der entsprechenden Lehrerperson gebunden und daher nicht übertragbar. Zur selben

Zeit machte die UNESCO mit integrierten Unterrichtsprojekten ebenfalls unbefriedigende Erfahrungen (Richmond 1971–77).

Aikenhead fasst diese Ergebnisse folgendermaßen zusammen: „The lesson to learn from the 1970s is that integration for the sake of integration itself is a futile innovation. It tends to be artificial, arbitrary, idiosyncratic, highly abstract, and therefore, not relevant for most pupils. For integration to be worthwhile, it requires a broader perspective such as the integration of school science with other school subjects, or with events in pupils‘ everyday world" (Aikenhead 2003, S. 120). Aus diesen Erkenntnissen heraus wurde in den 1980er Jahren ein neuer Typ von integriertem naturwissenschaftlichem Unterricht kreiert, der je nach Anliegen unterschiedlich benannt wurde. Man sprach von humanistischem Unterricht, von STS (Science Technology Society), von ‚science for public understanding‘ oder von ‚functional scientific literacy‘. Im Kern ging es immer darum, Programme zu entwickeln, so Aikenhead, „that integrate scientific knowledge, skills, and values, with knowledge about science (i.e. history, sociology, and philosophy), with technology, and with the social context of pupils' lives (locally, nationally, and globally) " (ebd.).

In diesem Rahmen müssen wohl auch die entsprechenden Entwicklungen im deutschsprachigen Raum gesehen werden. Zwar scheint der integrierte naturwissenschaftliche Unterricht in Deutschland einen geringen Stellenwert zu haben. In der Schweiz ist er aber heute auf Sekundarstufe I die Regel. Im Kanton Bern zum Beispiel sieht das Fach ‚Natur-Mensch-Mitwelt‘ (NMM) seit 1995 die Integration von Naturkunde, Geographie, Religion / Lebenskunde, Geschichte und Hauswirtschaft vor, also eines überaus umfänglichen Fächer- und Themenbereichs. In der Zentralschweiz wurde im selben Zeitraum der Lehrplan ‚Integrierte Naturlehre‘eingeführt (1997), der die drei Fächer Physik, Chemie und Biologie integriert, mit einem deutlichen Schwerpunkt auf biologischen Themen und einer expliziten Ausrichtung auf die vier Leitideen „Entwicklung des naturwissenschaftlichen Denkens, Bewältigung von Lebenssituationen, Förderung der Erlebnisfähigkeit und verantwortungsbewusstes Handeln in der Umwelt". Damit steht dieser Lehrplan in der direkten Tradition von STS (Kyburz-Graber, Halder et al. 2001).

Dem breiten Spektrum an Projekten, Unterrichtseinheiten und Unterrichtsmaterialien, die in den letzten Jahren zum integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht erarbeitet wurden, stehen nur wenige wissenschaftlich abgestützte Evaluationsarbeiten gegenüber, die sich meist allgemein auf den fächerübergreifenden Unterricht beziehen. Labudde fasst gemeinsame Tendenzen, die sich aus diesen Arbeiten ergeben, in einer Übersichtsarbeit (2003) dahingehend zusammen, dass fächerübergreifender Unterricht

- das Interesse von Jugendlichen an Naturwissenschaften, insbesondere an Physik, steigert

- zu größerer Selbstständigkeit und einem umfassenderen Repertoire an naturwissenschaftlichen Methoden führt
- das Selbstkonzept der Mädchen verstärkt
- die Leistungen in Naturwissenschaften zumindest nicht schmälert.

Insgesamt scheint also der integrierte naturwissenschaftliche Unterricht dem gefächerten Unterricht in verschiedenen Bereichen überlegen zu sein. Nach Labudde steht denn auch eine Mehrheit der Berner Lehrpersonen hinter dem Integrationsfach NMM und möchte nicht wieder zurück zum fächergebundenen Unterricht (ebd., S. 58).

## 5. Erfahrungen mit integrierter Naturlehre in der Zentralschweiz

Eine explorative Studie mit Lehrpersonen für integrierte Naturlehre aus der Zentralschweiz ergab vergleichbare Resultate (Zeyer 2005). Die Befragung wurde anlässlich eines Weiterbildungstages an der Pädagogischen Hochschule Zentralschweiz durchgeführt. Es hatten sich über 60 Lehrpersonen angemeldet, wovon 56 einen Fragebogen beantworteten und an Fokusgruppen–Interviews teilnahmen. Sie waren im Durchschnitt 36 Jahre alt, 48 von ihnen waren männlich (86%) und 8 weiblich (14%). Ihre Unterrichtserfahrung betrug im Durchschnitt 17 Jahre, wobei die individuellen Unterschiede (von weniger als 5 Jahren bis zu mehr als 20 Jahren Erfahrung) sehr groß waren.

Die Zustimmung zu INL durch die befragten Lehrpersonen war bemerkenswert, wie Abb. 1 zeigt:

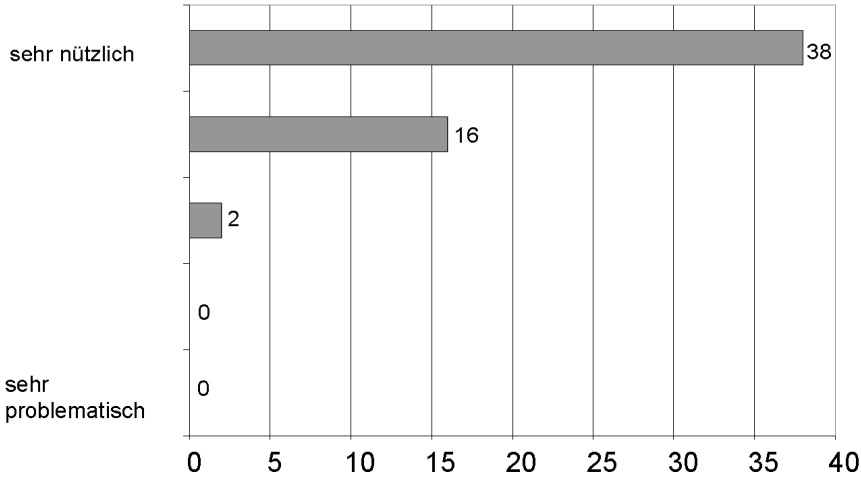



**Abb. 1: Beurteilung des Konzeptes INL (Integrierte Naturlehre)**

Von den 56 befragten Lehrpersonen bezeichneten 54 (95%) das Konzept der INL, wie es sich im erwähnten Lehrplan der Zentralschweiz präsentiert, als nützlich bis sehr nützlich. Mehr als 85% von ihnen gestalten ihren naturwissenschaftlichen Unterricht im Umkreis von integrierten Themen des Lehrplanes und 15% unterrichten sogar ausschließlich nach dem integrierten Konzept. Niemand befürwortete eine Rückkehr zu getrennten Fächern.

Eine Vielfalt von Gründen wurde für diese große Zustimmung zur INL angegeben (Abb. 2):

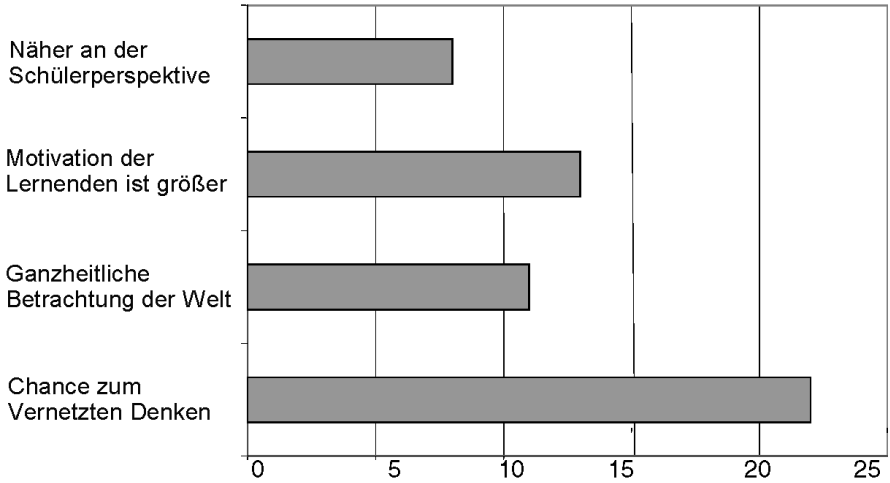



**Abb. 2: Gründe für die Zustimmung zu INL (Integrierte Naturlehre)**

Integrierte Naturlehre sei interessanter als disziplinär unterrichtete Fächer, wurde ausgesagt. Sie sei abwechslungsreicher, lebensnäher. Sie erweitere den Horizont, gebe den Schülern den Überblick, fördere zugleich verschiedene Fähigkeiten der Schüler. Sie vermittle ein breiteres, perspektivisches, überblickorientiertes Wissen.

Doch die befragten Lehrpersonen waren nicht einfach unkritisch positiv gestimmt. Auf die Frage nach dem Hauptproblem der INL wurden folgende Antworten gegeben (Abb. 3).

Diese Kritikpunkte sind klassisch und vor dem erwähnten geschichtlichen Hintergrund leicht verständlich und wohl auch nicht immer ganz unbegründet. Vergleichbaren Befürchtungen muss sich im Übrigen auch interdisziplinäre Forschung oft stellen. Im Wissenschaftsbetrieb steht vor allem eine transdiziplinäre Methodik oft quer zum Mainstream, ist wissenschaftlich nicht anschlussfähig und meist schwer finanzierbar (Balsiger 2005).

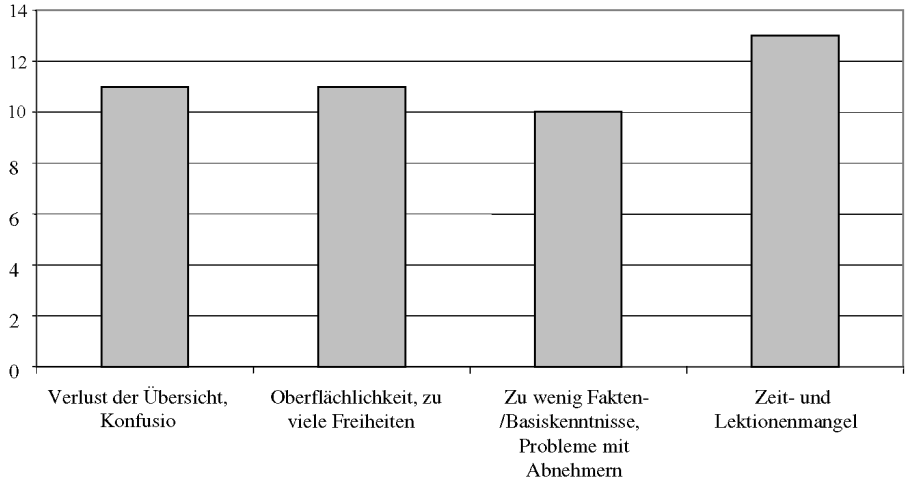



**Abb. 3: Hauptprobleme mit INL**

Immer wieder wurden denn auch die hohen Ansprüche, welche die INL an Lehrpersonen stellt, betont: INL brauche hohe Fachkompetenz und ständige Weiterbildung, um auf dem Stand des Wissens zu bleiben, kämpfe mit fehlenden Lehrmitteln und treibe allgemein einen erhöhten Aufwand bei der Vorbereitung integrierten Unterrichts. Auch Häußler et al. (1998) bemerken, dass die Anforderungen durch den integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht an die Lehrperson erheblich seien. Auf die Frage, welche Kompetenz den befragten Lehrpersonen denn beim integrierten Unterrichten am wichtigsten erscheine, gaben die befragten Lehrpersonen folgende Antworten:

- 25mal wurde Wissen und Weiterbildung in den einzelnen Fächern genannt. Fachwissen müsse aber durch gutes Allgemeinwissen und gute praktische und methodische Fähigkeiten ergänzt werden.
- 9mal wurde Freude und vielseitiges Interesse an Naturwissenschaften und Zusammenhängen genannt. Dann aber wurden sehr viele weitere Einzelaspekte erwähnt: Übersicht, Selbständigkeit, Textverständnis, Sozialkompetenz, Naturbezug, gesunder Menschenverstand, Offenheit, Flexibilität, Fantasie, Improvisationsvermögen, Planungsfähigkeit, Organisationsfähigkeit etc.

Dieses breite Spektrum von Eigenschaften lässt die vielen und vielfältigen Ansprüche erahnen, mit denen sich Lehrpersonen der integrierten Naturlehre konfrontiert sehen.

## 6. Lehrpersonenausbildung in integrierter Naturlehre

Damit ist die Ausbildung zukünftiger Naturlehrepersonen angesprochen. Die befragten Lehrpersonen waren der Ansicht, dass integrierte Naturlehre nur auf soliden Kenntnissen in den einzelnen Fächern aufgebaut werden könne. Darauf aufbauend müssten alle weiteren Kompetenzen erarbeitet werden, die im übrigen ganz allgemein von Menschen erwartet werden, die interdisziplinäre Tätigkeiten ausüben (Thompson-Klein 1996).

In der Regel ist eine zukünftige Schweizer Lehrperson auf Sekundarstufe I am Ende ihrer Ausbildung für eines, eventuell zwei der Fächer qualifiziert, die sie in der Naturlehre integrieren soll. Den Zugang zu den anderen Fächern muss sie sich über Fortbildungskurse oder im Selbststudium aneignen. Dasselbe gilt für die Fähigkeit zur Integration. An der Pädagogischen Hochschule der Zentralschweiz hat man sich daher entschlossen, auch in der Lehrpersonen-Ausbildung auf das integrierte Konzept für Naturlehre zu setzen. Das bedeutet, dass nicht Physik, Biologie und Chemie angeboten werden, sondern ein geschlossener Ausbildungsgang in integrierter Naturlehre. Im Wintersemester 2003/4 startete der erste Jahrgang dieser Ausbildung.

Es besteht die Absicht, den Aufbau des integrierten Naturlehrestudiums mit fachdidaktischer Forschung zu begleiten. Das erste Ausbildungsmodul wurde in Zusammenarbeit mit der Pädagogischen Hochschule Heidelberg entwickelt (Zeyer & Welzel 2005c; a). Es zeigte sich, dass das Modell der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Duit et al. 1997), adaptiert auf Hochschulverhältnisse (Theyssen et al. 2001; Neumann 2004), geeignet ist, den Aufbau von solchen Ausbildungsgängen wissenschaftlich zu begleiten. Der Prozess der didaktischen Rekonstruktion ergab auf systematische Art und Weise eine ganze Reihe von integrierten Themen im Umkreis der Humanbiologie und Physik. Außerdem kristallisierten sich so genannte didaktische Miniaturen („educational miniatures“) als methodische Alternative heraus, um Studierende von Anfang an mit dem integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht vertraut zu machen (Zeyer & Welzel 2005b).

In didaktischen Miniaturen, kleinen Unterrichtsdarbietungen von Studierendengruppen, sind die Ebene der Didaktik und die fachwissenschaftliche Ebene von Anfang an gleichwertig vertreten, so dass das Prinzip der Integration auf der Ebene der Lehrpersonenbildung (Defila & Giulio 2002) handlungsorientiert und in authentischer Lehr-Lernumgebung (Roth 1995) erfahren werden kann. Es liegt im Wesen dieses methodischen Ansatzes, dass das Kernproblem der Interdisziplinarität, die Spannung zwischen Fachwissen und Integration, wie sie im vorliegenden Artikel immer wieder anklingt, in aller Schärfe zum Tragen kommt. Es stellte sich sehr bald heraus, dass Integration für Anfänger im naturwissenschaftlichen Unterricht zwar nicht unmöglich ist, aber sehr intensiv begleitet werden muss. Es braucht Vor- und Nachbereitung ohne Zeitdruck, und das Bewusstsein der Studierenden

muss wachsen, dass Integration nicht bloß eine ‚feuilletonistische, episodenhafte Sicht der Fächer' (Jürgensen & Schieber 2001) bedeuten soll. Um es mit Diderot zu sagen: bevor Blätter und Wurzeln verflochten werden können, muss der Baum erst wachsen. Eine Einsicht, die die Studierenden spätestens in den ersten Praktika mit Schulklassen im Naturlehrezimmer ohnehin einholt.

Auf der Ebene des Inhalts ergab der Prozess der Didaktischen Rekonstruktion folgende Themen für Didaktische Miniaturen mit humanbiologisch-physikalischem Hintergrund:

1. Wachstum und Geschwindigkeit: Wachstumskurven. Die so genannten Perzentilenkurven in der Kinderheilkunde sind nichts anderes als Ort-Zeit-Diagramme, wobei die Einheiten ungewöhnlich sind: die Länge wird in cm angegeben, die Zeit in Jahren. Kinetische Kurven erhalten einen ganz neuen Sinn und werden zu diagnostischen Instrumenten. Aus biologischer Sicht ergibt sich eine Gelegenheit, über Wachstum und Entwicklung nachzudenken.
2. Knochen und Kraft: Knochenbälkchen. Die trabekuläre Struktur der großen Röhrenknochen wird durch den Verlauf der Kräfte bei Belastung bestimmt. Knochenbälkchen in den Knochenenden sind eine Materialisierung des Kraftfeldbegriffes. Es ergibt sich die Möglichkeit, über die Vektoraddition von Kräften zu diskutieren, wobei die anspruchsvolle Aufgabe entsteht, den Ursprung der beteiligten Kräfte zu eruieren. Aus humanbiologischer Sicht ist es interessant, das Verhalten der Knochenbälkchen bei einer Fraktur zu besprechen. Es zeigt sich, dass der Knochen lebendes, dynamisches Gewebe ist, welches sich veränderten Belastungssituationen anpasst.
3. Statik des menschlichen Körpers und Hebelgesetz: Bandscheiben. Das Hebelgesetz erklärt, warum die Bandscheiben bei falschem Heben von schweren Lasten enormen Kräften ausgesetzt werden. Auch hier sorgt die Komplexität des biologischen Hintergrundes dafür, dass das an sich einfache Hebelgesetz auf einen relativ komplizierten Kontext übertragen werden muss, in dem Drehpunkt und Lastarme nicht ohne weiteres erkenntlich sind. Die Biologie erklärt dann, was bei einem Bandscheibenvorfall geschieht, welche Symptome dabei erscheinen und warum mit ganz bestimmten Ausfällen des Nervensystems gerechnet werden muss.
4. Lunge und Strömungsgeschwindigkeit: Asthma. Das Gesetz von Hagen-Poiseuille erklärt, warum die Verkleinerung von Lungengefäßen zu einem raschen Anwachsen des Strömungswiderstandes führt. Doch nur die Biologie der Lunge kann erklären, warum beim Asthma vor allem das Ausatmen erschwert ist, so dass die Lunge im Anfall mehr und mehr gebläht wird („Airtrapping"). Die Wirkung von Asthma-Medikamenten

gibt interessante Aufschlüsse über humorale Steuerungsmechanismen im menschlichen Körper.

5. Innenohr und Schwerkraft: Der Lift. Für die Studierenden stellt sich zunächst die Aufgabe, die Kräfteverhältnisse im anfahrenden bzw. stoppenden Lift zu erklären. Im nächsten Schritt muss dann verstanden werden, warum das Schweregefühl des Körpers genau die Anzeige auf der Waage reproduziert. Dazu sind Kenntnisse des Innenohrs, insbesondere der Funktion der so genannten Statolithen (kleiner Steinchen) in Utriculus und Sacculus notwendig. Im Anschluss daran kann diskutiert werden, ob sich Astronauten im Weltall wirklich schwerelos fühlen und ob ein Schwerelosigkeitstraining im Wasserbecken tatsächlich als perfekte Vorbereitung für den Raumflug gelten kann.
6. Lunge und Oberflächenspannung: Frühgeborene. Dieses Thema bietet die Möglichkeit, über Oberflächenspannung die Rolle von Tensiden in der Lunge und die Biologie des Frühgeborenen zu sprechen. Wir haben dies im Detail in einem vorangehenden Artikel besprochen (Zeyer & Welzel 2005d).
7. Körpergewicht und Arbeit: Abnehmen beim Walking. Dies ist eines der Themen, bei denen Fragen der Gesundheitsförderung angesprochen werden können. Reibungs- und Hubarbeit können zum Anlass genommen werden, um eine einfache Formel zu entwickeln, die angibt, wie viel Arbeit beim Walking verrichtet wird. Das Ergebnis provoziert meist großes Erstaunen, weil klar wird, wie weit der Brennstoff eigentlich reicht, den man sich zum Beispiel mit einem Joghurt zuführt. Natürlich ist es unabdingbar, diese Zahl im humanbiologischen Teil in einen physiologischen und biochemischen Kontext einzubetten. Insbesondere muss auch die Problematik angesprochen werden, wonach Menschen, die zu Magersucht (Anorexie) neigen, Walking oft für übertriebenes Abnehmen instrumentalisieren.
8. Blut und Druck: Bluthochdruck. Dieses klassische Thema wird meist auf der Ebene der Hydrostatik behandelt. Aber auch hydrodynamische Aspekte sind spannend und vermitteln tiefere Einsichten in das Wesen des Blutkreislaufes. Die Biologie des Bluthochdruckes bietet eine Fülle von Möglichkeiten, um über Aufbau und Funktion von inneren Organen (Herz, Gehirn, Nieren etc.) zu sprechen. Da dies eine sehr verbreitete Krankheit ist, stoßen solche Fragen gewöhnlich auf ungewöhnliches Interesse.
9. Blut und Viskosität: Blutsenkung. Die Anwendung der Differentialgleichung des freien Falls in einer viskosen Flüssigkeit führt zu einem erstaunlich genauen Einblick in das Geschehen bei Krankheiten wie zum Beispiel der rheumatoiden Arthritis. Auch dieses Thema haben wir in einem vorangegangenen Artikel ausführlich erörtert (Zeyer & Welzel im Druck).

Diese Liste zeigt eindrücklich, dass die Humanbiologie bzw. die Medizin eine Fülle von Themen zur integrierten Naturlehre anbietet. Natürlich erschließt auch die Kombination von Chemie und Humanbiologie einen weiten Themenkreis. Auch das ist im medizinischen Bereich „tägliches Brot". In diesem Sinn sind die vorgeschlagenen Themen nicht nur ein Ergebnis gezielter didaktischer Suche, sondern außerdem Spiegel des pluridisziplinären schulmedizinischen Alltags, der davon lebt, dass das Wissen der Grundlagenwissenschaften auf den menschlichen Körper angewendet wird. Der Schulalltag profitiert von diesem Praxisbezug, von der natürlichen emotionalen Ausstrahlung medizinischer Themen und vom spontanen Interesse, welches ihnen von Schülerinnen und Schülern gewöhnlich entgegen gebracht wird.

## 7. Schlussbemerkungen

Im vorliegenden Artikel habe ich zu zeigen versucht, dass der integrierte Unterricht von Naturwissenschaften auf einem allgemeinen Bildungsideal fußt, das bis in die Antike zurück reicht und in der Aufklärung seinen Höhepunkt erreicht. Mit dem Aufkommen der Disziplinen gerät es in das Spannungsfeld zwischen Spezialistenwissen und lebensweltlicher Bedeutsamkeit. In den 1980er Jahren erneuert die STS-Bewegung den integrierten Gedanken vor dem Hintergrund einer kritischen Auseinandersetzung mit den Naturwissenschaften. In der Schweiz entstehen in den 1990er Jahren Lehrpläne für integrierte Naturlehre.

Trotz dieses Hintergrundes ist die empirische Evidenz zugunsten des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts schmal. In der Praxis berichten Lehrpersonen aber oft von positiven Erfahrungen. In einer Umfrage bei Naturlehre-Lehrpersonen der Zentralschweiz wurden aber auch die hohen Anforderungen deutlich, die ein solcher Unterricht an die Lehrperson stellt. Nicht nur Kompetenzen für interdisziplinäres Denken und Arbeiten sind gefragt, sondern darüber hinaus auch solides Grundlagenwissen in den einzelnen Disziplinen. Damit ist die Ausbildung zukünftiger Naturlehre-Lehrpersonen von besonderem Interesse. Die Pädagogische Hochschule Zentralschweiz hat sich entschlossen, eine integrierte Ausbildung für zukünftige Naturlehre-Lehrpersonen anzubieten.

Die ersten Module des Lehrgangs wurden durch fachdidaktische Forschung begleitet. Bisherige Ergebnisse haben gezeigt, dass das Modell der didaktischen Rekonstruktion geeignet ist, um sowohl methodische als auch inhaltliche Akzente in der Lehrpersonenbildung zu setzen. Das Prinzip der didaktischen Miniatur wurde entwickelt und erprobt. Eine Reihe von integrierten Themen im Schnittpunkt von Humanbiologie/Medizin und Physik bewährten sich. Mit der Frage, wie sich eine direkte Ausbildung in integrierter Naturlehre auf die Tätigkeit der zukünftigen Lehrpersonen in der

Schule auswirken wird, wird sich ein weiteres interessantes Forschungsfeld eröffnen.

## Literatur

(1997). Lehrplan Naturlehre. Lehrpläne für die Orientierungsstufe. Ebikon.

Aikenhead, G. S. (2003). Chemistry and Physics Instruction: Integration, Ideologies, and Choices. Chemistry Education: Research and Practice 4(2), 115–130.

Balsiger, P. W. (2005). Transdisziplinarität. München: Wilhelm Fink Verlag.

Cox, D. (1980). Unified science education and the paradigm of science. World Trends in Science Education. C. McFadden. Halifax: Atlantic Institute of Education, 101–106.

Defila, R.& A. D. Giulio (2002). Interdisziplinarität in der wissenschaftlichen Diskussion und Konsequenzen für die Lehrerbildung. In: A. Wellensiek & H.-B. Petermann (Hrsg.), Interdisziplinäres Lehren und Lernen in der Lehrerbildung. Perspektiven und innovative Ausbildungskonzepte, 17–29. Weinheim: Beltz Verlag.

Diderot, D. (1969). Prospekt der Enzyklopädie (1750). Enzyklopädie. Philosophische und politische Texte aus der Encyclopédie. D. Diderot. Frankfurt a. M.

Häußler, P., W. Bünder, et al. (1998). Naturwissenschaftsdidaktische Forschung. Perspektiven für die Unterrichtspraxis. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN).

Hentig, H. v. (1987). Polyphem oder Argos? Disziplinarität in der nichtdisziplinären Wirklichkeit. Interdisziplinarität: Praxis – Herausforderung – Ideologie. J. Kocka. Frankfurt a. M.: Suhrkamp Verlag, 34–59.

Jürgensen, F.& Schieber, M. (2001). Zur Diskussion gestellt. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 54(8), 489–496.

Kattmann, U., R. Duit, et al. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – ein Rahmen für naturwissenschaftliche Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 3(3), 3–18.

Kyburz-Graber, R., U. Halder, et al. (2001). Umweltbildung im 20. Jahrhundert. Anfänge, Gegenwartsprobleme, Perspektiven. Münster: Waxmann.

Labudde, P. (2003). Fächer übergreifender Unterricht in und mit Physik: Eine zu wenig genutzte Chance. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 1(2), 48–66.

Mittelstraß, J. (1987). Die Stunde der Interdisziplinarität? Interdisziplinarität: Praxis – Herausforderung – Ideologie. J. Kocka. Frankfurt a. M.: Suhrkamp Verlag, 152–158.

Neumann, K. (2004). Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker. Berlin: Logos Verlag.

Richmond, P. E. (1971–77). New Trends in Integrated Science Teaching. Paris: UNESCO Press.

Roth, W. –M. (1995). Authentic School Science. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Tenorth, H.-E. (1994). Alle Alles zu Lehren. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

Theyssen, H., v. Aufschnaiter, S. & Schumacher, D. (2001). A laboratory course in physics for medical students as a result of a theory-based development with accompanying evaluation. Proceedings of the Third International Conference on Science Education Research in the Knowledge Based Society, Vol. 2. D. Silos, Kariotoglou, P., Tselfes, V., Bisdikian, G., Fassoulopoulos, G , Hatzikraniotis, E., Kallery & M. Thessaloniki, Greece, Aristotle University of Thessaloniki, 652-654.

Thompson-Klein, J. (1990). Interdisciplinarity. History, Theory, & Practice. Detroit: Wayne State University Press.

Thompson-Klein, J. (1996). Crossing Boundaries. Charlottesville: University Press of Virginia.

Zeyer, A. (2005). Integrierte Naturlehre in der Zentralschweiz. PHZ-Info 19: 5.

Zeyer, A. & Welzel, M. (2005a). An Assessment Module of Integrated Natural Science for Secondary Teacher Students. The Result of a Process of Educational Reconstruction during Three Semesters. Proceedings of the Fifth International ESERA Conference on Contributions of Research for Enhancing Students' Interest in Learning Science. R. Pintó and D. Couso. Barcelona, ESERA.

Zeyer, A. & Welzel, M. (2006a). Didaktische Miniaturen – Eine methodische Alternative für den naturwissenschaftlichen Unterricht. In: R. Girwidz, M. Gläser-Zikuda, M. Laukenmann & T. Rubitzko (Hrsg.), Lernen im Physikunterricht. Festschrift für Prof. Dr. Christoph von Rhöneck. Schriftenreihe Didaktik in Forschung und Praxis 29, 147–160. Hamburg: Verlag Dr. Kovac.

Zeyer, A. & Welzel, M. (2005b). Entwicklung und Erprobung eines Moduls für die Lehrerausbildung: Integrierte Naturlehre zu Themen der Gesundheit und Krankheit. Relevanz fachdidaktischer Forschungsergebnisse für die Lehrerbildung. A. Pitton. Münster: Lit Verlag, 445–447.

Zeyer, A. & Welzel, M. (2005c). Was Seife mit dem ersten Schrei des Neugeborenen zu tun hat. Praxis der Naturwissenschaften. Physik in der Schule 7(54), 40–44.

Zeyer, A. & Welzel, M. (2006). Was Viskosität und Rheuma miteinander zu tun haben – Die Blutsenkung. Praxis der Naturwissenschaften. Physik in der Schule 7(57), 39–44.

Ulrich Gebhard, Universität Hamburg

# Die Natur verstehen? Sinnkonstruktionsprozesse im naturwissenschaftlichen Unterricht

## 1. Die Lesbarkeit der Welt

„Die Natur erklären wir, das Seelenleben verstehen wir“, ist ein oft kolportiertes Diktum von Wilhelm Dilthey (GW Bd. V, S. 144). Die Zuordnung des Erklärens zu den Naturwissenschaften und des Verstehens zu den Geisteswissenschaften ist allenfalls als eine deskriptive Aussage zu akzeptieren, keinesfalls als eine normative, so als ob es bei der Natur beziehungsweise bei den Naturwissenschaften nicht zumindest auch immer um das Verstehen ginge. Die Geschichte der Naturwissenschaften und – mehr noch – die Geschichte ihrer sozialen Einbettung zeigt dies sehr deutlich. Es geht bei den Naturwissenschaften natürlich nicht nur um die erklärende Entdeckung von Naturphänomenen, es geht nicht nur um technologische Entwicklungen, sondern die Geschichte der Naturwissenschaften hat auch den ideengeschichtlichen Aspekt, dass und wie Aussagen der Naturwissenschaft das Selbstverständnis und das Weltbild des Menschen formen. Das kann man nicht erklären, dies gilt es zu verstehen. Ganz abgesehen davon, dass auch die Daten der Naturwissenschaften immer auch einer Interpretation bedürfen: Ohne eine als hermeneutische Operation zu verstehende Interpretation blieben die Fakten der Naturwissenschaften ohne Bedeutung.

Für die Didaktik der Naturwissenschaften jedenfalls wäre ein Verzicht auf das Erschließen von Sinnzusammenhängen als elementarer Teil des Verstehensprozesses ein prinzipielles Problem: Für den Aufbau und die Entwicklung eines verständigen naturwissenschaftlichen Weltbildes grundlegend ist nämlich der Gedanke, dass es auch bei den Naturwissenschaften um ein Verstehen von Weltausschnitten geht. Der Perspektive des Verstehens nähert man sich nicht durch die bloße Akkumulation von erklärenden und beschreibenden Wissensbeständen aus den Naturwissenschaften (das aber auch), sondern vor allem dadurch, dass einerseits naturwissenschaftliche Sichtweisen als Interpretationsfolien für Wirklichkeit genutzt werden und dass andererseits auch zu den Naturwissenschaften so etwas wie eine Beziehung entwickelt wird. Die Naturwissenschaften werden durch diese auf das Verstehen zielende hermeneutische Öffnung gewissermaßen weicher, sie werden diskutierbarer (vgl. Egger 1992). Auch wenn das nicht das Hauptar-

gument meines Ansatzes ist: Der Unbeliebtheit gerade der harten naturwissenschaftlichen Fächer könnte so zumindest begegnet werden.

Ein „Verstehen der Welt“ aus den Perspektiven der Naturwissenschaft ist treffend beschreibbar durch die Metapher von der „Lesbarkeit der Welt“. Das Bild von der Lesbarkeit der Welt verdichtet das menschliche Verlangen, die Welt als eine sinnvolle zu interpretieren, und das geht auch aus der Perspektive naturwissenschaftlicher Verstehensansätze. Es ist das Verlangen, *„die Welt möge sich in anderer Weise als der bloßen Wahrnehmung und sogar der exakten Vorhersagbarkeit ihrer Erscheinungen zugänglich erweisen: im Aggregatzustand der ‚Lesbarkeit‘ als ein Ganzes von Natur, Leben und Geschichte sinnspendend sich erschließen“* (Blumenberg 1981, S. 10).

Das Lesen der Welt ist eine komplexe Denktätigkeit, bei der es nicht mit einem Nachvollziehen naturwissenschaftlicher Tatsachen oder Modelle getan ist. Das Lesen der Welt korrespondiert einer erkenntnis- und wissenschaftsphilosophischen Nachdenklichkeit, die mit der Aneignung naturwissenschaftlichen Wissens untrennbar verbunden ist. Diesen Anspruch erhebt übrigens auch das Konzept der „scientific literacy“. Das ist die „Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen“ (OECD/Deutsches PISA-Konsortium 2000, S. 60). Vom deutschen PISA-Konsortium (2001) wird „scientific literacy“ bewertet hinsichtlich „ihrer Funktion für eine verständige und verantwortungsvolle Teilnahme am gesellschaftlichen Leben“ (S. 195). Das Verständnis von Konzepten wird sinnvollerweise ergänzt durch Einsichten in das „Wesen“, die Geschichte und die Rolle der Naturwissenschaft in Kultur und Gesellschaft (S. 299).

Nur Nachdenklichkeit, nur ein Denken, das auf Sinn und Verständnis gründet und zielt, kann mit der Fülle des Wissens fertig werden, nicht noch mehr einzelnes Faktenwissen. Es gilt, naturwissenschaftliche Wissensbestände und Erklärungsansätze einzubetten in komplexe Verstehenszusammenhänge, die die exakte explanatorische Version der Naturwissenschaften überführen und erweitern in eine Version, die die Welt zu lesen und damit zu verstehen gestattet. Diese Version ist notwendig bilder- und metaphernreich und hat oft die Form von „Geschichten“. Diese narrative Form von naturwissenschaftlichen Aussagen ist für ein Verstehen von Natur sehr bedeutsam (vgl. Millar & Osborne 1998, Zabel 2004).

Wenn wir die Zielperspektive der „scientific literacy“ ernsthaft verfolgen wollen, kommen wir auch im naturwissenschaftlichen Unterricht um das Verstehen und Nachdenken nicht herum. Nachdenklichkeit ist insofern nicht lediglich luxuriöser Zusatz, sondern essentieller Teil eines Lesens der Welt durch die Perspektiven der Naturwissenschaft.

## 2. Beim „Verstehen der Natur“ geht es um eine Vermittlung von Subjekt und Objekt, von Subjektivierung und Objektivierung

Das besagte Sinnverlangen an die Realität hat gute Chancen, sich zu realisieren, wenn wir bei der Aneignung von Naturphänomenen objektivierende und subjektivierende Perspektiven gleichermaßen kultivieren. Das bedeutet, neben der gewissermaßen faktischen Bedeutung auch die symbolische, oft latente Bedeutung der Phänomene zu erschließen, das heißt, diese zum Gegenstand expliziter Reflexion zu machen.

Unter Objektivierung verstehe ich in Anlehnung an den Kulturpsychologen Boesch (1980) die „objektive“, systematisierte Wahrnehmung, Beschreibung und Erklärung der Realität, im Falle der Naturwissenschaften um die Theorien und Wissensbestände der Physik, Chemie und Biologie. Bei der Subjektivierung dagegen handelt es sich um die symbolischen Bedeutungen der Dinge, die in subjektiven Vorstellungen, Phantasien und Konnotationen zum Ausdruck kommen. Derartige Symbolisierungen sind als ein fester und weitgehend unverzichtbarer Teil unserer Alltagssprache anzusehen, wo sie meist unbewusst, aber mit erstaunlicher Systematik eingesetzt werden. Nicht ästhetische oder rhetorische Effekte sind dabei in unserem Zusammenhang wichtig, sondern die Funktion der „Symbole als Ausdruck elementarer kognitiver Prozesse und Instrumente des menschlichen Verstandes“ (Baldauf 1997, S. 11).

Subjektivierung und Objektivierung sind nicht alternative Zugänge zu den Dingen der Welt, sondern gleichzeitige bzw. komplementäre Zugänge. Nur in der anerkannten und selbst gedachten Verschränkung von beiden Zugängen kann Sinn aufscheinen. So wird die Chance eröffnet, Sinnstrukturen zu entwickeln. Indem subjektivierende Interpretationen von Naturphänomenen mit objektivierenden naturwissenschaftlichen Erklärungsansätzen verknüpft werden – und das geht auch dann, wenn sich die Zugänge logisch widersprechen! –, können Lernprozesse in der Naturwissenschaften als sinnvolle interpretiert werden (Gebhard 2003).

Diese Argumentation hat auch einen bildungstheoretischen Akzent: Mit der Verknüpfung der Subjekt- und der Objektseite ist auch eine Verbindung der subjektiven Bedingungen des sich Bildens mit objektiven Bildungsgütern gemeint. Bildung wird somit zum Inbegriff für eine subjektiv engagierte und interessierte Haltung und zugleich für das, was gebildete Menschen wissen bzw. wissen sollen. Die Lust am sich Bilden ist nicht nur eine subjektivistische Innensicht, sondern zugleich eine Bezogenheit auf die Welt und das Bedürfnis nach Verständnis der Welt. Diese Doppelstruktur von Bildung, die die subjektive Haltung und auch die subjektiven Bedingungen der Weltaneignung mit den objektivierbaren Bedingungen und Strukturen der uns umgebenden materiellen und kulturellen Welt in Beziehung hält, ist

im Blick zu behalten, wenn wir sinnvolle Bildungsprozesse initiieren wollen. Bildung und Verstehen ereignet sich nur in dieser doppelten Valenz: die subjektiven Strukturen der sich-Bildenden können und dürfen ebenso wenig ignoriert werden wie die objektivierbaren Aspekte, die durch die Wissenschaft beschreibbar sind. Wird die Subjektseite zu sehr betont, führt das zu subjektivistischer Weltvergessenheit, die Bildung mit Selbsterfahrung verwechselt. Wird die Objektseite zu sehr betont, führt das zu seelenloser instrumenteller Informiertheit.

Verstehensprozesse ereignen sich also immer zwischen subjektivem Weltbild und objektivierender Wissenschaft. Wir müssen unterscheiden zwischen den objektiven Methoden und Strukturen der Wissenschaft, die Grundlage für den Schulstoff ist, und der inneren subjektiven Bedeutung der Lerngegenstände. Diese Unterscheidung und zugleich die Vermittlung zwischen beidem ist die genuin didaktische Perspektive: sie zielt weniger auf das Beibringen von Lernstoff, sondern vielmehr auf die Vermittlung von Subjekt und Objekt. Genauer: auf die Fähigkeit der Subjekte, sich dieser Vermittlungsaufgabe zu stellen.

Die naturwissenschaftliche Methode arbeitet bekanntlich anders; hier müssen angesichts des Wertfreiheits- und Objektivitätsideals neuzeitlicher Wissenschaft mit methodologisch gut begründeten Argumenten die subjektiven Anteile ausgeblendet, mindestens jedoch kontrolliert werden. Paradigmatisch hierzu eine Äußerung von Pawlow: „Wir untersagten uns streng – im Laboratorium war sogar eine Strafe ausgesetzt – solche psychologischen Ausdrücke zu benutzen wie „der Hund erriet“, „wollte“, „wünschte“ usw. Endlich begannen sich alle Erscheinungen, die uns interessierten, in einer anderen Form zu zeigen. ... Der Hund, der vielleicht noch zuvor freudig gebellt hatte, gab nun nur noch Laute von sich. ... So schwer es die erste Zeit auch war, so gelang es mir doch schließlich nach längerer Mühe und durch konzentrierte Aufmerksamkeit zu erreichen, dass ich im wahrsten Sinne des Wortes objektiv wurde“ (zit. nach Duerr 1978, S. 139).

Eine wissenschaftstheoretische Diskussion dieser Grundhaltung kann an dieser Stelle nicht erfolgen. Es soll allerdings betont werden, dass die objektivierende Methodologie der Naturwissenschaften, die auf das Erklären zielt, kein Maßstab für die Didaktik der Naturwissenschaften sein kann, die auf das Verstehen zielen muss. Diese vertritt nämlich in der Absicht, Bildungsprozesse bei Subjekten zu ermöglichen, nicht nur die Wissenschaft, sondern auch, wenn nicht vor allem, die Menschen, die sie lernen sollen. Es ist nicht sehr wahrscheinlich, aber immerhin möglich, dass auf dem Umweg über die Didaktik auch die Wissenschaft komplementäre, subjektivierende Methoden wiederentdeckt.

Beide Aspekte – Subjektivierung und Objektivierung – beziehen sich zwar auf dieselben „Sachen“, sie sprechen jedoch in einer anderen Sprache und betonen unterschiedliche Akzente. Den „Verstehenden“ oder „Verständigen“ zeichnet es aus, dass er spielerisch zwischen beiden Sprachen ver-

mitteln kann, dass er die Spannung zwischen objektivierendem und subjektivierendem Weltbild nicht nur aushält, sondern geradezu genießt. Für einen solchen Genuss ist allerdings Bedingung, dass man dieser dialektischen Spannung nicht auf irrationale Weise blind ausgeliefert und damit in Gefahr ist, sie zu verleugnen. Wichtig ist, dass die Spannung bewusst aufgenommen und zum Gegenstand von bewusster Reflexion gemacht wird. Eine solche umfassende Bildung, die sowohl in Richtung äußerer als auch in Richtung innerer Welt geht, ist in gewisser Weise eine radikalisierte Aufklärung.

Friedrich Nietzsche war im Hinblick auf die Möglichkeit einer solchen Vermittlung nicht sehr optimistisch, auch wenn er die Polarität sehr scharf gesehen hat. In „Menschliches – Allzumenschliches“ schlägt er vor, man müsse ein „Doppelgehirn mit zwei Hirnkammern“ ausbilden – „einmal, um Wissenschaft, sodann um Nicht-Wissenschaft zu empfinden; nebeneinander liegend, ohne Verwirrung, trennbar, abschließbar; es ist dies eine Frage der Gesundheit.“

Es scheint so, dass in der Schule – zumindest oft – versucht wird, eben diese beiden Hirnkammern zu installieren, dass Kinder angehalten werden, ihre subjektivierende Sicht der Dinge unter Verschluss zu halten, um den Aufbau des „reifen“ objektivierenden Weltbildes nicht zu stören. Dem ist jedoch entgegenzuhalten, dass beide Zugänge sich keineswegs stören müssen, dass auch nicht die subjektivierende als die frühere, kindliche abzulösen ist durch die objektivierende erwachsene. Vielmehr handelt es sich um zwei zwar zu unterscheidende, jedoch lebenslang wirksame Symbolsysteme, die nicht ontogenetisch nacheinander zu denken sind, sondern stets nebeneinander bzw. besser noch komplementär. Am Beispiel der Anthropomorphismen habe ich das an anderer Stelle (Gebhard 2001) ausführlich dargelegt. Das im folgenden Abschnitt dokumentierte Gespräch über Feuer zeigt diese Zusammenhänge auch im Hinblick auf die unbelebte Natur, nämlich dass mit der anthropomorphen Interpretation von Naturphänomenen Verstehensmöglichkeiten verbunden sind.

Die Tendenz des kindlichen Weltbildes, die Welt im Lichte des eigenen Selbst zu interpretieren und demzufolge auch zu beseelen, wird nicht abgelöst durch das objektivierende Denken, sondern durch dieses sekundäre Denken ergänzt bzw. komplettiert. Es ist eine der bleibenden Grundeinsichten der Psychoanalyse, dass die kindlichen Denk- und Fühlformen zwar durch sekundärprozesshafte Denkformen überlagert, verwandelt oder auch verstellt werden, jedoch stets als affektiv wirksamer und nicht immer bewusster Unterbau wirksam bleiben, und zwar sowohl im Hinblick auf das (alltägliche) Weltbild als auch im Hinblick auf die Persönlichkeitsentwicklung. Hervorzuheben ist dabei, dass dieser Unterbau als „Basisschicht der Subjektivität“ (Lorenzer 1983) nicht etwa das objektivierende Denken unterminiert, sondern bereichert, in gewisser Weise ein Verstehen der äußeren Welt geradezu erst ermöglicht. In anthropomorphen Weltinterpretationen zeigt sich nämlich nicht nur ein kognitives Erklärungsmuster, sondern

zugleich eine Beziehung zu den verschiedensten Phänomenen. Erst beides zusammen konstituiert Verstehen. Damit werden die Phänomene der Welt nicht nur zutreffend beschrieben und erklärt, zugleich erhalten sie dadurch eine je individuelle Bedeutung, sie erhalten durch Symbolisierungsprozesse einen Sinn. Diese Konstitution von Sinnstrukturen ist für die Subjekte zentral wichtig, es ist geradezu, um das Zitat von Nietzsche aufzunehmen, eine Frage der Gesundheit.

Dass wir Dilthey zufolge die Natur erklären und nicht verstehen können sollen, hängt mit der klassischen wissenschaftstheoretischen Version zusammen, nach der – zumindest seit Descartes – eine real existierende Natur gewissermaßen nach und nach entschlüsselt wird. Auch wenn dieser naive Realismus inzwischen wissenschaftstheoretisch überholt ist, kennzeichnet er doch weite Bereiche naturwissenschaftlicher Forschung und – für uns bedeutsamer – das Bild von der Natur der Naturwissenschaften bei Schülern: So fasst Höttecke die einschlägige Forschung zum Bild von der Natur der Naturwissenschaften bei Schülern zusammen: „Er (der Naturwissenschaftler) tut nichts anderes, als eine vorstrukturierte Natur in Experimenten zu erfassen und zur Kenntnis zu nehmen. Der Naturwissenschaftler wird so trotz seiner vermeintlichen Intelligenz und Kreativität auf einen neutralen Datenerfasser reduziert. Die Schüler und Schülerinnen stellen sich die Ergebnisse naturwissenschaftlicher Forschung als in der Natur vorgebildet vor. Die Natur ist bereits vor ihrer wissenschaftlichen Erfassung organisiert und ontologisch real.“ (Höttecke 2001b, S. 9).

Naturwissenschaftliches Wissen wird als Kopie der Realität verstanden. „Etwas nicht zu wissen, kann dann nur bedeuten, dass man noch nicht danach geforscht hat“ (Carey et al. 1989). Im Hinblick auf die epistemischen Überzeugungen lässt sich also zusammenfassend von einem unzureichenden Verständnis des zyklischen und kumulativen Charakters naturwissenschaftlichen Wissens (vgl. Ryan & Aikenhead 1992) sprechen.

Bei Lehrern sieht es nicht anders aus: Sekundarstufenlehrer tendieren dazu, den objektiven Charakter der Naturwissenschaften zu betonen und konstruktiven Charakter wissenschaftlicher Theoriebildung zu vernachlässigen, während Primarstufenlehrer sich eher anti-positivistisch gebärden, wobei radikal-relativistische Missverständnisse konstruktivistischer Wissenschaftstheorie im Spiel sein mögen (vgl. Hötteke 2001b, Pomeroy 1993, Sodian et al. 2002).

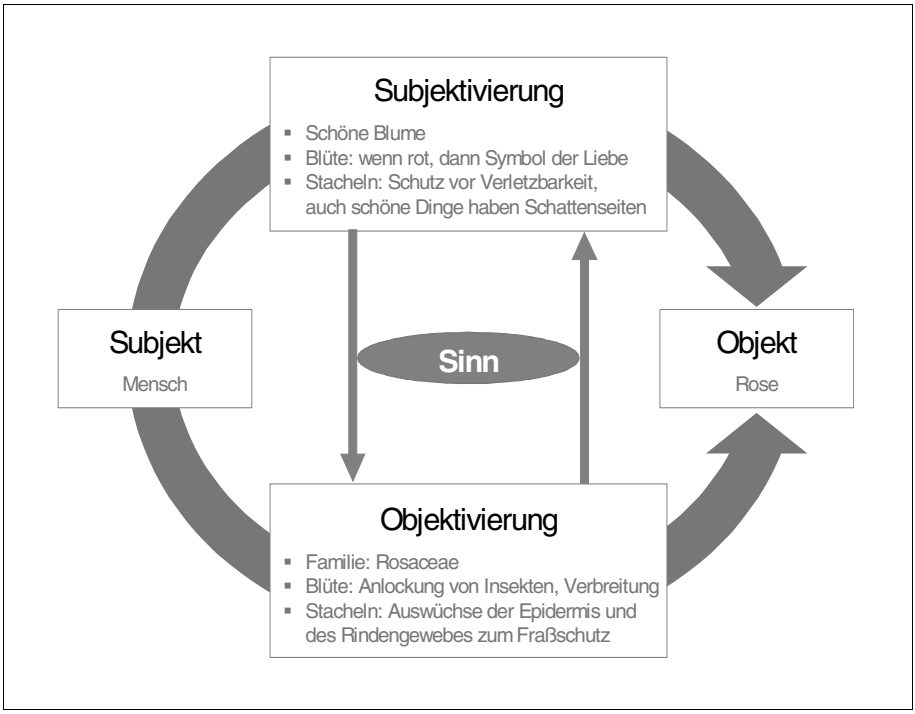
Die Natur können wir wohl – auch im Lichte moderner Wissenschaftstheorie – letztlich nicht wirklich verstehen, ebenso wenig wie die Natur dann allerdings letztlich erklärt werden kann. Aber die Naturwissenschaften können wir verstehen. Die Naturwissenschaften sind dann gewissermaßen ein kulturelles System, das sich auch mit hermeneutischen Zugängen betrachten lässt.

Eine wichtige Dimension des Verstehens ist in der hermeneutischen Denktradition der Beziehungsaspekt, der für das Verstehen konstitutiv ist.

Im Unterschied zur analytisch-erklärenden Tradition des naturwissenschaftlichen Paradigmas, bei dem es gerade das Objektivitätsideal ist, das von allen subjektiven Beziehungsaspekten abstrahiert, ist das hermeneutische Verstehen gerade in dem Maße ermöglicht, wie das verstehende Subjekt mit dem Objektbereich in Beziehung tritt. Eben wegen dieses Beziehungsaspekts hatte Dilthey auch das Verstehen für das Seelenleben reklamiert, das Erklären dagegen für die objektivierenden Naturwissenschaften. Nun zeigt die moderne Erkenntnistheorie, dass die rein objektivierende Methodologie auch bei den Naturwissenschaften obsolet ist. Denn: „Objektivität ist die Illusion, dass Beobachtungen ohne einen Beobachter gemacht werden könnten“ (von Foerster 1991, S. 17).

Ohne hier weiter auf diesen erkenntnistheoretischen Aspekt einzugehen, soll allerdings betont werden, dass für eine Vermittlung von Naturwissenschaften eben auch wissenschaftsphilosophische Reflexionen bedeutsam sind (Dittmer 2005) und damit auch über die „Natur der Naturwissenschaften“ nachgedacht werden muss (Höttecke 2001a). Wer nur die Naturwissenschaften versteht, versteht auch diese nicht richtig. *„Fächerspezifische Spezialisierungen entbinden nicht von fächerübergreifenden disziplinären (und interdisziplinären) Kompetenzerfordernissen ... Wo sich wissenschaftliche Subjekte in fachliche und disziplinäre Partikularitäten ... zurückziehen, werden Fächer und Disziplinen orientierungslos“* (Mittelstraß 1997, S. 74).

Zurück zum Beziehungsaspekt beim Verstehen naturwissenschaftlicher Zusammenhänge: In dieser Perspektive gilt es eher, die Naturwissenschaften (im Sinne eines kulturellen Systems) als die Natur zu verstehen. Bei solcherart akzentuierten Verstehensprozessen wird es dann besonders evident, dass „verstandene“ naturwissenschaftliche Zusammenhänge den Beziehungsaspekt sozusagen mittransportieren. Die besagten Subjektivierungen bei der Aneignung naturwissenschaftlicher Zusammenhänge haben eben diese Funktion, nämlich dass Symbolisierungen, Geschichten, Phantasien, die mit naturwissenschaftlichen Wissenselementen verbunden werden, in besonderer Weise den Beziehungsaspekt verdichten. Verstehen ist dann etwas, das im Kopf des Subjekts passiert und Verstehen wird auch (!) durch das Spielen mit der eigenen Subjektivität begünstigt, wenn nicht gar ermöglicht. Es ist dann kein Verstehen denkbar, ohne dass der Verstehende dabei seine Strukturen mit dem Gegenstand in eine Beziehung bringt und demzufolge den Gegenstand im Lichte der eigenen Strukturen interpretiert. Verstehen beruht also auch auf der Übertragung von bereits bewährten Wissensbeständen auf neue fremde Sachverhalte. Es wird versucht, durch die Konstruktion von Analogien und Ähnlichkeiten neues Wissen mehr oder weniger dem bekannten Wissen zuzuordnen. Dabei spielen metaphorische Deutungsmuster eine zentrale Rolle. Das Neue wird damit bedeutungshaltig.



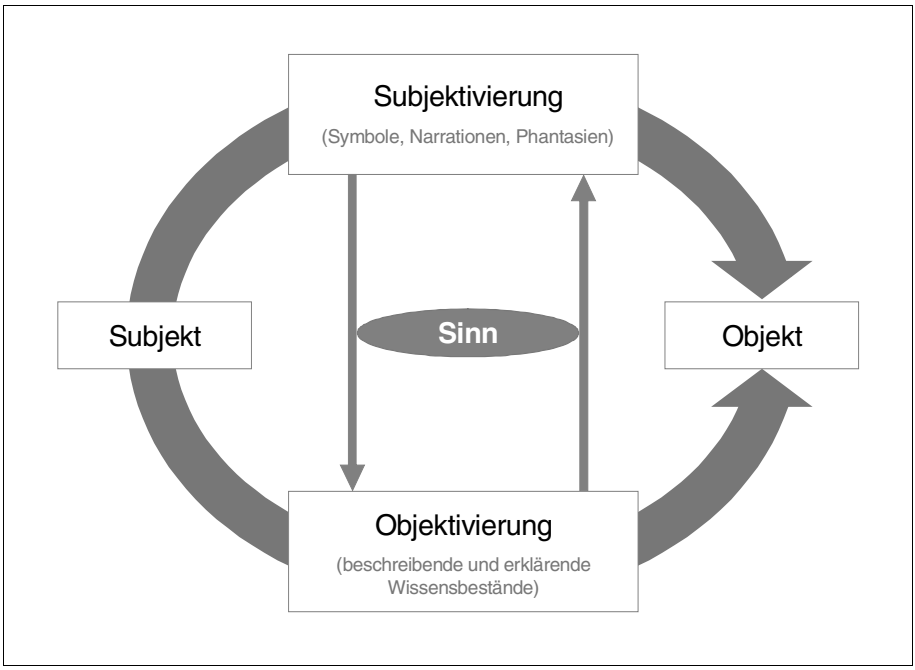




**Abb. 1: Der Prozess des Verstehens**

**Zusammengefasst:**

Verstehen geschieht als Sinnkonstruktion in der Dialektik von Subjektivierung und Objektivierung in Wechselwirkung mit den Phänomenen der Welt. Dabei werden die Phänomene im Lichte subjektivierender Deutungsmuster (Symbole, Narrationen, Phantasien) interpretiert. Zusätzlich und hierzu komplementär werden objektivierende beschreibende und erklärende Wissensbestände der Wissenschaften an die Phänomene herangetragen.

Verstehen ist zugleich ein Beziehungsphänomen: Beim Verstehen tritt das Subjekt in eine innige Beziehung zum Objektbereich; beim gleichzeitigen Interpretieren und Verstehen des Objektbereichs mit Hilfe objektivierender wissenschaftlicher Modelle wird diese Beziehung im dialektischen Sinne aufgehoben.

## 3. Erstes Beispiel: Ein Gespräch über Feuer[1]

Im Folgenden gibt es einen Ausschnitt aus einem Unterrichtsgespräch über ein naturwissenschaftliches Phänomen: Zwei Jungen (9 Jahre) und zwei Mädchen (8 und 9 Jahre) denken darüber nach, warum eine Kerzenflamme in einem umgestülpten Glas erlischt. Das Gespräch zeigt, wie beim Verstehensversuch eines auch rein physikalisch zu erklärenden Phänomens subjektivierende und objektivierende Zugänge, symbolische und naturwissenschaftliche Zugänge ineinander greifen. Zudem wird deutlich, dass und wie auch bei der Deutung der nicht-lebendigen Natur animistisch-anthropomorphe Symbolisierungen eine Rolle spielen.

Jasmin: ‘Ne Kerze ist dann ja fast so wie ein Mensch.

Annette: Ja.

Gunnar: Wenn er keinen Sauerstoff mehr hat, erstickt jeder Mensch.

Jasmin: Ja dann ... kann es ja auch nur atmen, wie wir an der Luft und wir würden ja auch brennen und die Kerze brennt ja auch.

Leo: Ohne Sauerstoff würde jeder Mensch ersticken. So ist das genauso mit dem Feuer. (lacht) Aber Feuer ist kein Lebewesen. (Alle Kinder lachen)

Gunnar: Wäre ja schrecklich.

Annette: Aber es holt Luft.

Leo: Früher wurde Feuer als Dämon bezeichnet und dann wurde irgendwann dieser Dämon gezüchtet und dann wurden sie in Feuerzeugen eingefangen.

Gunnar: (lacht) In Feuerzeuge eingefangen.

Leo: Ja, steht in unserem Buch. (...) Feuer ist kein Lebewesen.

Annette: Ja aber ... es atmet ja.

Gunnar: Da werden bestimmt Hunderte von Bakterien drin sein, die irgendwie die Hitze ausstehen können.

Jasmin: Ja aber, was ist Feuer dann?

Leo: Kann man Feuer unterm Mikroskop beobachten? Nee, geht nicht.

Jasmin: Darf ich mal? Vielleicht ist Feuer so was Ähnliches wie Bäume. Zu Bäumen sagt man ja auch, es ist kein Lebewesen.

Gunnar: Atmet.

Annette: Vielleicht ist Feuer ja fast wie ´ne Pflanze.

Jasmin: Ja, so ähnlich.

Annette: Lebt nur nicht in der Erde!

Gunnar: Ist es aus dem Stein gekommen? Oder wie?

Leo: Aber ’ne Pflanze ist ein Lebewesen.

Jasmin: Doch, eine Pflanze ist natürlich ein Lebewesen!

Leo: Ja, sag ich ja. Ohne Luft stirbt auch ’ne Pflanze, aber ohne Wasser auch.

Gunnar: Aber der hier stirbt nicht ohne Wasser. (zeigt auf das Teelicht und lacht) Mit Wasser stirbt er aber.

Leo: Dann ist Feuer wieder irgend so ein Molekül.

Jasmin: Stellt euch doch mal vor, ihr wärt so ein ganz schlaues Kind und ihr müsstet so einen Test bestehen.

Gunnar: Dann hätte ich mich an dem Tag krank gemeldet.

Jasmin: Und dann fragt euch so ein superschlauer Mann: „Was ist Feuer?“

Leo: Dann sag ich, ein Molekül, das brennt.

Jasmin: Und ihr sagt dann so: „Weiß ich nicht!“ (Schweigen)

Leo: Ich bin krank! (lacht) Du bist aber nicht krank. Du sitzt ja hier.

Annette: Also, wenn ich in der Situation wäre, dann würde ich sagen: Weiß ich nicht. Also nein. Also, ich würde sagen, das ist ein Lebewesen. Also kein richtiges Lebewesen, aber fast, weil, das muss ja auch atmen, Feuer und weil Wasser ja genauso wie für uns keine Luft gibt und dann löscht.

Jasmin: Also, ich würde, wenn ich in genau der Situation wäre, auch „Weiß ich nicht“ sagen. Aber, wenn ich jetzt mal ganz genau nachdenke ... ’ne Pflanzenart. Zu Pflanzen sagt man ja auch, es ist kein Lebewesen und zu Feuer haben wir das ja auch eben gesagt. (...)

Gunnar: Eigentlich ist ja aber ´ne Pflanze ja ganz anders gemacht als Feuer.

Leo: ’Ne Pflanze wächst.

Gunnar: Eine Pflanze wächst und das Feuer ...

Annette: Feuer kann auch wachsen. Erst ist es klein und dann wird es größer.

Gunnar: Aber vielleicht ist es ja auch echt ’ne Pflanze und wenn, dann brauchen die anstatt Wasser, Feuer und Holz oder so was. Das ist ja genau wie der Baum, der wächst nicht weiter, wenn er kein Wasser hat. (...) Und das Feuer wächst nicht gut, wird nicht größer, wenn es kein Holz mehr hat. Wird stattdessen immer kleiner und der Baum schrumpelt ohne Wasser auch.

Leo: Also, ich hätte gesagt, es ist ’ne Art Lebewesen. Ist wiederum kein Lebewesen, sonst wäre ja jeder von uns ein Mörder, weil wir grad eben hier das Feuer ausgemacht haben. (Alle Kinder lachen)

Jasmin: Oh, das ist ja gemein.

Leo: Also, ich kann das nicht so richtig sagen. Wenn ich jetzt in der Situation wäre, hätte ich gesagt, ich hab keine Ahnung.

## 4. Ein Plädoyer für Zweisprachigkeit

Auch bei den Naturwissenschaften geht es um ein Verstehen von Welt. Das wesentliche Medium ist dabei die Sprache. So wird im naturwissenschaftlichen Unterricht vor allem gesprochen. Wir nähern uns mit Sprachmitteln den Phänomenen der Natur (vgl. Gebhard & Langlet 1992). Insofern ist das Verstehen der Welt stets symbolisch vermittelt und nie unmittelbar. Mit dieser notwendig (sprachlich-) symbolischen Aneignungsart beim Verstehen der Welt werde ich mich im Folgenden beschäftigen.

Seit Descartes ist Naturwissenschaft nur möglich, wenn sich das erkennende Subjekt als Beobachter der Natur als Objektbereich entgegensetzt. Hilfreich bei diesem Forschen und Denken, das die Natur objektiviert, ist eine fachspezifische Sprache bzw. Begrifflichkeit. Die Eigenschaften von wissenschaftlichen Fachsprachen (Präzision, Intersubjektivität, relative Kontextunabhängigkeit) ermöglichen es, von der Lebenswelt zu abstrahieren und exakte, wissenschaftliche Aussagen zu formulieren.

Das exakte sprachliche Ausdrucksvermögen ist zweifellos ein wichtiges Element rationaler Diskurse in einer aufgeklärten Welt. Jedoch gibt es hier – und darauf möchte ich besonders hinweisen – Grenzen. Das Unterwerfen unter objektivierende Fachsprachen kann nämlich bisweilen das Verständnis von Naturphänomenen auch behindern, weil die symbolischen Subjektivierungen dabei ausgeblendet werden müssen.

Die objektivierende Fachsprache muss sich vom Alltagsbrauch lösen, muss den Gegenstand als Objekt vom Menschen entfremden, um dann neue, nur von der Sache her bestimmte Begriffe und Ausdrucksweisen zu formen. Diese Distanzierung gelingt am besten gegenüber der unbelebten Natur und

hat in der Physik durch eine weitestgehende Überführung von Fachaussagen in mathematische Abstraktion den größten Erfolg gezeitigt. Und in der Tat ergeben sich selbst in der Physik und in der Chemie Missverständnisse, wenn die mathematische Symbolisierung verlassen wird. Im Versuch des logischen Positivismus, sozusagen als äußerste Anstrengung zur Eliminierung der Metaphysik aus den Naturwissenschaften, durch den Aufbau einer Kunstsprache der alltagssprachlichen Verführung zu entgehen, zeigte sich die Unhintergehbarkeit der Alltagssprache als letzte Metasprache. Dies ist ein erkenntnis- und wissenschaftstheoretisches Problem, das sich als solches auch im naturwissenschaftlichen Unterricht aktualisiert und damit zu einem didaktischen wird.

Alltags- und Wissenschaftssprache sind funktionierende Kommunikationssysteme, die man weder gegeneinander ausspielen noch eine von beiden favorisieren darf. Es gilt, beide „Sprachen“ zu lernen; dazu gehört die Fähigkeit der „Zweisprachigkeit“. Im Übrigen findet das Verstehen von naturwissenschaftlichen Zusammenhängen vorrangig in der Alltagssprache statt, die Fachsprache ist vor allem eine zusätzliche Verstehenshilfe. Jeder Versuch, eine Sprache eindeutig zu machen (als Fachsprache) setzt die (mehrdeutige) Alltagssprache voraus. Insofern wird die Fachsprache nur durch Rückgriff auf die Reflexion der Alltagssprache verständlich und sinnvoll. „Die ganz in Information verwandelte Sprache ist die gehärtete Spitze einer nicht gehärteten Masse“ (Weizsäcker 1971, S. 60).

Die Fachbegriffe werden auch oft wieder vergessen, ohne dass der verstandene Zusammenhang ebenfalls vergessen werden müsste. Die alltäglichen Begriffe sind nämlich als Träger lebensweltlicher Vorstellungen, Bilder und Gefühle wichtige Elemente des Verstehens. Die objektivierende Aneignung naturwissenschaftlicher Zusammenhänge und einer entsprechenden Begrifflichkeit muss sich also stützen auf die subjektivierenden Sinnentwürfe des Alltags, die oft intuitiv, bilderreich, geschichtenreich und metaphorisch sind. Naturwissenschaftliche Lernprozesse werden dann erfolgreicher, effizienter, sinnvoller sein, wenn der alltägliche und subjektivierende Zugang zu den Phänomenen im Unterricht nicht nur geduldet, sondern zum Gegenstand expliziter Reflexion gemacht wird, wenn also die besagte „Zweisprachigkeit“ gelernt wird (vgl. Gebhard 2003; Born & Gebhard 2005).

## 5. Die Bedeutung von Symbolen beim Verstehen

*„Analogien, Metaphern und Sinnbilder sind die Fäden, mit denen der Geist mit der Welt in Verbindung bleibt, auch wenn er, geistesabwesend, den unmittelbaren Kontakt zu ihr verloren hat, und sie gewährleisten die Einheit der menschlichen Erfahrung.“*

(Hannah Arendt: Vom Leben des Geistes, 1979)

Lernprozesse verlaufen dann erfolgreich, wenn sich dabei das Gefühl von subjektivem Sinn einstellt. Verstehen und das Konstruieren von subjektiven Sinnstrukturen hängt unmittelbar zusammen. „Sinn“ ist nicht etwa eine Eigenschaft des Lerngegenstandes, sondern ein subjektiv erzeugtes Empfinden beim Lernprozess, beim Versuch des Verstehens. Dabei spielen Symbolisierungen eine zentrale Rolle.

Sinnvolles Lernen hat deshalb etwas mit Beziehung zu tun: Beziehung zwischen den Dingen der Welt und den subjektiven Strukturen des Lernenden. Die Lerngegenstände erhalten so eine persönliche Bedeutung und haben eine Chance, in die Lebenswirklichkeit integriert zu werden. Auf diese Weise erwerben Schüler nicht träges Wissen, sondern ein Wissen, das kognitiv wie affektiv bedeutsam ist und infolge der Einbettung in die Lebenswelt Relevanz erhält und sinnstiftend ist.

Entscheidend dabei ist, dass unser Verhältnis zur Welt nie ein unmittelbares ist, sondern stets ein symbolisch vermitteltes: Wir versuchen, mit symbolischen Deutungsmustern die Welt auf eine menschliche Weise zu verstehen und eignen sie uns dabei erst an. Erst durch ihren Symbolwert erscheinen uns die Dinge sinnvoll und vertraut. Sinnvolles Lernen bezieht also über die Beachtung bzw. Achtung der symbolischen Valenz der Lerngegenstände auch die affektiven Grundlagen des Lernprozesses mit ein (Gebhard 1999).

Ich gehe dabei mit Cassirer (1996) von einer Sinnerzeugung durch Symbole aus und demzufolge beruhen auch sinnkonstituierende Lern- und Interpretationsprozesse auf der Verwendung von Symbolen. Die Lebenswelt des Menschen, des „animal symbolicum“, ist also eine symbolisch vermittelte. Das Verhältnis zur Welt ist kein unmittelbares, sondern ein durch Symbole gewissermaßen geschütztes und vermitteltes. Unser Bezug zur Welt ebenso wie unsere Möglichkeit von Erkenntnis von Welt wird durch Metaphern ermöglicht und zugleich prinzipiell begrenzt. Es sind nie die Dinge der Welt, die unmittelbar zu uns sprechen, stets sind es unsere metaphorischen Deutungsmuster, die die Welt auf eine menschliche Weise zu verstehen suchen.

Metaphern sind also nicht lediglich Ausdruck von noch nicht klar und logisch zu fassenden Phänomenen. Sie sind nicht nur vorläufige und überholungsbedürftige, „übertragene“ Rede, sondern unhintergehbares Prinzip menschlichen Denkens und Sprechens. *„Wer auch immer denkt, strukturiert*

*den Kosmos seines Bedeutungsuniversums durch Metaphern"* (Lakoff & Johnson 1998, S. 7).

Genauso, wie das Verständnis der äußeren Welt ein symbolisches ist, ist auch das Verständnis des eigenen Selbst notwendig symbolisch. So wirkt die dingliche Welt gleichsam als ein Metaphernvorrat, der in Symbolisierungsprozessen ein Selbstverständnis des Menschen ermöglicht und begleitet. Die Symbole, mit denen wir uns zu deuten und zu verstehen versuchen, werden aus der begegnenden Welt genommen; die Welt, in der wir leben, be-ding-t (im Sinne des Wortes) unser Selbstverständnis. Auf diese Weise kann durch Metaphern einer an sich unbegreiflichen Welt Sinn verliehen werden. Metaphern sind „Modelle in pragmatischer Funktion" (Blumenberg 1998, S. 11) zur sinnhaften Orientierung in der Realität einerseits und zugleich zur Strukturierung der Realität andererseits. Die bereits erwähnte Metapher von der „Lesbarkeit der Welt" trifft genau diesen Aspekt.

Die „Lesbarkeit" ist natürlich ihrerseits eine Metapher. Sie zeigt an, dass das Lesen der Welt nicht in der Sprache der Welt erfolgt, sondern gemäß den Metaphern, den Bildern, den Weltbildern des Menschen. Durch Metaphern kann zwar die Welt gelesen werden, aber die jeweiligen Bilder strukturieren die Phänomene und Gegenstände vor. Das gilt, wie bereits gesagt, auch für die Wissenschaft: So hat das Bild der „Weltmaschine" oder der „Weltuhr" eine zentrale Rolle bei der Entwicklung der modernen Naturwissenschaften gespielt. Das Experiment gilt – ebenfalls eine Metapher – als Frage an die Natur. In der Biologie beispielsweise trifft man allenthalben auf metaphorische Deutungsmuster. Nicht nur, dass Pflanzen und Tiere oft auf symbolisch–anthropomorphe Weise als Ausdruck von subjektiven Sinnentwürfen interpretiert werden (Gebhard 2001), auch die wissenschaftliche Biologie spricht vom Gehirn als Computer, vom immunologischen Abwehrkampf. In der modernen Genetik gibt es viele Metaphern, die aus der Informatik stammen: das (menschliche) Genom wird umschrieben mit „Sprache der Gene", Text oder Code. Die DNA erscheint als Kuchenrezept, Bibliothek, Blaupause, Steuerzentrale oder Biochip. Noch deutlicher ist es bei den normativen Implikationen: Die Entschlüsselung des menschlichen Genoms erscheint als „Gral der Humangenetik", das Genom als „Buch des Lebens", die DNA als „Himmelsleiter".

Auch wenn einige dieser Bilder natürlich didaktisch inspirierte Verständnishilfen sind (z.B. die Analogie von Kuchenrezept und DNA), sind solche Bilder nicht lediglich Illustrationen, sondern konzeptualisieren Erkenntnis. Und sie ermöglichen auch Erkenntnis. So sind beispielsweise anthropomorphe Naturinterpretationen nicht nur emotional und im Hinblick auf die ethische Urteilsbildung (Gebhard et al. 2003) von Bedeutung, sondern sie scheinen zusätzlich das Verständnis naturwissenschaftlicher Zusammenhänge zu erleichtern (vgl. für die Biologie: Kattmann 2005, Zohar & Ginossar 1998, für die Chemie: Lück 2003, für die Physik: Wagenschein 1965). So hat die Verwendung von Symbolen und Bildern auch eine lern-

psychologische Komponente. Bilder und Sprachbilder sind wichtige kognitive Werkzeuge beim Wissenserwerb. Erfahrungen mit der Welt können nämlich in Form von internen Bildern gespeichert werden. Externe Bilder bez. Erfahrungen, die das Subjekt in Interaktion mit der Umwelt sammelt, werden in interne Bilder bez. mentale Konstrukte überführt. Man spricht sogar vom „Bildüberlegenheitseffekt“ (Weidenmann 1994).

Jedoch: Bilder und Symbole sind oft suggestiv und können manipulativ sein. Deshalb gilt es, Symbole eher zum Anlass zum Nachdenken zu nehmen als ihre implizite Botschaft unreflektiert oder gar unbewusst zu übernehmen. Deshalb geben Symbole auch lediglich zu denken und transportieren nicht die „Wahrheit“.

## 6. Symbole geben zu denken: Didaktische Anmerkungen

Dass Symbole zu denken geben, wie der französische Philosoph Paul Riceour es formuliert, ist ein starkes Argument für einen auf Verstehen zielenden und nachdenklichen Stil bei der Aneignung von Lerngegenständen, auch naturwissenschaftlichen. Die symbolische Aneignungsform ist zum einen eine Sache der kognitiv-symbolischen Bedeutungsrepräsentation. Sprache im allgemeinen und Bilder und Symbole im besonderen sind gewissermaßen die Merkzeichen unserer Konzeptsysteme, in denen wir denken. Zum anderen offenbart sich in Symbolisierungen die subjektive Bedeutung eines Phänomens; es wird durch die Symbolisierung Sinn konstituiert. So geben Symbole in drei Hinsichten zu denken:

Erstens sind Symbole wichtige mentale Werkzeuge beim Wissenserwerb. Metaphorische und bildhafte Vorstellungen sind für die Aneignung neuer bzw. fremder Zusammenhänge notwendig. Mit Ortony lässt sich diese Funktion von Metaphern folgendermaßen differenzieren:

Metaphern sind zum einen kompakt und können größere Erfahrungs– und Informationseinheiten komprimieren und verdichten, so dass zusammenhängende Ganzheiten übermittelt werden können. Sie sind ökonomisch: „It is quick, concise and effective ...“ (Ortony 1975, S. 48). Unsagbares wird sagbar: Vage, abstrakte Vorstellungen und assoziative Bedeutungsnuancen können so thematisiert werden. „… whereof one cannot speak literally, thereof one should speak metaphorically“ (Ortony 1975, S. 49). Schließlich transportieren Metaphern sehr einprägsame Bilder, die zum einen das Verständnis erleichtern und zum anderen auch die Speicherung von Information begünstigen.

Zweitens wird durch Metaphern eine Vermittlung von Alltag und Wissenschaft ermöglicht. Scientific literacy ist eben nicht nur fundiertes Fach- und Faktenwissen, sondern bezieht sich auch auf die komplexen Beziehungen zwischen Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft, womit zugleich Fragen des Menschen- und Weltbildes berührt sind. Bei dieser Vermittlung

und Einbettung in soziale und menschliche Kontexte von objektivierenden naturwissenschaftlichen „Tatbeständen“ spielen Metaphern eine zentrale Rolle. Über sie nachzudenken, sie zu einem Bestandteil expliziter Reflexion zu machen, ist insofern ein konstituierender Bestandteil naturwissenschaftlicher Bildung. Die öffentliche Diskussion und Bewertung von naturwissenschaftlichen Zusammenhängen ist nämlich weniger durch die naturwissenschaftliche Faktenlage bestimmt als vielmehr durch deren bild- und metaphernreiche Vermittlung. Das mögen naturwissenschaftliche Experten als „unwissenschaftlich“ und unsachgemäß beklagen, bei der Einbettung von wissenschaftlichen Fakten in die Lebenswelt ist diese symbolische Aneignungsform geradezu unumgänglich. Insofern ist eine solche Klage gleichermaßen unberechtigt wie vergeblich. „Public understanding of science“ nutzt notwendig die symbolische Ebene und impliziert damit auch die normativen Implikate von Wissenschaft. Metaphern sind gewissermaßen eine sprachliche Brücke oder Übersetzung, indem sie Alltagserfahrungen und deren Sprache mit der wissenschaftlichen Sprache kompatibel machen.

Schließlich und drittens – darauf bin in bereits ausführlich eingegangen – spielen Symbolisierungen eine zentrale Rolle bei dem grundlegenden menschlichem Verlangen, die Welt als eine sinnvolle zu interpretieren (ausführlicher in Gebhard 2003).

Symbole sind sowohl Gegenstand als auch Methode von Bildungsprozessen. Die Weltbilder, die durch Symbole transportiert werden, gilt es einerseits kritisch zu hinterfragen; das ist die Aufgabe einer ideologiekritischen Aufklärung. Diese Reflexion von Symbolen ist der Aspekt, bei dem Symbole Gegenstand von Bildung sind. Andererseits ist zu sehen, dass die Bildhaftigkeit unseres Weltbezugs nicht hintergehbar ist. Die Symbole und Bilder, die Phantasien und Träume, die sich an Gegenstände, auch an Lerngegenstände heften und mit ihnen untrennbar verbunden sind, gilt es als einen Weg zur Erschließung dieser Gegenstände zu nutzen. In dieser Hinsicht sind Symbolisierungen Methode von Bildungsprozessen.

Auch für die didaktisch initiierte Aneignung von Welt ist der symbolische Zugang grundlegend. Es reicht nicht, wenn Lernenden die Dinge nur in ihrer objektivierenden Variante beigebracht werden. Eine geradlinig objektivierende Sicht der Dinge unterschlägt die subjektierenden Schattierungen, ent-sinn-licht die Phänomene, grenzt den subjektiv gemeinten Sinn aus und bringt die Dinge den Subjekten nicht nahe. Objekte der Außenwelt haben nicht nur eine Bedeutung als objektive Gegebenheiten, sondern auch eine symbolische Bedeutung, in der persönliche Erfahrungen, Beziehungen und Phantasien, Narrationen zusammenfließen. In der Vermittlung zwischen beiden Zugängen besteht die Chance, einer an sich unbegreiflichen Welt Sinn zu verleihen bzw. diese als sinnhaft zu erleben.

Diese Vermittlung ist die Aufgabe der Didaktik. Dadurch können die Lerngegenstände auf symbolische Weise in eine innere Bedeutung überführt werden. Solche Lernprozesse haben zumindest etwas zu tun mit der Gele-

genheit zur Verknüpfung mit subjektiven Vorstellungen, Phantasien, Bildern, Metaphern – eben mit subjektiv gemeintem Sinn. Eine angemessene didaktische Haltung in diesem Zusammenhang wäre es, die symbolische Bedeutung von Lerngegenständen zu erschließen und die Schüler zum Symbolisieren geradezu zu ermutigen. Dies wäre eine Haltung, die die Phantasien und Konnotationen, die ein Lerngegenstand auslöst, nicht als unpassendes Ornament des eigentlichen Lernstoffes denunziert. Diese Haltung lädt ein zum Sinnieren, hat Zeit und Muße zum Verweilen und gibt damit dem Aufbau und der Entfaltung von Sinn eine Chance.

Gemäß dem Konzept der „situierten Lernumgebungen“ werden für die Lernenden Situationen so inszeniert, dass ein aktiver Aufbau von Wissen nötig und möglich wird. Die „Situiertheit“ einer Lernumgebung ist jedoch mit der aktiven Wissenskonstruktion der Lerner noch nicht gegeben, sie zeigt sich vor allem darin, dass die Lernsituation „in Kontinuität mit der kulturellen Welt“ (Bruner 1997, S. 115) steht bzw. verstanden wird. Diese Situierung ist also letztlich eine Leistung der Lernenden: Die Vorstellungen, Phantasien, Bilder und Metaphern, die sich als subjektive Interpretationen an Lerngegenstände heften, tragen zur Situierung verstanden als Herstellung von Kontinuität mit der kulturellen Welt bei. So können sich Lehrer noch so sehr um situierte Lernumgebungen bemühen, indem sie die Aktivität der Lerner provozieren, indem sie gesellschaftlich und kulturell bedeutsame Themen auswählen, wenn sie den Situierungsbeitrag der Schüler, der sich nicht zuletzt in ihren subjektiven Interpretationen offenbart, ignorieren oder gar ablehnen, bleibt die als situiert intendierte Lernumgebung isoliert. Sinnvoll integriertes Wissen im Sinne des „Lesens der Welt“ lässt sich kultivieren – und zwar in einer Lernkultur, die dem Sinnbedürfnis der Subjekte Rechnung trägt. Solchermaßen ernst genommene Schüler werden nicht nur informiert sein. Sie werden nachdenklich werden und können so verstehen.

## 7. Zweites Beispiel: Gentechnik: Die explizite Reflexion von Alltagsphantasien als ein Element sinnvollen Lernens[2]

Bisweilen (in Wissenschaftsphilosophie und Kulturtheorie ebenso wie in der Fachdidaktik) wird die Rationalität des wissenschaftlichen Zugangs zu den Phänomenen der Welt abgehoben von Vorstellungen, die aus dem Alltag und der Lebenswelt stammen, die (noch) entwicklungsbedingten Beschränkungen unterliegen und die deshalb im Gegensatz zur kontrollierten wissenschaftlichen Vorstellung als irrational bezeichnet werden. Diese Gegenüberstellung – also die Rationalität des wissenschaftlichen Zugangs und die Irrationalität des Alltags – führt deshalb in die Irre, weil dadurch die alltäglichen, als irrational aufgefassten Vorstellungen aus der Kommunikation ausgeschlossen bleiben (müssen), da sie sich gewissermaßen notwendig einem rationalen Diskurs entziehen.

Ich gehe dagegen davon aus, dass beide Zugänge – der wissenschaftliche und der alltägliche – rational sind. In beiden Fällen handelt es sich um den Versuch, Phänomene der Welt, der Natur kognitiv zu erfassen, sie im Kontext (alltags-)theoretischer Annahmen zu verstehen. Während es im Hinblick auf die Rationalität des wissenschaftlichen Weltbildes kaum Zweifel gibt – das ist sozusagen die epistemische Grundlage der abendländischen Kultur –, bedarf die Rationalität des Alltags einiger Erläuterungen bzw. Rechtfertigungen. Dies soll hier im Hinblick auf didaktische Überlegungen geschehen.

In didaktischer Hinsicht ist die Annahme der Rationalität des Alltags eine wichtige Grundannahme, die es gestattet, die Alltagsvorstellungen wahrhaftig ernst zu nehmen. Zwar ist es in den meisten didaktischen Entwürfen inzwischen Konsens, die wissenschaftlichen Konzepte und die alltäglichen Vorstellungen zu verbinden, doch geht das eben nicht wirklich, wenn die Alltagsvorstellungen als eigentlich zu überwindende eingeschätzt werden. Die Folge ist eine bloße pädagogische Duldung der Alltagsvorstellungen, nicht jedoch deren Anerkennung als prinzipiell und dauerhaft notwendige, komplementäre und ebenfalls rationale Wirklichkeitszugänge, ohne die auch die wissenschaftlichen Zugänge keinen Sinn machen würden. Die objektivierende Aneignung wissenschaftlicher Zusammenhänge muss sich zumindest auf die Beachtung der subjektivierenden Sinnentwürfe des Alltags (siehe Abschnitt 2) stützen. Vor dem Hintergrund der Annahme, dass jeder Lerngegenstand, jedes Phänomen und jeder Sachverhalt ein reichhaltiges Spektrum an subjektiven Vorstellungen, Phantasien und Hoffnungen beim Lernsubjekt aktualisiert, besteht ein wichtiger Akzent des Ansatzes der Alltagsphantasien darin, diese subjektivierenden Bedeutungen bzw. „subjektiven Resonanzen“ zu erschließen und zum Angelpunkt sinnvollen und auch effektiven Lernens zu machen.

Diese Subjektivierungen bzw. Phantasien haben eine Nähe zu dem, was bisweilen mit dem gesunden Menschenverstand bezeichnet wird, von dem Descartes meinte, „nichts auf der Welt sei so gerecht verteilt wie der gesunde Menschenverstand“ (zitiert nach Wagner 1994, S. 45). Wagner versteht darunter das „uns spontan verfügbare und meist unreflektiert gebrauchte Hintergrundwissen, das unserer alltäglichen Praxis unterliegt.“ (ebd. S. 45). Angesichts des vorreflexiven Charakters solcher Strukturen des Alltagsbewusstseins spreche ich deshalb von Alltagsphantasien oder auch noch zugespitzter in Anlehnung an Roland Barthes von Alltagsmythen. Damit soll sprachlich markiert werden, dass es sich um eine besondere Form von Alltagsvorstellungen handelt, die über die fachliche Dimension hinausgehen und nicht nur Ergebnisse reflektierten Nachdenkens zum Inhalt haben. Ein zentraler Gedanke dabei ist, dass sich die Rationalität des Alltags zumindest nur teilweise mit aufgeklärter, wissenschaftlicher Rationalität deckt, ja geradezu als eine komplementäre Rationalität gedacht werden muss. Der Geist, der sich in Alltagsphantasien verdichtet, ist routiniert, automatisch (Moscovici 1982), speist sich aus latenten und vorrationalen

Quellen, entspricht dem, was Levi-Strauss „wildes Denken“ genannt hat. Der Geist dagegen, der im Ideal wissenschaftlicher Rationalität zum Ausdruck kommt, ist logisch, kritisch, kontrolliert, formal. Beide Formen des Denkens sind nicht gegensätzlich, sondern als komplementäre und damit gleichberechtigte Wirklichkeitszugänge zu denken. Sie repräsentieren nicht etwa die primitive oder archaische Form des Denkens gegenüber der entwickelten Form, die eine ist nicht die Vorform der anderen, sondern es handelt sich um zwei komplementäre Möglichkeiten des menschlichen Geistes. Wichtig in diesem Zusammenhang ist der Gedanke, dass das Aufeinanderprallen dieser unterschiedlichen Rationalitäten beispielsweise im Falle der Debatte um die modernen Biotechnologien als ein wesentlicher Grund für die Heftigkeit der Auseinandersetzung angesehen werden kann, die nicht selten in schier unauflöslich scheinende Aporien führen kann. Diese Aporien können auch nicht verstanden oder gar aufgelöst werden, beschränkt man sich bei der Analyse lediglich auf die Ebene der rational-logischen Argumente und Sachverhalte. „Es genügt nicht, die argumentative Struktur von Diskursen zu analysieren, solange in qualitativen Studien die kulturellen Bilder und Metaphern nicht berücksichtigt werden, die wie ein Gerüst von Stützbalken das im Diskurs konstruierte Objekt tragen“ (Grize 1989, S. 159). Um die Berücksichtigung dieser „Stützbalken“ bzw. Alltagsphantasien geht es.

Derartige subjektive Resonanzen finden sich in Gestalt von biographisch relevanten Geschichten, in denen verschiedene persönliche und kollektive Wünsche, Wertorientierungen, Befürchtungen und grundlegende Sinnzuschreibungen verdichtet sind. Mit den sich in diesen Geschichten verdichtenden Alltagsphantasien wird eine Transformation wissenschaftlicher Erkenntnisse ins Alltagsdenken ermöglicht. Sie dimensionieren diese Erkenntnisse und reduzieren die Komplexität, wodurch objektivierte Fakten zu Elementen der Lebenswelt werden können (Gebhard 1999; 2002).

Welche Alltagsphantasien lassen sich bei Jugendlichen der gymnasialen Oberstufe im Zusammenhang mit gentechnologischen Themen (wie z.B. Klonen, pränatale Diagnostik oder Grüne Gentechnik) rekonstruieren? Um bei empirischen Erhebungen auf die Ebene der Phantasien bzw. der latenten Sinnstrukturen zu gelangen, wurde ein spezielles Gruppendiskussionsverfahren, das Anregungen aus der Kinderphilosophie aufgreift (vgl. Gebhard, Billmann-Mahecha & Nevers 1997) als qualitative Forschungsmethode angewandt. Die Methode, durch das Vorlesen einer im Ausgang offenen Geschichte eine eigenständige Diskussion anzuregen, hat sich gut bewährt. Verschiedene, begründbare Positionen wurden durch ein kontrovers geführtes Gespräch zwischen zwei Jugendlichen in der Geschichte repräsentiert. Die Diskussionen wurden wörtlich transkribiert und nach Verfahrensvorschlägen der Grounded Theory (Strauss & Corbin 1996) ausgewertet.

Auf der Grundlage von 25 Gruppendiskussionen zu verschiedenen Anwendungsgebieten der Gentechnik ließen sich die folgenden Alltagsphantasien rekonstruieren:

1. Das Leben ist heilig: Das Leben hat eine eigene Würde, es entfaltet sich nach immanenten Gesetzmäßigkeiten und birgt viele Geheimnisse.
2. Natur als sinnstiftende Idee: Natürliches ist gut. Die Natur zeigt uns in unserer orientierungslosen Zeit, was wir tun und lassen sollen. So sollte man der Natur auch nicht ins Handwerk pfuschen.
3. Tod und Unsterblichkeit: Länger leben hat schon seine Vorteile. Aber die Vorstellung von Unsterblichkeit macht auch Angst.
4. Gesundheit: Heilsvorstellung von (andauernder) Gesundheit
5. Dazugehörigkeit versus Ausgrenzung: Man kann im Kreis oder draußen sein. Oder auch am Rand. – Es ist mir wichtig, von der Gesellschaft voll und ganz akzeptiert zu werden.
6. Ambivalenz von Erkenntnis und Wissen: Wissen und Erkenntnis sind janusköpfig: Einerseits kann sich damit der Mensch selbst befreien, andererseits ist das Wissen auch gefährlich und ein Frevel. Aber der Mensch ist eben neugierig.
7. Der Mensch als homo faber: „Der Mensch hat die Fähigkeit, Sachen zu entwickeln, er ist geistreich und man muss auch sehen, sonst hätte Gott auch einem Menschen gar nicht die Gabe gegeben, sich das alles zu überlegen und alles umzusetzen.“
8. Der Mensch als Schöpfer: Der Mensch kann sich ein Kind selbst kreieren und hat damit den Schlüssel zur Schöpfung in der Hand. Aber der Mensch darf nicht Gott spielen und mit den Genen spielen.
9. Mensch als Maschine: Im Grunde ist der Mensch eine Maschine, deshalb sind auch die technischen Möglichkeiten der modernen Biomedizin so segensreich.
10. Perfektion und Schönheit. Perfektion als zweischneidiges Schwert: Ambivalenz zwischen Optimierung des Menschen und Langeweile.
11. Individualismus: Die Gentechnik bedeutet das Ende des Individualismus. Was ist der einzelne Mensch dann noch wert?
12. „Sprache der Gene“: Das Genom ist zu lesen wie ein Buch.

Diese Übersicht spiegelt die Vielfalt sowie Vielschichtigkeit der (intuitiven) subjektiven Vorstellungen bzw. Alltagsphantasien, die sich in den Köpfen der Jugendlichen zur Gentechnik aktualisieren, wider.

Welchen Effekt hat eine explizite Berücksichtigung von Alltagsphantasien im schulischen Unterricht nun aber auf das Lernen fachlicher Zusammenhänge? Kann eine explizite Reflexion dieser (intuitiven) subjektiven Vorstellungen in der Praxis dazu beitragen, zwischen den fachlichen Inhalten eines Unterrichts und der Lebenswelt der Lernenden Bedeutungsbezüge herzustellen?

Barbara Born (2006) hat diese Fragen einer empirischen Überprüfung zugeführt: In einer Interventionsstudie zur expliziten Reflexion von Alltagsphantasien im Biologieunterricht im Rahmen einer Unterrichtseinheit zur Gentechnik in der gymnasialen Oberstufe konnte gezeigt werden, dass die Bezugnahme auf subjektivierende Vorstellungen nicht nur „sinnvoller" ist, sondern auch fachbezogene Lernprozesse begünstigt bzw. erleichtert. Im Vordergrund der Untersuchung stand dabei das explizite Anknüpfen an Alltagsphantasien, die durch den Lernstoff in den Köpfen der Schülerinnen und Schüler aktiviert wurden. Um Aussagen über die Bedeutung einer expliziten Reflexion von Alltagsphantasien innerhalb der geplanten Lernprozesse machen zu können, wurde die Studie mit Versuchs- und Kontrollgruppe durchgeführt. Folgende Befunde lassen sich zusammenfassend festhalten:

- Die Ergebnisse der Interventionsstudie weisen auf einen positiven Zusammenhang zwischen dem Anknüpfen an die Alltagsphantasien der Schülerinnen und Schüler und deren Lernleistung hin.
- Sowohl die qualitativen als auch die quantitativen Ergebnisse zeigen, dass sich eine explizite Berücksichtigung von Alltagsphantasien in Vermittlungsprozessen fördernd auf den Lernprozess auswirkt.
- Vor allem die qualitativen Daten bestätigen die Annahme, dass eine Berücksichtigung und Einbindung der Alltagsphantasien im Rahmen von Unterrichtsprozessen dazu beiträgt, zwischen der Lebenswelt der Lernenden und den fachlichen Inhalten eines Unterrichts sinnvolle Bezüge herzustellen.

## Anmerkungen

[1] Dieses Kindergespräch ist im Rahmen eines vom Fonds der Chemischen Industrie geförderten Forschungsprojekts über die Bedeutung von Animismen bei der Interpretation der belebten und unbelebten Natur entstanden, das ich zusammen mit G. Lück (Universität Bielefeld) durchgeführt habe.

[2] Als ein abschließendes Beispiel für den „Sinn" der Berücksichtigung und expliziten Reflexion besagter Subjektivierungen sei der Ansatz der „Alltagsphantasien" kurz skizziert (ausführlicher in Born, Gebhard 2005).

## Literatur

Arendt, H. (1979). Vom Leben des Geistes. Band 1. Das Denken. München: Hanser.

Baldauf, C. (1997). Metapher und Kognition. Frankfurt/M.: Suhrkamp.

Blumenberg, H. (1981). Die Lesbarkeit der Welt. Frankfurt/M.: Suhrkamp.

Blumenberg, H. (1998). Paradigmen zu einer Metaphorologie. Frankfurt/M.: Suhrkamp.

Boesch, E. E. (1980). Kultur und Handlung. Bern, Stuttgart, Wien: Huber.

Born, B. (2006). Zum Einfluss von Alltagsphantasien auf das Lernen. Eine Untersuchung zur expliziten Reflexion impliziter Vorstellungen im Biologieunterricht der Sekundarstufe II. Dissertation Universität Hamburg.

Born, B. & Gebhard, U. (2005). Intuitive Vorstellungen und explizite Reflexion – Zur Bedeutung von „Alltagsphantasien" in Lernprozessen zur Bioethik. In: B. Schenk, (Hrsg.), Bausteine einer Bildungsgangtheorie 7, Wiesbaden: Leske & Budrich.

Bruner, J. (1997). Sinn, Kultur und Ich-Identität. Heidelberg: Huber.

Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E. & Unger, C. (1989). An Experiment is when you try it and see if it works: a study of grade 7 students understanding of the construction of scientific knowledge. International Journal of Science Education 67(11), 514-529.

Cassirer, E. (1996). Versuch über den Menschen. Einführung in eine Philosophie der Kultur. Hamburg: Meiner.

Dittmer, A. (2005). Universitäre Biologielehrerausbildung und Wissenschaftsphilosophie. Der Einfluss des Studiums auf die Thematisierungsbereitschaft wissenschaftsphilosophischer Fragen im Biologieunterricht. In: H. Vogt et al. (Hrsg.), Erkenntnisweg Biologiedidaktik, 67-81. Universitätsdruckerei Kassel.

Duerr, H. P. (1978). Traumzeit. Frankfurt/M.: Suhrkamp.

Egger, M. (1992). Hermeneutics and Science Education: An Introduction. Science & Education 1, 4, 337-348.

Foerster, H. v. (1991). Das Konstruieren einer Wirklichkeit. In: P. Watzlawick (Hrsg.), Die erfundene Wirklichkeit. Wie wir wissen, was wir zu wissen glauben? Beiträge zum Konstruktivismus, 39-60. München, Zürich:

Gebhard, U. (1999). Weltbezug und Symbolisierung. Zwischen Objektivierung und Subjektivierung. In: H. Bayer, H. Gärtner, B. Marquart-Mau & H. Schreier (Hrsg.), Umwelt-Mitwelt-Lebenswelt, 33-53. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Gebhard, U. (1999). Alltagsmythen und Metaphern. Phantasien von Jugendlichen zur Gentechnik. In: M. Schallies & K. D. Wachlin (Hrsg.), Biotechnologie und Gentechnik. Neue Technologien verstehen und beurteilen, 99-116. Berlin: Schneider Verlag:

Gebhard, U. (2001). Kind und Natur. Die Bedeutung der Natur für die psychische Entwicklung. 2. erweiterte Auflage. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Gebhard, U. (2002). Wie die Gene ins Feuilleton kommen: Phantasien und Alltagsmythen. In: A. Dally & Ch. Wewetzer (Hrsg.), Die Logik der Genforschung. Wohin entwickeln sich molekulare Biologie und Medizin? 55-72. Rehburg-Loccum 2002 (Loccumer Protokolle 24/01).

Gebhard, U. (2003). Die Sinndimension im schulischen Lernen: Die Lesbarkeit der Welt. Grundsätzliche Überlegungen zum Lernen und Lehren im Anschluss an PISA. In: B. Moschner, H. Kiper & U. Kattmann (Hrsg.), PISA 2000 als Herausforderung, 205-223. Hohengehren, Baltmannsweiler: Schneider.

Gebhard, U. & Langlet, J. (1992). Sprache der wissenschaftlichen Biologie und die Sprache im Biologieunterricht. In: H. Entrich & L. Staeck (Hrsg.), Sprache und Verstehen im Biologieunterricht, 221-224. Ansbach: Leuchtturm.

Gebhard, U., Billmann-Mahecha, E. & Nevers, P. (1997). Naturphilosophische Gespräche mit Kindern. Ein qualitativer Forschungsansatz. In: H. Schreier (Hrsg.), Mit Kindern über Natur philosophieren, 130-153. Heinsberg: Agentur Diek.

Gebhard, U., Nevers, P. & Billmann-Mahecha, E. (2003). Moralizing Trees: Anthropomorphism and Identity in Children's Relationship to Nature. In: S. Clayton & S. Opotow (eds.), Identity and the Natural Environment, 91-112. Cambridge MA: MIT Press.

Grize, J.-B. (1989). Logique naturelle et représentations sociales. In: D. Jodelet (Hrsg.), Les représentations sociales. Paris: Presses Universitaires de Frances.

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

Höttecke, D. (2001b). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der Natur der Naturwissenschaften. ZfDN 7, 7-24.

Kattmann, U. (2005). Lernen mit anthropomorphen Vorstellungen? Ergebnisse von Untersuchungen zur Didaktischen Rekonstruktion. ZfDN 11, 165-174.

Lakoff, G. & Johnson, M. (1998). Leben in Metaphern. Konstruktion und Gebrauch von Sprachbildern. Heidelberg: Auer.

Levi-Strauss, C. (1968). Das wilde Denken. Frankfurt/M.: Suhrkamp.

Lorenzer, A. (1983). Sprache, Lebenspraxis und szenisches Verstehen. Psyche 37, 97-115.

Lück, G. (2003). Handbuch der naturwissenschaftlichen Bildung. Freiburg: Herder.

Millar, R. & Osborne, J. (1998). Beyond 2000: Science Education for the Future. London: King's College London.

Mittelstraß, J. (1997). Der Flug der Eule: von der Vernunft der Wissenschaft und der Aufgabe der Philosophie. Frankfurt/M.: Suhrkamp.

Moscovici, S. (1982). The coming era of social representations. In: J. P. Codol & J. P. Leyens (eds.), Cognitive approaches to social behavior. The Hague: Neijhoff.

OECD/Deutsches PISA-Konsortium (2000). Schülerleistungen im internationalen Vergleich. Berlin: MPI für Bildungsforschung.

Ortony, A. (1975). Why Metaphors are nessary and not Just Nice. Educational Theory 25, 45-53.

PISA-Konsortium (Hrsg.) (2001). PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen: Leske & Budrich.

Pomeroy, D. (1993). Implications of teachers beliefs about the nature of science. Science education 77, 3, 261-278.

Ricoeur, P. (1991). Die lebendige Metapher. München: Fink (2. Aufl.).

Ryan, A. G. & Aikenhead, G. S. (1992). Students precognitions about the epistemology of science. Science education 76, 6, 559-580.

Sodian, B., Thoermer, C., Kircher, E., Grygier, P. & Günther, J. (2002). Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. In: Zeitschrift für Pädagogik 45. Beiheft, M. Prenzel & J. Doll (Hrsg.), Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen, 192-206.

Strauss, A. & Corbin, J. (1996). Grounded Theory: Grundlagen qualitativer Sozialforschung. Weinheim: Beltz.

Wagenschein, M. (1965). Die pädagogische Dimension der Physik. Braunschweig: Westermann.

Wagner, W. (1994). Alltagsdiskurs. Die Theorie Sozialer Repräsentation. Göttingen: Hogrefe.

Weidenmann, B. (1994). Lernen mit Bildmedien. Weinheim: Beltz.

Weizsäcker, C. F. von (1971). Die Einheit der Natur. München: Hanser.

Zabel, J. (2004). Narrative Strukturen beim Lernen der Evolutionstheorie – Das Verständnis evolutiver Prozesse in Lernergeschichten zur Walevolution. In: H. Vogt. et al. (Hrsg.), Erkenntnisweg Biologiedidaktik. Universitätsdruckerei Kassel.

Zohar, A. & Ginossar, S. (1998). The taboo regarding teleology and anthropomorphism in biological education – heretical suggestions. Science Education 82(6), 679-698.

Kornelia Möller, Universität Münster

# Kindgemäße Lernformen im naturwissenschaftlichen Lernbereich des Sachunterrichts in der Grundschule

## 1. Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule: Eine neue Idee?

*„Das anspruchsvollere Lernen auf allen Schulstufen... (ist) gegenwärtig vorherrschende(s) Ziel(e) der Bildungsreform"*

*„Die Kinder dürfen in ihrer kognitiven Entwicklung nicht zurückgehalten werden"*

*„Die Anfänge der Naturwissenschaften ... müssen in elementarisierter Form Eingang in den Primarbereich finden"*

Aussagen wie diese passen gut in die gegenwärtige Diskussion um eine Implementierung naturwissenschaftlicher Inhalte in die Primarstufe. Politiker, Pädagogen, Psychologen, Fachdidaktiker wie auch Vertreter der Deutschen Industrie sind sich heute überraschend einig, bereits in der Primarstufe, auch schon im Kindergarten, eine naturwissenschaftliche Bildung zu fordern.

Interessanterweise stammen die oben aufgeführten Aussagen aber nicht aus der Gegenwart, sondern aus der Phase der sog. Wissenschaftsorientierung in den 70er Jahren und zwar aus einem Dokument, das in der damaligen Situation eine paradigmatische Wendung einleitete. Der vom Deutschen Bildungsrat 1970 verfasste „Strukturplan für das Bildungswesen" (1972) forderte eine grundsätzliche wissenschaftliche Orientierung in der Grundschule und die Aufnahme naturwissenschaftlicher, anspruchsvoller Inhalte[1]. Eine Durchsicht dieses grundlegenden Textes, die jedem empfohlen sei, zeigt deutlich die nahezu parallelen Forderungen in den 70er Jahren und heute.[2]

Auch die wirtschaftlichen, politischen und wissenschaftlichen Hintergründe der damaligen wie der heutigen Situation gleichen sich:

- Bildungspolitische Überlegungen, insbesondere die Sorge um die nationale Leistungsfähigkeit, waren und sind ein Anstoß für neue Entwicklungen. Damals löste der Sputnikschock eine tief greifende Reform des Bildungssystems aus, heute übernimmt der PISA-Schock diese Rolle.
- Heute wie früher spricht man den frühen Bildungsstufen, im Elementar- wie im Primarbereich, ein besonders großes Reformpotenzial zu.

- Einen entscheidenden Anstoß in der damaligen wie in der heutigen Diskussion gaben neue kognitions- und entwicklungspsychologische Befunde zur kognitiven Leistungsfähigkeit von Grundschulkindern. In den 70er Jahren vermittelte der Band von Heinrich Roth „Begabung und Lernen“ (1969) entscheidende Impulse[3], heute sind es entwicklungs- und kognitionspsychologisch ausgerichtete Arbeiten wie z.B. die von Bullock und Ziegler (1999), Carey (1985), Janke (1995), Siegler (1996), Sodian (1995) und Stern (2002).
- Damals wie heute war bzw. ist der politisch-ökonomische Druck groß, über schnelle Reformen eine Verbesserung der als defizitär empfundenen Bildungssituation zu erreichen.
- Die naturwissenschaftliche Bildung spielte in der Reform der 70er Jahre wie in der heutigen Situation eine besondere Rolle im Maßnahmenbündel.

Was ist aus der damaligen Bildungsinitiative zur Förderung einer frühen naturwissenschaftlichen Bildung geworden? Schon einige Jahre nach Aufkommen der neuen Ansätze wurden diese wegen der Vernachlässigung kindlicher Denkweisen, wegen kognitiver Überforderung der Kinder und wegen einer unzureichenden Berücksichtigung kindlicher Interessen heftig kritisiert. „Grundschulkinder lernen nicht die naturwissenschaftlichen Fachbegriffe zu verstehen, sondern bestenfalls Wörter, die für sie stehen, assoziativ und grammatikalisch korrekt zu gebrauchen“, so fasste Lauterbach (1992, S. 205) die Kritik an entsprechenden Curricula aus den 70er Jahren zusammen. Ein Beispiel zum Thema „Schwimmen und Sinken“ vermag diese Kritik plausibel zu machen: „Vollkörper, die leichter sind als die gleiche Raummenge Wasser, schwimmen; Vollkörper, die schwerer sind als die gleiche Raummenge Wasser, sinken. Hohlkörper schwimmen auch dann auf dem Wasser, wenn sie aus einem Material bestehen, das schwerer ist als die gleiche Raummenge Wasser“ – mit diesem Merksatz wurden die Ergebnisse einer Unterrichtseinheit für dritte Klassen zusammengefasst (Leicht 1973). Bei einer Evaluation dieses Curriculums stellte Klewitz (1989, S. 88) fest: Die Hälfte der Kinder zeigte keine eindeutige Beeinflussung ihrer Erklärungen durch den Unterricht; nur ein kleiner Teil der Schüler konnte Merksätze korrekt wiedergeben und auch anwenden.

Insgesamt lässt sich zusammenfassen: Die auch aus heutiger Sicht immer noch „fortschrittlichen“ Anregungen des Deutschen Bildungsrates erreichten die Schulwirklichkeit nicht. Gerade im Bereich des naturwissenschaftlichen Lernens wurde zu viel, zu früh und zu oberflächlich naturwissenschaftliches Wissen „vermittelt“ – wirkliches Verstehen wurde dabei nicht erreicht. Schwartz (1977, S. 13) fasst die Kritik zusammen: Der wissenschafts*orientierte* Unterricht hatte sich in vielen Köpfen zu einem wissenschafts*bestimmten* Sachunterricht entwickelt, „der vornehmlich als Vorgriff auf die Systematik der alten Schulfächer in der Sekundarstufe I gesehen und gründ-

lich missverstanden wurde. Die sich daraus ergebende Addition der Fächer ... führte zu ... Stofffülle ..., zu Überforderung und zu einem bisher nicht gekannten Leistungsdruck."

Angeregt durch englische Curricula, verbreiteten sich aufgrund dieser Kritik, grundschulpädagogischen Zielsetzungen entsprechend, eher sog. offene, schülerorientierte Ansätze. In England selbst allerdings wurden diese Ansätze bereits zu Ende der 80er Jahre durch die Einführung eines bis heute bestehenden „National Curriculums" wegen ihrer starken Unverbindlichkeit in Zielen und Inhalten und der damit verbundenen mangelnden Anschlussfähigkeit des erworbenen Wissens revidiert. Die deutsche Diskussion war dagegen bis in die 80er Jahre hinein durch heftige Auseinandersetzungen zwischen Befürwortern der offenen, schülerorientierten Ansätze und Befürwortern der geschlossenen, lernzielorientierten Ansätze gekennzeichnet. Trotz vieler Versuche, zwischen diesen beiden Polen zu vermitteln und Synthesemodelle zu schaffen, endete die Auseinandersetzung mit einem Zurückweichen naturwissenschaftlicher Inhalte aus der unbelebten Natur zugunsten biologischer und gesellschaftswissenschaftlicher Themen in den Lehrplänen Deutschlands. Gegen Ende der 90er Jahre waren die Inhalte aus den Bereichen Physik, Chemie und Technik an den Rand des Sachunterrichtscurriculums geraten, wie die folgende Abbildung zeigt. (Abb. 1)

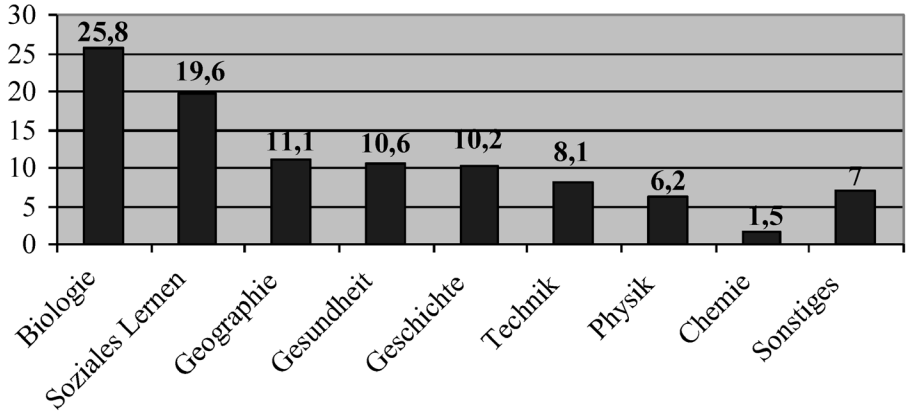



**Abb. 1: Prozentuale Häufigkeit fachlicher Themen in 16 deutschen Lehrplänen (3./4. Klasse) aus dem Jahre 1998 (nach Einsiedler 2002)**

Festzuhalten bleibt: Die naturwissenschaftsorientierten, durch amerikanische Konzeptionen beeinflussten, lernzielorientierten Curricula der ersten Generation gaben der Entwicklung des naturwissenschaftlich-technischen Lernbereichs wichtige Impulse, konnten aber die pädagogischen Ansprüche an Bildungsprozesse letztlich nicht erfüllen. Bei den sog. offenen Konzeptionen blieb die mangelnde Zielerreichung im kognitiven Bereich ein we-

sentlicher Kritikpunkt. Eine Vereinbarkeit von kognitiven und motivationalen Zielsetzungen wurde in der Anfangsphase der Reform des naturwissenschaftlichen Grundschulunterrichts weder von den sog. geschlossenen noch von den sog. offenen Konzeptionen verwirklicht.

Wo stehen wir heute? Inzwischen wird auf der Grundlage neuerer Erkenntnisse aus der Entwicklungs- und Lernpsychologie (Stern & Möller 2004), als Reaktion auf das schlechte Abschneiden vieler Länder in den internationalen Leistungsstudien und auf dem Hintergrund eines verbreiteten Mangels an Experten in den Bereichen Naturwissenschaften und Technik weltweit wieder die Intensivierung des naturwissenschaftlich-technischen Lernbereiches in der Grundschule und im vorschulischen Bereich gefordert. Steht uns also eine „neue“ Phase der Wissenschaftsorientierung in den frühen Bildungsphasen bevor? Die Frage ist eindeutig zu beantworten: Der Perspektivrahmen der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2002) weist den naturwissenschaftlichen und den technischen Bereich des Sachunterrichts als gesonderte Perspektiven aus, fast alle Bundesländer haben den Anteil naturwissenschaftlicher und technischer Inhalte in den Grundschul-Lehrplänen inzwischen erhöht, in Bildungsplänen für die vorschulische Erziehung spielt der naturwissenschaftlich-technische Bereich eine große Rolle und die Anzahl öffentlicher wie auch privat initiierter Projekte, die sich auf die Implementierung naturwissenschaftlicher und technischer Inhalte in die frühen Phasen unseres Bildungssystems richtet, verzeichnet in den letzten Jahren einen deutlichen Anstieg. Dabei handelt es sich nicht um einen deutschlandspezifischen Trend: Die Europäische Union hat die Förderung frühen naturwissenschaftlichen Lernens zu einem Hauptziel erklärt, und das frühe naturwissenschaftliche Lernen ist heute (wieder) Thema in nahezu allen Industriestaaten wie auch in vielen Entwicklungsländern.

In dieser Situation sollten wir aufmerksam die Gründe für das Scheitern der ersten Initiative aus den 70er Jahren reflektieren, um zu vermeiden, dass Fehler aus der Anfangsphase der Implementierung wiederholt werden. Ansonsten könnte vielleicht schon in einigen Jahren auch diese zweite Welle zur Implementierung naturwissenschaftlicher Inhalte wieder vor einem Abbruch stehen. Leitend sollte dabei die dem Perspektivrahmen der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts zugrunde liegende Idee sein, dass sowohl die Ansprüche der Wissenschaft wie auch die Ansprüche des lernenden Kindes miteinander zu verknüpfen sind.

## 2. Unser Ansatz heute: Multikriteriale Zielerreichung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht

Hinsichtlich der zu verfolgenden Ziele für das frühe naturwissenschaftliche Lernen besteht heute international weitgehende Einigkeit[4]: Vorrangiges Ziel

einer grundlegenden naturwissenschaftlichen Bildung ist nicht die Vermittlung systematisch organisierten Wissens, etwa mit der Absicht, möglichst viel Wissen für weiterführendes Lernen zur Verfügung zu stellen. Es geht vielmehr darum, dass Kinder

- Interesse und Freude am Nachdenken über Phänomene aus Natur und Technik empfinden und daran interessiert sind, naturwissenschaftliche und technische Fragen und Probleme zu ergründen,
- Selbstvertrauen entwickeln, etwas herausfinden und verstehen zu können,
- Bereitschaft und Freude entwickeln, sich auf forschendes Denken einzulassen und Herausforderungen im Denken anzunehmen („science is hard fun“),
- Fähigkeiten entwickeln, über naturwissenschaftlich-technische Fragen zu kommunizieren,
- beginnen, ein Verständnis von Wissenschaft und wissenschaftlichem Arbeiten (nature of science) aufzubauen und entsprechende Verfahren (wie das Experimentieren) zu erlernen,
- ein konzeptuelles Basiswissen erwerben, das sie zum Vorhersagen und Erklären von Phänomenen nutzen können.

Zusammengefasst sollten Grundschulkinder vor dem Übergang in die weiterführenden Schulen einiges Basiswissen und wichtige naturwissenschaftliche Verfahren erlernt, ein erstes Wissen über das Wesen der Naturwissenschaften erworben, Haltungen und Interessen gegenüber Naturwissenschaften und Technik ausgebildet und Selbstvertrauen im Hinblick auf naturwissenschaftliches und technisches Lernen entwickelt haben. Während es im internationalen Diskurs allenfalls Unterschiede in der Wertigkeit der angesprochenen Ziele gibt, sieht es anders aus, wenn wir uns die Realisierung eines entsprechenden Unterrichts anschauen. Reicht es, Schülern auf Experimentierkarten den Aufbau eines Experimentes vorzugeben, sie zur Durchführung aufzufordern, während die Erklärung des Experiments dann von der Lehrkraft oder vom Buch geliefert wird? Haben sie auf diesem Weg verstandenes und anwendungsfähiges Wissen aufbauen können? Erzeugt ein solcher Unterricht wirklich Interesse an naturwissenschaftlichen Fragen, oder lediglich Freude am Hantieren mit Gegenständen? Für die Praxis existiert eine Fülle von Materialien, die ein handlungsintensives Experimentieren in Kindergarten und Grundschule ermöglichen. Ob auf diesem Weg ein verstandenes und anwendungsfähiges Wissen sowie naturwissenschaftliche Arbeitsweisen erlernt und reflektiert werden können, muss allerdings bei vielen der vorliegenden Vorschläge bezweifelt werden.

Die oben genannten Zielsetzungen sind multikriterial, d.h. die Zielsetzungen verknüpfen inhaltliche, verfahrensbezogene, metakognitive, motivationale und selbstbezogene Zielbereiche. Aus vielen Untersuchungen, z.B.

aus Ergebnissen der Münchner Grundschulstudie von Weinert und Helmke (1997), wissen wir, wie schwierig eine Vereinbarung solch unterschiedlicher Zielbereiche ist. Die zentrale Frage muss deshalb lauten: Wie sollten Lernumgebungen gestaltet werden, damit Kinder einerseits Interessen und Selbstvertrauen entwickeln und andererseits naturwissenschaftlich-technisches Verständnis erwerben und entsprechende Arbeitsweisen erlernen können? Beide Lernzielbereiche stehen dabei in einer engen Wechselwirkung. Auf der einen Seite bilden Interesse und Selbstvertrauen eine Grundvoraussetzung für nachhaltige Lernprozesse, die über kurzfristiges Memorieren hinausgehen. Auf der anderen Seite gilt: Ohne gründliches Verstehen und kognitives Durchdringen des Gelernten kann kein Erleben von Kompetenz, also auch kein Selbstvertrauen aufgebaut werden; auch eine nachhaltige Förderung von Interesse ist auf Verstehen und Kompetenzerleben angewiesen.

## 3. Wie sollen naturwissenschaftliche Lernumgebungen gestaltet werden?

Unter Wissenserwerb wird hier nicht allein die Akkumulation von Fakten, sondern vielmehr der Erwerb theoriegeleiteter Begriffe und Konzepte verstanden (Carey 1985). Das Erlernen solcher Konzepte wird insbesondere in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung als „Conceptual Change“ beschrieben, da der Aufbau naturwissenschaftlicher Konzepte schon vorhandenen Vorstellungen häufig entgegen steht und Veränderungen von sog. Prä- oder Alltagskonzepten erfordert (Duit 1999, Duschl & Hamilton 1998). Deshalb sind aktive Umstrukturierungsprozesse notwendig, um die erforderlichen Konzeptveränderungen herbeizuführen (Vosniadou, Ioannides et al. 2001). Naturwissenschaftliche Phänomene regen Kinder oft spontan zur Bildung von Erklärungen an; viele dieser häufig robusten Vorstellungen sind aber inadäquat oder unvollständig. Ziel ist es, Kinder auf inadäquate, nicht belastbare Vorstellungen aufmerksam zu machen und ihnen Möglichkeiten zur Konstruktion adäquaterer, physikalischer Erklärungen zu bieten. Das konzeptuelle Verständnis ist dabei sicherlich von den quantifizierbaren Begriffen des Fachwissenschaftlers noch weit entfernt; Ziel ist es jedoch, ein qualitatives, physikalisch angemessenes Verständnis aufzubauen. (vgl. ausführlicher Möller 1999 und Möller et al. 2002)

In der fachdidaktischen Diskussion kristallisiert sich in der Tradition Martin Wagenscheins ein sog. konstruktiv-genetischer Unterricht als Conceptual Change-fördernd heraus (Köhnlein 1999), der auch unter dem Begriff eines konstruktivistisch orientierten, auf verstehendes, kooperatives und problemorientiertes Lernen ausgerichteten Unterrichts diskutiert wird (z.B. Duit & Treagust 1998, Möller 2001b).

Lerntheoretisch liegen diesen Ansätzen die Annahmen zugrunde,

- dass Wissen aktiv vom Lernenden konstruiert werden muss und nicht „vermittelt“ werden kann,
- dass der Lernende im Lernprozess aktiv involviert sein muss,
- dass Wissensaufbau durch soziale Interaktion gefördert wird und
- dass problemhaltige Lernsituationen die Anwendbarkeit des erworbenen Wissens fördern. (Gerstenmaier & Mandl 1995)

Das hohe Maß an Selbststeuerung und Komplexität, das sich hieraus bei anwendungsorientierten Fragestellungen ergibt, birgt insbesondere für jüngere, leistungsschwächere Schüler und bei anspruchsvollen Inhalten allerdings die Gefahr der Überforderung. Es ist deshalb wichtig, Unterricht in der „Zone der nächsten Entwicklung“ der Lernenden zu gestalten (Vygotsky 1978), und eine angemessene Unterstützung zur Verfügung zu stellen. In den 70er Jahren sprach man in der angelsächsischen Literatur von „guided discovery“, heute sprechen wir von notwendigen Strukturierungselementen in einem konstruktivistisch orientierten Unterricht bzw. von „scaffolding“ (Mayer 2004; Möller 2001b). Im einzelnen geht es dabei um eine sinnvolle Sequenzierung der anwendungsbezogenen und komplexen Inhalte, um eine unterstützende Gesprächsführung sowie um den gezielten Einsatz von Lernhilfen, die das gezielte Überprüfen von vorhandenen Präkonzepten und das Aufbauen angemessener Konzepte fördern.

Strukturierende Maßnahmen in einem konstruktiv-genetischen Unterricht dienen dabei nicht dem Vermitteln von Erklärungen, sondern der Unterstützung beim Umstrukturieren des Vor-Wissens und beim Aufbau adäquaten Wissens. Lernumgebungen, die auf dieser Basis entwickelt werden, sollen träges Wissen vermeiden, Verstehen fördern, das Einbringen von Interessen ermöglichen und Möglichkeiten zum Erleben von Kompetenz bieten.

Folgende Merkmale kennzeichnen solche konstruktiv-genetischen Lernumgebungen, die auf konstruktivistisch orientierten Sichtweisen zum Wissenserwerb basieren:

- Die Lernenden sind aktiv am Lernprozess beteiligt, z. B. durch motivierende Fragestellungen, durch Möglichkeiten, eigenen Fragen und Denkwegen nachzugehen und zu experimentieren.
- Die Lehrkraft aktiviert vorhandene Vorstellungen, greift diese auf und konfrontiert sie ggf. mit Evidenz.
- Die Lernenden werden ermutigt, eigene Ideen zu formulieren und diese zu überprüfen. Eigenen Lernwegen wird Raum gegeben.
- Im gemeinsamen Gespräch werden Vermutungen und mögliche Erklärungen diskutiert und geprüft.

- Der Unterricht greift anwendungsbezogene, für Kinder interessante Fragestellungen auf.
- Arbeitsweisen und Lernprozesse werden reflektiert.

# 4. Eine Studie zur Wirksamkeit von konstruktivistisch orientiertem, naturwissenschaftlichem Sachunterricht

## 4.1 Die Anlage der Studie

Wie erfolgreich solche Lernumgebungen im Hinblick auf motivationale und kognitive Zielbereiche sind, untersuchten wir in einem Projekt zum Aufbau physikalischer Basiskonzepte, das im DFG-Schwerpunktprogramm BIQUA angesiedelt ist und in Kooperation mit Elsbeth Stern durchgeführt wurde. Zusätzlich stellten wir uns die Frage, welchen Einfluss strukturierende Merkmale in einer konstruktivistisch orientierten Lernsituation haben.

Es wurden zwei Unterrichtsreihen zum Thema „Wie kommt es, dass ein großes Schiff aus Metall nicht untergeht?“ für dritte Klassen entwickelt, die jeweils acht Doppelstunden umfassen. In beiden Reihen wurden dieselben Materialien bereitgestellt sowie weitestgehend die gleichen Arbeitsblätter und Arbeitsaufträge eingesetzt. Die Unterrichtsformen unterschieden sich allerdings im Grad der Strukturierung. Die Gruppe, die einen strukturierteren Unterricht erhielt (MIT), erarbeitete das Konzept sequenziert in Teilfragen, die zwar nicht kleinschrittig und losgelöst von dem komplexen Problem erarbeitet werden sollten, aber zu einem schrittweisen Aufbau adäquater Vorstellungen führen sollten. Zu allen Teilaspekten gab es sowohl stark strukturierte Aufgabenstellungen und vorgegebene Versuche als auch ein offenes Materialangebot. Das Lernangebot konnte in Gruppenarbeit oder an Stationen bearbeitet werden.

Den Kindern der anderen Gruppe, die einen Unterricht mit einem geringeren Grad der Strukturierung erhielten (OHNE[5]), standen während der gesamten Zeit die Materialien und Versuche zu allen Teilaspekten zur Verfügung. Im inhaltlichen Bereich war hier die Wahlmöglichkeit größer. Die Kinder konnten Teilaspekte entsprechend ihrer eigenen Fragen in unterschiedlicher Reihenfolge bearbeiten. Die Problemstellung sowie die Methode des forschenden Lernens waren vorgegeben; das offene Materialangebot sowie die Stationen und Gruppenarbeitsaufträge des OHNE-Unterrichts konnten allerdings in beliebiger Reihenfolge genutzt werden. Auf Anforderung gab die Lehrkraft allerdings auch hier strukturierende Hilfen. In der vierten Doppelstunde besuchten auch diese Klassen das Schwimmbad. Die Selbstkontrolle war in beiden Gruppen anhand der Anwendung neuer Konzepte in vielfältigen Situationen sowie in der Diskussion möglich. Die Wahl der Partner (Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit) sowie die Wahl der Ar-

beitszeit an den Stationen und dem offenen Materialangebot waren in beiden Gruppen frei.

Neben der Sequenzierung wurden auch die Klassengespräche variiert. Sie nahmen in der Gruppe mit stärkerer Strukturierung einen größeren Raum ein. Die Lehrerin achtete zudem in der Gruppe mit stärkerer Strukturierung darauf, dass das Gespräch nicht zwischen unterschiedlichsten Aspekten hin und her sprang, um die Sequenzierung auch hier einzuhalten. Sie gab häufiger als in der OHNE-Gruppe Rückmeldungen an die gesamte Klasse, stellte häufiger Widersprüche heraus, forderte immer wieder Begründungen und Zusammenfassungen ein und half bei der Fokussierung der Aufmerksamkeit durch Präsentationen, Tafelskizzen und Verschriftlichungen.

In der OHNE-Gruppe bestimmten die Kinder die Reihenfolge der zu besprechenden Aspekte im Klassengespräch. Die Lehrperson half hier bei der Organisation und der Einhaltung der Gesprächsregeln, beschränkte sich ansonsten auf Tipps für die Strukturierung, forderte Vergleiche, Begründungen, Präsentationen und das Hinterfragen heraus und fasste wesentlich seltener als in MIT den Stand der Schülererkenntnisse zusammen. Die Kinder erhielten allerdings individuelle Rückmeldungen von der Lehrperson in ihren Forschermappen.

Insgesamt entsprach der Unterricht in der Gruppe OHNE in etwa einem Werkstattunterricht, wie er in vielen Grundschulklassen verbreitet ist, während der Unterricht in der MIT-Gruppe eher an einem genetisch orientierten Unterricht mit unterstützender, sokratischer Gesprächsführung durch die Lehrkraft orientiert war.

Mit Hilfe einer Videoaufzeichnung und einer anschließenden Videoauswertung wurde sichergestellt, dass der Unterricht in den beiden Klassen den genannten Merkmalen entsprach.

Beide Gruppen wurden von derselben Lehrperson unterrichtet, um lehrkraftbedingte Effekte auszuschließen. Die sozioökonomischen Klassenbedingungen und die Vorerfahrungen der Klassen waren in beiden Gruppen vergleichbar.

Das genaue Design der Untersuchung und das Ergebnis des Screenings im Hinblick auf die Frage, ob die beschriebene Variation auch tatsächlich realisiert wurde, sind bereits an anderer Stelle veröffentlicht (vgl. Jonen et al. 2003; Möller et al. 2002).

## 4.2 Der Unterricht zur Frage „Wie kommt es, dass ein großes Schiff aus Metall nicht untergeht?“[6]

Der Unterricht enthielt die folgenden Teilaspekte, die hier in der Reihenfolge beschrieben werden, wie sie im MIT-Unterricht erarbeitet wurden.

Zunächst wurde die Frage gestellt, wie es kommt, dass ein großes schweres Schiff aus Metall nicht untergeht, obwohl eine kleine Stecknadel aus Metall sinkt.[7] Hier einige typische Antworten der Kinder:

- Vär leich wegen den LuftWegen der vorm (Form)
- Weil das Flach ist und aus Eisen gemacht ist!
- Auf dem Schiff ist ein Kapiten. Das Schiff tragt schwere sache. Zum beischbil Fische, Öl und KoleWeil Störopor in das Schiff gelegt wirt und viel Luft ist.
- So ein Schiff hat einen Motor und der Motor treibt das Schiff.
- Weil in dem Schiff ganz viel Luft ist, und Luft schwimmt.
- Weil vielleicht im Schiff Luft drin ist oder weil es bestimmte Motoren hat.

Auffällig ist die häufige Angabe mehrerer Gründe, die additive Aneinanderreihung von Gedanken, das häufige Nennen der Form des Schiffes und die besondere Rolle, die der Luft zugesprochen wird. Fast allen Antworten ist zudem gemeinsam, dass die Kinder nicht die Rolle des Wassers erwähnen, sondern glauben, dass der Motor, die Luft im Schiff oder der Kapitän dafür sorgen, dass das Schiff nicht untergeht. Dass es das Wasser ist, das für das Nicht-Sinken des Schiffes verantwortlich ist, wird im Mittelpunkt des folgenden Unterrichts stehen.

Nach ersten Diskussionen über mögliche Gründe fährt der Unterricht fort mit der Frage, welche Vollkörper im Wasser nach dem Eintauchen nach oben steigen und welche sinken[8]. Vollkörper sind Körper, die keine Einwölbung haben, in die also kein Wasser gefüllt werden kann. Die Kinder stellen zunächst Vermutungen zu verschiedenen Gegenständen an, überprüfen diese anschließend im Versuch und markieren dann überraschende Ergebnisse. Dass Wachs schwimmt, überrascht Kinder (vor allem, wenn es sich um einen großen und schweren Wachsklotz handelt), weil der Wachsklotz keine Luft enthält und sie glauben, dass die Luft das Nicht-Sinken bewirkt (Farbbild 1, Seite 133). Haben Gegenstände Löcher, so glauben Kinder, dass das Wasser diesen Gegenstand herunterdrückt, auch wenn die Platte mit Löchern aus Styropor oder Holz besteht (Farbbild 2, Seite 133). Dass eine kleine Nadel sinkt, aber ein schwerer Holzklotz nach oben steigt, wird ebenfalls häufig nicht vorher gesehen. Die Kinder vermuten auch, dass eine dünne Eisenplatte nach oben steigt, weil das Wasser sie wegen der breiten Fläche tragen kann, und dass ein Schwamm untergeht, weil er sich mit Wasser voll saugt. Sie beobachten auch, dass gleiche Gegenstände aus verschiedenen Materialien (z.B. Messer aus Holz, Messer aus Plastik) sich unterschiedlich verhalten.

In der Reflexion der überraschenden Ergebnisse entsteht die Vermutung, dass das Untergehen oder Nach-oben-Steigen nicht von der Größe, dem Gewicht, einer speziellen Form oder einem speziellen Gegenstand abhängt, sondern dass es auf *das* ankommt, woraus der Gegenstand gemacht ist. Damit sind die Kinder ein Stück weiter gekommen im Aufbau angemessener Konzepte: Sie vermuten nun, dass es am *Material* liegt, ob ein Gegenstand untergeht oder nach oben steigt. Der Unterricht geht dieser Vermutung in

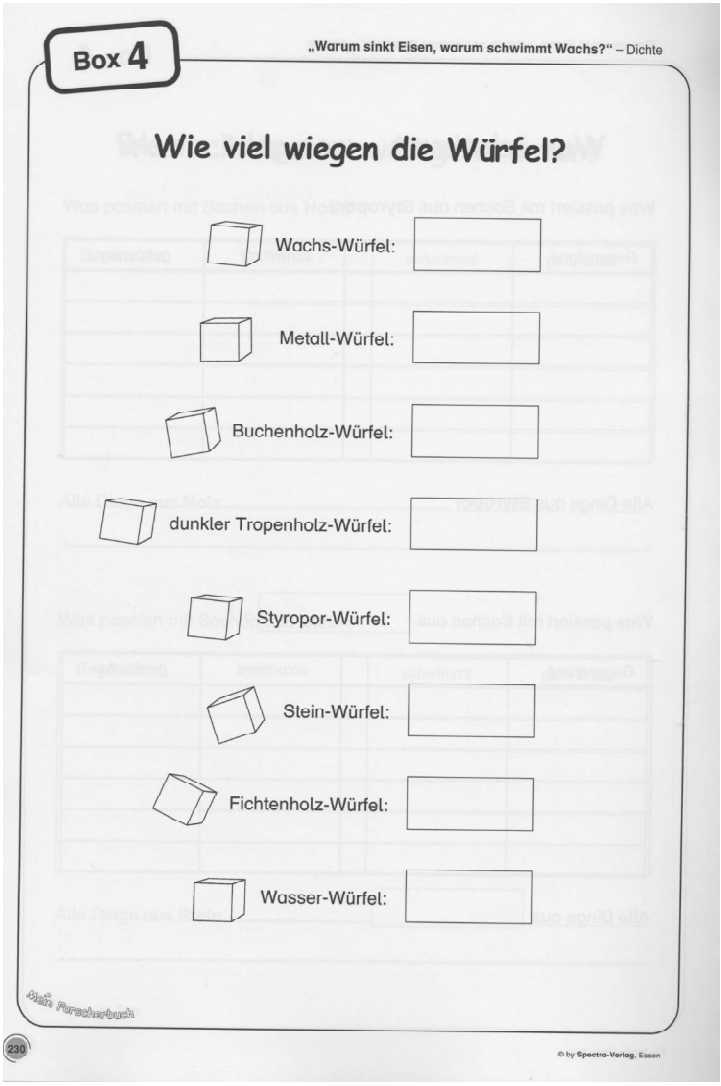
der zweiten Doppelstunde nach, indem unterschiedlichste Vollkörper aus Holz, Stein, Styropor, Metall, Wachs und Kork getestet werden. Die Kinder fassen als Ergebnis zusammen: Vollkörper aus Holz, Styropor, Wachs und Kork steigen immer auf, solche aus Stein und Metall gehen immer unter. Damit haben die Kinder das sog. „Materialkonzept", also die Vorstellung, dass es vom Material abhängt, wie sich ein Vollkörper im Wasser verhält, aufgebaut. Mit diesem neuen Wissen können die Kinder nun das Verhalten weiterer Vollkörper im Wasser vorhersagen, vorausgesetzt das Material ist erkennbar. Dass auch diese Vorstellung noch weiter gesichert werden muss, zeigt die Antwort auf die Frage, was mit einem großen Baumstamm im Wasser passiert. Die Hälfte unserer Kinder sagte im Schwimmbad, *vor* dem Ausprobieren, dass dieser untergeht, weil er so schwer ist. Dieses Beispiel zeigt, dass der Aufbau neuer, adäquaterer Konzepte häufig noch labil ist und in weiteren Situationen erneut gefestigt werden muss.

In der nächsten Doppelstunde zeigt die Lehrkraft ein Stück Holz, das sich schon im Erscheinungsbild von heimischen Hölzern unterscheidet. Es handelt sich um ein Stück Tropenholz (z.B. Eisenholz, Palisander, Ebenholz). Obwohl es sich eindeutig um das Material Holz handelt, beobachten die Kinder erstaunt, dass dieses Holzstück nach unten sinkt. Die Erkenntnis „Alles aus Holz schwimmt" muss also noch einmal differenziert werden. Diese Aussage gilt nicht für einige besondere ausländische Hölzer, diese gehen im Wasser unter. Ein Schüler formuliert deshalb als neue Erkenntnis: Deutsches Holz schwimmt.

Die Frage, wie es kommt, dass manche Materialien untergehen, andere nicht, führt zur nächsten Unterrichtssequenz. Als Vermutung äußern die Kinder, dass es daran liegt, wie schwer das jeweilige Material ist. Mit den Kindern wird nun erarbeitet, dass man gleichviel von jedem Material nehmen muss, um zu überprüfen, wie sich die Materialien in ihrer Schwere unterscheiden. Die Kinder erhalten sog. Einheitswürfel aus verschiedenen Materialien mit der Aufgabe, diese zunächst zu wiegen und dann Vermutungen darüber anzustellen, wie sich die Würfel im Wasser verhalten werden (Farbbild 3, Seite 134). Das Gewicht der verschiedenen Würfel wird auf einem Arbeitsblatt notiert (Abb. 2).

Nun regt die Lehrkraft einen Vergleich mit dem Gewicht von Wasser an. Dazu muss die gleiche Menge Wasser gewogen werden. Ein vorbereiteter Hohlwürfel aus durchsichtigem Kunststoff, der das gleiche Volumen hat wie die übrigen Würfel, hilft hierbei: Der Würfel wird erst ohne Wasser, dann mit Wasser gewogen. Danach wird das Gewicht des Wassers berechnet und ebenfalls notiert. Nun vergleichen die Kinder das Gewicht der verschiedenen Einheitswürfel mit dem Gewicht der gleichen Menge Wasser und stellen fest: Alle Würfel, die mehr wiegen als gleichviel Wasser, gehen im Wasser unter, alle Würfel, die weniger wiegen als gleichviel Wasser, steigen nach oben (Abb. 3). Für seine „Größe", so formulieren die Kinder, ist Eisen schwerer als gleichviel Wasser, deshalb geht es unter. Anhand einiger

Knobelaufgaben wird das neu erworbene Wissen gefestigt: Z. B. sagen die Kinder anhand des Gewichtes eines doppelten Einheitswürfels, dessen Material nicht bekannt ist, voraus, ob er sinken wird oder nicht. Mit der Erkenntnis, dass die „Schwere“ von Materialien unterschiedlich ist, sind die Kinder dem Konzept der Dichte sehr nahe gekommen, auch wenn dieses noch nicht mathematisch definiert werden kann (als Masse pro Volumen). Mit dieser Erkenntnis kann nun auch erklärt werden, warum z. B. Öl auf Wasser schwimmt.


Box 4

„Warum sinkt Eisen, warum schwimmt Wachs?“ – Dichte

Wie viel wiegen die Würfel?

Wachs-Würfel:

Metall-Würfel:

Buchenholz-Würfel:

dunkler Tropenholz-Würfel:

Styropor-Würfel:

Stein-Würfel:

Fichtenholz-Würfel:

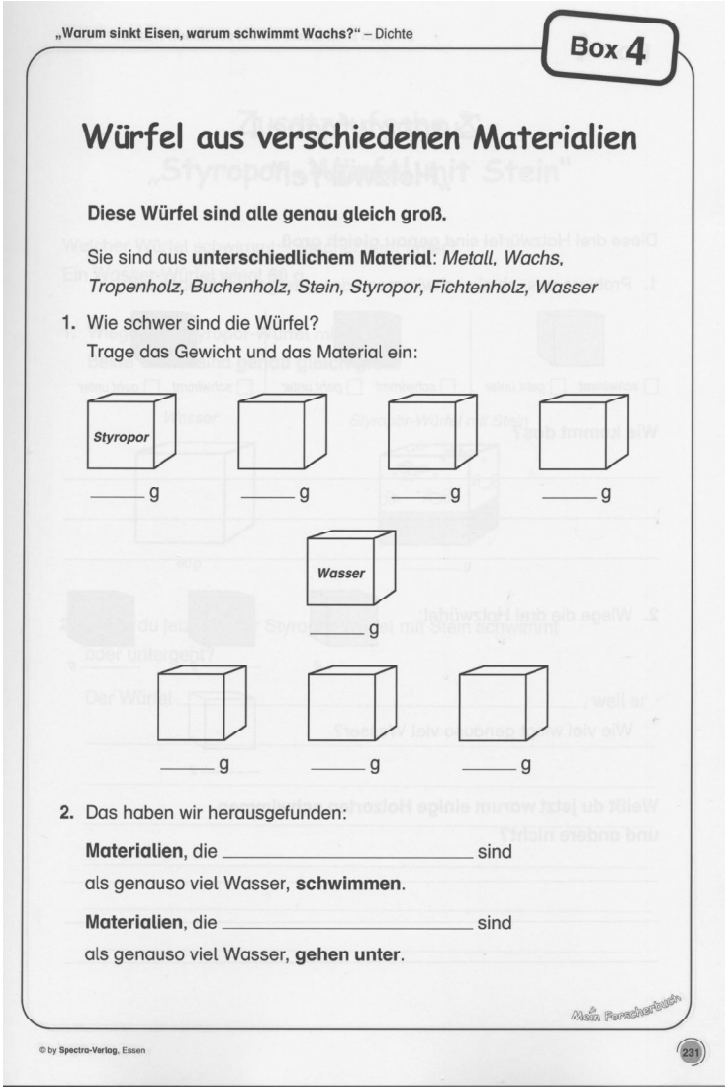
Wasser-Würfel:

Mein Forscherbuch

230

© by Spectra-Verlag, Essen

**Abb. 2: Die Kinder wiegen verschiedene Würfel auf einer Waage und notieren das Gewicht auf dem Arbeitsblatt**



„Warum sinkt Eisen, warum schwimmt Wachs?" – Dichte

Box 4

## Würfel aus verschiedenen Materialien

**Diese Würfel sind alle genau gleich groß.**

Sie sind aus **unterschiedlichem Material**: *Metall, Wachs, Tropenholz, Buchenholz, Stein, Styropor, Fichtenholz, Wasser*

1. Wie schwer sind die Würfel?
   Trage das Gewicht und das Material ein:

Styropor ____ g ____ g ____ g ____ g

Wasser ____ g

____ g ____ g ____ g

2. Das haben wir herausgefunden:

**Materialien**, die _____ sind
als genauso viel Wasser, **schwimmen**.

**Materialien**, die _____ sind
als genauso viel Wasser, **gehen unter**.

Mein Forscherbuch

© by Spectra-Verlag, Essen

231

**Abb. 3: Die Anordnung auf dem Arbeitsblatt hebt hervor: Alles was leichter ist als gleichviel Wasser, steigt nach oben, alles was schwerer ist, sinkt**

Welche Rolle aber spielt das Wasser beim Untergehen bzw. Nicht-Untergehen von Gegenständen? Die nächsten Doppelstunden beschäftigen sich mit der Frage, was mit dem Wasser passiert, wenn Gegenstände in das Wasser getaucht werden und was das Wasser mit eingetauchten Gegenständen macht. Häufig denken Kinder, dass Gegenstände, die schwerer sind als andere, mehr Wasser verdrängen. Steigt der Vater in eine gut gefüllte Badewanne, so läuft das Wasser über, beim (leichteren) Kind passiert das nicht. Viele Kinder wissen nicht, dass die Größe, und nicht das Gewicht des Gegenstandes, die Verdrängung beeinflusst. Auch hier ist also eine Konzept-

veränderung erforderlich. Versuche, in denen die Kinder das Ausmaß der Verdrängung des Wassers bei gleich großen, aber unterschiedlich schweren Gegenständen und bei gleich schweren, aber unterschiedlich großen Gegenständen beobachten, indem sie den Wasserstand vor und nach der Verdrängung markieren, unterstützen diese Veränderung im konzeptuellen Verständnis (Farbbild 4, Seite 134). Beim Vergleich eines Metallklotzes mit einem gleich schweren Metallschiff beobachten die Kinder, dass das Schiff wesentlich mehr Wasser verdrängt als der Klotz, weil es im Wasser mehr Platz braucht. Zusätzlich beobachten sie in einem Überlaufversuch, dass genauso viel Wasser verdrängt wird, wie der Gegenstand an Platz im Wasser einnimmt (Farbbild 5, Seite 135).

In einem nächsten Schritt erfahren sie anhand verschiedener Versuche im Schwimmbad, was das Wasser mit Gegenständen macht, wenn diese in das Wasser eingetaucht werden. Viele Kinder denken, dass das Wasser Gegenstände und auch Menschen nach unten zieht. Dabei verwechseln sie zwei unterschiedlich wirkende Kräfte: Die Gewichtskraft, die alles nach unten fallen lässt und die im Wasser wirkende Auftriebskraft, die alles im Wasser Eingetauchte nach oben drückt. Ob im Wasser eingetauchte Gegenstände sinken oder nicht, hängt von der Größe dieser beiden entgegen gerichteten Kräfte ab: Ist die Auftriebskraft größer, so wird der in das Wasser eingetauchte Gegenstand nach oben gedrückt und schwimmt (dann sind beide Kräfte im Gleichgewicht), ist die Gewichtskraft größer als die Auftriebskraft, so sinkt der Gegenstand. Im Schwimmbad sollen die Kinder nun zunächst die nach oben drückende Kraft des Wassers erfahren, indem Bälle und Töpfe wie auch Bottiche in das Wasser eingetaucht werden (Farbbild 6, Seite 135). Sie spüren dabei, wie das Wasser beim Eintauchen gegen den Gegenstand drückt. Beim großen Bottich ist das Drücken so stark, dass sogar ein Kind vom Wasser getragen wird (Farbbild 7, Seite 136).

Beim Hochheben schwerer Gegenstände spüren die Kinder, dass man im Wasser weniger Kraft aufbringen muss als außerhalb des Wassers (Farbbild 8, Seite 136). Sind die Gegenstände oder wir selbst im Wasser eingetaucht, so werden Gegenstände scheinbar leichter – das Wasser trägt also mit.

Zurück im Klassenraum werden die Experimente noch einmal im „Kleinen“, im Wasserbecken, wiederholt. Genau wird nun beobachtet, was mit einem Gegenstand passiert, der langsam in das Wasser eingetaucht wird und dann wieder langsam herausgezogen wird. Bei der Knetkugel an der Angel spüren die Kinder, dass diese allmählich schwerer wird beim Herausziehen; bei der Knetkugel am Gummiband beobachten sie, wie sich das Gummiband beim Herausziehen verlängert. Beim Eintauchen des Metallschiffes spüren sie, wie das Wasser einen Widerstand ausübt, während der gleich schwere Metallklotz nach unten sinkt. Beim Vergleich unterschiedlich großer, aber annähernd gleich schwerer Becher spüren sie die Abhängigkeit der Stärke des Nach-oben-Gedrückt-Werdens von der Menge des verdrängten Wassers.

Diese Erkenntnis wird nun angewendet: Die Kinder erhalten die Aufgabe, eine Knetkugel, die im Wasser untergeht, so zu formen, dass sie möglichst viele Murmeln tragen kann. Sie erfahren: Je mehr Wasser verdrängt wird, umso mehr kann das Knetschiff laden (Farbbild 9, Seite 137). Ein Vergleich mit unterschiedlich großen Metalltöpfen zeigt: Je größer der Topf ist, umso höher steigt das Wasser, desto mehr Wasser wird verdrängt, desto mehr Wasser drängt zurück an seinen Platz und desto stärker drückt das Wasser den Gegenstand nach oben.

In einem letzten Schritt wird nun das „Nach-oben-Steigen“ oder Sinken von Gegenständen nach dem Eintauchen in das Wasser mit Hilfe eines Kräftespiels zwischen zwei wirkenden Faktoren erarbeitet: Das Wasser drückt alles nach oben, die Erdanziehungskraft zieht alles nach unten. Beim Topf drückt die Auftriebskraft stärker als die Erdanziehungskraft den Topf nach unten „zieht“. Der in das Wasser eingetauchte Topf wird deshalb vom Wasser nach oben gedrückt. Nach dem Auspendeln befindet sich der Topf in der Gleichgewichtslage: Die Kraft des nach oben drückenden Wassers und das Gewicht des Topfes sind nun gleich groß (Farbbilder 10 u. 11, Seite 138).

In einer letzten Einheit wird die Ausgangsfrage beantwortet: Das (in Gedanken) eingetauchte Schiff wird vom Wasser nach oben gedrückt, weil es leichter ist als gleichviel Wasser. Je mehr Wasser das Schiff verdrängt, umso stärker drückt das Wasser das (eingetauchte) Schiff nach oben. Ist das Drücken des Wassers stärker als das nach unten gerichtete Gewicht des Schiffes, wird das Schiff vom Wasser nach oben gedrückt, bis es eine Gleichgewichtslage erreicht.

Mit diesem Ergebnis haben die Kinder ein Verständnis erreicht, das sicherlich dem mancher Erwachsener überlegen ist. Dass es sich hierbei nicht um auswendig gelernte Sätze handelt, beweist die Verschiedenartigkeit der Erklärungen, die nach dem Unterricht abgegeben werden (Abb. 4). Deutlich zeigt die Gegenüberstellung, dass die Kinder individuell unterschiedliche Konzeptveränderungen vollzogen haben und dass einige Kinder eher eine Erklärung über die Dichte bevorzugen, andere Kinder lieber mit den Kräften argumentieren. Die Antworten zeigen aber auch, dass die Kinder in der Umstrukturierung ihrer Konzepte unterschiedlich weit gekommen sind. Bei manchen Kindern finden wir, wie in der Literatur häufig beschrieben, auch nach dem Unterricht eine Parallelität von richtigen und inadäquaten Erklärungen. Manche Kinder haben ihre Energie darauf verwendet, falsche Konzepte abzubauen – z. B. betonen sie nach dem Unterricht, dass es nicht die Luft ist, die das Schwimmen bewirkt, sondern das Wasser. Mit dieser Erkenntnis haben sie aber einen entscheidenden Schritt zum Verständnis des Auftriebs vollzogen. Einige Kinder kommen bereits so weit, dass sie kausale Verknüpfungen zwischen Argumenten herstellen.

| **Vor dem Unterricht** | **Nach dem Unterricht** |
|---|---|
| Vär leich wegen den Luft | Das ligt Nicht an der luft das ligt auch Nicht an das glachgewicht es ligt an den Wasser |
| Wegen der vorm (Form) | So ein grozes Schiff Schwimmt weil es leichter als das verdrenkte Wasser ist. Dann kann das Wasser das Schiff noch tragen |
| Weil das Flach ist und aus Eisen gemacht ist! | Weil es so groß ist, wegen dem Wasser, weil das Wasser schwerer ist als das Schiff. |
| Auf dem Schiff ist ein Kapiten. Das Schiff tragt schwere sache. Zum beischbil Fische, Öl und Kole | Das Wasser will auf sein alten Platz zurück, und das Wasser drückt ihn nach oben. |
| Weil Störopor in das Schiff gelegt wirt und viel Luft ist. | Weil das Schiff leichter ist wie das Weckedengte (weggedrängte) Wasser ist |
| So ein Schiff hat einen Motor und der Motor treibt das Schiff. | Das Wasser drückt das Schiff hoch, weil das Schiff leichter als das weggedrängte Wasser ist. |
| Weil in dem Schiff ganz viel Luft ist, und Luft schwimmt. | Weil das Schiff leichter ist, als genauso viel Wasser. Der Wasserdruck ist wichtig. In dem Schiff ist viel Luft. Weil das Schiff viel Wasser wegdrängt, und das Wasser möchte seinen Platz wiederhaben, und drückt das Schiff nach oben |
| Weil vielleicht im Schiff Luft drin ist oder weil es bestimmte Motoren hat. | Das Schiff drängt ja Wasser weg und dieses Wasser trägt das Schiff, .. weil das Wasser schwerer und stärker ist hat es mehr Kraft das Schiff zu tragen. Wenn das Wasser weniger wiegt als das Schiff dann würde das Schiff untergehen. |

**Abb. 4: Äußerungen der Kinder vor und nach dem Unterricht**

Lösen von Knobelaufgaben: Sie erklären, warum Fische durch Vergrößern ihrer Schwimmblase im Wasser nach oben steigen können, warum wir bei tiefem Luftholen ebenfalls im Wasser nach oben treiben, warum wir in Salzwasser besser schwimmen können, warum ein frisches Ei zwar in normalem Wasser untergeht, in Salzwasser aber nicht, warum eine auf den Boden gepresste, ansonsten schwimmende Plastikkarte, nicht nach oben steigt (Abb. 5). Auch hier präferieren einige Kinder die Erklärung über den Auftrieb, andere die über die Dichte: Weil wir uns größer machen im Wasser, brauchen wir mehr Platz, drängen dadurch mehr Wasser weg und deshalb drückt uns das Wasser stärker nach oben – wenn wir uns größer machen, werden wir für unsere Größe leichter und deshalb drückt uns das Wasser besser nach oben. Interessanterweise kann der Versuch mit der Plastikkarte nur über den Auftrieb erklärt werden: Da unter der Plastikkarte kein Wasser ist, kann das Wasser die Karte nicht nach oben drücken![9]

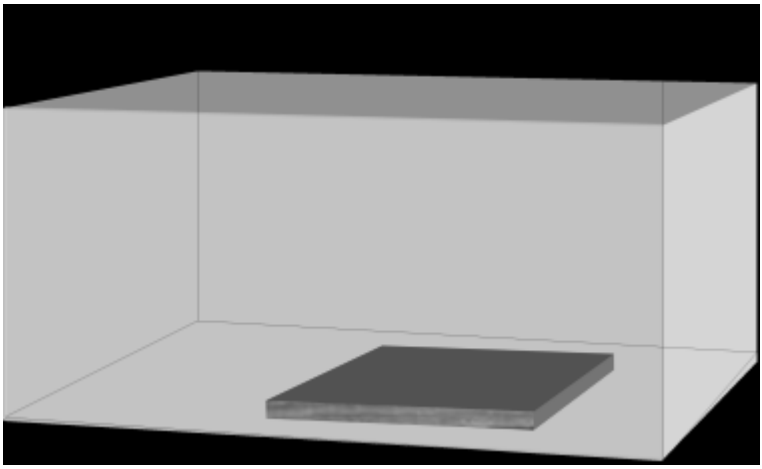


**Abb. 5: Plastikkarte am Boden**

## 4.3 Was hat der Unterricht bewirkt?

Über die Ergebnisse dieser Unterrichtsstudie haben wir bereits mehrfach berichtet (Möller et al. 2002, Jonen et al. 2003, Blumberg et al. 2003 und 2004, Hardy et al. 2006). Wir überprüften die Lernfortschritte der Schüler, insbesondere auch die der leistungsschwachen Schüler, mit geschlossenen und offenen Items in einem Fragebogen vor und nach dem Unterricht sowie in einem nach dem Unterricht eingesetzten Transferfragebogen. Nach einem Jahr wiederholten wir den Test. Zusätzlich erfragten wir in einem weiteren Fragebogen, wie interessiert die Kinder den Unterricht verfolgten, wie motiviert sie waren, inwiefern sie sich als kompetent erlebt haben, wie zufrieden sie mit dem Unterricht waren, wie konstruktivistisch sie den Unterricht empfunden haben und wie erfolgszuversichtlich sie nach dem Unterricht waren. Wir interessierten uns dabei u.a. für die Fragen, ob die Kinder Lernfortschritte in einem derartig anspruchsvollen Unterricht machen können, ob auch leistungsschwache Kinder von dem Unterricht profitieren, ob sich die Wirkungen in den beiden Unterrichtsformen und im Vergleich zu einer nicht unterrichteten Basisgruppe unterschieden und ob das erworbene Verständnis nachhaltig ist.

### 4.3.1 Ergebnisse bezüglich der kognitiven Leistungen bei den geschlossenen und den offenen Antworten

Zunächst lässt sich für die geschlossenen Antworten festhalten, dass alle unterrichteten Kinder von Prä nach Post signifikant dazu lernten. Das galt auch für die leistungsschwächeren Kinder. Der konstruktivistisch orientierte Unterricht mit der stärkeren Strukturierung war im Hinblick auf den Lernerfolg und im Hinblick auf die Transferleistungen erwartungsgemäß dem Unterricht mit geringerer Strukturierung überlegen. Beide Gruppen unterschie-

den sich zudem signifikant von der Gruppe, die keinen Unterricht erhalten hatte (Möller et al. 2002).

Bei den offenen Antworten zeigte sich, dass Fehlkonzepte von den Kindern im Posttest signifikant seltener verwendet wurden, während physikalisch angemessene Konzepte signifikant häufiger genannt wurden. Die Gruppe mit stärkerer Strukturierung war zudem der Gruppe mit geringerer Strukturierung im Hinblick auf die Nutzung physikalischer Konzepte signifikant überlegen (Jonen et al. 2003).

Außerdem lernten die leistungsschwächeren Kinder im Unterricht mit stärkerer Strukturierung mehr hinzu als im Unterricht mit geringerer Strukturierung. Die leistungsstärkeren Schüler unterschieden sich dagegen nicht in beiden Unterrichtsformen, was darauf hindeutet, dass Kinder mit guten Lernvoraussetzungen gleichermaßen von beiden Unterrichtsformen profitieren (Möller et al. 2002).

Für das erworbene integrierte Verständnis, das durch den gleichzeitigen Abbau von Fehlvorstellungen und den Aufbau adäquater Vorstellungen gekennzeichnet ist, zeigte sich folgende Langzeitwirkung: Während sich das erworbene integrierte Verständnis direkt nach dem Unterricht zwar von der Basisgruppe, nicht aber zwischen den beiden unterrichteten Gruppen unterschied, zeigte sich nach einem Jahr neben einer signifikanten Überlegenheit beider Unterrichtsgruppen gegenüber der nicht unterrichteten Basisgruppe auch eine signifikante Überlegenheit des stärker strukturierten Unterrichts im Vergleich zu dem geringer strukturierten Unterricht. Während die Gruppe mit dem stärker strukturierten Unterricht vom Post- zum Follow-Up-Test keinen signifikanten Abfall im integrierten Verständnis aufwies, wies die Gruppe mit geringerer Strukturierung einen signifikanten Abfall auf (Hardy et al. 2006).

In den offenen Antworten zeigte sich in Bezug auf die Langzeitwirkung, dass die Gruppe mit stärkerer Strukturierung signifikant weniger Fehlkonzepte und signifikant mehr anspruchsvolle wissenschaftliche Konzepte produzierte als die Gruppe mit geringerer Strukturierung im Unterricht. Zurückzuführen ist dieser Effekt in der OHNE-Gruppe auf das signifikante Ansteigen von Fehlkonzepten nach dem Unterricht bis zur Follow-up-Messung nach einem Jahr. Mit anderen Worten: Durch den Unterricht abgebaute Fehlkonzepte erschienen in der OHNE-Gruppe nach einem Jahr wieder, während die MIT-Gruppe nachhaltig Fehlkonzepte abbauen konnte (Hardy et al. 2006).

### 4.3.2 Ergebnisse bezüglich motivationaler und selbstbezogener Wirkungen

Insgesamt war die Lernzufriedenheit mit beiden Unterrichtsformen ausgesprochen hoch. Zwischen beiden Unterrichtsgruppen gab es aber – entgegen der weit verbreiteten Erwartung, dass ein offener, schülerorientierter Unter-

richt eher den Bedürfnissen von Kindern entgegen kommt als ein stärker strukturierter Unterricht – keinen Unterschied in der empfundenen Lernzufriedenheit. Erstaunlicherweise war auch die Einschätzung der eigenen Freiräume im Unterricht und die empfundene Eigenbeteiligung in beiden Gruppen gleich: Die Schüler hatten in beiden Gruppen das ausgeprägte Gefühl, eigene Ideen einbringen zu können, selbst etwas herausfinden zu können, ausgiebig miteinander über die Ideen sprechen zu können und viele Experimente machen zu dürfen. Auch im Hinblick auf das nach dem Unterricht vorhandene Interesse gab es keinen Unterschied zwischen den Gruppen mit stärkerer bzw. geringerer Strukturierung im Unterricht. Deutliche Unterschiede, und zwar zugunsten der stärker strukturiert unterrichteten Gruppe, ergaben sich im Hinblick auf die selbstbestimmte Motivation, auf die empfundene Kompetenz, das empfundene Engagement und die entwickelte Erfolgszuversicht. Offensichtlich wurden die Kinder im Unterricht mit der stärkeren Sequenzierung und der strukturierteren Gesprächsführung stärker unterstützt, so dass sie mehr Kompetenz erleben konnten, sich stärker engagiert erlebt hatten, stärker motiviert waren und auch mehr Zuversicht ausbildeten, ein ähnliches Thema mit Erfolg im Unterricht bearbeiten zu können (Blumberg et al. 2003).

Weitere Analysen zeigten, dass dieser Effekt vor allem durch die leistungsschwächeren Schüler zustande kam, die sich im MIT-Unterricht signifikant stärker kompetent und engagiert, höher motiviert und erfolgszuversichtlicher einschätzten als im OHNE-Unterricht, während sich für die leistungsstärkeren Kinder kein Unterschied in den Unterrichtsgruppen ergab (Blumberg et al. 2004).

## 4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass ein anspruchsvoller, auf den Erwerb physikalischer Konzepte ausgerichteter Unterricht keineswegs eine Überforderung für Grundschulkinder darstellt, wenn er Kindern Gelegenheit gibt, Ideen zu entwickeln und zu überprüfen, wichtige Erfahrungen zu machen und Fragestellungen zu bearbeiten, die Kinder interessieren. Auch in motivationaler Hinsicht stellt ein Unterricht, wie der hier geschilderte, keine Überforderung dar, was vor allem durch die hohe Lernzufriedenheit bestätigt wird. Andererseits zeigen die Ergebnisse, dass ein auf Selbst-Konstruktion von Wissen angelegter Unterricht auf unterstützende und strukturierende Maßnahmen angewiesen ist. Dieses trifft insbesondere für leistungsschwächere Schüler zu. Strukturierende Maßnahmen in schülerorientierten Lernumgebungen scheinen sich bei anspruchsvollen Inhalten positiv auf den nachhaltigen Abbau von Fehlkonzepten, auf den Aufbau wissenschaftsnaher Vorstellungen, auf die Anwendbarkeit von Wissen und die nachhaltige Integration von Wissen auszuwirken. Zudem fördern sie durch angemessene und dosierte

Hilfen das Erleben von Kompetenz sowie von Engagement und wirken sich positiv auf das Motiviert-Sein der Lernenden aus.

## 5. Zur unterstützenden Rolle der Lehrkraft in einem konstruktivistisch-orientierten Unterricht

Ein Unterricht, wie er in der MIT-Gruppe durchgeführt wurde, ähnelt einem genetisch angelegten Unterricht, in dem Freiräume zum forschenden Lernen und zur Wissenskonstruktion existieren, in dem gleichzeitig aber durch die Gliederung des Unterrichts und durch eine strukturierende Gesprächsführung der Aufbau von adäquaten Vorstellungen durch die Lehrkraft unterstützt wird. Bereits in den 70er Jahren gab es z. B. von Einsiedler Untersuchungen zur Bedeutung von Strukturierung und Sequenzierung und zur Bedeutung prozessorientierter Lernhilfen im Rahmen gelenkt entdeckender Unterrichtsverfahren. Leider brachen diese Untersuchungsstränge in den 80er Jahren ab.

Theoretisch eignet sich das bereits von Vygotsky (1978) und von Wood, Bruner und Ross (1976) beschriebene Konzept des „scaffolding“, um die schwierige Aufgabe der Lehrkraft in einem auf kognitive Konstruktion ausgerichteten Unterricht zu beschreiben. Es wurde im Zusammenhang mit komplexen, anspruchsvollen Lernumgebungen von verschiedenen angloamerikanischen Autoren wieder aufgenommen (Davis & Miyake, 2004; Hogan & Pressley 1997, Pea 2004, Reiser 2004). Zum „Scaffolding“ gehören

- Gliederungsmaßnahmen, welche die Komplexität des Lerngegenstandes reduzieren und den Aufbau adäquater Vorstellungen erleichtern,
- die Auswahl geeigneter Experimente,
- Fokussierungshilfen, welche die Aufmerksamkeit der Schüler auf wichtige Aspekte lenken sollen,
- Impulse, welche Denkanstöße vermitteln,
- Problematisierungshilfen, welche auf ungelöste Fragen oder Widersprüche aufmerksam machen,
- Aufforderungen zum Mitteilen und Überprüfen von Vermutungen,
- Aufforderungen zum Begründen von Aussagen und zum Reflektieren von Lernwegen,
- Zusammenfassungen und Hervorhebungen wichtiger Schüleräußerungen und
- die Nutzung von advanced organizern, um die Aufmerksamkeit von Schülern auf wichtige Aspekte zu richten.

Reiser (2004) beschreibt die Rolle der Lehrkraft als delikat, da die Lehrkraft versuchen muss, ein optimales Level an Unterstützung bereit zu stellen. Die Aufgabe der Lehrkraft lässt sich dabei auf die Formel bringen: Die Lehrkraft sollte soviel Hilfe wie notwendig und sowenig Hilfe wie möglich anbieten, um forschende Lernprozesse zu ermöglichen und die kognitive Aktivität der Lernenden zu fördern.

Ein auf kognitive Konstruktion ausgerichteter Unterricht, der ein kognitives und motivationales Engagement der Lernenden anstrebt und eigenes Forschen und Entdecken ermöglichen möchte, ist also nur erfolgreich, wenn eine entsprechende Unterstützung durch die Lehrkraft erfolgt. Zu glauben, dass Handeln und Experimentieren der Lernenden allein zu verstandenem Wissen führe und man Kinder unbehelligt forschen lassen sollte, um ihre kognitive Kreativität und ihr Interesse zu fördern, ist naiv.

Der in unserer Studie evaluierte Unterricht ist deshalb nicht nur für die Lernenden anspruchsvoll. Auch von der Lehrkraft erfordert ein solcher Unterricht eine Reihe anspruchsvoller Kompetenzen – sowohl im fachlichen wie auch im didaktisch-methodischen Bereich. Die Lehrerbildung in allen Phasen sollte sich hier gefordert sehen.[10]

## Anmerkungen

1 Die oben aufgeführten Zitate stammen aus diesem Dokument. Sie finden sich dort auf den Seiten (in der angegebenen Reihenfolge) 132, 134, 134.

2 Eine Darstellung der wesentlichen Inhalte des Strukturplanes und ein Vergleich der damaligen Forderungen des Strukturplanes mit heutigen pädagogischen Ansätzen wurden in Möller (2001) vorgenommen.

3 Der Strukturplan des deutschen Bildungsrates nennt dieses Werk im Vorwort als entscheidende Grundlage der Überlegungen (S. 15).

4 vgl. zum Beispiel die Ausführungen von Karen Worth (2005)

5 Die Bezeichnung OHNE wurde als Abkürzung gewählt. „OHNE“ bedeutet, dass der Unterricht in dieser Gruppe mit geringerer Strukturierung, dennoch aber als konstruktiv-genetischer Unterricht geplant wurde.

6 Eine aufgrund von weiteren Evaluationen leicht veränderte Fassung dieses Unterrichts ist im Spectra-Verlag veröffentlicht worden. Hier werden die Schritte des Unterrichts genau beschrieben, Stationenkarten und Arbeitsblätter zur Verfügung gestellt sowie die erforderlichen Materialien in einer Klassenkiste für 32 Kinder angeboten. (Möller 2005)

7 Wir fragen nicht, warum das große Schiff schwimmt, sondern, warum es nicht untergeht, weil wir in unseren Untersuchungen festgestellt haben, dass die Kinder mit Schwimmen – analog zu ihrer eigenen Erfahrung – das nach vorne Bewegen, also den Vortrieb im Wasser, verstehen. Insofern ist die Antwort, „der Motor macht das“, nicht falsch. Im Englischen wird zwischen swimming, floating and sinking unterschieden, wodurch die genannte Zweideutigkeit ausgeschlossen werden kann.

8 Wir formulieren die Frage in der genannten Art, weil ansonsten die Oberflächenspannung bei einigen Gegenständen, wie z. B. bei der Stecknadel und bei der dünnen Metallplatte, das Ergebnis verfälschen würde. Der Einfluss der Oberflächenspannung kann in einem gesonderten Unterricht thematisiert werden.

[9] Die Knobelaufgaben wie auch typische Antworten der Kinder sind in Möller (2005) zu finden.

[10] Zu den erforderlichen Kompetenzen von Lehrkräften vgl. Möller 2004. Zu Lehrerfortbildungen und ihren Wirkungen vgl. Kleickmann et al. im Druck.

## Literatur

Blumberg, E., Möller, K. & Hardy, I. (2004). Erreichen motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen in einem schülerorientierten naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht – Bestehen Unterschiede in Abhängigkeit der Leistungsstärke? In: W. Bos, E.-M. Lankes, N. Plaßmeier & K. Schwippert (Hrsg.), Heterogenität – Eine Herausforderung an die empirische Bildungsforschung, 41-55. Münster: Waxmann.

Blumberg, E., Möller, K., Jonen, A. & Hardy, I. (2003). Multikriteriale Zielerreichung im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht der Grundschule. In: D. Cech & H.-J. Schwier (Hrsg.), Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht, 77-92. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Bullock, M. & Ziegler, A. (1999). Scientific reasoning. Developmental changes and individual differences. In: F. E. Weinert & W. Schneider (Hrsg.), Individual development between three and twelve. Findings from a longitudinal study. Cambridge: Cambridge University Press.

Carey, S. (1985). Conceptual change in childhood. Cambridge: MIT Press.

Davis, E. & Miyake, N. (2004). Explorations of scaffolding in complex classroom systems. The Journal of the Learning Sciences 13(3), 265-272.

Deutscher Bildungsrat (1972). Empfehlungen der Bildungskommission. Strukturplan für das Bildungswesen. Stuttgart: Klett.

Duit, R. (1999). Conceptual change approaches in science education. In: W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (eds.), New Perspectives on conceptual change, 263-282. Amsterdam, New York, Oxford: Pergamon.

Duit, R. & Treagust, D. F. (1998). Learning in science – From behaviourism towards social constructivism and beyond. In: B. J. Fraser & K. G. Tobin (eds.), International Handbook of Science Education, 3-26. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.

Duschl, R. A. & Hamilton, R. J. (1998). Conceptual change in science and in the learning of science. In: B. J. Fraser & K. G. Tobin (eds.), International Handbook of Science Education, 1047-1065). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.

Einsiedler, W. (2002). Empirische Forschung zum Sachunterricht. Ein Überblick. In: K. Spreckelsen, K. Möller & A. Hartinger (Hrsg.), Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht. Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts 5, 17-38. Bad Heilbrunn: Klinkhard.

Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. Zeitschrift für Pädagogik 41, 867-887.

Hardy, I., Jonen, A., Möller K. & Stern, E. (2006). Effects of Instructional Support within Constructivist Learning Environments for Elementary School Students Understanding of Floating and Sinking. Journal of Educational Psychology 98(2), 307-326.

Hogan, K. & Pressley, M. (1997). Scaffolding scientific competencies within classroom communities of inquiry. In: K. Hogan & M. Pressley (eds.), Scaffolding student learning: Instructional approaches and issues, 74-107. Louiseville, Quebec: Brookline Books.

Janke, B. (1995). Entwicklung naiven Wissens über den physikalischen Auftrieb: Warum schwimmen Schiffe? Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie 172, 122-138.

Jonen, A., Möller, K. & Hardy, I. (2003). Lernen als Veränderung von Konzepten – am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. In: D. Cech & H.-J. Schwier (Hrsg.), Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht, 93-108. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Jonen, A., Hardy, I. & Möller, K. (2003). Schwimmt ein Holzbrett mit Löchern? – Erklärungen von Kindern zum Schwimmen und Sinken verschiedener Gegenstände vor und nach dem Unterricht. In: A. Speck-Hamdan, H. Brügelmann, M. Fölling-Albers & S. Richter (Hrsg.), Kulturelle Vielfalt. Religiöses Lernen. Jahrbuch Grundschule 4, 159-164. Seelze: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.

Kleickmann, T., Möller, K. & Jonen, A. (im Druck). Die Wirksamkeit von Fortbildungen und die Bedeutung von tutorieller Unterstützung. Erscheint in: R. Hinz & B. Schumacher (Hrsg.), Jahrbuch Grundschulforschung.

Klewitz, E. (1989). Zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts. Eine Untersuchung von Unterrichtsmodellen am Beispiel von „Schwimmen und Sinken“ vor dem Hintergrund der genetischen Erkenntnistheorie Piagets. Naturwissenschaften und Unterricht 3. Essen: Westarp.

Köhnlein, W. (1999). Vielperspektivität und Ansatzpunkte naturwissenschaftlichen Denkens. Analysen von Unterrichtsbeispielen unter dem Gesichtspunkt des Verstehens. In: W. Köhnlein, B. Marquardt-Mau & H. Schreier (Hrsg.), Vielperspektivisches Denken im Sachunterricht, 88-124. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Lauterbach, R. (1992). Naturwissenschaftlich orientierte Grundbildung im Sachunterricht. In: K. Riquarts u. a. (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung in der Bundesrepublik Deutschland. Bd. 3: Didaktik, 191-256. Kiel: IPN.

Leicht, W. H. (1973). Physik und Chemie in der Grundschule. Lehrerhandbuch. 3. Jahrgangsstufe. München: Ehrenwirt.

Mayer, R. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. American Psychologist 59(1), 14-19.

Möller, K. (1999). Konstruktivistisch orientierte Lehr-Lernprozessforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts. In: W. Köhnlein (Hrsg.), Vielperspektivisches Denken im Sachunterricht. Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts 3, 125-191. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Möller, K. (2001a). Lernen im Vorfeld der Naturwissenschaften. Zielsetzungen und Forschungsergebnisse. In: W. Köhnlein & H. Schreier (Hrsg.), Innovation Sachunterricht. Befragung der Anfänge nach zukunftsfähigen Beständen. Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts 4, 275-298. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Möller, K. (2001b). Konstruktivistische Sichtweisen für das Lernen in der Grundschule? In: K. Czerwenka, K. Nölle & H.-G. Roßbach (Hrsg.), Jahrbuch Grundschulforschung 4, 16-31. Opladen: Leske & Budrich.

Möller, K. (2002). Anspruchsvolles Lernen in der Grundschule – am Beispiel naturwissenschaftlich-technischer Inhalte. Pädagogische Rundschau 56(4), 411– 435.

Möller, K. (2004). Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule – Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte? In: H. Merkens (Hrsg.), Lehrerbildung: IGLU und die Folgen. Schriften der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft, 65–84. Opladen: Leske & Budrich.

Möller, K. (Hrsg.) (2005). Die KiNT-Boxen – Kinder lernen Naturwissenschaft und Technik. Klassenkisten für den Sachunterricht. In: A. Jonen & K. Möller (Bd. 1): Schwimmen und Sinken. Essen: Spectra-Verlag.

Möller, K., Jonen, A., Hardy, I. & Stern, E. (2002). Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: M. Prenzel & J. Doll, (Hrsg.), Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschuli-

sche Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen,. 176-191. Weinheim, Basel: Beltz (= Zeitschrift für Pädagogik, 45. Beiheft).

Pea, R. (2004). The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education, and human activity. The Journal of the Learning Sciences 13, 423-451.

Reiser, B. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. The Journal of the Learning Sciences 13(3), 273-304.

Roth, H. (Hrsg.) (1970). Begabung und Lernen. Ergebnisse und Folgerungen neuerer Forschung. Stuttgart: Klett. (= Deutscher Bildungsrat. Gutachten und Studien der Bildungskommission, Bd. 4).

Schwartz, E. (1977). Heimatkunde oder Sachunterricht? Keine Alternative! In: E. Schwartz, (Hrsg.), Von der Heimatkunde zum Sachunterricht, 9-23. Braunschweig: Westermann.

Siegler, R. S. (1996). Emerging minds: The process of change in children's thinking. New York.

Sodian, B. (1995). Entwicklung bereichsspezifischen Wissens. In: R. Oerter & L. Montada (Hrsg.), Entwicklungspsychologie, 622-653. Weinheim: Psychologie Verlags Union.

Stern, E. (2002). Wie abstrakt lernt das Grundschulkind? Neuere Ergebnisse der entwicklungspsychologischen Forschung. In: H. Petillon (Hrsg.), Jahrbuch Grundschulforschung 5. Individuelles und soziales Lernen in der Gundschule – Kindperspektive und pädagogische Konzepte, 27–42. Opladen.

Stern, E. & Möller, K. (2004). Der Erwerb anschlussfähigen Wissens als Ziel des Grundschulunterrichtes. In: D. Lenzen, J. Baumert, R. Watermann & U. Trautwein (Hrsg.), PISA und die Konsequenzen für die erziehungswissenschaftliche Forschung, 25-36. Wiesbaden: VS (= Zeitschrift für Erziehungswissenschaft. 3. Beiheft).

Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A. & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. Learning and Instruction 15, 317-419.

Vygotsky, L. (1978). Mind and society: The development of higher psychological processes. Cambridge: Harvard University Press.

Weinert, F. E. & Helmke, A. (Hrsg.) (1997). Entwicklung im Grundschulalter. Weinheim.

Wood, D., Bruner, J. & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines 17, 89-100.

Worth, K. (2005). Curriculum and professional development: critical components on elementary science education reform. In: Science is Primary. Proceedings of the 2004 European Conference on Primary Science and Technology education. Amstel Institute, Amsterdam.

Susanne Bögeholz
Zentrum für empirische Unterrichts- und Schulforschung,
Universität Göttingen

# Von Naturerfahrung und verwandten Konstrukten

## 1. Einleitung

Seit mehreren Jahren wird ein Mangel an Primärerfahrungen, vor allem bei Kindern, beklagt (bmb+f 1998). Brämer (2004) spricht in diesem Zusammenhang von einem Erlebnis-Defizit. Unmittelbare Naturerfahrungen, wie z.B. das Ernten von Kartoffeln (siehe Abb. 1), die noch vor einer Generation zum Alltag vieler Kinder – zumindest auf dem Lande – gehörten, sind heute eher selten oder werden von Neuem durch Umweltbildung inszeniert.

**Abb. 1: Klassische instrumentelle Naturerfahrung**

Grundlage der Bestrebungen, heute Naturerfahrungen für Kinder und Jugendliche zu ermöglichen, sind einerseits theoretische Ansätze, die Naturerfahrung als Basis für Umweltwissen, umweltbezogene Werthaltungen und umweltbewusstes Verhalten sehen (vgl. Janssen 1988, Klautke & Köhler 1991) und andererseits die Erkenntnisse empirischer Forschung zu Naturerfahrung (z.B. Bögeholz 1999).

## 2. Forschung zu Naturerfahrung und verwandten Konstrukten

Frühe Arbeiten zu Naturerfahrung betreffen Einstellungen gegenüber Tieren (z.B. Kellert & Westervelt 1983). Identifiziert wurden z.B. ästhetische, erkundende, nutzenorientierte, ökologische und humanistische Einstellungen; humanistische Einstellungen zeichnen sich durch starke Zuneigungen für einzelne Tiere aus (ebd.; für weitere Einstellungskategorien siehe Tab. 1). Aufbauend auf dieser Klassifizierung entwickelte Kellert (1993) in Auseinandersetzung mit Wilsons Biophilia-Hypothese neun Wertkategorien (siehe Tab. 1). Weiterhin sind für Naturerfahrung die von Ramsey et al. (1989) veröffentlichten Wertperspektiven, um Umweltthemen zu analysieren, relevant. Dazu gehören ein erholungsbezogener Wert sowie ein Bildungswert neben z.B. ästhetischen, ökologischen und ökonomischen Werten (für weitere Wertperspektiven siehe Tab. 1).

**Tab. 1: Natur- und umweltbezogene Einstellungen und Werte (Auflistung der originalen, englischen Kategorienbezeichnungen und veränderte Kategorienanordnungen zur besseren Vergleichbarkeit)**

| AUTOREN | KATEGORIEN |
|---|---|
| Kellert & Westervelt (1983: 135) | aesthetic, scientistic, utilitarian, ecologistic, humanistic, moralistic, naturalistic, neutralistic, dominionistic, negativistic |
| Kellert (1993: 59) | aesthetic, ecologistic-scientific, utilitarian, symbolic, humanistic, moralistic, naturalistic, dominionistic, negativistic |
| Ramsey et al. (1989: 23) | aesthetic, ecological, economic, cultural, educational, egocentric, recreational, social |

Hinweise für mögliche Naturzugänge und Wertschätzungen von Natur werden zudem durch Wals (1994) gegeben. Erwachsene sahen Natur z.B. als Kulisse für Aktivitäten, als herausfordernder, bedrohlicher sowie bedrohter Ort als auch als Ort zum Nachdenken und zum Lernen.

Erste Studien, die Naturerfahrung mit Umwelthandeln in Verbindung brachten, wurden von Langeheine und Lehmann (1986) sowie Finger (1994) durchgeführt. Finger (1994) identifizierte beispielsweise Naturerfahrung als stärksten Einflussfaktor für Alltagshandeln (z.B. Recycling, ÖPNV-Nutzung). Bei stärker indirekt schützendem Umwelthandeln nahm der Einfluss von Naturerfahrung ab.

Anschließende Forschung der letzten zehn Jahre erweiterte die Wissensbasis um Naturerfahrung zu folgenden Fragen:

1. Welche Bedeutung hat Naturerfahrung allgemein?
2. Inwiefern sollte Naturerfahrung differenziert in unterschiedlichen Qualitäten untersucht werden?

3. Wie wirksam sind Bildungsprogramme, die Naturerfahrung einsetzen?
4. Wie lassen sich unterschiedliche Naturerfahrungen und Haltungen gegenüber der Natur klassifizieren?

Abbildung 2 zeigt eine Auswahl von Arbeiten, die hier Antworten bereitstellen. Von den Studien fokussiert keine schwerpunktmäßig auf Geschlechterunterschiede, wohl aber erfolgen teils begleitend geschlechterspezifische Analysen, die aber in diesem Rahmen nicht dargestellt werden können. Der Artikel kann bei seinem breiten Ansatz ohnehin nur ausgewählte Ergebnisse berücksichtigen.

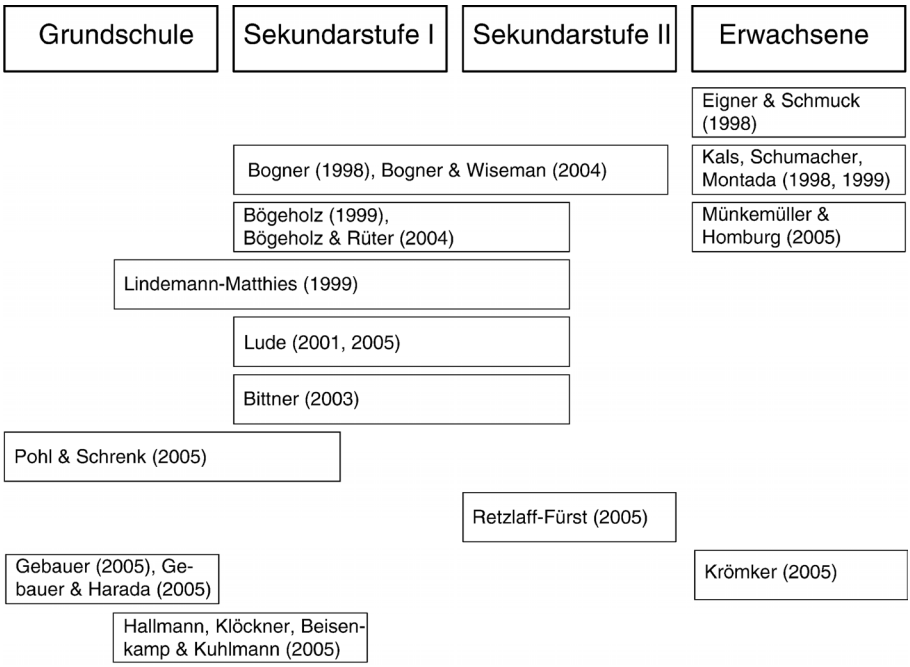



**Abb. 2: Verwendete ausgewählte Forschung der letzten Dekade**

## 3. Empirische Erkenntnisfortschritte seit Mitte der 90er Jahre

Das vorliegende Kapitel gibt einen Einblick in Erkenntnisse der empirischen Bildungsforschung und umweltpsychologischen Forschung der letzten Dekade zu Naturerfahrung und verwandten Konstrukten, wie Naturerfahrungstypen, Naturzugängen, Naturkonzepten und Naturbildern. Definitionen und Erläuterungen der relevanten Konstrukte sind in Tab. 2 (Abschnitt 3.4) zusammengestellt.

### 3.1 Bedeutung von Naturerfahrung

Naturerfahrungen in der Kindheit wurden von erwachsenen Natur- und Umweltschützern als entscheidend für ihr Umweltengagement betrachtet (Eigner & Schmuck 1998, vgl. Tanner 1980, Chawla 1998 und deren Forschung zu „significant life experiences“). Naturerlebnisse (siehe Tab. 2) sind zudem bedeutsam für die psycho-soziale Entwicklung von Kindern (Gebhard 2001).

Aufenthalte draußen ohne Bezug zur Natur erwiesen sich bei Kindern als unbedeutsam für eine Einschätzung der Wichtigkeit von Naturschutz. Emotional positive Erlebnisse in der Natur und Wissen über die Natur hingegen erhöhten die subjektive Wichtigkeit von Naturschutz (Hallmann et al. 2005). Naturschutzfachlich wertvolle Landschaften erwiesen sich bei Erwachsenen als potentiell bedeutsam für die Häufigkeit von Naturerfahrungen (Münkemüller & Homburg 2005), die wiederum mit einer Wertschätzung von Naturerfahrungen einher geht (Bögeholz 1999). In naturbezogenen Gruppen aktive Schüler (z.B. im NABU, BUND-Jugend) berichteten von häufigeren Naturerfahrungen ästhetischer, erkundender, instrumenteller, ökologischer und sozialer Qualität als nicht derart aktive Schüler. Natur-Aktive zeigten zudem größeres Umweltwissen und Umwelthandeln als Nicht-Aktive (Bögeholz 1999). Auch verfügten Mitglieder des Umwelt-Handlungstyps über mehr Naturerfahrungen als Mitglieder des Nicht-Handlungstyps (Lude 2005).

Ein Ranking von Einflussfaktoren für eine Bereitschaft zu Umweltschutz ergab, dass sich die Erfahrung natürlicher Gebiete, gefolgt von der Bedeutung familiärer Vorbilder am bedeutsamsten erwiesen (Chawla 1998). Die Ränge 3 aufwärts wurden belegt von Organisationen, negativen Erfahrungen wie „Umweltverschmutzung“ oder Habitatzerstörung, Bildung, Freunden etc. Die Studie Bögeholz (1999) untersuchte Einflussfaktoren für eine Absicht umweltgerecht zu handeln. Naturerfahrungen zeigten dabei einen starken Einfluss auf Umwelthandeln. Der Einfluss ist stärker als der des Umweltwissens sowie des durch Medien vermittelten Umweltwissens. Am stärksten jedoch ist der Einfluss des Umweltverhaltens der Eltern, gefolgt vom Umweltverhalten der Freunde. Die Erfahrung natürlicher Gebiete und negative Naturerfahrungen wurden nicht in die Untersuchung einbezogen. Werden negative Naturerfahrungen einbezogen, so reduzierten diese die Absicht naturschützerisch und selbst umweltgerecht zu handeln (Bögeholz & Rüter 2004).

Bei Erwachsenen zeigten die Häufigkeit von Natur-Aufenthalten in der Gegenwart als auch in der Kindheit und die Begleitung dieser Aufenthalte durch bedeutsame Personen (Familienmitglieder und teils Freunde u.a.) großen Einfluss auf Verbundenheit mit der Natur und Interesse an der Natur (Kals et al. 1998, 1999). Auch bei Kindern und Jugendlichen wurde Naturerfahrung als bedeutsam für das Interesse an Natur- und Umweltschutz identifiziert (Bittner 2003). Naturerfahrung erwies sich – neben Verantwor-

tungszuschreibung, Verbundenheit mit der Natur und Interesse an der Natur – als bedeutsam für naturbezogene Entscheidungen (Kals et al. 1998).

## 3.2 Qualitäten von Naturerfahrung

Naturerfahrung kann positiv und negativ erlebt werden. Positive Naturerfahrung kann in verschiedene Qualitäten (Dimensionen) unterschieden werden (Bögeholz 1999): Naturobjekte werden mit Fernglas, Lupe oder Mikroskop erforscht (erkundend). Natur oder Naturobjekte werden genussvoll betrachtet oder abgebildet, z.B. durch Fotografieren oder Zeichnen (ästhetisch). Pflanzen werden angebaut und geerntet; Tiere werden versorgt (instrumentell). Ökosysteme, wie Gewässer, Wald oder Moor werden untersucht (ökologisch). Kinder pflegen enge Beziehungen zu einem Tier, z.B. Pferd, Katze oder Hund (sozial). Die fünf illustrierten Dimensionen wurden auf Basis des Forschungsstandes (u.a. Kellert & Westervelt 1983, Kellert 1993, Ramsey et al. 1989) unter der Zielperspektive Biologieunterricht und Umweltbildung als zentrale Basisdimensionen identifiziert (Mayer & Bögeholz 1999, Bögeholz 1999). Alle fünf Dimensionen sind direkt erfahrbar und werden i.d.R. positiv eingeschätzt. Für jede der fünf Dimensionen zeigte sich, dass die Häufigkeit von Naturerfahrung mit deren Wertschätzung korreliert (Bögeholz 1999). Erkundende, ästhetische und ökologische Naturerfahrungen erwiesen sich von den fünf als bedeutsam für umweltgerechtes Handeln. Ihr Einfluss ließ sich als starker Effekt interpretieren (ebd.).

Eine weitere Studie ergänzte die fünf Basisdimensionen um weitere drei Dimensionen (Lude 2001). Als real erlebbare Naturerfahrungen waren – sinngemäß – die fünf Basisdimensionen sowie eine ernährungsbezogene und eine erholungsbezogene Dimension nachweisbar. Zusätzlich wurde als achte Dimension mediale Naturerfahrung empirisch bestätigt. Naturschutzbezogene Erfahrung (vgl. ökologische Dimension bei Bögeholz 1999) erwies sich für die Akzeptanz von Naturschutzmaßnahmen als relevant (Lude 2001). Bei politischer Akzeptanz von Naturschutz verlor unmittelbare Naturerfahrung an Einfluss, mediale Naturerfahrung wurde hingegen bedeutsam (ebd.).

Aufbauend auf vier der fünf Basisdimensionen (s.o.) entwickelten Münkemüller und Homburg (2005) unter Einbeziehung der Dimension Gesundheit ein fünfdimensionales Modell positiver Naturerfahrung, das sie empirisch überprüften. Naturerfahrung wurde schließlich als Metafaktor mit den Dimensionen Ästhetik, Erkunden, Nutzung, Ökologie und Gesundheit beschrieben (ebd.). Naturschutzfachliche Wertigkeit der Landschaft wirkte sich bei Erwachsenen insbesondere positiv auf ästhetische Naturerfahrungen aus. Entsprechend wertvolle Landschaften können Einfluss nehmen auf die Häufigkeit von Naturerfahrungen und das Wohlbefinden der Bevölkerung (ebd.).

Forschung zu negativ erlebbaren Naturerfahrungen zeigte, dass negative Erfahrungen bei Schülern Naturschutzhandeln, den Schutz negativ erfahrbarer Tiere und deren Lebensräume („negativ erlebbare Biodiversität“) sowie direktes Umwelthandeln verringern (Bögeholz & Rüter 2004). Der Schutz negativ erlebbarer Biodiversität beinhaltet z.B. den Schutz von Schlangen, Spinnen und deren Lebensräumen. Die Bedeutung negativer Naturerfahrung ist jedoch geringer als die Bedeutung positiver Naturerfahrung. Für alle drei Handlungskategorien rangieren negative Naturerfahrungen nicht vor Platz 4. Die drei ersten Ränge werden – in jeweils unterschiedlicher Reihenfolge – besetzt von ökologischer und/oder erkundender Wertschätzung von Naturerfahrung, vom Umwelthandeln der Eltern als auch teils durch allgemeine Medieninformation (ebd.).

Inwiefern negative Erfahrungen ggf. aufgehoben werden könnten, wurde am Beispiel von Bodenlebewesen untersucht (Retzlaff-Fürst 2005). Die Studie zeigte, dass Binokular-Ausschnittsperspektiven von lebenden Kellerasseln, Hundertfüßlern und Schwarzer Wegschnecke vergleichsweise positiv getönt sind gegenüber der eher negativen Alltagsperspektive. Die Studie eröffnet ermutigende Möglichkeiten, um negative Effekte negativer Naturerfahrung in bestimmten Kontexten durch einen didaktischen „Wechsel der Betrachtungsperspektive“ (ebd.) aufzuheben.

### 3.3 Wirksamkeit naturbezogener Bildungsprogramme

Im Folgenden wird aus Studien berichtet, die die Wirkung von Bildungsmaßnahmen mit Naturerfahrungen als einem wesentlichen gestalterischen Element bei Schülern untersuchten. Die Evaluation eines schweizerischen Umweltbildungsprogramms, welches Beobachtungsaufgaben und ästhetische Naturerfahrungen kombiniert, ergab eine Steigerung der Wahrnehmung sowie der Wertschätzung von lokalen Pflanzen und Tieren (Lindemann-Matthies 1999). Auch zeigten sich Änderungen der Umweltwahrnehmung durch Umweltbildungsprogramme in der Studie Bogner und Wiseman (2004): Naturschutz-Einstellungen stiegen an und Naturausnutzungs-Einstellungen nahmen ab. Lude und Bogner (publiziert in Lude 2005) versuchten die Ergebnisse zur Veränderung von Naturschutz- und Naturausnutzungs-Einstellungen durch Umweltbildungsprogramme mittels eines Inbeziehungsetzens mit der Natur-Erfahrenheit von Schülern zu ergänzen.

Kurzzeitige Umweltbildungsmaßnahmen im Nationalpark Harz mit Wandern, Informationsvermittlung und emotional-spielerischen sowie erkundend-analytischen Naturerfahrungen führten zwar zu steigender Akzeptanz von Waldwildnis; nicht nachweisbar war ein Effekt im Hinblick auf Umweltschutz-Interessen (Bittner 2003). Kurz- und längerfristige Umweltbildungsprogramme (1-Tag vs. 5-Tage) des Nationalparks Bayrischer Wald, die unmittelbare Naturerfahrungen mit Informationen über den Nationalpark und ökologischem Wissen kombinieren, unterschieden sich nicht in ihrer

Wirkung auf den Wissenserwerb (Bogner 1998). In Bezug auf Handeln erwiesen sich langzeitpädagogische Programme als wirkungsvoller (ebd.).

### 3.4 Klassifizierung naturbezogener Erfahrungen und Haltungen

In folgenden Studien wurden Unterschiede in den Naturerfahrungen und Haltungen gegenüber der Natur von Personen klassifiziert und deren Bedeutung analysiert. Auf der Basis der Häufigkeit von Naturerfahrungen in den fünf Basisdimensionen wurden vier Naturerfahrungstypen („Profile") identifiziert (Bögeholz 1999): Ein ästhetisches, ein soziales, ein erkundend-ökologisches und ein instrumentell-ökologisches Profil. Die vier Typen lassen sich in zwei Gruppen einteilen: (a) *ästhetisch/sozial Natur-Erfahrene* und (b) *erkundend Natur-Erfahrene* (Bögeholz 1999, 2006). Die beiden Typen der Gruppe *erkundend Natur-Erfahrene* zeigten größeres Umweltwissen und Umwelthandeln als die Typen der Gruppe *ästhetisch/sozial Natur-Erfahrene* (ebd.). Typologische Analysen von Lude auf Basis der gleichen fünf Basisdimensionen ergaben vergleichbare Profile (Lude 2001). Lude (2001) identifizierte weiterhin vier Naturerfahrungstypen auf der Basis von acht Faktoren (s.o.), die – obschon abweichende Typbezeichnungen vergeben wurden – mit den Typenprofilen von Bögeholz (1999) verglichen werden können (siehe Bögeholz 2006). Variationen in den parallelisierbaren Typenprofilen sind erklärbar durch unterschiedliche Stichprobenzusammensetzungen, leicht veränderte Items und Antwortformate (und im zweiten Fall durch den Einbezug weiterer Faktoren).

Kindliche naturorientierte Orts- und Tätigkeitspräferenzen wurden unter dem Konstrukt Naturzugänge analysiert (Pohl & Schrenk 2005). Als unterschiedliche Naturzugänge von Kindern wurde Erkunden, instrumentelle Aktivitäten in der Natur, Landschaftsgenuss, sozial geprägte Naturkontakte, Gartenarbeit, Natur als Abenteuerspielplatz, Naturschutz und Natur als Kulisse identifiziert (ebd.). Die ersten fünf Naturzugänge können mit vier der Naturerfahrungs-Basisdimensionen in Verbindung gebracht werden. Weiterhin sind die Naturzugänge mit den von Wals identifizierten Kategorien, z.B. „Natur als Kulisse für Aktivitäten", „Natur als herausfordernder Ort" (Wals 1994, s.o.) und mit Gebauers Naturkonzepten vergleichbar (s.u.; Bögeholz 2006).

Naturkonzepte (siehe Tab. 2) von Grundschülern wurden anknüpfend an Kellert (1993: 59; Tab. 1) identifiziert (Gebauer 2005). Die fünf positiv und/oder negativ orientierten Naturkonzepte von Gebauer (2005) werden im Folgenden beispielhaft durch naturbezogene Interessen und selbstgesteuerte Aktivitäten illustriert:

1. Konzept „Erkenntnis" mit Erkenntnisinteressen für z.B. Bestimmen, Beobachten, Experimentieren und Aktivitäten wie Artenschutzmaßnahmen, aktiv sein in naturbezogenen Gruppen;

**Tab. 2: Definitionen und Erläuterungen von Naturerfahrung und verwandter Konstrukte**

| KONSTRUKT | AUTOREN | DEFINITIONEN UND ERLÄUTERUNGEN |
|---|---|---|
| Naturerlebnis = Naturerleben | Gebhard (2005) | Erfahrung mit der Natur (äußere Erfahrung) wird „zu einer besonderen, subjektiv bedeutsamen inneren Erfahrung“ (Gebhard 2005: 23). |
| Naturerfahrung | Bögeholz (1999) | Ein „spezifischer Auseinandersetzungsprozess des Menschen mit seiner belebten Umwelt [...], der sich durch unmittelbare, multisensorische, affektive und vorwissenschaftliche Lernerfahrungen auszeichnet“ (Mayer & Bayrhuber 1994: 4 zitiert nach Bögeholz 1999: 21). |
| | Lude (2005) | Der Begriff wird für Naturbegegnung, Naturerleben und Naturerfahrung verwendet. Naturbegegnung wird mit Beobachtung, Naturerleben wird mit Teilnahme und Naturerfahrung i.e.S. wird mit Speicherung reflektierter Erlebnissen im Gedächtnis in Verbindung gebracht. |
| | Münkemüller & Homberg (2005) | Ein abstraktes Konstrukt, das sich durch unterschiedliche Aktivitäten in der Natur ausdrückt. |
| Naturerfahrungstypen | Bögeholz (1999) | Naturerfahrungsprofile von Subgruppen über alle untersuchten Naturerfahrungsdimensionen hinweg. Die plakativen Typenbezeichnungen geben besondere einzelne Schwerpunkte der Profile an. |
| Naturzugänge | Pohl & Schrenk (2005) | Orts- und Tätigkeitspräferenzen in Auseinandersetzung mit der Natur. |
| Naturkonzepte | Gebauer (2005) | In Naturkonzepten sind „Wahrnehmen und Empfinden, Fühlen und Denken untrennbar miteinander verbunden“ (Gebauer 2005: 46). Naturkonzepte werden beeinflusst (a) durch den Naturbezug, der auf Naturerfahrungen, -erlebnissen und -begegnungen basiert, durch (b) sozio-kulturelle Milieus sowie (c) durch die herrschenden und zugänglichen Umweltgegebenheiten (ebd.). |
| Naturbilder | Krömker (2005) | „[K]ulturbedingte und gruppenspezifisch ähnliche Ausprägungen von Überzeugungen zu Natur [...], die sich auf verschiedene Aspekte wie z.B. auf die Funktionen von Natur oder auf das Verhältnis von Natur und Mensch beziehen“ (Krömker 2005: 146). Naturbilder repräsentieren „gruppenspezifische kollektive Vorstellungen von Natur“ und bezeichnen „Haltungen gegenüber der Natur“ (ebd.: 165). |

2. Konzept „Naturalismus“ mit Interessen an z.B. sinnlich-ästhetischem Genuss, sinnorientiertem Erkenntnisinteresse und Aktivitäten wie Sammeln, Malen, Fotografieren;
3. Konzept „Humanismus“ mit Interesse an Tieren, Pflanzen und damit in Zusammenhang stehenden Themen und Aktivitäten wie Fürsorge für Lebewesen, die emotional für die Person bedeutsam sind;

4. Konzept „Dominanz“ mit Interessen für z.B. Heim- und Nutztiere sowie Nutzpflanzen und Aktivitäten wie Nutzung von Pflanzen aus dem Garten, Umgang mit Heim- und Nutztieren;
5. Konzept „Negativismus“ mit Interessen für z.B. Natur als Freizeit- und Erlebnisraum; unmittelbare Naturbegegnung wird gemieden.

Bei den untersuchten Kindern wirkten mehrere Konzepte zusammen; in den Konzeptprofilen der Kinder zeigte sich aber eine deutliche Schwerpunktsetzung bei einem Konzept (Gebauer & Harada 2005).

Haltungen gegenüber der Natur wurden unter dem Konstrukt Naturbilder (siehe Tab. 2) von Krömker (2005) an Studierenden aus Deutschland, Indien, Peru und den USA untersucht. In die Formulierung von Naturbildern floss positives Naturerleben von Aufenthalten in der Natur ein. Identifiziert wurden vier Naturbilder: Die weltlichen und die spirituellen Schützer sowie die weltlichen und spirituellen Nutzer. Die Naturbilder zeigten einen systematischen Zusammenhang mit Klimawandel-relevanten Überzeugungen. Studierende mit Schutz-orientierten Naturbildern schätzten den Klimawandel als problematischer ein und zeigten höhere Akzeptanz von Klimaschutzmaßnahmen als Studierende mit Nutzen-orientierten Naturbildern. Naturbildern wird in der Studie Krömker (2005) handlungsleitende Funktion zugeschrieben.

## 4. Zusammenfassung und Ausblick

Dieses Kapitel zeigt neben zusammenfassenden Aspekten neue Herausforderungen im Bildungswesen für die Forschung zu Naturerfahrung auf, führt Überlegungen zu einer zukunftsfähigen Operationalisierung von Naturerfahrung aus, zeigt Forschungsdefizite und Forschungsdesiderata auf und schließt mit einem Plädoyer zur Optimierung von Naturerfahrungsforschung.

In der vorgestellten Forschung zeigte sich, dass Naturerfahrung und verwandte Konstrukte einen Bezugspunkt für Umweltwissen, umweltbezogene Werthaltungen und Umweltverhalten darstellen. Untersuchungen bringen Naturerfahrung bislang jedoch hauptsächlich mit wenig komplexen umweltbezogenen Kognitionen und Umwelthandeln in Verbindung. Für die Bedeutung von Naturerfahrung für die Bewertung menschlichen Handelns (und dessen Folgen) in Bezug auf Lebewesen und Ökosysteme, wie sie z.B. die Bildungsstandards Biologie (KMK 2005) fordern, liegen bislang noch keine direkten Erkenntnisse vor. Wohl aber gibt es erste Hinweise darauf, dass Naturerfahrung (und verwandten Konstrukten) im Rahmen von Kompetenzbereichen wie Erkenntnisgewinnung (erkundende Naturerfahrung; Naturkonzept „Erkenntnis“ mit Erkenntnisinteressen) und Bewertung Bedeutung zukommt. Beim Kompetenzbereich Bewertung soll zu einer bewussten und

systematischen Verknüpfung von Sachwissen mit umweltrelevanten Normen und Werthaltungen befähigt werden (Bögeholz & Barkmann 2005). Seitens der Forschung liegen hierzu erste grundlegende Erkenntnisse vor: Naturerfahrung erwies sich als bedeutsam für Umweltwissen (Bogner 1998). Die Häufigkeit von Naturerfahrung hängt mit deren Wertschätzung zusammen (Bögeholz 1999). Wertschätzung von Naturerfahrung ist vermutlich eine Voraussetzung für die Entwicklung von umweltrelevanten Werten wie z.B. Ästhetik und Erholung (vgl. Tab. 1). Werte wiederum sind zentral für systematisches Bewerten (Bögeholz & Barkmann 2005).

Naturbezogene Konstrukte, wie z.B. Naturkonzepte (Gebauer 2005) zeigen u.a. folgende Bezüge zu den Basisdimensionen von Naturerfahrung auf: Erkenntnis-Konzept und erkundende Dimension, Naturalismus-Konzept und ästhetische Dimension, Humanismus-Konzept und soziale Dimension sowie Dominanz-Konzept und instrumentelle Dimension. Allein das Negativismus-Konzept besitzt auf Grund der positiv formulierten Basisdimensionen keine Entsprechung. Weitere Untersuchungen zur Naturerfahrung sollten positiv wie auch negativ erlebbare Dimensionen von Naturerfahrung berücksichtigen (vgl. Wals 1994). Derartiges Basiswissen ist erforderlich, damit wir Heranwachsende befähigen können, einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung unseres Lebensraums Erde und zur Erhaltung der biologischen Vielfalt zu leisten (vgl. Bögeholz & Rüter 2004). Offen ist bislang, welche negativen Qualitäten von Naturerfahrung als Dimensionen formuliert werden sollten. Ansatzpunkte liefert hier die Studie Bögeholz & Rüter (2004). Weiterhin sollte sondiert werden, inwiefern gesundheitsförderliche körperliche Aktivitäten in der Natur künftig in Studien zur Naturerfahrung einbezogen werden sollten (*Dimension Gesundheit* bei Münkemüller & Homburg 2005, vgl. *Dimension Erholung* bei Lude 2005).

Betrachtet man noch einmal rückblickend die Forschungslandschaft (Abb. 2) und die in diesem Kapitel ausgeführten Überlegungen, so wird deutlich, dass sich bisherige empirische Studien der Grundschule, der weiterführenden Schule sowie dem Erwachsenenalter widmen. Evaluationsstudien untersuchten bislang bewährte Umweltbildungspraxis (Abschnitt 3.3). Die verfügbaren Studien sind i.d.R. Querschnittstudien. Die hier berücksichtigte Forschung befindet sich noch weitgehend im Forschungsparadigma vor einer Neuausrichtung von Umweltbildung hin zu einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung und vor einer Ausrichtung auf Kompetenzen (vgl. KMK 2005). So richtete sich auch die bisherige Naturerfahrungsforschung vornehmlich darauf aus, wenig komplexes Umwelthandeln zu erklären. Das breite und möglicherweise sehr große Potential von Naturerfahrung für die Förderung von Bewertungskompetenz (Bögeholz & Barkmann 2005, vgl. KMK 2005) und die Förderung einer Erhaltung biologischer Vielfalt (CBD 1992) wurde noch nicht systematisch untersucht. Daraus ergeben sich folgende Forschungsdefizite und -desiderata:

1. Studien im Vorschulalter;
2. Längsschnittstudien zur Bedeutung von Naturerfahrung und verwandter Konstrukte;
3. Forschung zur Bedeutung von Naturerfahrung für systematisches Bewerten und rationales Entscheiden für (nachhaltiges) Gestalten unseres gemeinsamen Lebensraums;
4. Forschung, die Bildungsmaßnahmen evaluiert, welche systematisch den Stand der empirischen Forschung zu Naturerfahrung und verwandten Konstrukten einbezieht;
5. Bedeutung positiver und negativer Naturerfahrung für die Wertschätzung und Erhaltung lokaler und globaler Biodiversität.

Abschließend noch eine Anmerkung zur Forschung um Naturerfahrung: Die augenscheinliche Nähe der Ergebnisse aus den referierten Studien ist zwangsläufig bedingt durch gleiche oder ähnliche theoretische Ansatzpunkte. Allerdings werden nicht selten unterschiedliche Begrifflichkeiten, Definitionen, Itemformulierungen oder methodische Zugänge gewählt, obschon oft ähnliche Fragen und Konstrukte untersucht werden. Im Sinne einer kumulativen Weiterentwicklung der Wissensbasis zu Naturerfahrung und verwandter Konstrukte sollte hier ein reflektierter Umgang angestrebt werden, um eine möglichst gute Basis für eine gezielte evidenzbasierte Inszenierung von Naturerfahrung zu schaffen.

## Literatur

Bittner, A. (2003). Außerschulische Umweltbildung in der Evaluation. Hamburg: Dr. Kovac.

bmb+f (1998). Delphi-Befragung 1996/1998: Potentiale und Dimensionen der Wissensgesellschaft – Auswirkungen auf Bildungsprozesse und Bildungsstrukturen. München.

Bögeholz, S. (1999). Qualitäten primärer Naturerfahrung und ihr Zusammenhang mit Umweltwissen und Umwelthandeln. Opladen: Leske + Budrich.

Bögeholz, S. & Rüter, S. (2004). Wenn Erfahrung weh tut – The dark side of nature experience. In: H. Gropengießer, A. Janssen-Bartels & E. Sander (Hrsg.), Lehren fürs Leben, 80-95. Köln: Aulis Verlag Deubner.

Bögeholz, S. & Barkmann, J. (2005). Rational choice and beyond: Handlungsorientierende Kompetenzen für den Umgang mit faktischer und ethischer Komplexität. In: R. Klee, A. Sandmann & H. Vogt (Hrsg.), Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik, 211-224. Innsbruck: StudienVerlag.

Bögeholz, S. (2006). Nature experience and its importance for environmental knowledge, values and action: recent German empirical contributions. Environmental Education Research 12(1), 65-83.

Bogner, F. X. (1998). The Influence of Short-Term Outdoor Ecology Education on Long-Term Variables of Environmental Perspectives. Journal of Environmental Education 29(4), 17-29.

Bogner, F. X. & Wiseman, M. (2004). Outdoor Ecology Education and Pupils' Environmental Perception in Preservation and Utilization. Science Education International 15(1), 27-47.

Brämer, R. (2004). Jugendreport Natur '03 – Nachhaltige Entfremdung. Marburg: Philipps-Universität Marburg, Forschungsgruppe Wandern.

CBD – Konvention über die biologische Vielfalt (1992). Convention on Biological Diversity vom 5. Juni 1992. Bonn: Bundesgesetzblatt II.

Chawla, L. (1998). Significant Life Experiences Revisited: A Review of Research on Sources of Environmental Sensitivity. The Journal of Environmental Education 29(3), 11-21.

Eigner, S. & Schmuck, P. (1998). Biographische Interviews mit Umwelt- und Naturschützern. Umweltpsychologie 2(2), 42-53.

Finger, M. (1994). From Knowledge to Action? Exploring the Relationships Between Environmental Experiences, Learning and Behavior. Journal of Social Issues 50(3), 141-160.

Gebauer, M. (2005). Zum Zusammenhang von Naturkonzeptionen und Naturerfahrungen bei Grundschulkindern. In: R. Klee, A. Sandmann & H. Vogt (Hrsg.), Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik, 147-161. Innsbruck: StudienVerlag.

Gebauer, M. & Harada, N. (2005). Wie Kinder die Natur erleben – Ergebnisse einer kulturvergleichenden Studie in Japan und Deutschland. In: U. Unterbruner, Forum Umweltbildung (Hrsg.), Naturerleben, 45-61. Innsbruck: StudienVerlag.

Gebhard, U. (2001). Kind und Natur. Die Bedeutung der Natur für die psychische Entwicklung. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.

Gebhard, U. (2005). Natur, Atmosphäre und Erlebnis – Zur ästhetischen Dimension von Naturerlebnissen. In: U. Unterbruner, Forum Umweltbildung (Hrsg.), Naturerleben, 23-42. Innsbruck: StudienVerlag.

Hallmann, S., Klöckner, C. A., Beisenkamp, A. & Kuhlmann, U. (2005). Freiheit, Ästhetik oder Bedrohung? Wie Kinder Natur bewerten. Umweltpsychologie 9(2), 88-108.

Janssen, W. (1988). Natur erleben. Unterricht Biologie 12(137), 2-7.

Kals, E., Schumacher, D. & Montada, L. (1998). Naturerfahrungen, Verbundenheit mit der Natur und ökologische Verantwortung als Determinanten naturschützenden Verhaltens. Zeitschrift für Sozialpsychologie 29(1), 5-19.

Kals, E., Schumacher, D. & Montada, L. (1999). Emotional Affinity Toward Nature as a Motivational Basis to Protect Nature. Environment & Behavior 31(2), 178-202.

Kellert, S. R. & Westervelt, M. O. (1983). Historical Trends in American Animal Use and Perception. International Journal for the Study of Animal Problems, 4(2), 133-146.

Kellert, S. R. (1993). The Biological Basis for Human Values of Nature. In: S. R. Kellert & E.O. Wilson (eds.), The Biophilia Hypothesis, 42-69. Washington: Island Press.

Klautke, S. & Köhler, K. (1991). Umwelterziehung – ein didaktisches Konzept und seine Konkretisierung. Unterricht Biologie 15(164), 48-51.

KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Beschluss vom 16.12.2004. München: Wolters Kluwer.

Krömker, D. (2005). Naturbilder – ein kulturbedingter Faktor im Umgang mit dem Klimawandel. Umweltpsychologie 9(2), 146-171.

Langeheine, R. & Lehmann, J. (1986). Die Bedeutung der Erziehung für das Umweltbewusstsein. Kiel: IPN.

Lindemann-Matthies, P. (1999). Children's Perception of Biodiversity in Everyday Life and their Preferences for Species. Zürich: Universität Zürich.

Lude, A. (2001). Naturerfahrung & Naturschutzbewusstsein. Innsbruck: StudienVerlag.

Lude, A. (2005). Naturerfahrung und Umwelthandeln – Neue Ergebnisse aus Untersuchungen mit Jugendlichen. In: U. Unterbruner, Forum Umweltbildung (Hrsg.), Naturerleben, 65-84. Innsbruck: StudienVerlag.

Mayer, J. & Bayrhuber, H. (1994). Einfluss von Naturerfahrung auf Umweltwissen und Umwelthandeln im Kindes- und Jugendalter. Kiel: IPN (unveröffentlicht).

Mayer, J. & Bögeholz, S. (1999). Motivationale Effekte unmittelbarer Natur-Erfahrung im Kindes- und Jugendalter. In: R. Duit & J. Mayer (Hrsg.), Studien zur naturwissenschaftsdidaktischen Lern- und Lehrforschung, 150-168. Kiel: IPN 165.

Münkemüller, T. & Homburg, A. (2005). Naturerfahrung: Dimensionen und Beeinflussung durch naturschutzfachliche Wertigkeit. Umweltpsychologie 9(2), 50-67.

Pohl, D. & Schrenk, M. (2005). Naturwahrnehmungen von Schülerinnen und Schülern im Grundschulalter. In: R. Klee, A. Sandmann & H. Vogt (Hrsg.), Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik, 115-131. Innsbruck: StudienVerlag.

Ramsey, J. M., Hungerford, H. R. & Volk, T. (1989). A Technique for Analyzing Environmental Issues. Journal of Environmental Education 21(1), 26-30.

Retzlaff-Fürst, C. (2005). Bodenlebewesen – nur hässliche Lebensformen der Biovielfalt? In: R. Klee, A. Sandmann & H. Vogt (Hrsg.), Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik, 101-113. Innsbruck: StudienVerlag.

Tanner, T. (1980). Significant Life Experiences: A New Research Area in Environmental Education. The Journal of Environmental Education 11(4), 20-24.

Wals, A. E. J. (1994). Pollution Stinks! Young adolescents' perspectives of nature and environmental issues with implications for education in urban settings. De Lier, The Netherlands: Academic Book Center.

Lissy Jäkel und Susanne Rohrmann
Pädagogische Hochschule Heidelberg

# Der Wert biologischer Bildung – Erfahrungen mit innovativen Projekten in Forschung und Lehre

## 1. Geschichte einer Leidenschaft

Wir möchten der Frage nach dem Bildungswert von Naturwissenschaft eine kurze Darstellung aus unserer Sicht widmen. Diese kleine Geschichte einer Leidenschaft soll zunächst in Paris beginnen. Dabei ist noch zu klären, ob das zusammen geht, Leidenschaft und Verstand. Sie beginnt in Paris, und – natürlich – mit einer Frau. Die Frau bezaubert durch ein freundlich-offenes und wohlgeformtes Antlitz, durch schlichte Kleider aus edlem Material und durch die Lebendigkeit ihres Ausdrucks. Die schöne Frau wohnt am südlichen Ufer der Seine, gegenüber dem Louvre, in dem ehemaligen Bahnhof d'Orsay, der heute ein Museum ist. Was macht es aus, dass sie nur eine Skulptur ist und ihre Kleider aus farbigem Marmor? Sie wurde 1870 von dem Pariser Bildhauer Louis-Ernest Barrias (geboren am 13. April 1841 in Paris, gestorben am 4. Februar 1905) gefertigt. Eben von jenem E. Barrias, dessen Plastik der sich 1871 gegen die Versailler verteidigenden Kommunarden einem ganzen Pariser Stadtteil den Namen gab – LA DÉFENSE.

Eine wunderbare preisgekrönte Plastik – in einem Museum – ganz normal.

Überrascht ist man jedoch möglicherweise, wenn man ihren Namen liest: „La Nature se dévoilant à la Science".

Warum ist man als Naturwissenschaftlerin überrascht, wenn man einen solchen Namen bei einer so schönen Gestalt vorfindet. Dieses erfreute Erstaunen rührt aus eigenen Erfahrungen im Umgang mit Menschen, die sich als Naturwissenschaftler verstehen und sehr verschiedene Sichten auf Natur repräsentieren, aber vor allem mit solchen, die den Naturwissenschaften bisher ignorant bis distanziert gegenüber stehen.

So äußert D. Schwanitz in seinem Buch „Bildung – alles, was man wissen muss": *„Naturwissenschaftliche Kenntnisse müssen zwar nicht versteckt werden, aber zur Bildung gehören sie nicht."* (Schwanitz 2002).

Daher ist es eher ungewöhnlich, dass die Natur sich als ein attraktives und eigenwertes, gar personifiziertes Wesen präsentieren darf, und noch überraschender ist, dass sogar die Wissenschaft als auf die Erkenntnis des Wesens der Natur gerichtetes Tun gewertet wird.

## 2. Beiträge naturwissenschaftlicher Grundbildung

Die praktischen Beispiele zu biologischer Bildung, mit denen wir Sie im Folgenden bekannt machen, machen nur dann wirklich Sinn, wenn man sich über theoretische Grundpositionen zu *Natur, naturwissenschaftlicher Bildung und Bildung* allgemein im Klaren ist.

Daher stellt sich den Lehrenden zunächst das Problem, festzulegen, was alles unter naturwissenschaftliche Grundbildung fällt.

Sucht man Entscheidungskriterien dafür bei den Autoren der PISA-Studie, so wird man zumindest in seiner Unsicherheit bestätigt. „Trotz einer Übereinstimmung in grundsätzlichen Fragen fällt es oft schwer, Kompetenzanforderungen für naturwissenschaftliche Grundbildung genauer zu bestimmen“ (Baumert et al. 2001).

Im derzeitigen Bildungsplan für die Grundschule in Baden-Württemberg ist der Bereich des Fächerverbundes „Mensch, Natur und Kultur“ nach 9 Kompetenzfeldern strukturiert:

- Menschliches Leben (Kompetenzfelder 1–3),
- Kulturphänomene und Umwelt (Kompetenzfelder 4–6),
- Naturphänomene und Technik (Kompetenzfelder 7–9).

Überraschend ist jedoch, dass wir hier eine künstliche Trennung von Naturkenntnis und Erforschung finden:

- Mensch, Tier und Pflanze: staunen, schützen, erhalten (Kompetenzfeld 6 von 9)
- Natur macht neugierig: forschen, experimentieren und dokumentieren (Kompetenzfeld 7 von 9)

Die Kompetenzfelder mit Inhalten wie „Pflanzen und Tiere kennen lernen“ und „Naturwissenschaft betreiben“ sind also getrennt verortet – dies ist eine erschreckende Zementierung eines alten Vorurteils. Selbst in zeitgenössischen Äußerungen verschiedener so genannter „Naturwissenschaftler“ begegnet man ignoranten Positionen, die vorrangig Chemie und Physik als Naturwissenschaften verstehen und die Wissenschaft vom Leben, die Biologie, ausklammern.

Während der Physiker Vollmer (in Sitte 1999, S. 391) konstatiert, dass Physiker nichts über Biologie zu wissen brauchen, weil die Grundlagen der Biologie in der Physik und Chemie liegen, stellt der Biologie Peter Sitte fest: „Die Molekularbiologie hat Wohnrecht im allgemeinen Bildungskanon erworben.“ (Sitte 1999). Vollmer gesteht zu: „Schaden kann ihnen solches Wissen freilich nicht.“

Auch für die Bildungsplanung stellt sich die Frage nach dem Konzept von Natur und Naturwissenschaft.

Produktiv an der Verortung von Naturerkenntnis innerhalb des Fächerverbundes „Mensch, Natur und Kultur“ ist u. E. jedoch die Verbindung zwi-

schen Natur und Kultur. Wir verstehen biologische Bildung als Teil der menschlichen Kultur. Und dies nicht nur aus reinem Bildungsinteresse. Seit Millionen Jahren, seit es Menschen überhaupt gibt, weiß der Mensch die Natur zu nutzen.

## 3. Was ist Natur?

Die Biologie selbst versteht sich als Naturwissenschaft, als die Wissenschaft vom Leben. Die Naturwissenschaft Biologie kann nicht ohne physikalische und chemische Grundlegungen sowie mathematische Beschreibungen auskommen, sie hebt sich aber vor allem durch die Komplexität ihrer Gegenstände von den anderen Naturwissenschaften ab.

> *„Die moderne Wissenschaft betrachtet die Natur als ein offenes System, das permanenten und fortschreitenden Veränderungen unterworfen ist.“ (Gooding, Furlong 2003, S. 7).*

Mel Gooding, Herausgeber den Buches „Kunst mit der Natur“, brachte die Gemeinsamkeiten von Wissenschaft und Kunst u. E. auf den Punkt (obwohl uns nicht bekannt ist, ob er die Plastik von Barrias dabei vor Augen hatte):

> *„Die Vorstellung von der Kunst (und der Wissenschaft) als Spiegel der Wirklichkeit ist alt, es ist eine Metapher für den Prozess der Übermittlung und Wiedergabe – die Enthüllung des klaren Bildes –, der es uns ermöglicht, die Dinge so zu sehen, wie sie sind.“ …(ebenda).*

In diesem kurzen Satz verbirgt sich in der Tat eine ganz wesentliche Aussage über den Inhalt des Begriffes Natur. So verschieden man „Natur“ auch definieren mag – als das außerhalb von uns Vorfindliche oder als das Wesen von uns selbst – die Natur in ihrer Wandelbarkeit und steten Veränderung eint Begriffsfassungen der Natur von der Antike bis in die heutige Zeit.

Diesem sich wandelnden Bild der Natur innerhalb der Gesellschaft wollen wir im Folgenden kurz nachgehen und wir sind ihm mit unseren Studierenden schon mehrere Semester lang nachgegangen (Benk et al. 2002).

Und was ist überhaupt Natur?Die heutige Vielfalt der Naturbilder in den Köpfen und der dahinter stehenden Naturbegriffe ist groß. Geprägt sind diese Naturbegriffe aus der Tradition der griechischen Naturphilosophen (z.B. Schiemann 1996). Das christliche Naturverständnis des Mittelalters lehnt sich daran an, erweitert aber die Naturvorstellung um den Schöpfungsgedanken und die Sonderstellung des Menschen als Herrscher über die Natur. Die Schöpfung wird als gegeben hingenommen, Naturforschung besteht in der Tradierung der Vorstellungen antiker Autoren wie Aristoteles und Platon. Erstaunlicherweise beginnt im Mittelalter, beispielsweise mit dem Mönch und späteren Bischof Albertus Magnus (ca. 1200 – 1280) eine neue Form der Naturforschung, die sich auf eigene unabhängige

Beobachtungen und Versuche gründet und die die Quellen der Antike nicht mehr als gegeben hinnimmt. Albertus Magnus stellte fest:

> *„Aufgabe der Naturwissenschaft ist es nicht, alles, was berichtet wird, einfach hinzunehmen. Sie hat vielmehr die Ursachen im Naturgeschehen zu ergründen." (Steib, Popp, 2003).*

In Zusammenhang mit der Entwicklung der experimentellen Naturforschung in den folgenden Jahrhunderten, vor allem durch Galileo Galilei (1564 – 1642) ist der Wandel im Naturbegriff zu sehen, der auch mit den Namen René Descartes und Isaac Newton verbunden ist.

René Descartes (1596 – 1630) stellt das Denken, das was dem menschlichem Geist entspringt. („res cogitans") neben die Natur, alle räumlich ausgedehnten Gegenstände („res extensa"), also tote Materie, Pflanzen, Tiere, technische Konstrukte und auch den Menschen außerhalb des denkenden Ich. Die Welt wird damit für den menschlichen Geist objektiv erforschbar und berechenbar.

Diese Vorstellung nimmt Küry (1999) auf, wenn er in Zusammenhang mit der Vermittlung von Naturschutzkonzepten für die breite Öffentlichkeit feststellt:

> *„Natur ist einerseits ein Begriff für die Lebensgrundlage aller Organismen auf der Welt. Andererseits steht der gleiche Ausdruck auch für Bilder, die wir uns vom Natürlichen machen."* (Küry 1999, S. 21).

Die weitere rasante Zunahme der naturwissenschaftlichen Erkenntnisse und technischen Entwicklungen und Erfindungen läuft nun ab vor dem Hintergrund eines Erkenntnis- und Nutzungsanspruchs an die Natur. Dieser Gedanke findet sogar Eingang in den ersten Abschnitt des Bundesnaturschutzgesetzes, in dem als Ziele des Naturschutzes unter anderem die „Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes" sowie die Regenerationsfähigkeit und nachhaltige Nutzungsfähigkeit der Naturgüter" genannt werden (BNatSchG, 2002, in Naturschutzrecht 2002).

Der Biologiedidaktiker Winfried Probst (2000) schätzt ein, dass die Hypothese der modernen Naturwissenschaft eine monistische sei:

> *„Alle wahrnehmbaren Phänomene der Welt … lassen sich letzten Endes auf materielle Grundlagen und damit auf physikalische Gesetze zurückführen. Dieser Glaube hat nichts zu tun mit der Vorstellung, alles wäre determiniert und die Zukunft wäre aus der Gegenwart vollständig erklärbar – wie dies noch im 18. Jahrhundert von vielen Naturwissenschaftlern angenommen wurde: Heutige Theorien vom Zusammenwirken von Zufall und Notwendigkeit werden zum Beispiel von Vorstellungen der Selbstorganisation bestimmt und von der Erkenntnis, dass komplexe Vorgänge … prinzipiell nicht für längere Zeit vorhersagbar sind."*

Zugleich keimten im 19. und 20. Jahrhundert erste Naturschutzbestrebungen auf. Diese Form von Schutz bezieht sich nach Küster (1999) weniger auf Natur, sondern vielmehr auf den Schutz der Identität einer anthropogen

geprägten Landschaft in einem bestimmten Entwicklungsstadium. Ein bekanntes Beispiel dafür ist die Lüneburger Heide, eine „Kulturlandschaft", die ohne menschliche Einwirkungen weder entstanden wäre noch ohne die vom Menschen kultivierten Weidetiere fortbestehen könnte. Zugleich ist die Lüneburger Heide eines der ältesten und bekannten Schutzgebiete für „Natur" in Mitteleuropa. In einer aktuellen Studie zu Naturschutzbegründungen (Körner, Nagel, Eisel 2003) findet man im Kapitel „Naturschutz als kulturelle Aufgabe" folgenden Passus:

> *„Der Verlust von Natur und Vielfalt ist somit eigentlich ein Verlust von kulturellen Praktiken, ohne die sich diese Arten gar nicht als wertvolle Natur etabliert hätten. Mit dem Schutz von Streuobstwiesen usw. schützt man demnach nicht einfach die Natur und ihre Vielfalt, sondern einen Idealzustand, der allein durch menschliche Nutzung entstanden ist."*

Und man könnte hinzufügen, dass etwa Heiden und Streuobstwiesen nur durch konsequentes Unterbinden natürlichen Wandels bzw. durch extensive und damit im Sinne künftiger Generationen gerade nicht nachhaltige Wirtschaftsweisen zu konservieren sind.

Barthel verwendet den Terminus von der „Natur aus zweiter Hand" (Barthel u.a. 1988). *„Genau betrachtet gibt es bei uns gar keine Natur aus erster Hand mehr. Auch dort, wo wir unsere Umwelt noch nicht in eine Kulturlandschaft verwandelt haben, sind die Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten zumindest indirekt spürbar."* (ebenda, S. 7) Aber auch die Paradiese aus Menschenhand sind Aufmerksamkeit wert, so die Natur aus zweiter Hand im menschlichen Siedlungsraum, direkt vor der Schultür oder am Wohnort.

Für Natur sei, so auch Küster, der permanente Wandel charakteristisch. Mit dieser Auffassung steht er nicht allein, sie lässt sich bis weit hinein in die Antike zurückverfolgen. Schon Platons Schüler Aristoteles wies auf die Wandelbarkeit der Natur hin. Natur ist beständig im Wandel. Wo solche Veränderungen noch weitgehend ohne anthropogene Einflüsse verlaufen, sind Beobachtungen besonders aufregend. „Sich wandelnde Natur lässt sich an der Nordseeküste so gut wie sonst kaum anderswo beobachten." (Küster 1999). Kein Zufall also, dass die regelmäßigen Großexkursionen des Faches Biologie laut Prüfungsordnung in die wenigen Gebiete im Lande führen, bei denen Wandel noch weitgehend natürlichen Einflüssen unterworfen ist: Nationalpark Wattenmeer und Alpen (vgl. Farbbilder 12, Seite 139 und 13, Seite 140).

## 4. Biodiversität und Lehrerinnenbildung

Für unsere Aufgabe, Lehrerinnen und Lehrer auszubilden, stellen sich folgende Fragen:

- Welchen Beitrag sollte Biologieunterricht zur naturwissenschaftlichen Grundbildung leisten?
- Wie muss eine Lehrerbildung aussehen, die ihre Absolventinnen befähigt, einen solchen Biologieunterricht zu gestalten?
- Wie wird man zum Moderator des Lernens Anderer – in der Schule, aber auch in der Hochschule?

Forschungsergebnisse aus der Lernpsychologie, der Fachdidaktik und der Allgemeinen Didaktik geben inzwischen zumindest Hinweise auf Erfolg versprechende Ansätze in der Lehre. Unsere Beispiele aus der Lehrerausbildung orientieren sich vor allem an solchen Ansätzen des Lernens im Kontext in konkreten Handlungsfeldern (Jäkel, Rohrmann 2005), sie sind offen für interdisziplinäre Verknüpfungen und orientieren auf Prozesse des Problemlösens.

Um die bisherigen theoriegeleiteten Aussagen zu verdeutlichen, unternehmen wir einen Ausflug in die Alpen und finden uns Ende Juli bei herrlichem Wetter auf einer Blumenwiese in 1700 m Höhe wieder (Farbbild 14, Seite 140). Die Wiese liegt im Fimbertal, das zur Silvretta gehört, der Fimberbach fließt wenige Meter entfernt durch das Gelände, das leise Bimmeln von Kuhglocken tönt im Hintergrund. Ein gutes Dutzend Studierende schwärmt zum ersten Kennenlernen der Pflanzenvielfalt aus und ist entzückt vom bunten Anblick der Wiese – das Gelb des Ferkelkrauts mit seinem großen Blütenkorb, das dunkle Lila der zarten Vogelwicke und der Betonien-Teufelskralle, die Echte Goldrute in Gelb, Orangerotes Habichtskraut, Taubenkropf-Leimkraut, Wiesenplatterbse, Arnika und Brillenschötchen ... in Entdeckerlaune finden sie Art um Art, bestimmen, vergleichen, notieren, kleben Einzelblüten und Blätter in Protokoll-Kladden. Nach eineinhalb Stunden sind etwa 30 bis 40 verschiedene Blütenpflanzen erkannt, dabei einige Gräser. Bekanntermaßen rufen diese selbst bei vielen Biologen nicht gerade Begeisterungsstürme hervor, aber hier, mittendrin und in Augenhöhe mit den filigranen Blütenständen der Gräser, zückt man Lupe und Makroobjektiv und schnuppert genussvoll an den Rhizomen des Ruchgrases, das appetitlich nach Cumarin (also Waldmeister) duftet. Überwältigt von der Vielfalt, die sich hier dem genauen Betrachter offenbart, fällt der Satz: „Man bekommt richtig Lust, daheim auch mal wieder auf eine Wiese zu gehen!“

Daheim, etwa im Umfeld der Pädagogischen Hochschule, wird man an vielen Stellen eine herbe Enttäuschung erleben, wenn man sich hoch motiviert auf die Suche nach der Biodiversität begibt (Farbbild 15, Seite 141). Die meist intensiv „gepflegten“ grünen Flächen sind nur aus wenigen Arten

zusammengesetzt. Das regelmäßige Mähen verhindert effektiv und gnadenlos die Bildung von Blüten und Früchten bei den meisten Arten, nur wenige Tiere wie Amseln und Drosseln haben Vorteile von den kurz geschnittenen Pflanzen, da sie nun besser an Regenwürmer kommen. Auch das menschliche Auge sucht vergeblich nach den Farben und Formen, die den üppigen Eindruck der Fülle auf der artenreichen Alpenwiese ausgemacht haben.

Hier kontrastieren Wunschbild und Wirklichkeit, Vorstellungen von Natur und Grünfläche, von naturnaher Umgebung und gepflegter Ordnung, von Biodiversität und artenarmem Einheitsgrün. Damit eröffnet sich ein typisches Problemfeld für interdisziplinäre Zusammenarbeit, bei dem neben den naturwissenschaftlichen Kenntnissen auch Fragen der Vermittlung von Wertvorstellungen, ästhetische Gesichtspunkte und nicht zuletzt technische und organisatorische Fragen zu klären sind. Damit muss bei der Problembearbeitung auch die außerwissenschaftliche Praxis mit einbezogen werden; wir bewegen uns also nach Defila und DiGiulio (2002) im Bereich der Transdisziplinarität.

Ein Beispiel der Berücksichtigung dieser Rahmenbedingungen ökologischen Handelns aus der Kooperationsveranstaltung „Mensch nutzt Natur“ mit Kollegen aus der Philosophie, Theologie und Physik der Pädagogischen Hochschule Heidelberg soll hier vorgestellt werden.

In dieser Lehrveranstaltung bearbeiteten Gruppen von Studierenden Probleme, die sie nur mit Hilfe anderer bzw. mehrerer Disziplinen lösen konnten. Die Frage der Grünflächenbewirtschaftung um die Pädagogische Hochschule bezieht sich fachlich überwiegend auf einen hochaktuellen Forschungszweig der Biologie, die Biodiversitätsforschung (z.B. Markl 1995).

Dabei erfährt diese Forschungsrichtung nach Markl (1995) neben der heute in ihrer Bedeutung kaum noch bestrittenen Molekularbiologie eine Rehabilitierung:

> *„Ich bin absolut sicher, dass eine der großen Zukunftsrichtungen der Biologie die umfassende und vollständige Aufklärung der molekularen Grundlagen aller Lebensphänomene ist und bleiben wird... Eine andere Richtung wird sich, ja muss sich voraussichtlich (oder sollte ich sagen hoffentlich?) nicht weniger dynamisch fortentwickeln, eine Forschungsrichtung, die sich aus den ältesten Wurzeln der Biowissenschaften nährt: den biotaxonomischen Bemühungen, die Überfülle der Lebensvielfalt – der biologischen Diversität – nach rationalen Kriterien zu beschreiben und nach evolutionsgenetischen Prinzipien zu ordnen.“* (Markl 1995, S.35).

Auch auf der DFG-Jahrestagung 2005 formulierte ihr Präsident Ernst-Ludwig Winnacker:

> *„Viel zu lange hat man hier und anderswo die wirtschaftliche Bedeutung der Biodiversität unterschätzt, ja sie in der Regel nicht einmal erforscht.“* (Winnacker 2005, S. 24).

Der Begriff Biodiversität oder Vielfalt kann sich dabei auf die Anzahl von Arten in einem Gebiet beziehen, aber auch auf die genetische Vielfalt innerhalb einer Art oder die Vielfalt von Lebensgemeinschaften einer Region. In der öffentlichen Wahrnehmung spielt Biodiversität vor allem als bedrohte Vielfalt eine Rolle, Szenarien des Aussterbens von Arten werden vielfach publikumswirksam dramatisch dargeboten. Dabei ist tatsächlich eine deutliche Beschleunigung des Artenverlusts innerhalb eines bestimmten Zeitraums festzustellen. In der aktuellen Literatur findet man für diese Beschleunigung einen Faktor von 100 bis 1000 (Townsend, Harper, Begon 2003). Der größte Teil dieses Artenverlusts wird nur von Spezialisten wahrgenommen, nur wenige spektakuläre Pflanzen oder Wirbeltiere vor allem aus exotischen Lebensräumen schaffen den „Sprung“ auf die Seiten der Tagespresse.

Betrifft nun der Verlust an Vielfalt auch den Rhein-Neckar-Raum? Demuth (2001) stellt fest, dass die Umgebung von Weinheim in den letzten 100 Jahren um etwa 136 Pflanzenarten ärmer geworden ist. 879 Pflanzenarten kann man aktuell noch im untersuchten Gebiet finden, 11 Arten sind derzeit in Einbürgerung begriffen. Der Verlust von Arten in der Region liegt also bei mehr als 10% innerhalb von 100 Jahren! Die Gründe dafür liegen auf der Hand: Eine im 20. Jahrhundert deutlich zunehmende Bevölkerung, der damit einhergehende Flächenverbrauch durch Besiedelung, Verkehrswege, Industrieflächen, dazu gravierende Veränderungen in der Landwirtschaft. Heutzutage nimmt die Bevölkerung nicht mehr so stark zu, der Flächenverbrauch durch Versiegelung schreitet weiterhin rasant fort.

Im Neuenheimer Feld, dem Standort des Neubaus der Hochschule, findet eine solche Verarmung der Landschaft nicht nur durch Überbauung, sondern auch durch intensive „Pflege“ der öffentlichen Grünflächen statt – trotz der Vorgaben des Bundesnaturschutzgesetzes von 2002, wonach „bei der Bewirtschaftung von Grundflächen im Eigentum oder Besitz der öffentlichen Hand die Ziele und Grundsätze des Naturschutzes und der Landschaftspflege in besonderer Weise berücksichtigt werden“ sollen (BNatSchG, § 7,1, in Naturschutzgesetz 2002).

Hier setzten nun die Fragen der Studierenden an:

- Kann man das vorherrschende Einheitsgrün verändern?
- Würde eine solche Veränderung im Umfeld der Hochschule überhaupt akzeptiert?
- Auf welchen konkreten Flächen könnte die Pflege extensiviert werden?
- Wie erreicht man eine Änderung des Pflegeplans?

Im Lauf des Sommersemesters 2003 konnten diese Fragen geklärt werden. Aus der fachlichen Recherche ergaben sich Vorschläge zur Veränderung des Mahdrhythmus. Eine Umfrage unter Studierenden mit einem Fragebogen bestätigte, dass diese einer Vielfalt von Pflanzen- und Tierarten um den Neubau der Hochschule durchaus positiv gegenüber stehen. Argumentativ vorbereitet erkundete die Gruppe die zuständigen Stellen innerhalb der Hochschulverwaltung und führte ein Gespräch im Rektorat. Schließlich folgte eine Ortsbegehung mit einem Vertreter des VBA Mannheim (Vermögens- und Bauamt), das letztendlich die Grünflächenpflege anweist. Als Ergebnis der Bemühungen der Studierenden werden nun zumindest einige Flächen an der Nord- und Ostseite des Neubaus nur noch viermal im Jahr gemäht. Schon im ersten Sommer kamen deutlich mehr Pflanzenarten zum Blühen als bisher, so dass die Flächen auch zunehmend für Insekten attraktiv werden (vgl. Farbbilder 16–18, Seiten 141, 142).

Lernform und Lernergebnis betreffen hier z. B. die Erkenntnis, dass man sich auch als Nicht-Biologe biologische Inhalte aneignen kann und dadurch zum kompetenten Gesprächspartner wird. Aus fachlicher Sicht ist vor allem ein Zuwachs an ökologischem Wissen zu verzeichnen; konkret ergaben sich Erkenntnisse zu den Zusammenhängen zwischen biologischer Diversität und der Nutzungsart einer Fläche. Der Begriff „Pflege“ erweist sich dabei als durchaus problematisch. Die einheitsgrüne Fläche stellt für einen Teil der Bevölkerung eine durchaus akzeptable oder sogar gewünschte Form von „Natur“ dar, im Vergleich zu artenreichen Lebensräumen, die sich im Jahresverlauf verändern. Wiesenflächen und Brachen werden in ihrem Herbstaspekt mit aussamenden Pflanzen und absterbenden Pflanzenteilen als unordentlich empfunden. Dazu kommt die pädagogisch-psychologische Erkenntnis, dass im gesellschaftlichen Umfeld die Einstellungen anderer Menschen berücksichtigt werden sollten, um eigene Ideen erfolgreich umsetzen zu können (siehe Küry 1999).

Die Arbeitsform des Projekts erweist sich hier als tragend. Wir halten für besonders wichtig, dass der Erfolg der Studierendengruppe mit dem Erwerb von biologischem Sachwissen gekoppelt ist; erst dadurch wird die Gruppe zu einem ernsthaften und ernst genommenen Gesprächspartner innerhalb und außerhalb der Hochschule. Mohr (1998) beklagt. *„Es ist dem Sachwissen nicht gelungen, sich angemessen im Bildungskanon zu verankern. Die meisten Menschen haben kaum eine Ahnung von den Naturwissenschaften und damit von den technologischen Kräften, von denen sie täglich leben und um die es in der Akzeptanzdebatte [von Zukunftstechnologien] geht. Die kollektive Verweigerung gegenüber dem Sachwissen hat Konsequenzen für die Qualität des öffentlichen Diskurses. Betroffenheit tritt an die Stelle von Kompetenz und Urteilsfähigkeit.“*

Im beschriebenen Projekt hat sich Betroffenheit in ein Zuständigkeitsgefühl gewandelt und die Studierenden haben persönlich erfahren, dass Kompetenzzuwachs in Handlungsfähigkeit und Erfolg münden kann. Nachhaltig

sind die erreichten Ergebnisse aber nur dann, wenn sie von nachfolgenden Studierenden oder sich verantwortlich fühlenden Dozierenden aufgegriffen werden.

## 5. Interdisziplinarität und Problemorientierung

In diesem und anderen Beispielen aus dem interdisziplinären Bereich werden typische Phasen interdisziplinären Arbeitens durchlaufen, Sie umfassen die Problemfindung, das differenzierte Untersuchen sowie die Integration, reichen also vom „Sehen“ über das „Urteilen“ zum „Handeln“.

Wir verstehen interdisziplinäres Arbeiten als ein multidisziplinäres Geschehen, an dem je nach zu lösender Problemstellung verschiedene Disziplinen zur Problemlösung beitragen. Dabei ist genau diese Problemorientierung das eigentliche Problem der Studierenden. So jedenfalls erkennen wir es aus den Evaluierungen des Lehr-Lern-Prozesses. Studierende schätzten übereinstimmend ein, dass diese Problemfindung, also das „Sehen“, für sie die zeit- und arbeitsintensivste Phase des Lernprozesses im Seminarverlauf darstellte. Während die Fachstudierenden der Biologie nach eigener Einschätzung den meisten Zuwachs in Artenkenntnis, also einem fachspezifischen Gegenstandsbereich erfuhren, nutzen sie demgegenüber die interdisziplinären Angebote kaum. Diese wiederum wurden von Studierenden in interdisziplinär ausgerichteten Seminaren (Studienbereich Interdisziplinäres Lehren und Lernen) in stärkerem Maße wertgeschätzt.

Das Lernen im Hochschulprojekt „Mensch nutzt Natur“ berücksichtigte in starkem Maße auch die historische Perspektive.

Im Zuge dieses Projektes wandten sich die Studierenden u. a. der Frage zu, welche Organismen bereits seit der römischen Besiedlung bzw. Okkupation zum hiesigen Organismen-Inventar gehören und von uns heute als heimisch empfunden werden. Während sich zahlreiche mediterrane Heil- oder Gewürzpflanzen erst in mittelalterlicher Kultur als Gebrauchspflanzen etablierten, brachten die römischen Landwirte bereits zahlreiche Blütenpflanzen zur Ansiedlung hier in der Region. Das trifft für die Walnuss als Nutzpflanze ebenso zu wie für das Schöllkraut als Begleiter.

Das Schöllkraut gehört heute zu den allgegenwärtigen Vertretern der Mohngewächse, die an fast jedem Wegesrand zu finden sind, gelb blühen und einen orangeroten Milchsaft absondern, wenn man sie verletzt. Dieser Milchsaft wurde als Heilmittel gegen Warzen eingesetzt. Doch das unscheinbare Schöllkraut bietet weitere interessante Besonderheiten, die einen genauen wissenschaftlichen Blick (auch in der Schule) lohnen. Die unscheinbaren Schoten enthalten schwarze Samen mit einem rätselhaften creme-weißen bizarr geformten Anhängsel (vgl. Farbbild 19, Seite 143). Beobachtet man die Pflanzen genauer, offenbart sich die biologische Funktion dieser Strukturen. Sie verlocken Ameisen, die Samen in Richtung Bau zu

transportieren und tragen so zur Verbreitung der Pflanze bei. Solche Elaiosomen sind ein gar nicht so seltenes biologisches Prinzip der Samenverbreitung durch Ameisen (Myrmekochorie) als Sonderfall der Tierverbreitung (Zoochorie).

Mit Untersuchungen zum botanischen Unterricht konnten wir zeigen, dass Kinder das Schöllkraut aus dem Alltag nicht kennen, es aber durch eben solchen beziehungsreichen botanischen Unterricht kennen und behalten lernen (Jäkel, Schaer 2004).

Übrigens wurde das Schöllkraut zum Ende des Mittelalters bzw. zum Beginn der Renaissance durchaus auch durch Künstler wertgeschätzt, das Bild von Dürer aus dem Jahre 1503 ist weltbekannt (vgl. Farbbild 20, Seite 143). Die Entdeckungen des ausgehenden Mittelalters waren ebenfalls Gegenstand unserer „Zeitreise – Mensch nutzt Natur". Albertus Magnus beispielsweise und seine durchaus neuzeitlichen Formen der Naturerkenntnis waren Seminargegenstand. Von ihm gibt es eine Beschreibung der Naturerkenntnis, die heute durchaus als Erläuterung zum Kompetenzerwerb naturwissenschaftlicher Techniken taugen würde: So ist von Albertus Magnus das Zitat überliefert:

> *„Viel Zeit ist erforderlich, um festzustellen, dass bei einer Beobachtung alle Täuschung ausgeschlossen ist .....Es genügt nicht, die Beobachtung nur auf eine bestimmte Weise anzustellen. Man muss sie vielmehr unter den verschiedensten Umständen wiederholen, damit die wahre Ursache der Erscheinung mit Sicherheit ermittelt wird."* (Steib, Popp 2003, S. 74).

## 6. Die kulturelle Dimension der Naturkenntnis

Gespräche in Seminaren zeigen immer wieder, wie wenig die Dinge der Natur zum Kulturgut von heutigen Schulabsolventen zählen. Und auch hier bestätigen Studien zur Artenkenntnis bei Schulkindern wie bei Studierenden (Jäkel 2005), dass es insbesondere die fehlenden kulturellen Bezüge sind, die Alltagspflanzen heute zu anonymen Zeitgenossen degradieren. Ein Beispiel ist die Wegwarte, die bereits von Albertus Magnus treffend beschrieben wurde und die als Zichorienkaffee und Chicoree eigentlich viele Bezüge zu Alltags- und Esskultur aufweist. Sie ist Schülerinnen und Schülern in Süddeutschland aus dem Alltag nachweislich unbekannt (Jäkel, Schaer 2004), obwohl sie an fast jedem Wege anzutreffen ist.

Aber auch Tiere erfahren in ihrer kulturellen Dimension kaum noch Aufmerksamkeit. Wer weiß schon beim Gebrauch seines roten Lippenstiftes oder beim Genuss von Getränken wie Campari oder leuchtend roter Wurstwaren, dass ein tierischer Farbstoff die Quelle der optischen Reize bildet. Bereits die Römer wussten Tiere zu kultivieren, die dieses schöne Rot liefern. Es handelt sich dabei um Insekten, die auf Opuntien gehalten werden

und meist mit bloßer Hand mit den Fingernägeln geerntet werden. Farbstoffexperten und Chemiker wissen, dass Karminrot oder Cochenille von speziellen Schildläusen stammt, eben den Cochenille-Läusen, winzigen Tieren, die zahlreich auf Opuntien-Kakteen parasitieren (Farbbild 21, Seite 144). Bis in die heutige Zeit wird dieser Farbstoff auf beschriebene Weise natürlich gewonnen. Nicht zuletzt beruht eine gängige Färbemethode der Genetik auf der Verwendung von natürlichem Karmin, die Färbung von chromosomaler DNA mit der Karminessigsäurefärbung. Bevor man mit seinen Schülern Naturfarbstoffe thematisiert und aus den Läusen Karmin extrahiert, sollte man sich die Tierchen vielleicht mal unter der Stereolupe anschauen.

Bei E. P. Fischer findet man den Anspruch, dass es zur Bildung gehört, Kennerschaft zu erwerben, um über aktuelle wissenschaftliche Entwicklungen mit diskutieren zu können. Fischer umschreibt Bildung folgendermaßen: „Es geht bei Bildung um die Fähigkeit zur Kommunikation und zum Dialog, um den Prozess, der einem Individuum zu Selbständigkeit und Freiheit verhelfen und die Möglichkeit zur Teilhabe *am Kulturganzen* bringen soll.“ (Fischer 2002).

Zwei „Anleihen“ zu diesem Thema bei Nicht-Naturwissenschaftlern sollen das Kapitel abschließen: Der Erziehungswissenschaftler Volker Ladenthin befürchtet „das Verschwinden der Wahrheit in der Welt des Nutzens“ (Ladenthin 2003). Der Politikwissenschaftler Arnd Morkel äußert „Naturwissenschaften tragen zur Bildung bei“. Zum Widerspruch zwischen Praxiswert und Bildungsbezug gibt er zu bedenken:

> *„Viel hängt .... davon ab, ob wir einen Weg finden, ..... der Expansion der Spezialfächer und der Forderung nach Praxisorientierung Einhalt zu gebieten*“ (Morkel 2002).

## 7. Vom Fachwissen zur Bildung

Studierende setzten sich in der Zeitreise „Mensch nutzt Natur“ nicht nur mit einzelnen Organismen, sondern auch mit gravierenden gesundheitlichen Fragestellungen auseinander (vgl. Farbbild 22, Seite 145). So wurde beispielsweise didaktisch anspruchsvoll eine Lernstation zum Thema Pest inszeniert. Die Bakterien befallen Lymphknoten, vergiften das Blut oder befallen weitere Organe wie die Lunge. Jedoch waren im Mittelalter Bakterien der Art *Yersinia pestis* mangels Mikroskop noch nicht als Krankheitserreger identifiziert und Flöhe als Überträger von Ratte auf Mensch noch nicht erkannt. Hilflose Versuche der damaligen Zeit zur Hygiene muten uns heute abenteuerlich an, sind aber Zeugnis des Naturverständnisses des Mittelalters.

Niemand wird bestreiten, dass in fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen biologisches Wissen erworben wird. Aber ist dieses biologische Wissen auch schon biologische bzw. naturwissenschaftliche Bildung?

Ein weiteres typisches Beispiel, wie Wissen in Bildung münden kann, stammt aus einem fachwissenschaftlichen Hauptseminar zur Bio- und Gentechnologie, in dem neben Käse, Bier und dem genetischen Fingerabdruck unter anderem die Herstellung von Brot ausführlich untersucht wurde. Dabei spielten sowohl die Erfahrung beim Umgang mit Hefe, Teig und Lehmbackofen eine Rolle wie auch verschiedene fachliche Aspekte und Fragen, die in die Biochemie und Ernährungsphysiologie hineinreichen.

Warum muss man Roggenbrot mit Sauerteig ansetzen? Welche Lebewesen sind im Sauerteig und wie ist ihr Stoffwechsel? Was sind Klebereiweiße und welche Rolle spielen sie für das Produkt Brot?

Die fachliche Recherche führt hier exemplarisch sehr tief in biologische Fachgebiete und bereitet damit auch entsprechend Mühe und Schwierigkeiten. Allerdings „beraubt“ der wissenschaftlich genaue Blick auf das Alltagsphänomen Brot dieses nicht, sondern deckt neue interessante und begeisternde Seiten auf. Dies zeigte sich auch deutlich im Kommentar einer Studierenden während der Erarbeitung ihres Beitrags zum Hauptseminar Bio- und Gentechnologie: „Es ist faszinierend, in welche fachlichen Tiefen man bei einem so einfachen Produkt wie Brot geraten kann!“ Wissens- und Kompetenzzuwachs werden hier als positiv und bereichernd erlebt und damit unserer Auffassung nach auch als „bildend“ erfahren.

## 8. Nachhaltig(keit) lernen

In der Diskussion zu unserem Vortrag trat eine Frage im Kreis der Zuhörerinnen auf: Man wollte wissen, ob wir denn auch Bildung zur ökologischen Nachhaltigkeit anböten. Darum wollen wir unsere Positionen, wie man denn Umwelthandeln lernen könne, kurz erläutern. Bildung für Nachhaltigkeit erfolgt u. a. weniger, indem man dies lauthals bekundet, sondern vielmehr immanent bereits bei der Organisation der Lernarrangements. Nicht umsonst führen jährliche Großexkursionen des Faches in die letzten Refugien von primärer Natur im eigenen Land. Wie könnte man deutlicher Handlungs- und Verbraucherentscheidungen eröffnen als durch eigenes Erleben ihrer qualitativen Vorzüge im Alltag in Bezug auf Lebensqualität. Warum in die Ferne schweifen…? Aufregende Naturerlebnisse (sanften Tourismus) gibt es durchaus aufregend auch innerhalb Deutschlands – ohne Kerosinverbrauch. Fast alle Orte in Deutschland sind mit öffentlichen Verkehrsmitteln oder gar zu Fuß erreichbar.

Einen jungen „Heuler“ retten (Farbbild 23, Seite 146) oder die Gelege von Eiderenten auf einer Weide durch Markierung vor dem Traktor schützen, die Drehscheibe weltweiten Vogelzugs live erleben, einen Alpen-

gipfel erklimmen und die Vielfalt erkunden (Farbbild 24, Seite 146), zu Fuß eine autofreie Insel im endlosen Watt erobern, Edelweiß (Farbbild 25, Seite 147) und Enzian wild wachsen sehen, einen Tag lang unterwegs zu sein und nur zwei Menschen zu begegnen, Milch jeden Morgen frisch von den Kühen auf der Weide genießen, den Geschmack frischer Butter direkt vom Erzeuger kennen zu lernen, hier beginnt die Faszination alltäglichen Umwelthandelns. Hier werden Handlungsalternativen erprobt, die zuvor nicht einmal hypothetisch in Betracht gezogen wurden.

Wie lernt man Umwelthandeln? Konzeptionelle Zugänge sind beispielsweise:

- Sozio-ökologische Umweltbildung (Kyburz-Graber u.a. 1997)
- Modelle der Handlungsintention nach Rost u. a. (Rost 1997, Schahn, Giesinger 1993)
- Theorien der Naturerfahrungsdimensionen (Bögeholz 1999) u.a.)
- Siebenschrittmodell von der Faszination zum Handeln (Berck, Klee 1992)

Bei aller Zeitknappheit im Schul- und Hochschulalltag – bei aller inhaltlichen Verdichtung und Exemplarität – ein Vorgeschmack von Leidenschaft für Fragen an die Natur sollte erkennbar werden. Um diesen Funken Leidenschaft geht es. Und den zu wecken ist eine Kunst – eine didaktische Kunst, die praktisches Tun und theoretische Durchdringung beinhaltet. So wird nicht nur die Natur zum Erlebnis, sondern auch die Wissenschaft von der Natur des Lebendigen. So bereitet es nachhaltiges Vergnügen, sich „ein Bild zu machen“.

## Literatur

Barthel, P. H., Jungmann, W. & Miotk, P. (1988). Natur aus zweiter Hand. Braunschweig: Westermann.

Baumert, J. et al. (Hrsg.) (2001). PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen: Leske & Budrich,.

Benk, A., Jäkel, L., Petermann, H.-B., Rohrmann, S., Scheler, K. & Thierfelder, J. (2002). Die Seminare „Natur und Mensch“ – Erfahrungen aus vier Semestern Zusammenarbeit der Fächer Biologie, Physik, Philosophie und Theologie. In: A. Wellensiek & H.-B. Petermann (Hrsg.), Interdisziplinäres Lehren und Lernen in der Lehrerbildung, 201 – 214. Weinheim und Basel: Beltz.

Berck, K. H. & Klee, R. (1992). Interesse an Tier- und Pflanzenarten und Handeln im Natur- und Umweltschutz. Frankfurt a. M.: Lang.

Bögeholz, S. (1999). Qualitäten primärer Naturerfahrung und ihr Zusammenhang mit Umweltwissen und Umwelthandeln. Opladen: Leske & Budrich.

Defila, R. & Di Giulio, A. (2002). „Interdisziplinarität“ in der wissenschaftlichen Diskussion und Konsequenzen für die Lehrerbildung. In: A. Wellensiek & H.-B. Petermann (Hrsg.), Interdisziplinäres Lehren und Lernen in der Lehrerbildung, 17 – 29. Weinheim und Basel: Beltz

Demuth, S. (2001). Die Pflanzenwelt von Weinheim und Umgebung. Ubstadt-Weiher: Verlag Regionalkultur.

Fischer, E. P. (2002). Die andere Bildung. Was man von den Naturwissenschaften wissen sollte. München: Ullstein.

Gooding, M. & Furlong, W. (2003). Erde, Wasser, Licht. Kunst mit der Natur. Frankfurt/Main: Zweitausendeins.

Jäkel, L. (2005). Alltagspflanzen im Fokus. Botanisches Lernen in Zusammenhängen. Praxis der Naturwissenschaften / Biologie in der Schule 54(3), 15-22.

Jäkel, L. & Rohrmann, S. (2005). Kräfte messen am bunten Gummibärchen – „Organische" Stofferkundung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Praxis der Naturwissenschaften / Biologie in der Schule 54(5), 33 – 43.

Jäkel, L. & Schaer, A. (2004). Sind Namen nur Schall und Rauch? Wie sicher sind Pflanzenkenntnisse von Schülerinnen und Schülern? IDB Münster 13, 1-24.

Körner, S., Nagel A. & Eisel, U. (2003). Naturschutzbegründungen. Bonn – Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz.

Küry, D. (1999). Natur in Ballungsräumen: eine soziokulturelle Perspektive. Forum für Wissen, 21 – 25.

Küster, H. (1999). Naturschutz und Ökologie – Bewahren des Wandels. Biologen heute 5, 1 – 4.

Kyburz-Graber, R. Rigendinger, L., Hirsch, G., Hadorn, W. & Zentner, K. (1997). Sozioökologische Umweltbildung. Umwelterziehung 12. Hamburg: Krämer.

Ladenthin, V. (2003). Wissenschaft am Ende – ihrer Epoche? Über das Verschwinden der Wahrheit in der Welt des Nutzens. Forschung und Lehre 1, 11-13.

Markl, H. (1995). Wohin geht die Biologie? Biologen in unserer Zeit 3, 33 – 38.

Ministerium für Kultur, Jugend und Sport des Landes Baden-Württemberg (2003). Bildungsplan für die Grundschule.

Mohr, H. (1998). Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis. In: H. Schnabl (Hrsg.), Die neue Biotechnologie – Chancen für Deutschland, 189-199. Bonn: Verlag Bouvier.

Morkel, A. (2002). Kann die Universität heute noch zur Bildung beitragen. Eine Skizze. Forschung und Lehre 11, 586-590.

Naturschutzrecht (2002). 9. Auflage. München: Deutscher Taschenbuch Verlag,

Probst, W. (2000). Hängt alles mit allem zusammen? Chancen und Risiken biologischer Bildung. Biologie in der Schule 49, 1 – 5.

Rost, J. (1997). Theorien menschlichen Umwelthandelns. In: G. Michelsen (Hrsg.), Umweltberatung: Grundlagen und Praxis, 63-72, Bonn: Economia-Verlag,

Schahn, J. & Giesinger, T. (Hrsg.) (1993). Psychologie für den Umweltschutz. Weinheim: Psychologie-Verlags-Union.

Schiemann, G. (Hrsg.) (1996). Was ist Natur? Klassische Texte zur Naturphilosophie. München: Deutscher Taschenbuch Verlag.

Schwanitz, D. (2002). Bildung. Frankfurt/Main: Eichborn-Verlag.

Sitte, P. (1999). Jahrhundertwissenschaft Biologie. Die großen Themen. Beck.

Steib, B. & Popp, R. (2003). Albertus Magnus – der große Neugierige. Spektrum der Wissenschaft 11, 70 – 78.

Townsend, C. R., Harper, J. L. & Begon, M. E. (2003). Ökologie. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Winnacker, E.-L. (2005). Über die Zukunftsfähigkeit der Forschung. Bericht des DFG-Präsidenten zur DFG-Versammlung am 6. Juli 2005. Biologen heute Heft 3+4, 24-27.

**Farbbild 1: Dieses Kind ist sichtlich erstaunt, dass der schwere Wachsklotz nicht sinkt**

**Farbbild 2: Kinder überprüfen ihre Vermutungen bei Vollkörpern mit Löchern**

**Farbbild 3: Die Kinder wiegen verschiedene Würfel auf einer Waage**

**Farbbild 4: Kinder tauchen unterschiedlich schwere Würfel in das Wasser: Der Wasserstand bleibt gleich!**

**Farbbild 5: Aufmerksames Beobachten beim Überlaufversuch**

**Farbbild 6: Kinder beim Eintauchen von Bällen: Diese werden vom Wasser herausgeschnellt**

**Farbbild 7: Das Wasser drückt so stark, dass der Bottich mit Kind nicht untergeht**

**Farbbild 8: Kinder beim Herausziehen eines schweren Gegenstandes**

**Farbbild 9: Kinder beladen ihre selbst geformten Knetschiffe**

**Farbbilder 10 und 11: Die Kinder spielen das Kräftespiel nach: Ein Kind symbolisiert das Nach-oben-Drücken des Wassers, das andere Kind die Erdanziehungskraft. Beim Topf „gewinnt“ das Wasser!**

**Farbbild 12: Lebensraum Wattenmeer**

**Farbbild 13: Alpines Hochtal in der Silvretta**

**Farbbild 14: Alpenwiese im Fimbertal/Silvretta, ca. 1700 Meter über dem Meeresspiegel**

**Farbbild 15: Häufig gemähte Wiese vor der Hochschule**

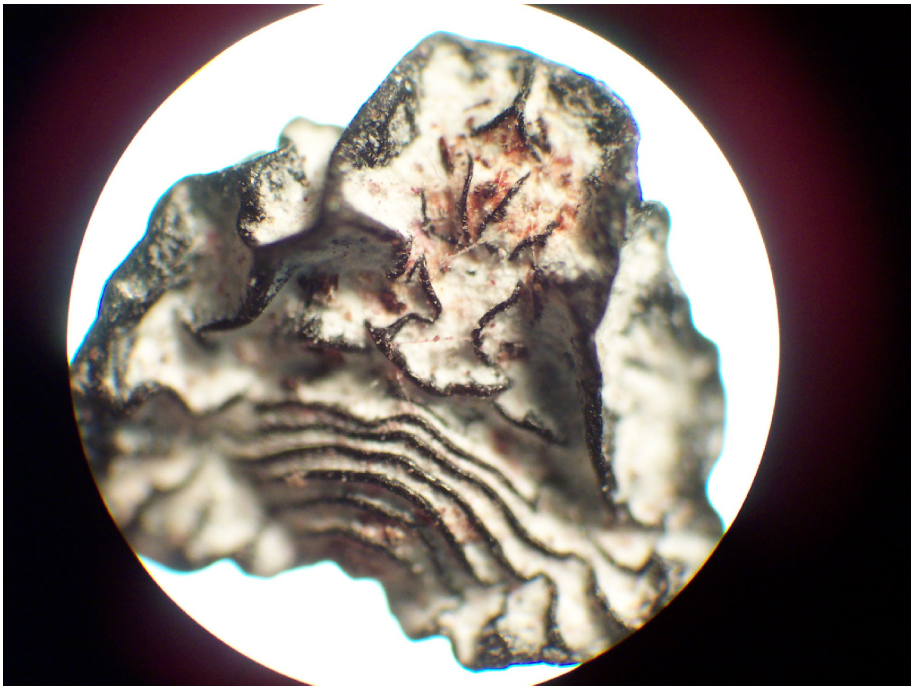
**Farbbild 16: Wiese um die Hochschule nach Reduzierung der Mahd-Häufigkeit**

**Farbbild 17: Schmalbock auf Margerite**

**Farbbild 18: Biene auf Wegwarte**

**Farbbild 19: Elaiosomen der Samen in der Schote vom Schöllkraut**

**Farbbild 20: Albrecht Dürer 1526, Schöllkraut**



**Farbbild 21: Cochenille-Schildlaus unter der Stereolupe**

**Farbbild 22: Peststation im Projekt Zeitreise „Mensch nutzt Natur“ im Ökogarten**

**Farbbild 23: Ein gestrandeter junger Seehund (Heuler) wird durch Studierende auf einer Wattexkursion geborgen**

**Farbbild 24: Mensch, Tier und Pflanze – Stilleben auf Alpenexkursion**

**Farbbild 25: Edelweiß – ein berühmter Korbblüter der alpinen Stufe**

Michael Schallies, Jürgen Storrer und Manuela Welzel
Pädagogische Hochschule Heidelberg

# Innovative Lehr-Lern-Konzepte in der Lehrerbildung. Erfahrungen mit Schul- und Hochschulprojekten

## 1. Einleitung

Die folgenden Ausführungen stammen von den drei Professoren, die das Interdisziplinäre Institut für Naturwissenschaften, Technik und Gesellschaft (NTG-Institut) im Jahre 2001 als Gründungsmitglieder ins Leben gerufen haben. Es wurde als Antwort auf die neuen Herausforderungen in der Bildung gegründet, die nur mit neuartigen und innovativen Konzepten in der Schule gelöst werden können und wofür die Pädagogische Hochschule Heidelberg in einem systemischen Ansatz entsprechende Lehrkräfte ausbildet. In der Institutsordnung ist die diesbezügliche Aufgabenstellung folgendermaßen formuliert:

> *„Das Institut führt Forschungs-, Implementations- und Evaluationsprojekte zu fächerverbindendem bzw. integriertem Lehren und Lernen von Naturwissenschaften und Technik in kulturellen, zivilisatorischen und umweltrelevanten Zusammenhängen durch. Es erarbeitet eine geordnete Neustrukturierung von interdisziplinären Ausbildungskonzepten und dient in Verbindung mit seinen Forschungsaufgaben der Lehre und dem Studium“.*

Die Konzeptionen, die am Institut für Naturwissenschaften, Technik und Gesellschaft vertreten werden, greifen auf die Erfahrungen aus dem angelsächsischen Sprachraum mit Science-Technology-Society-Unterricht (STS-Unterricht) zurück, die in einem Zeitraum von ca. 25 Jahren entstanden sind (z.B. Aikenhead 1992). Aus der Analyse bisheriger Erfahrungen über die Unzulänglichkeiten traditionellen naturwissenschaftlichen Unterrichts und der Evaluation von STS-Unterricht haben wir in den vergangenen Jahren am Institut neuartige Konzeptionen entwickelt. Sie gehen jeweils von konkreten biologischen, chemischen und physikalischen Lehr-Lern-Erfah-rungen aus, konzipieren neue Lehr-Lern-Angebote für Schüler und Lehr-kräfte im gesamten Rhein-Neckar-Dreieck in außerschulischen Lernorten und verknüpfen diese Aktivitäten gleichzeitig mit der eigenen Lehrerbildung an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg, indem Studierende des Lehramtes der naturwissenschaftlichen und technischen Fächer z.B. als Tutoren in diesen außerschulischen Lernorten eingesetzt werden.

An der Hochschule bzw. mit der Hochschule wurden insgesamt drei außerschulische Lernangebote eingerichtet: (1) das Schülerlabor science-live, konzipiert von Prof. Dr. Michael Schallies, das in den Fachräumen der Abteilung Chemie seinen Platz gefunden hat, (2) der Insektenzuchtraum Tropicana, konzipiert von Prof. Dr. Jürgen Storrer und platziert im Fach Biologie sowie (3) das ExploHeidelberg, konzipiert von Frau Prof. Dr. Manuela Welzel mit ihrem Team und gemeinsam mit der Stadt Heidelberg im Technologiepark der Stadt Heidelberg installiert. In den folgenden drei Abschnitten werden die Details dieser Einrichtungen, die Spezifika ihrer Lernangebote und deren Evaluation separat von den jeweiligen Verantwortlichen vorgestellt und diskutiert.

## 2. Schülerlabor science-live (Michael Schallies)

Das Schülerlabor science-live wurde im Juni 2003 eingerichtet. Es entstand aus den Erfahrungen mit der Zukunftswerkstatt Wissenschaft und Technik, einer Kooperation mit der Akademie für Technikfolgenabschätzung des Landes Baden-Württemberg und dem Landesmuseum für Technik und Arbeit in Mannheim (Eysel & Schallies 2003; Schallies 2003; Lembens 2002). Es bietet Schülern der Sekundarstufe I, unabhängig von der Schulart, Erfahrungs- und Experimentiermöglichkeiten zum Lernen im interdisziplinären Themenbereich „Klima und Energie“ an. Für die Initiierung und Unterstützung von Lern– und Entdeckungsprozessen wird jeweils ein Team von geschulten Tutoren bereitgestellt. Es wird in regulären, in den Studienordnungen verankerten Lehrveranstaltungen im Fach Chemie dafür gezielt ausgebildet (Schallies & Nohl 2005). Parallel dazu evaluieren wir die Aktivitäten im Schülerlabor durch eine integrierte Begleitforschung. Sie wird vom Laborleiter Tobias Leonhard verantwortet und von der Hochschule durch Projektmittel gefördert.

Die Lernumgebung wird sowohl aus der Sicht von Schülern und Lehrern als auch der dort eingesetzten Tutoren evaluiert. Herr Leonhard hat eine eigenständige Konzeption für die Ausbildung der angehenden Lehrer als Tutoren als Coaching-Ansatz entwickelt. Dessen Wirksamkeit wird in einem gesonderten Dissertationsvorhaben untersucht (Leonhard & Schallies 2006).

Im Schülerlabor science-live gibt es keine festen Versuchsvorschriften. Vielmehr ist es die Aufgabe der Tutoren, mit den Schülern zusammen zu klären, welche Aktivitäten zur Thematik Klima und Energie im Labor durchgeführt werden können, welche konkreten Versuche geplant, durchgeführt und ausgewertet werden sollen und wie die Versuchsergebnisse einzelner Gruppen anschließend präsentiert und in Zusammenhang mit Versuchsergebnissen anderer Gruppen gebracht werden können. Die Voraussetzungen werden mit jeder Schulklasse und deren Lehrkräften vorab geklärt, insbesondere auch im Hinblick auf die Frage, wie das Experimentieren

im Schülerlabor die reguläre Arbeit im Klassenzimmer unterstützen und fördern kann, und welcher zeitliche Rahmen insgesamt von den Lehrkräften aus der Schule vorgesehen ist (z.B. ein Tagesbesuch von ca. 2,5 Stunden; zwei Tagesbesuche für 5. und 6. Schulklassen im Bereich NWA; oder Projektarbeiten, die sich über einen längeren Zeitraum hinziehen).

Die Konzeption für die Lernaktivitäten der Schüler wurden von unserer Arbeitsgruppe auf dem Hintergrund der Diskussion über „nachhaltige Bildung“ bestimmt (Schallies & Eysel 2004). Der Begriff „Nachhaltige Bildung“ wird hier im Sinne von Huckle und Sterling (Sterling 2000) verwendet, die für die Europäische Kommission eine entsprechende Denkschrift erstellt haben.

Nachhaltige Bildung ist:

| | |
|---|---|
| Contextual | In touch with the real world, particularly sustainability issues. |
| Innovative | Drawing inspiration from new thinking and practice in a variety of fields including the educational field. |
| Focused | Concentration on social development, human ecology, equity and futures. |
| Holistic | Relating to the learning needs of whole persons and groups. |
| Multi- and transdisciplinary | Emphasising on new territory between the disciplines. |
| Empowering | An engaged and participatory process. |
| Critical | Ideologically aware and deconstructive. |
| Balancing | Embracing cognitive and affective, objective and subjective, material and spiritual, personal and collective, etc. |
| Systemic | Paying attention to systemic awareness of relationships, flows, feedbacks, and pattern. |
| Ethical | Extending the boundaries of care and concern from the personal and the now. |
| Purposive | Critically nurturing sustainability values with the intention to assist healthy change. |
| Inclusive | Encompassing all persons, in all areas of life and extending throughout their lifetimes. |

Der zweite wesentliche Aspekt für die Konzeption ist unser Ansinnen, mit den Aktivitäten im Schülerlabor einen Beitrag zum Erwerb von „Wissenschaftsverständnis“ zu ermöglichen. Diese Zielperspektive gilt für Schüler aller Schularten am Ende ihrer Schulzeit und wurde im Rahmen von groß angelegten Schulprojekten mit Kollegen verschiedener Disziplinen (Erziehungswissenschaft; Fachdidaktiken; Ethikern) erarbeitet (Schallies, Wellen-

siek, & Lembens 2002b; Schallies 2002; Schallies, Wellensiek, & Lembens 2002a).
Wissenschaftsverständnis

- umfasst neben Faktenwissen und Folgenabschätzung die Ethik als Ebene der Reflexion.
- begreift Wissenschaft als methodisches Bemühen um Erkenntnis und als soziales Handlungssystem.
- begreift Probleme von Technologien als interdisziplinär und versucht, sie in diesem Sinne zu lösen.
- orientiert sich an der Unterscheidung von technikzentriertem und problemorientiertem Vorgehen.

Unsere pädagogischen Leitlinien, unter die alle Aktivitäten im Schülerlabor gestellt werden, sind:

- Problemorientierte Vorgehensweise.
- Mitgestaltungsmöglichkeiten für Schüler und Tutoren.
- Intensive Betreuung der Schüleraktivitäten durch Tutoren und
- eine kreative Atmosphäre (d.h. ohne Zeitdruck arbeiten; Toleranz gegenüber Fehlern zeigen, vertrauensvolle Zusammenarbeit von Lehrkräften und Schülern).

In den vergangenen Jahren haben wir das Schülerlabor intensiv ausgewertet. Bis zum heutigen Tage sind mehr als 2000 Schüler aller Altersstufen im Schülerlabor zu Forschungsaktivitäten gewesen, es gab verschiedene langfristig angelegte Projekte sowohl mit Einzelschulen als auch mit dem Hector-Seminar, und parallel dazu wurden Lehrerfortbildungsveranstaltungen durchgeführt, um Lehrkräfte mit den Möglichkeiten des Schülerlabors bekannt zu machen. Vor kurzem wurde eine neue Aktivität im Schülerlabor science-live für begabte Grundschüler, die über eine Aktion des Schulamtes des Rhein-Neckar-Kreises vorgeschlagen worden waren, gestartet.

Die Basisdaten bei der Evaluation werden mit einem Fragebogen erhoben, der die Aspekte Selbststeuerung, Betreuung durch Tutoren, Vorwissen und weitere erfasst. Im Rahmen des Artikels soll nur auf zwei Aspekte, die wir für besonders wichtig halten, detailliert eingegangen werden. Es sind dies:

1. die Beurteilung der Schüler zu den Möglichkeiten, selbst „forschen“ zu können. Die Likert-Skala mit den vorgegebenen Auswahlantworten geht von 1 = sehr gut bis 5 = sehr schlecht. Wie die Abb. 1 zeigt, fällt die Bewertung durch die Schüler sehr positiv aus, mit einem Mittelwert von 1,69 bei einer Standardabweichung von 0,891. Hierbei ist zu bedenken, dass dies eine Darstellung der Daten über alle Altersstufen und Schularten hinweg ist.

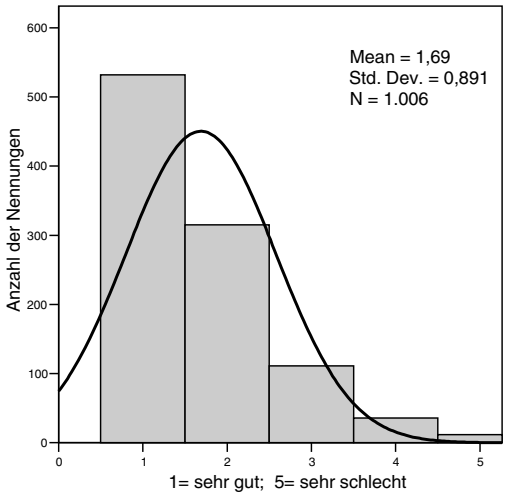



**Abb. 1: Möglichkeit, selbst zu forschen**

Wir schließen aus der insgesamt positiven Bewertung, dass es den Tutoren im Schülerlabor sehr gut gelingt, sich auf die jeweiligen sehr unterschiedlichen Alters- und Klassenstufen einzustellen und jeweils eine adäquate Lehr-Lern-Umgebung für alle zu erzielen.

2. Die Betreuung durch Tutoren fällt sehr ähnlich aus und unterstützt die gerade vorgebrachte Interpretation. (Abb. 2).

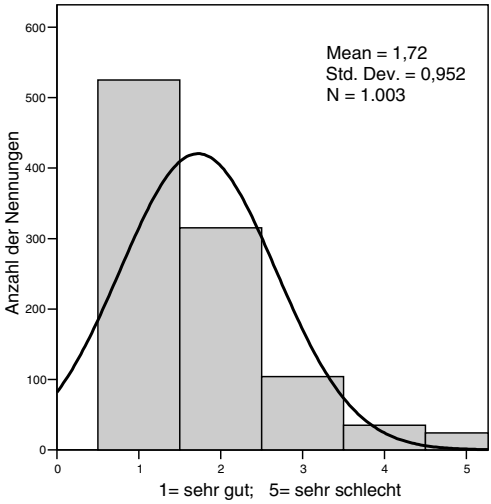



**Abb. 2 : Betreuung durch die Tutoren**

Auch hier zeigt die Auswertung eine sehr positive Beurteilung mit einem Mittelwert von 1,72 und einer Standardabweichung von 0,952. Diese positiven Beurteilungen gehen jedoch nicht auf eine zu leichte Aufgabenstellung

zurück, wie man vielleicht vermuten könnte. Wie Abb. 3 zeigt, wird der Schwierigkeitsgrad der Versuche von den Schülern, wiederum über alle Altersstufen und Schularten hinweg, mit einer annähernden Normalverteilung beurteilt, die Versuche werden also als weder zu schwierig noch zu leicht eingeschätzt.

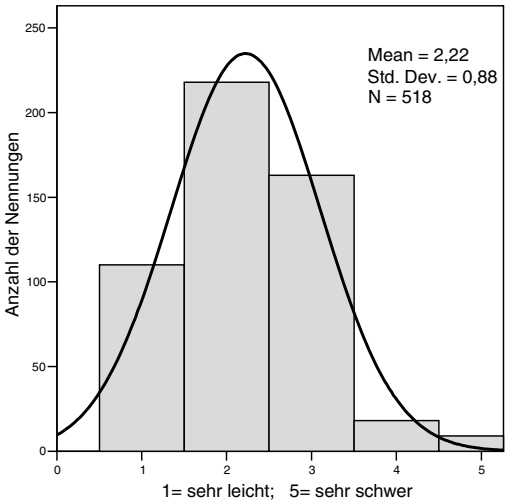



**Abb. 3: Schwierigkeit der Versuche**

Aufgrund der Datenlage gehen wir in einer ersten Bewertung davon aus, dass die Konzeption des Schülerlabors grundsätzlich für die angestrebte Zielsetzung geeignet ist, einen angemessenen Erfahrungsraum für Schüler zum naturwissenschaftlichen Arbeiten bietet und darüber hinaus unseren Studierenden eine intensive und wie wir meinen sehr fruchtbare Erfahrung für die Arbeit mit Schülern durch die Betreuungstätigkeit als Tutor im Schülerlabor ermöglicht. Da die Betreuung durch Lehrveranstaltungen vorbereitet wird, ist ein Modell für eine intensive Praxis-Theorie-Verschränkung im Studium entstanden, das nach unserer Einschätzung die angehenden Lehrer sehr gut für ihre zukünftige Tätigkeit in der Schule vorbereitet.

## 3. Warm, feucht, faszinierend – der Insektenzuchtraum Tropicana an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg (Jürgen Storrer)

### 3.1 Forschung mit Lehre verzahnen

Im Rahmen einer fachdidaktisch ausgerichteten Dissertation, bei der die Interessenförderung durch den Einsatz tropischer Wirbelloser im Unterricht untersucht worden ist, wurde 1995 dieser Zuchtraum eingerichtet (Löwenberg & Storrer 1999). In der bundesweit einzigartigen Einrichtung werden

tropische Insekten, Tausendfüßer, Skorpione, Vogelspinnen, Krebse, Schnecken und andere tropische Wirbellose gehalten und gezüchtet. Diese Hochschuleinrichtung verbindet in besonderem Maße ein Forschungsprojekt mit der Ausbildung von Lehramtsstudierenden, der Weiterbildung von Lehrerinnen und Lehrern und dem Kooperationsprojekt Zoo-Hoch-Schule. In diesem transdisziplinären Kooperationsprojekt (Defila & Di Giulio 2002) werden zwei außerschulische Einrichtungen, nämlich der Zoo Heidelberg und der Insektenzuchtraum Tropicana akteurbezogen und lernwirksam miteinander verknüpft.

### 3.2 Das Kooperationsprojekt Zoo-Hoch-Schule

Nach der Devise: Erleben, was nur wenige erleben, tun, was sonst nur Tierpfleger tun, Experten treffen, die sonst keiner trifft, können Studierende gemeinsam mit Kindern und Jugendlichen Kriterien artgerechter Tierhaltung sinnlich erfahren und handlungsorientiert erschließen. Eingebettet in eine schulische Vor- und Nachbereitung setzen sich Schulklassen am Exkursionstag mit den Ansprüchen von Tieren hinsichtlich Fütterung und Haltung und der individuellen Tierpflege aktiv auseinander.

#### 3.2.1 Die schulische Vorbereitung

Als alltagsnahe und problemorientierte Einführung in das Thema erhalten die Lehrerinnen und Lehrer für die vorzubereitende Schulstunde den Hennenrucksack. In diesem befindet sich neben einer ausführlichen Lehrerhandreichung alle Materialien, die für die so genannte „Hennenstunde“ benötigt werden (s. Abb. 4). In Kleingruppen durchleben die Schülerinnen und Schüler nacheinander spielerisch die drei Haltungsformen „Käfighaltung“, „Bodenhaltung“ und „Freilandhaltung“. Ziel dieser Gruppenarbeit ist die Erkenntnis, dass Verbraucher mit jedem Einkauf entscheiden, welche Lebensbedingungen von Legehennen sie unterstützen.

**Abb. 4: Der Hennenrucksack**

### 3.2.2 Die Exkursion

Am Exkursionstag werden die Schülerinnen und Schüler an der Pädagogischen Hochschule empfangen und in vier Gruppen aufgeteilt. In der Einstimmungsphase werden sie zunächst mit exotischen Tieren aus dem Insektenzuchtraum konfrontiert. Sie dürfen die Tiere auf die Hand nehmen (Abb. 5) und sollen mit den studentischen Betreuern abklären, was alles zu bedenken ist, wenn man diese Tiere artgerecht halten will. Ausgehend von dem gemeinsam erarbeiteten Kriterienkatalog zur Haltung von Tieren wird auf die Zootierhaltung übergeleitet. Dabei haben die vier Teams unterschiedliche Arbeitsschwerpunkte. Team 1 beschäftigt sich mit dem Thema „Unterbringung der Tiere“. Im Stachelschweingehege erfährt diese Gruppe Aspekte der Gehegegestaltung und der Gehegereinigung. Team 2 befasst sich mit der „individuellen Tierpflege“, die bei Pferden und Eseln hauptsächlich aus Fell- und Hufpflege besteht. Diese Arbeiten werden im Gehege der Poitouesel, einer alten, vom Aussterben bedrohten Haustierrasse durchgeführt. Team 3 setzt sich mit dem Thema „Gehegegestaltung und Verhaltensanreicherung“ auseinander. Bei einer artgerechten Haltung von Tieren im Zoo nehmen diese Aspekte einen hohen Stellenwert ein. Dieses Team arbeitet im Gehege der Totenkopfäffchen. Das Team 4 ist die Dokumentationsgruppe. Ihnen wird eine Polaroidkamera zur Verfügung gestellt und ihre Reportertätigkeit während der Exkursion erläutert. Die Sachinformationen zu den jeweiligen Tieren werden den Schülerinnen und Schülern, abhängig von Alter und Schulart, adressatengerecht dargeboten. Dafür sind unterschiedliche Lernstationen entwickelt worden. Sachinformationen zum Lebensraum der Tiere erhalten die Schülerinnen und Schüler zum Beispiel über ein Landschaftspuzzle, an einem gemeinsam auszufüllenden Lückentext werden sie über die Nahrungsgewohnheiten der Tierart informiert. An anderen Lernstationen werden mit Futterkostproben oder mit einem Fußabdruckstempel den Schülerinnen und Schülern weitere Vermittlungshilfen dieser Einstimmungsphase präsentiert (s. Abb. 6).

**Abb. 5: Der direkte Kontakt mit einer Stabschrecke**

**Abb. 6: Die Arbeit an Lernstationen**

Danach geht es zum Zoo, wo sie von Zoopädagogen begrüßt und hinter die Kulissen geführt werden. Dort lernen sie in der Futterküche die täglichen Arbeiten zur Futterzusammenstellung kennen, können in den Kühlräumen die Fleisch- und Gemüsevorräte bestaunen und sich selbst an der Futterzubereitung für ihre Tiere beteiligen. Danach gehen die Teams zu ihren Tiergehegen. Begleitet werden sie dabei von den Tierpflegern und von Studierenden der Pädagogischen Hochschule Heidelberg, die dadurch Gelegenheit erhalten, sich mit komplexen Themen und Problemen der Zootierhaltung praxisnah auseinanderzusetzen. Im Vordergrund dieses Projektteils steht der direkte Kontakt zu Tieren, das heißt, die Teams dürfen in die Tiergehege hinein (s. Abb. 7 und 8). Sie erleben dabei die Perspektive der Tiere im Gehege und nicht wie Zoobesucher den Blick in das Gehege. Die Änderung des gewohnten Blickwinkels fördert einerseits die intensive Auseinandersetzung mit den Tieren und deren Lebensweise und lässt andererseits den direkten Kontakt mit Tieren zu. Die Arbeit im Gehege macht aus üblicherweise distanzierten Besuchern junge motivierte Experten. Im Anschluss an diesen praxisnahen Teil, der von Team 4 in Wort und Bild dokumentiert wird, geht es zurück zur Pädagogischen Hochschule Heidelberg. Dort angekommen werden alle wichtigen Aspekte der Tierhaltung noch einmal aufgegriffen und gemeinsam aufgearbeitet. Dabei informiert jede Expertengruppe in Form eines Gruppenpuzzles (Aronson 2006) die Schüler über ihre Tätigkeiten und Ergebnisse. Die gesammelten Erkenntnisse der jungen Experten zu ihrer jeweiligen Tierart werden gemeinsam auf einem Arbeitsblatt bzw. einer Folie zusammengefasst. Ziel dieser reflektierenden Phase ist die Genese einer fundierten und differenzierten Sichtweise zur artgerechten Haltung von Tieren. Die von einer Mixgruppe ausgefüllte Overhead–Folie erhält der Lehrer, um sie als Einstieg für die schulische Nachbereitung zu verwenden.

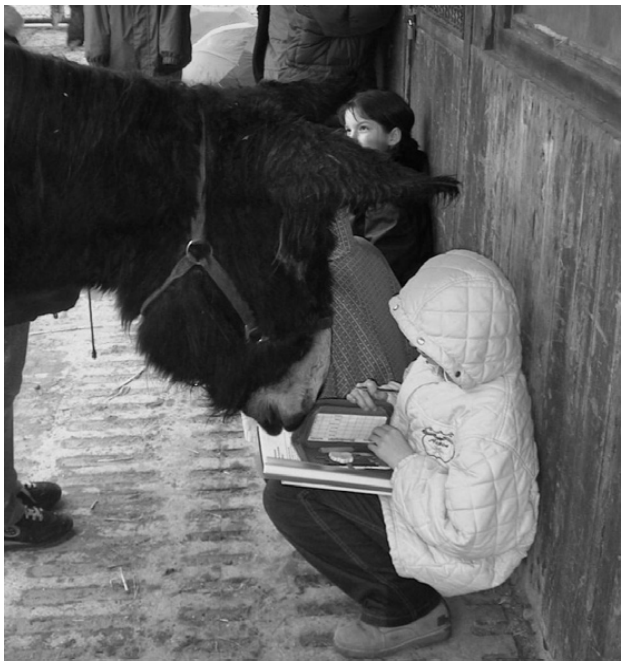


**Abb. 7: Projektarbeit in den Tiergehegen: bei den Poitoueseln**

**Abb. 8: Das Highlight im Affengehege**

### 3.3 Exotische Wirbellose als Mini-Zoo im Klassenzimmer

Eine Besonderheit des Zoo-Hochschul-Projektes ist, dass im Rahmen der schulischen Nachbereitung die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit erhalten, artgerechte Tierhaltung auch in der Schule in Eigenverantwortung einüben zu können (Storrer 2004). Im Sinne des Projektgedankens muss sich die Klasse zunächst in ihrer Gesamtheit dafür entscheiden, die Pflegeaufga-

ben für bestimmte Tierarten, z. B. für Riesentausendfüßer oder Gespenstschrecken, über längere Zeit zu übernehmen. Alle im Insektenzuchtraum gehaltenen Wirbellosenarten können in beheizten Klassenräumen dauerhaft und problemlos gehalten und nachgezüchtet werden. Nachdem die Schülerinnen und Schüler sich mit der Lebensweise der Tiere beschäftigt und sich zur artgerechten Haltung selbstständig entsprechende Informationen beschafft und uns diese per Mail mitgeteilt haben, erhalten sie von uns die Tiere und die Terrarien, die sie gemeinsam verhaltensgerecht einrichten. Die Verantwortung für das Wohlergehen der Tiere liegt ab diesem Zeitpunkt allein bei den Schülern. Die Tierhaltung im Klassenzimmer ermöglicht den Schülern, ihren eigenen Einsatz zur artgerechten Haltung dieser Tiere täglich zu überprüfen und zu hinterfragen (bzw. sich auch von anderen Personen fragen zu lassen). Die Reflexion über das Projektthema vollzieht sich damit kontinuierlich und differenziert bei jedem Einzelnen.

### 3.4 Tutorentätigkeit im Zoo-Hoch-Schul-Projekt

Das Kooperationsprojekt ist mit der Ausbildung von Lehramtsstudierenden im Fach Biologie eng verzahnt (Kröhn et al. 1996). In der Lehrveranstaltung Zoopädagogik I, einem zweistündigen Seminar, erwerben die Teilnehmerinnen und Teilnehmer zunächst die grundlegenden fachlichen und methodischen Kompetenzen. Im Rahmen des darauf aufbauenden Seminars Zoopädagogik II betreuen die Studierenden als Tutorinnen und Tutoren die Schülergruppen während des Exkursionstages. Zusammen mit den Tierpflegern ermöglichen sie den Kindern den emotionsreichen unmittelbaren Kontakt zu den Tieren, unterstützen sie bei den Arbeiten im Gehege und stehen den Kindern als Experten in Sachen Beobachtung, Beschreibung und Tierhaltung zur Verfügung. Dadurch wird erreicht, dass sich Studierende bereits während ihrer Ausbildung mit der formalen Gestaltung von außerschulischem Unterricht auseinandersetzen können. Mit dieser engen Verzahnung von Studium und Schulpraxis soll erreicht werden, dass solche Erfahrungen später in die eigene Unterrichtspraxis einfließen und so das Lehren und Lernen von Naturwissenschaften in einen lebensweltlichen, Fächer verbindenden Kontext gestellt wird. Der von uns verfolgte inhaltliche Schwerpunkt „Tiere halten bedeutet, Verantwortung für die Tiere zu übernehmen“ findet in diesem Kontext einen praxisnahen Eingang in den persönlichen Bereich jedes Einzelnen. Darüber hinaus bietet das Zoo-Hoch-Schul-Projekt ein unvergessliches Highlight in einem üblicherweise wenig auf integrative Partizipation und emotionale Eingebundenheit ausgerichteten Schulalltag.

## 4. Das ExploHeidelberg (Manuela Welzel)

Das ExploHeidelberg ist 2001 als ein Kooperationsprojekt der Stadt Heidelberg mit der Pädagogischen Hochschule Heidelberg und Institutionen aus Wirtschaft und Wissenschaft entstanden. Ziel dieser Einrichtung ist es, am Wissenschaftsstandort Heidelberg Brücken zu bauen, bestehende Netzwerke zu nutzen sowie neue Netzwerke zu entwickeln, um naturwissenschaftlich-technische Bildung zu fördern. Alle gesellschaftlichen Bereiche sollen dabei möglichst einbezogen werden – aus unserer Sicht auch die Ausbildung angehender Lehrerinnen und Lehrer.

Für die Öffentlichkeit ist das ExploHeidelberg ein interaktives Zentrum mit naturwissenschaftlichem Bildungsangebot – derzeit mit einer interaktiven Ausstellung zu den Themen „Wahrnehmen mit Augen und Ohren“ und „Hier bewegt sich doch was!“. Kinder, Erwachsene, Lehrer und Wissenschaftler können zu diesen Themen Grundphänomene der Optik, Akustik und Mechanik in gemeinsamen Experimenten und Projekten spielerisch auf neue Weise erleben. Im Rahmen der interdisziplinären, erlebnis- und professionsorientierten Ausbildung von Lehramtsstudierenden bietet das ExploHeidelberg Möglichkeiten in drei verschiedenen Aktionsfeldern: Man findet naturwissenschaftliche Lernangebote, Studienangebote und fachdidaktische Forschungsmöglichkeiten in der interaktiven wissenschaftlichen Ausstellung, einem dazugehörigen Medienlabor und einem Lernlabor. Es bietet in allen drei Bereichen interaktive Angebote und Versuche, unterstützt von pädagogischen Programmen, damit naturwissenschaftliche Phänomene und Erkenntnisse auf spontan verständliche Weise zum Beispiel über Workshops zu den Themen der Ausstellung, aber auch ergänzend, über Rallyes oder Shows kreativ vermittelt werden können. Im Medienlabor steht ein PC-Pool mit Internetzugang an 12 Arbeitsplätzen, ein Webcast-Studio und z.T. eigens entwickelte Software zur Verfügung. Das Lernlabor ist ein S1-Labor mit Ausstattung für molekularbiologische Experimente und bietet Experimentierkurse für die Sekundarstufe II.

## 5. Die Physiklehrerausbildung an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg

Viel zu oft wird die Physik in den Schulen zu theoretisch, mathematisiert und dadurch für viele nicht mehr verstehbar unterrichtet. Der Wert einer naturwissenschaftlichen Grundbildung droht so verloren zu gehen. Naturwissenschaftlich-technische Ausbildungs- und Studiengänge suchen zunehmend nach qualifiziertem Nachwuchs. Der wiederum sucht sich andere Disziplinen. Dabei sind die Naturwissenschaften – auch die Physik – durchaus faszinierend und interessant. Für die gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung sind naturwissenschaftliche Erkenntnisse von unschätzba-

rem Nutzen. So ist es nachvollziehbar, dass der motivierenden Ausbildung in naturwissenschaftlichen Bereichen – insbesondere der Physik – mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden muss. Die Physiklehrerausbildung steht in der Pädagogischen Hochschule Heidelberg bewusst unter dem Stichwort „Erlebnis– und Professionsorientierung". Wir wollen Lehrerinnen und Lehrer ausbilden, die selbst Lernprozesse erlebnisorientiert und kognitiv anregend initiieren können – in ihrem Unterricht und an außerschulischen Lernorten. Die Studierenden sollen lernen, Andere für die Physik zu begeistern und dabei selbst verschiedenste, vorwiegend qualitative Wege und Möglichkeiten kennen lernen und erproben.

Im Physiklehrerstudium an der Pädagogischen Hochschule stehen Kompetenzerleben, Selbstbestimmung und soziale Eingebundenheit als die bedeutendsten Motivationskriterien im Mittelpunkt (Deci & Ryan 1993). Nur wenn alle drei Kriterien gleichzeitig erfüllt sind, bleibt die Motivation, sich mit einem bestimmten Thema weiter auseinander zu setzen, auch wirklich erhalten. Des Weiteren werden Ergebnisse der Lernprozessforschung (v. Aufschnaiter & Welzel 1997) konsequent umgesetzt: Systematisch aufeinander aufbauende Lernumgebungen ermöglichen das Lernen und Lehrenlernen von Physik ausgehend von konkreten Erfahrungen und deren Reflexion in beiden Bereichen.

Die Erlebnisorientierung beim Physiklehrerstudium wird über vier Schritte umgesetzt:

1. Schritt: Die Studierenden müssen zunächst Phänomene selbst erleben, manipulieren, beobachten, beschreiben, reflektieren, vernetzen, erklären, ...
2. Schritt: Die Studierenden müssen Phänomene interessant vermitteln lernen, die Aktivität der Lerner fördernde Unterrichtsmethoden kennen, erproben und bewerten, ihr eigenes Lehrerhandeln reflektieren Schüler-Lernprozesse beobachten.
3. Schritt: Die Studierenden bearbeiten interdisziplinäre Projekte, um ihr Fachwissen zu vernetzen.
4. Schritt: Die Studierenden absolvieren verschiedene Schulpraktika und lernen so bereits in ihrer ersten Ausbildungsphase Classroom-Management.

Das Lernen von Physik geschieht grundsätzlich als Verschränkung von Fachdidaktik mit Fachwissenschaft in authentischen Lernumgebungen (Roth 1995) auf vier Ebenen:

1. Ebene: Sammeln vielfältiger Erfahrungen im Experimentieren.
2. Ebene: Aufbau elementarer fachwissenschaftlicher Grundlagen.
3. Ebene: Schulversuche mit hohem Erlebnisgehalt unter Berücksichtigung von Lernbedürfnissen, Vorstellungen und Lernschwierigkeiten der Schüler kennen, durchführen, bewerten und erklären.

4. Ebene: Selbstständige Planung und Erprobung von Versuchen zu verschiedenartigen physikalischen und interdisziplinären Problemstellungen.

## 6. Einbezug des ExploHeidelberg in die Lehrerausbildung

Da das ExploHeidelberg als außerschulischer Lernort der Öffentlichkeit zur Verfügung steht und in Kooperation mit der Pädagogischen Hochschule Heidelberg konzipiert wurde und weiterentwickelt wird, stellt es einen hervorragenden Ausbildungsort für angehende Lehrerinnen und Lehrer dar.

Im Rahmen von Seminaren entwickeln und erproben die Studierenden interaktive Lernstationen für das ExploHeidelberg als außerschulischem Lernort bzw. für naturwissenschaftlich–technische Erlebnistage wie zum Beispiel für *explore science 2006* (siehe 2. und 3. Schritt der Ausbildung). Dabei lernen sie zu verstehen, welche Kontextbedingungen außerschulische Lernumgebungen im Gegensatz zu schulischen setzen, wie in diesen spezifischen Lernumgebungen Lernanreize für Schülerinnen und Schüler beschaffen sein müssen und wie man Besuche außerschulischer Lernorte in den Schulalltag sinnvoll integrieren kann. Die Aktivität der Lernenden an einem solchen Lernort steht hier im Vordergrund. Dass diese Möglichkeiten für unsere Studierenden interessant sind, zeigt die überdurchschnittliche Beteiligung in den betreffenden Seminaren. Die Teilnehmerzahlen sind hier besonders hoch.

Lehramtsstudierende können außerdem als Tutorinnen oder Tutoren Besucher(-gruppen) im ExploHeidelberg betreuen. Dies ist innerhalb von Praktika aber auch ganz freiwillig möglich. Derzeit beschäftigen wir etwa 20 Studierende in der interaktiven Ausstellung. Da in das ExploHeidelberg Besuchergruppen unterschiedlichen Alters und Hintergrunds kommen, können die Studierenden verschiedenste Kommunikations- und Interaktionsstrategien in einer authentischen Lehr-Lern-Situation kennen lernen und erproben.

Zusätzlich helfen Lehramtsstudierende bei Fortbildungsveranstaltungen im und bei externen Präsentationen des ExploHeidelberg mit.

Im Rahmen von Wissenschaftlichen Hausarbeiten und Diplomarbeiten entwickeln und erproben Studierende neue interaktive Exponate und Workshops oder erforschen Lernprozesse in der interaktiven Ausstellung und im Medienlabor.

Inwieweit das Lehren und Lernen im ExploHeidelberg den selbst gesetzten Zielstellungen entspricht, wird systematisch evaluiert. Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung werden die Besucher kontinuierlich befragt. Dadurch können die Angebote schrittweise optimiert werden. Die Erweiterung der Angebote wird über die wissenschaftlich begleitete Entwicklung und Erprobung von neuen interaktiven Exponaten organisiert. Im

Rahmen zweier Dissertationen wurde und wird zum Beispiel eine gendersensitive computergestützte Lernumgebung entwickelt und das Angebot einer gezielten Lehrerfortbildung zur Einbindung außerschulischer Lernorte in den Unterrichtsalltag untersucht.

Inzwischen begrüßt das ExploHeidelberg ca. 800–1000 Besucher monatlich. Es ist zu einem festen und wichtigen Partner der Lehrerausbildung und der fachdidaktischen Forschung geworden.

Weitere Informationen zum ExploHeidelberg und zu dessen Einbindung in Forschung und Lehre an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg sind unter den folgenden Internetadressen zu finden: http://www.explo-heidelberg.de und http://www.ph-heidelberg.de/org/physik.

## Literatur

Aikenhead, G. (1992). The Integration of STS into Science Education. Theory Into Practice, 31, 27–35.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift für Pädagogik, 39, 223–238.

Defila, R. & Di Giulio A. (2002). „Interdisziplinarität“ in der wissenschaftlichen Diskussion und Konsequenzen für die Lehrerbildung. In: A. Wellensiek & H. B. Petermann (Hrsg.), Interdisziplinäres Lehren und Lernen in der Lehrerbildung. Perspektiven für innnovative Ausbildungskonzepte, S. 17–29. Weinheim: Beltz.

Eysel, C. & Schallies, M. (2003). Zukunftswerkstatt Wissenschaft und Technik – die Begleitforschung im Laboratorium. In: A. Pitton (Hrsg.), Außerschulisches Lernen in Physik und Chemie, 23, S. 99–101. Münster: LIT Verlag.

Kröhn, B., Löwenberg, A. & Storrer, J. (1996). Erlebnis- und handlungsorientierte Umwelterziehung: Einbindung von Lebendmaterial in die fachdidaktische Ausbildung von Lehramtsstudierenden. Tagungsband Symposium ’96. Entwicklung und Fortschritte in der modernen Lehrerausbildung. Ankara: Hacettepe Universität.

Lembens, A. (2002). Mitgestaltung der Zukunftswerkstatt Wissenschaft und Technik durch eine Schüler-AG. In: A. Pitton (Hrsg.), Zur Didaktik der Chemie und Physik, 105–107.

Leonhard, T. & Schallies, M. (2006). Coaching als Ansatz für eine wissenschaftliche Lehrerbildung? Grundfragen, Forschungsvorhaben und Zwischenergebnisse. In: A. Pitton (Hrsg.), Lehren und Lernen mit neuen Medien, 26, 192–194.

Löwenberg, A. & Storrer. J. (1999). Die Haltung von exotischen Wirbellosen im Klassenzimmer – eine Möglichkeit zur Interessenförderung. In: H. Bayrhuber et al. (Hrsg.), Lernen im Biologieunterricht. 12. Internationale Fachtagung der Sektion Biologiedidaktik, S. 30–31. Salzburg,: Institut für Didaktik der Naturwissenschaften.

Roth, W.-M. (1995). Authentic school science: Knowing and learning in open-inquiry laboratories. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishing.

Schallies, M. (2002). Naturwissenschaftlicher Unterricht im neuen Jahrhundert. Biologie in unserer Zeit, 32, 50–57.

Schallies, M. (2003). Zukunftswerkstatt Wissenschaft und Technik. In: A. Pitton (Hrsg.), Außerschulisches Lernen in Physik und Chemie, 23, S.102–104. Münster: LIT Verlag.

Schallies, M. & Eysel, C. (2004). Learning beyond School: Establishing a Laboratory for Sustainable Education. Chemistry Education: Research and Practice 5(2), 111–116 (http://www.uoi.gr/cerp).

Schallies, M. & Nohl, T. (2005). Selbstgesteuertes Lernen im Schülerlabor? Eine integrierte Konzeption für Lehren und Lernen von Naturwissenschaften. In: A. Pitton (Hrsg.), Relevanz fachdidaktischer Forschungsergebnisse für die Lehrerbildung, 25, 170–172.

Schallies, M., Wellensiek, A. & Lembens, A. (2002a). Interdisziplinarität in Theorie und Praxis – Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt Schule Ethik Technologie (SET). In: A. Wellensiek & H.-B. Petermann (Hrsg.), Interdisziplinäres Lehren und Lernen in der Lehrerbildung, S.188–200. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.

Schallies, M., Wellensiek, A. & Lembens, A. (2002b). The Development of Mature Capabilities for Understanding and Valuing in Technology through School Project Work: Individual and Structural Preconditions. International Journal of Technology and Design Education, 12, 41-58.

Sterling, S. (2000). Issues within and challenges beyond environmental education. In: European Commission – Directorate-General for Environment (Hrsg.), Environmental education and training in Europe. Brussels, 3 and 4 May 1999. Conference proceedings, S.61–69. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Storrer J. (2004). Ein Minizoo im Klassenzimmer: Terrarien mit exotischen Insekten einrichten, pflegen und beobachten lassen. Grundschule Sachunterricht, Heft 21, 28–29.

von Aufschnaiter, S. & Welzel, M. (1997). Wissensvermittlung durch Wissensentwicklung: Das Bremer Komplexitätsmodell zur quantitativen Beschreibung von Bedeutungsentwicklung und Lernen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 3(2), 43–58.

Internetliteratur:

Aronson Elliot (2006). Jigsaw in 10 Easy Steps. URL: http://www.jigsaw.org/steps.htm, Stand 22.02.2006.

Anja Lembens, Pädagogische Hochschule Heidelberg, und
Angela Risch, Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg

# Wie Naturwissenschaft bildet – Spitzenforschung, Lehrerbildung und Schule vereint im EU-Projekt Pallas Athene

## 1. Einleitung

Als ein zentrales Kriterium für gelungene naturwissenschaftliche Bildung gilt die Entwicklung eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses. Im EU-Projekt Pallas Athene[1] soll durch Kooperation und Auseinandersetzung von Lehramtsstudierenden und Schulklassen mit Wissenschaftlerinnen u.a. die Entwicklung eines solchen angemessenen Wissenschaftsverständnisses bei Lehramtsstudierenden und Schülerinnen und Schülern angebahnt werden.

## 2. Habe ich das richtig verstanden?

„Habe ich das richtig verstanden?“ Der junge Mann im Publikum springt auf und begibt sich auf die Bühne. „Sie meinen, Sie können Menschen mit guten und schlechten Genen voneinander unterscheiden?“ Er unterbricht damit den Vortrag von Frau PD Dr. Risch vom Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) in Heidelberg. Die Wissenschaftlerin sprach gerade über das Risiko verschiedener Individuen für die Entwicklung von Lungenkrebs durch das Rauchen. Der junge Mann fährt fort: „Es gibt also gute Genvarianten, die in den Körperzellen dafür sorgen, dass Schadstoffe z.B. aus dem Zigarettenrauch entgiftet werden und solche Varianten, die zu einer Anreicherung von giftigen Stoffen im Körper führen.“ Die Wissenschaftlerin scheint durch die Störung ihres Vortrags nicht im Geringsten irritiert zu sein. Das liegt daran, dass dies alles Teil der sorgfältig geplanten Dramaturgie dieses Abends ist (vgl. Bertram 2006[2]).

Die abwechslungsreiche Präsentation im Rahmen des Dienstagsseminars in der Aula der Pädagogischen Hochschule Heidelberg ist das Ergebnis der einsemestrigen Arbeit von Studierenden des Lehramts aus dem Seminar „Lehren und Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht“ im Fach Chemie unter Leitung von Frau Dr. Lembens in Kooperation mit Frau PD Dr. Risch aus der Abteilung Toxikologie und Krebsrisikofaktoren am DKFZ und einer zehnten Klasse der St. Raphael-Realschule (B. Huppertz) in Hei-

delberg. Wie es zu dieser Zusammenarbeit kam und was sich die Verantwortlichen davon versprechen, das soll im Folgenden erläutert werden.

## 3. Im Spannungsfeld von Wissenschaft und Gesellschaft

Wie können schwierige naturwissenschaftliche Sachverhalte adressatengerecht und allgemeinverständlich dargestellt und vermittelt werden? Diese grundlegende Frage stellt sich jedem Naturwissenschaftslehrer nahezu täglich aufs Neue. Insbesondere nachdem als Reaktion auf TIMSS und PISA von der Kultusministerkonferenz am 16.12.2004 verbindliche nationale Bildungsstandards auch für die naturwissenschaftlichen Fächer festgelegt wurden. Erstmals finden wir in unseren Bildungsplänen für die naturwissenschaftlichen Fächer vier Kompetenzbereiche, von denen lediglich einer auf die Vermittlung von *Fachwissen* abzielt. Daneben sollen zukünftig *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung* naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und Ziele Eingang in den naturwissenschaftlichen Unterricht finden. Betrachtet man das bestehende Spannungsverhältnis zwischen Wissenschaft und Gesellschaft, waren diese Änderungen und die damit verbundenen Forderungen nach einer angemessenen naturwissenschaftlichen Grundbildung für jeden Bürger unserer Gesellschaft längst überfällig.

In unserem Alltag sind wir vom Einkauf unserer Lebensmittel über die Nutzung von Mobiltelefonen bis zur Einnahme von Medikamenten dauernd gefordert Entscheidungen zu treffen, die Konsequenzen für uns und unsere Mitmenschen haben oder haben könnten. Andererseits empfinden viele ein gewisses Ohnmachtsgefühl, wenn es um politische Entscheidungen über die Anwendung von Erkenntnissen aus Forschung und Technologie geht, die anscheinend oder tatsächlich über unsere Köpfe hinweg gefällt werden. Gleichzeitig wird in aktuellen Untersuchungen festgestellt, dass sich Schülerinnen und Schüler insgesamt nicht sonderlich gut auf aktuelle Probleme aus Wissenschaft und Technologie vorbereitet fühlen. Mädchen empfinden diesen Mangel mit zunehmendem Alter gravierender als Jungen (Lembens 2004). Die Schulforschung weist außerdem nach, dass der klassische naturwissenschaftliche Unterricht bei Schülerinnen und Schülern ein Bild von Wissenschaft erzeugt, das sich vielfach im Lernen von Fakten und empirischen Aussagen erschöpft und deshalb kein echter Lernsinn entwickelt werden kann (Wellensiek 2005, Lembens 2004). Ein solcher Lernsinn erschließt sich oft erst dann, wenn das Faktenwissen kontextuell eingebettet ist und dadurch eine Bedeutung für die Lernenden erhält. Hier wird das Bedürfnis offensichtlich, die Welt als Ganzes zu verstehen und das Gelernte jeweils einordnen und miteinander in überzeugende Zusammenhänge bringen zu können. Diesem berechtigten Anspruch kann Schule jedoch derzeit und solange sie am getakteten Fächerkanon festhält, nicht gerecht werden.

Das Verhältnis von Gesellschaft und Wissenschaft wird seitens der Technikfolgenforschung wie folgt charakterisiert:

*„Als Urheber neuer Entwicklungen und Erkenntnisse sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler besonders ausgezeichnet und verpflichtet, zu diesen Entwicklungen Stellung zu beziehen und Verantwortung zu übernehmen, sie besitzen jedoch für die Bewertung der Ziele, Zwecke und Folgen der Forschung keineswegs mehr Autorität als die Bevölkerung“* (Skorupinski 1996, S. 280).

Eine hohe wissenschaftliche Kompetenz erhöht demnach nicht die moralische Kompetenz (vgl. auch Kohlberg 1995 und Oser & Althoff 2001) der Wissenschaftler. Die sich daraus ergebende Anerkennung der Laien mit ihrem Recht auf Information und gleichberechtigte Mitsprache ist die notwendige Basis, die einem gleichberechtigten Vermittlungsverhältnis zwischen Gesellschaft und Wissenschaft zugrunde liegt.

Anstrengungen seitens der Wissenschaft mit dem Programm „Public Understanding in Science and Humanities“ (PUSH), die Einrichtung von Kinderuniversitäten, science labs etc. sind Ausdruck des Bemühens, dieses Spannungsverhältnis in ein Vermittlungsverhältnis zu verwandeln. Der Erfolg dieser Vorhaben wird davon abhängen, ob mit den Aktivitäten die bevormundende Vermittlung bereits vorhandener Wissensbestände und/oder (vermeintliche) Akzeptanzförderung verfolgt wird, oder ob durch die Öffnung von Wissenschaft ein reflektierender, ungleich schwierigerer Dialog mit Laien möglich wird[3]. Aus diesem bereits oben skizzierten Vermittlungsmodell ergeben sich notwendige Veränderungen von Strukturen, Haltungen und Kompetenzen sowohl aufseiten der Wissenschaft als auch der Laien. Voraussetzungen für das jeweils notwendige Abwägen von Vor- und Nachteilen (natur-)wissenschaftlicher Erkenntnisse und Anwendungen sind Orientierungswissen, prozedurales Wissen, das Erkennen von Wertvorstellungen sowie die Fähigkeit, Erkenntnisse und Entscheidungen kommunizieren zu können (vgl. Dubs 2002). Diese Kompetenzen entstehen jedoch nicht spontan oder durch biologische Reifung, sondern müssen frühzeitig angelegt und entwickelt werden. Aus diesem Grund ist es aus naturwissenschaftsdidaktischer Sicht notwendig, sie als festen Bestandteil in der schulischen Bildungsarbeit zu etablieren.

Nationale wie internationale Befunde belegen, dass diese, auch als Scientific Literacy bezeichneten Kompetenzen, durch unseren gegenwärtigen Unterricht nicht erreicht werden (Shamos 1995). Um ein angemessenes Wissenschaftsverständnis bei Schülerinnen und Schülern anzubahnen, reicht es nicht, sich um eine größere Vielfalt methodischer Varianten im Unterricht zu bemühen. Vielmehr geht es um ein grundlegend verändertes Verständnis von naturwissenschaftlichem Unterricht und dessen Zielen (vgl. Eckebrecht & Schneeweiß 2003). Das wiederum impliziert die Notwendigkeit eines Umdenkens auf der Ebene der Naturwissenschafts-

lehrerinnen und -lehrer. Von den Lehrenden wird erwartet, dass sie Lernumgebungen bereitstellen, die den Schülerinnen und Schülern Möglichkeiten zur aktiven Auseinandersetzung mit der Natur der Naturwissenschaften bieten. Die Natur der Naturwissenschaften beinhaltet neben den fachwissenschaftlichen Inhalten Aspekte aus dem *erkenntnistheoretischen* Bereich (Welches Verhältnis besteht zwischen Wissenschaft und Wirklichkeit?), dem *wissenschaftstheoretischen* (Was sind Naturwissenschaften?) und dem *wissenschaftsethischen* Bereich (Wie viel Technik braucht der Mensch?) (vgl. Grygier, Günther & Kircher 2004). Den Lernenden soll im Unterricht Gelegenheit gegeben werden zu erkennen, dass beispielsweise

- naturwissenschaftliches Wissen immer einen vorläufigen Charakter hat,
- die Kultur, in der ein Wissenschaftler sozialisiert wird, Einfluss auf seine Herangehensweise an naturwissenschaftliche Fragestellungen hat,
- Beobachtungen immer theoriegeladen sind,
- Naturwissenschaften Teil unserer sozialen und kulturellen Tradition sind,
- usw. (vgl. McComas, Clough & Almazroa 2000).

## 4. Konsequenzen für die Lehreraus- und -weiterbildung

Lernumgebungen zu gestalten und Unterrichtsgespräche zu moderieren, die geeignet sind, solche Erkenntnisse zutage zu fördern, sind höchst anspruchsvolle und voraussetzungsreiche Aufgaben. Ein grundsätzliches Problem, das der gebotenen Veränderung des traditionellen Unterrichts entgegensteht, ist die Neigung der Lehrenden ihren Unterricht genau so zu gestalten, wie sie ihn in ihrer eigenen Schulzeit erlebt haben. Schließlich sind sie mit diesem System seinerzeit „gut gefahren“. Diese Unterrichtskultur erweist sich als höchst veränderungsresistent, nicht zuletzt auch deshalb, weil die Lehrveranstaltungen an den Hochschulen ebenfalls oft noch in sehr traditioneller Weise durchgeführt werden. Auf allen diesen Ebenen ist eine Vernachlässigung der Tatsache zu beklagen, dass Wissen nicht einfach abgespeichert wird, sondern von jedem Individuum aktiv konstruiert werden muss. Meist haben weder Schülerinnen und Schüler noch Lehrerinnen und Lehrer eine angemessene Vorstellung davon, wie Lernen nach neuestem psychologischen und neurophysiologischen Wissensstand funktioniert. Es dominiert nach wie vor die Auffassung, dass Wissen vom Lehrenden zum Lernenden transportiert werden kann, entsprechend passiv ist das Lernverhalten der Schülerinnen und Schüler im Unterricht (vgl. Grygier, Günther & Kircher 2004).

Diese Befunde sind eine große Herausforderung für die Hochschuldidaktik. Angehende Lehrerinnen und Lehrer müssen in die Lage versetzt

werden, Unterricht so gestalten zu können, dass sowohl lernpsychologische Aspekte berücksichtigt werden als auch der Komplexität der Natur der Naturwissenschaften Rechnung getragen wird. Hierzu bietet sich die Durchführung von Projektseminaren an, wie sie im Zusammenhang mit dem Projekt Pallas Athene stattfinden. Die Studierenden werden unmittelbar in reale Fragestellungen eingebunden und müssen im Verlauf des Semesters immer wieder Abwägungen und Entscheidungen bezüglich der Lerngegenstände und Lernmethoden treffen, die sie für die ausgewählte Zielgruppe für geeignet halten. Das Gesamtprojekt Pallas Athene verfolgt neben den hier beschriebenen hochschuldidaktischen Aspekten weitere Ziele auf verschiedenen Ebenen.

## 5. Ziele des Projekts

Das Projekt „Pallas Athene – Ambassadors for Women and Science. Use of best practice instruments to strengthen women in research“ ist im Rahmen des Sixth Framework Programme der Europäischen Union (Contract no: 017728) angesiedelt. Es ist in die Gesamtthematik „Science and Society“ eingebettet und wird an sechs Standorten der Helmholtz-Gemeinschaft durchgeführt. Pallas Athene sucht mit seinen Wissenschaftlerinnen, den Ambassadors, den direkten Kontakt und den Austausch mit der Öffentlichkeit. In der Mehrheit der Pallas Athene-Teilprojekte sind die Zielgruppen Schülerinnen und Schüler, aber auch Einrichtungen der Lehrerbildung. Erklärtes Ziel von Pallas Athene ist außerdem die Förderung und „Sichtbarmachung“ von Frauen in der Wissenschaft, um einerseits Wissenschaftler*innen* zu stärken und andererseits Rollenvorbilder für junge Frauen zu schaffen. Zudem soll einer breiteren Öffentlichkeit Zugang zur Natur der Wissenschaft sowie ihren Ergebnissen ermöglicht und damit ein Beitrag zur Entwicklung eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses geleistet werden. Interessierte Laien werden dabei durch mehrere öffentliche Veranstaltungen gezielt angesprochen und in den Prozess mit einbezogen.

Aus der Gesamtheit der Pallas Athene-Teilprojekte sind die beiden Satellitenprojekte in Heidelberg „Science goes public“ (DKFZ und Pädagogische Hochschule Heidelberg) und Hamburg „physik.begreifen“ (DESY[4] und Universität Hamburg) hervorzuheben, die eine längerfristige Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, lehrerbildender Hochschule und Schule etablieren.

In der forschungsleitenden Hypothese der Begleitforschung wird davon ausgegangen, dass durch eine längerfristige und zielgerichtete Zusammenarbeit der beteiligten Gruppen die Anbahnung der zur „aktiven Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Forschung“ (KMK 2004, S. 6) notwendigen Kompetenzen bei Schülerinnen und Schülern sowie Lehramtsstudierenden deutlich gefördert wird. Seit dem Wintersemester 2005/2006

wird an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg im Fachbereich Chemie ein Projektseminar angeboten, das Studierenden der Naturwissenschaften und anderer Fächer die konkrete Zusammenarbeit mit einer Wissenschaftlerin aus dem DKFZ ermöglicht. Ziel der jeweils einsemestrigen Arbeit ist die adressatengerechte didaktische Reduktion und Aufarbeitung ausgewählter Fragestellungen aus dem Forschungs- und Arbeitsbereich der Wissenschaftlerin.

## 6. Das Projektseminar „Lehren und Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht“

„Naturwissenschaftliche Erkenntnisse allgemeinverständlich darzustellen und Laien in geeigneter Weise zugänglich zu machen, dies ist die zentrale und schwierige Aufgabe eines jeden Naturwissenschaftslehrers. Wir werden uns nicht nur theoretisch mit der Frage auseinandersetzen, wie das gelingen kann. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Seminars werden in Zusammenarbeit mit einer renommierten Wissenschaftlerin des Deutschen Krebsforschungszentrums und einer Schulklasse ausgewählte Themen aus dem Forschungsalltag der Wissenschaftlerin aufarbeiten und öffentlich präsentieren.“ So lautete die Ankündigung für das Projektseminar im kommentierten Vorlesungsverzeichnis zum Wintersemester 2005/2006.

In der ersten Veranstaltung offenbarte sich eine Vielfalt an Motivationen, die die Studierenden zur Teilnahme an diesem Seminar bewogen hatten. Neben den Studierenden, die mit der Belegung des Seminars ihre Pflichtscheine ergänzen wollten, fanden sich auch Interessierte ein, die sich in der Projektarbeit weiterzubilden suchten und solche, die sich besonders vom fachwissenschaftlichen Schwerpunkt der Wissenschaftlerin aus dem DKFZ angezogen fühlten.

In den folgenden Veranstaltungen wurden Grundlagen zum Verständnis der Notwendigkeit einer ausgewogenen naturwissenschaftlichen Grundbildung für alle erarbeitet. Das Spannungsverhältnis zwischen Wissenschaft und Gesellschaft, Scientific Literacy, moralische Urteils- und Handlungsfähigkeit, das abnehmende Interesse von Schülerinnen und Schülern am naturwissenschaftlichen Unterricht, das Wahlverhalten von Jungen und Mädchen im Bezug auf sprachliche oder naturwissenschaftliche Schwerpunktbildung, die PISA- und TIMSS-Ergebnisse, die neuen Standards etc. waren Themen der folgenden Seminarsitzungen. Schließlich fand eine kurze Vorstellung ausgewählter Veranstaltungen der Science goes Public-Reihe aus den Jahren 2001–2003[5] statt. Diese Veranstaltungsreihe hatte die Förderung des Dialogs zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit zum Ziel, stützte sich bereits auf eine Kooperation von DKFZ und Pädagogischer Hochschule Heidelberg und fand als bewährtes Instrument Eingang in das Projekt Pallas Athene. Schließlich stellte sich „unsere“ Wissenschaftlerin, Frau PD Dr.

Angela Risch, mit einem Vortrag über ihr Arbeitsgebiet und die zentralen Erkenntnisse ihrer Forschung vor. Als Biologin ist sie in der Abteilung Toxikologie und Krebsrisikofaktoren am DKFZ in Heidelberg mit der Identifizierung genetischer Polymorphismen befasst. Ihr Fokus liegt dabei auf schadstoffassoziierten Krebserkrankungen infolge des Tabakrauchens. Zukunftsziel der Forschungen ist es, Hochrisikogruppen zu identifizieren und betroffenen Personen eine angemessene Vorsorge und Behandlung zu ermöglichen.

In den folgenden Sitzungen ging es darum, im Dialog mit der Wissenschaftlerin die hochkomplexen naturwissenschaftlichen Sachverhalte zu verstehen, die Bedeutung der Aussagen für jeden Einzelnen und die Gesellschaft zu erkennen, Fragestellungen zu entwickeln, die sich zur Weitergabe an unsere Zielgruppe (eine 10. Realschulklasse) eignen sowie angemessene und sinnvolle didaktische Reduktionen für die ausgewählten fachwissenschaftlichen Schwerpunkte zu erarbeiten.

Die Studierenden durchliefen in der Folge alle Phasen, die typischerweise bei einer anspruchsvollen Projektarbeit immer wieder zu beobachten sind. Bei einem gelungenen Projekt steigt zu Beginn die Stimmungslinie an und sinkt bald wieder steil ab. Im Anschluss daran ist ein erneuter Anstieg zu beobachten, der gegen Ende des Projektes einen neuen Höhepunkt erreicht. Das Absinken der Stimmungskurve geht mit der Zunahme der Komplexität einher. Diese steigt zu Beginn stark an, um nach dem Höhepunkt wieder abzufallen. Der Verlauf dieser beiden Kurven beschreibt den Zusammenhang zwischen der Stimmung während des Projektes und der Komplexitätswahrnehmung der Beteiligten. Diese Phasen des Wechselns von Frustration (Tiefpunkte der Kurve) und Erfolgserlebnissen (Höhepunkte der Kurve) sind entscheidend für das Gelingen eines Projektes. Treten diese nicht auf, so setzen sich die Teammitglieder häufig nicht genügend mit der Problematik auseinander, gehen keine Risiken ein, probieren nichts Neues aus, oder setzen sich mit den internen Gruppenprozessen nicht auseinander. Dies führt dazu, dass das Projekt nicht zu einem optimalen Ergebnis führen wird. Eine anspruchsvolle Aufgabe und die damit verbundene Komplexität eines Projekts bestimmen also entscheidend mit, ob es bei den Projektbeteiligten zu Veränderungen in ihrer Lernbiografie kommt oder nicht (vgl. Mayrshofer & Kröger 2001 und Strittmatter-Haubold & Wellensiek 2006).

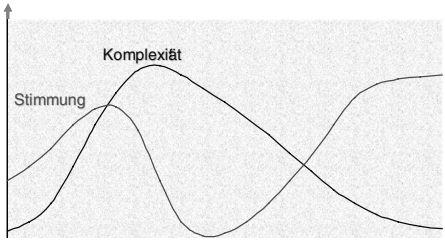



**Abb. 1: „Stimmungsbarometer“ nach Mayrshofer & Kröger**

Nachgewiesenermaßen sind diese Phasen notwendig, um zu einer angemessenen Tiefe in der Auseinandersetzung und Durchdringung der Thematik zu führen. Gleichzeitig sind sie ein sicheres Zeichen für die Bereitschaft der Beteiligten, sich ernsthaft auf das Projekt einzulassen. Lernende beginnen erst dann mit der aktiven Konstruktion von Wissen, wenn sie sich angemessen herausgefordert fühlen und an individuelle Vorerfahrungen und -kenntnisse anknüpfen können. Dies gilt selbstverständlich sowohl für Kinder und Jugendliche in der Schule als auch für Erwachsene in der Aus- und Weiterbildung.

Ein weiterer wichtiger Schritt war nun die aktive Einbindung der 10. Realschulklasse, die zum einen die Zielgruppe für die Studierenden des Seminars war und zum anderen das „Staffelholz“ weiter tragen sollte, indem sie später eine eigene öffentliche Veranstaltung in der Fortschreibung der hier gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen planen und durchführen sollte. Das hier verfolgte Konzept ist in der Literatur als Cascade Learning bekannt. Die „Lehraufgabe“ wird dabei Stufe für Stufe vom Experten an Lernende weitergegeben, die wiederum anderen Lernenden das erworbene Wissen und ihre Kompetenzen weiter vermitteln. Jean-Pol Martin bezeichnet diese Methode auch als Lernen durch Lehren (Martin 2002). Die Lehr–Lernkaskade führt im hier beschriebenen Projekt über drei Stufen:

1. Wissenschaftliche Erkenntnisse aus erster Hand durch PD Dr. Risch
2. Didaktische Aufarbeitung und adressatengerechte Reduktion durch Lehramtsstudierende
3. Aufnahme und Anpassung der Thematik durch Realschülerinnen der 10. Klasse für Schülerinnen und Schüler der Klassen 6 bis 9.

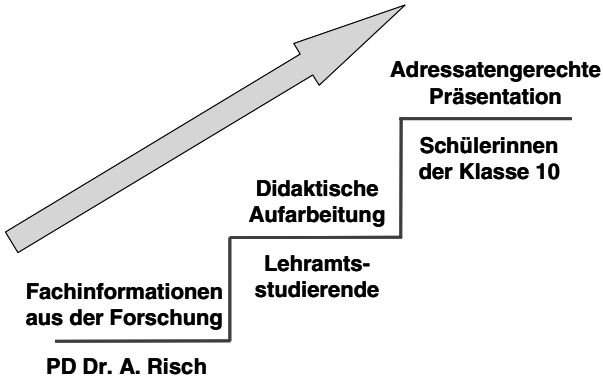



**Abb. 2: Lehr-Lern-Kaskade im Projekt Pallas**

Zunächst machten sich die Studierenden mit den Schülerinnen bekannt und stellten das Projekt sowie seine Ziele vor. Um etwas über das Vorwissen, die Erfahrungen, Einstellungen und Interessen der Schülerinnen zum The-

menbereich Rauchen, Sucht und die körperlichen Folgen zu erfahren, entwickelten die Studierenden einen Fragebogen, der wichtige Informationen für die Auswahl der Schwerpunktthemen und die notwendige didaktische Reduktion liefern sollte. Die Fragebogenergebnisse wurden den Schülerinnen übermittelt und auszugsweise mit ihnen diskutiert. Auf dieser Basis wurden in den folgenden Wochen im Seminar in arbeitsteiligen Gruppen verschiedene Elemente für die Präsentation entworfen, diskutiert, ausgearbeitet und immer weiter verbessert.

Parallel zu diesen Arbeiten kamen in der Klasse bald Fragen danach auf, welcher Art und welchen Inhalts denn ihre eigene Präsentation sein und an welche Zielgruppen sie sich richten sollte. Schnell waren die Schülerinnen sich einig, eine Rauchpräventionskampagne für jüngere Schülerinnen und Schüler im Raum Heidelberg konzipieren zu wollen. Persönliche Erfahrungen der Mädchen ließen vermuten, dass die ursprünglich anvisierte Gruppe der Siebtklässler bereits „zu alt“ sei, da viele Jugendliche schon in diesem Alter regelmäßig rauchen würden. Also wollten sie sich auf die Schülerinnen und Schüler der fünften und sechsten Klassen konzentrieren. Da es auch gegenteilige Ansichten in der Klasse gab und um diesbezüglich zu sichereren Aussagen zu kommen, erstellten die Schülerinnen einen Fragebogen für die Klassen fünf bis sieben an ihrer Schule. Die Auswertung ergab erfreulicherweise, dass sehr wenige der befragten Kinder und Jugendlichen vor dem 13. Lebensjahr ihre ersten Raucherfahrungen gemacht hatten. Aufgrund dieser Informationen entschieden sich die Mädchen für Sechst- bis Neuntklässler als Zielgruppe ihrer eigenen Veranstaltung.

Währenddessen entwarfen die Studierenden ein Plakat für die gemeinsame Veranstaltung im Rahmen des Dienstagsseminars, erstellten nach den Interessen der 10. Klässlerinnen gezielt Informationsmaterial, experimentierten mit szenischen, ikonischen und modellhaften Darstellungen der notwendigen naturwissenschaftlichen Sachverhalte, stellten Material und Requisiten her und fügten die fertig gestellten Elemente zu einem sinnvollen und logischen Ganzen zusammen. Frau Dr. Risch stand dabei jederzeit für die Beantwortung fachwissenschaftlicher Fragen hilfreich zur Seite. Den Studierenden war es besonders wichtig, die Klasse an dieser Veranstaltung aktiv teilhaben zu lassen und nicht nur als passive Rezipienten mit den, wenn auch didaktisch reduzierten, Fachinformationen zu überschütten.

## 7. Die Präsentation

Der rote Faden in der Präsentation wurde durch einen Fachvortrag von Frau Dr. Risch gelegt, der, wie bereits zu Beginn angedeutet, an zentralen Stellen von den Studierenden unterbrochen wurde. Ziel der Unterbrechungen war es, die dargestellten Sachverhalte im wahrsten Sinne des Wortes begreifbar zu machen. Beispielsweise wurde der hoch komplizierte Metabolismus des

im Zigarettenrauch enthaltenen Schadstoffs Benz(a)pyren (BaP) in einer Szene wie folgt dargestellt. Schülerinnen deuteten, im Kreis sitzend, eine Körperzelle an. Ein Student gab als überdimensionierte symbolische Zigarette den in Form von roten Styroporkugeln dargestellten Schadstoff in die Zelle hinein. Dort arbeiten verschiedene Enzyme an der Verstoffwechslung des BaP: CYP1A1, CYP3A4 und GSTs. CYP1A1 und CYP3A4 überführen das Benz(a)pyren in zwei Schritten in ein deutlich toxischeres Zwischenprodukt, das Benz(a)pyren-7,8-diol-9,10-epoxid, kurz BPDE genannt. Weitere Enzyme (GSTs) sorgen schließlich für die Überführung des BPDE in nichtgiftige Konjugate und deren Entfernung aus der Zelle. Die Enzyme und ihre Arbeit wurden von weiteren Studierenden dargestellt, die im ersten Schritt Teufelshörnchen auf die roten Styroporkugeln aufsteckten. Im nächsten Schritt wurden die Hörnchen durch Engelsflügel kaschiert und die Kugeln aus der „Zelle“ entfernt. Dies ist der normale Ablauf des Schadstoffabbaus, wenn alle Enzyme Hand in Hand arbeiten. Bei Menschen, die zur Hochrisikogruppe gezählt werden, ist die Aktivität des „Engelsflügelsenzyms“ verlangsamt oder es fehlt sogar ganz. So reichern sich die hochtoxischen Konjugate (rote Kugeln mit Teufelshörnchen) in der Zelle an und können Schäden an der Erbsubstanz der Zelle verursachen, was wiederum zu einer Entartung, also zu Krebs führen kann. Diese einzelnen Schritte und die entsprechenden Folgen für den Verbleib des Schadstoffs konnten die Studierenden den Schülern und Zuhörern mit ihrer didaktischen Rekonstruktion hervorragend begreifbar und verständlich machen. In ähnlicher Weise wurde unter anderem der für die Forschung von Frau Dr. Risch zentrale Begriff des genetischen Polymorphismus und dessen Auswirkung auf die zu bildenden Enzyme dargestellt.

Die Veranstaltung mündete in ein Interview mit der Wissenschaftlerin, wobei die Ziele ihrer Forschung und deren zeitnahe Erreichbarkeit hinterfragt und diskutiert wurden. In der abschließenden Diskussion mit dem Publikum konnten noch offene fachwissenschaftliche und naturwissenschaftsdidaktische Fragen geklärt werden. Der den vorgestellten Forschungsergebnissen innenliegende Aufforderungscharakter, nämlich, das Einatmen von Tabakrauch weitestmöglich zu vermeiden und auch jeden unserer Mitmenschen davor zu bewahren, stand unausgesprochen, doch überdeutlich im Raum. Welche Handlungsoptionen und ethisch-moralischen Schlüsse jeder einzelne der Zuhörer und Beteiligten für sich daraus ableiten wird, ist im Sinne des Konstruktivismus nicht vorhersehbar.

## 8. Fazit

Die wichtigsten Ziele der beiden Projektpartner DKFZ und Pädagogische Hochschule sind erreicht worden:

1. Aus hochschuldidaktischer Sicht können die Studierenden auf eine gelungene Präsentation ihrer Semesterarbeit zurückblicken, in der sie einerseits Einblicke in das Handlungsfeld Wissenschaft nehmen, sich andererseits anhand einer realen und komplexen Problemstellung in schulischer Projektarbeit und didaktischer Reduktion üben konnten. Im Projektverlauf mussten sie permanent Bewertungen und Abwägungen über Fakten, Methoden und Ziele treffen. Durch die anspruchsvolle und ergebnisoffene Aufgabenstellung des Projektseminars konnten sie vielseitige Kenntnisse und Erfahrungen über das Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften sammeln und für ihre persönliche Professionalisierung nutzen.
2. Im Sinne von Pallas Athene wurde eine Wissenschaftlerin mit ihrer Forschungstätigkeit und als Person sichtbar. Darüber hinaus fand ein Dialog mit der interessierten Öffentlichkeit statt. Die vorgestellte Kooperation von Spitzenforschung, Lehrerbildung und Schule spiegelt damit eine gelungene Versinnbildlichung des Werts der naturwissenschaftlichen Bildung wider und zeigt einen möglichen Weg zur Anbahnung eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses auf.

## Anmerkungen

[1] Schirmherrschaften durch Frau Bundesministerin für Wissenschaft und Forschung Dr. Anette Schavan und Herrn Minister für Kultus, Jugend und Sport in Baden-Württemberg Helmut Rau

[2] Unveröffentlichter Kurzbericht für die EU-Kommission: DKFZ-event within Pallas Athene on Feb. 14th 2006 in the Pädagogische Hochschule Heidelberg

[3] So die gutachterliche Äußerung von Prof. Dr. R. Kaufmann-Hayoz, Direktorin der Interfakultären Koordinationsstelle (IKAÖ) für Allgemeine Ökologie der Universität Bern, über das Vorgängerprojekt Science goes public, Satellitenprojekt des Deutschen Krebsforschungszentrums Heidelberg (DKFZ) in Kooperation mit der Pädagogischen Hochschule Heidelberg.

[4] Deutsches Elektronensynchroton in Hamburg

[5] Projektbeschreibung unter http://www.ph-heidelberg.de/org/ntg/projekte/projekte-schallies.htm [Stand 24.04.2006]

## Literatur

Beschlüsse der Kultusministerkonferenz (2004). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. http://www.kmk.org/schul/ Bildungsstandards/Chemie_MSA_16-12-04.pdf [Stand 24.04.2006].

Dubs, R. (2002). Scientific Literacy: Eine Herausforderung für die Pädagogik. In: W. Gräber et al. (Hrsg.), Scientific Literacy, S. 69-82. Opladen: Leske + Budrich.

Eckebrecht, D. & Schneeweiß, H. (2003). Gedanken und Beispiele zur Umsetzung von Scientific Literacy. Stuttgart: Ernst Klett Verlag.

Grygier, P., Günther, J. & Kircher, E. (2004). Über Naturwissenschaften lernen. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Lembens, A. (2004). Wie entwickelt sich ein Verständnis für Biotechnologie und Gentechnik. Münster: LIT-Verlag.

McComas, W. F., Clough, M. P. & Almazroa, H. (2000). The Role and the Character of the Nature of Science in Science Education. In: W. F. McComas (ed.), The Nature of Science in Science Education, 3-39. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Martin, J.-P. (2002). Zur Geschichte von „Lernen durch Lehren". http://www.ldl.de/usicht/geschich.htm [Stand 24.04.2006].

Mayrshofer, D. & Kröger, H. (2001). Prozesskompetenz in Projektarbeit. Hamburg: Windmühle.

Kohlberg, L. (1995). Die Psychologie der Moralentwicklung. Frankfurt/M: Suhrkamp.

Oser, M. & Althoff, W. (2001). Moralische Selbstbestimmung. Modelle der Entwicklung und Erziehung im Wertebereich. Stuttgart: Klett-Cotta.

Shamos, M. (1995). The myth of scientific literacy. New Brunswick: Rutgers University Press.

Skorupinski, B (1996). Gentechnik für die Schädlingsbekämpfung. Eine ethische Bewertung der Freisetzung genetisch veränderter Organismen in der Landwirtschaft. Stuttgart: Ferdinand Enke.

Strittmatter-Haubold, V. & Wellensiek, A. (2006). Reflexive Lehrerbildung in Projektseminaren. In: Pädagogische Hochschule Heidelberg, Institut für Weiterbildung (Hrsg.), Perspektiven zur pädagogischen Professionalisierung, 70, 18-23. Landau: Verlag Empirische Pädagogik.

Wellensiek, A. (2005). Gentechnik verstehen und beurteilen. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.

Helmuth Köck, Universität Koblenz-Landau, Campus Landau

# Zum Spannungsverhältnis von Geistes- und Naturwissenschaften

## 1. Geringschätzung auf Gegenseitigkeit

Dass die Naturwissenschaften gerne geringschätzig auf die Geisteswissenschaften herabblicken, sofern sie diesen nicht gar, wie es Dilthey (1966, S. 5) mit Bezug auf die Geschichtsschreibung registriert, „kurzsichtig und dünkelhaft den Rang der Wissenschaft“ absprechen, und dass die Naturwissenschaften sich, ganz im Sinne der so genannten ‚exakten‘ Wissenschaften, für die wahren Wissenschaften halten, ist ein wohlbekanntes Phänomen. Dass derartige Geringschätzung jedoch auch in entgegengesetzter Richtung gilt, ist weniger geläufig, kann aber z. B. Dilthey (1966, S. 6/7) direkt oder zwischen den Zeilen entnommen werden. Ausgehend von der „Tiefe und Totalität des menschlichen Selbstbewusstseins“, in welchem der Mensch nach Dilthey „eine Souveränität des Willens, eine Verantwortlichkeit der Handlungen, ein Vermögen, alles dem Gedanken zu unterwerfen und allem innerhalb der Burgfreiheit seiner Person zu widerstehen“, findet, durch welche er sich von der ganzen Natur „als „imperium in imperio“ [Dilthey, nach Spinoza; Vf.] absondert“ und wodurch sich die Geisteswissenschaften zugleich von den Naturwissenschaften abgrenzen, fährt Dilthey fort: „Und da für ihn [den Menschen; Vf.] nur das besteht, was Tatsache seines Bewusstseins ist, so liegt in dieser selbständig in ihm wirkenden geistigen Welt jeder Wert, jeder Zweck des Lebens, in der Herstellung geistiger Tatbestände jedes Ziel seiner Handlungen. So sondert er von dem Reich der Natur ein Reich der Geschichte, in welchem, mitten in dem Zusammenhang einer objektiven Notwendigkeit, welcher Natur ist, Freiheit an unzähligen Punkten dieses Ganzen aufblitzt; hier bringen die Taten des Willens, im Gegensatz zu dem mechanischen Ablauf der Naturveränderungen, welcher im Ansatz alles, was in ihm erfolgt, schon enthält, durch ihren Kraftaufwand und ihre Opfer, deren Bedeutung das Individuum ja in seiner Erfahrung gegenwärtig besitzt, wirklich etwas hervor, erarbeiten Entwicklung, in der Person und in der Menschheit: über die leere und öde Wiederholung von Naturlauf im Bewusstsein hinaus, in deren Vorstellung als einem Ideal geschichtlichen Fortschritts die Götzenanbeter der intellektuellen Entwicklung schwelgen.“ Weniger umständlich und verklausuliert drückt Simon-Schäfer (1975, S. 12) das Überlegenheitsgefühl der Geisteswissenschaftler aus, und zwar so: „Autostereotyp und Heterostereotyp der Geisteswissenschaftstheorie in Bezug auf sich selbst und die Naturwissenschaften besagen, dass die im Ver-

stehen zum Ausdruck gelangende Methode der Geisteswissenschaften nicht nur eine andere ist als die des Erklärens in den Naturwissenschaften, sondern eine höhere Erkenntnisweise als die naturwissenschaftliche darstellt."

## 2. Das Spannungsverhältnis in wissenschaftsgeschichtlicher Perspektive

Wie Zimmerli (1988, S. 59–60), und ähnlich Scheibe (1987, S. 6/7, 17), zeigt, „verdanken sich diese Freund-Feind-Bilder dem 19. und dem beginnenden 20. Jahrhundert". Scheibe (1987, S. 7) spricht in diesem Zusammenhang von der „enttäuschte[n] Abkehr der Naturwissenschaften vom deutschen Idealismus einerseits, von der „trotzige[n] Formierung der neuen Geisteswissenschaften" andererseits. Zur Illustration zitiert er Helmholtzens Heidelberger Rektoratsrede aus dem Jahre 1862, in der „[d]ie Naturforscher ... von den Philosophen der Borniertheit geziehen [wurden]; diese von jenen der Sinnlosigkeit". Fortan hätten die Naturforscher Wert darauf gelegt, „ihre Arbeiten ganz frei von allen philosophischen Einflüssen" zu halten; viele von ihnen hätten „alle Philosophie als unnütz, ja sogar als schädliche Träumerei verdammt" (S. 12).

Wie Zimmerli nun weiter schreibt, waren Natur- und Geisteswissenschaften in der mittelalterlichen Wissenschaftskonzeption dagegen „gar nicht entgegengesetzt, sondern [saßen; Vf.] gleichsam ‚im selben Boot'". Denn beide gehörten sie zu dem aus der Antike übernommenen und „später an den Universitäten in der Artistenfakultät" gelehrten Fächerkanon der „sieben freien Künste" (‚septem artes liberales'), „bestehend aus dem ‚trivium' (Grammatik, Rhetorik, Dialektik) und dem ‚quadrivium' (Arithmetik, Geometrie, Astronomie und Musik)". Und als solche waren „beide propädeutische Disziplinen zu den normativen Wissenschaften der höheren Fakultäten", den so genannten „scientiae", bestehend aus der juristischen, der medizinischen und der über diesen beiden angesiedelten theologischen Fakultät. Zimmerli folgend könnte außer der Abgrenzung dieser propädeutischen artes liberales zu den scientiae noch die Abgrenzung von den bereits im Frühmittelalter entstehenden „septem artes mechanicae", also den sieben mechanischen Künsten, hinzukommen, zu denen u. a. diverse Handwerke, Schifffahrt und Seehandel, Landwirtschaft und Gartenbau oder auch das Theaterwesen gehörten und die aufgrund ihrer berufsqualifizierenden Funktion, im Unterschied zur Bildungsfunktion der artes liberales, „artes illiberales" oder „artes serviles" genannt wurden.

Innerhalb der Geisteswissenschaften kam dann in der Renaissance „aufgrund externer politischer und kirchlicher Gründe" im Kontext „von Texten der Heiligen Schrift" die „theoretisch-methodologische Besinnung auf [deren; Vf.] Auslegung und Interpretation", die Hermeneutik auf, deren Durchbruch „aber erst im Kontext der sich herauskristallisierenden neuen

Naturwissenschaften“ erfolgte. Dies veranlasst Zimmerli zu der (auch) in seinen Augen ‚relativ paradoxen‘ Feststellung: „Die Ausgliederung der Naturwissenschaften aus dem Bereich der ‚artes‘ fällt in der Renaissance zusammen mit einer Integration der drei Stränge von theoretischem Wissen (scientia), Kunst im Sinne der artes liberales (NW u. GW) und Kunstfertigkeit im Sinne der artes mechanicae.“

Diese wurden dann „im Verlauf der ersten Phase der Neuzeit erneut getrennt“ (S. 60). Im weiteren Verlauf „kristallisieren sich im Übergang vom 18. zum 19. Jahrhundert zunächst die Geistes-, sodann in der Mitte des 19. Jahrhunderts die Technikwissenschaften als auch institutionell eigenständige Disziplingruppen gegenüber den sich ebenfalls institutionell festigenden Naturwissenschaften heraus.“

Vor diesem Hintergrund klassifiziert Zimmerli die Entwicklung des Verhältnisses von Geisteswissenschaften und Naturwissenschaften als „Koevolution“ (S. 59, 60), und im Hinblick auf ihre Emanzipation zu eigenständigen Wissenschaften versteht er sie einschließlich der Technikwissenschaften sowie der „sich ebenfalls nun konsolidierenden Sozialwissenschaften“ als „Geschwister, d. h. Verwandte ersten Grades“ (S. 60). „Die unser Denken noch heute bestimmende dualistische Vorstellung einer gegenstands- wie methodenspezifischen Abgrenzung zwischen Natur- und Geisteswissenschaften“ einschließlich der damit verbundenen „Auto- und Heterostereotypbildungen“ (S. 60) entsteht also „im 19. Jahrhundert“ (S. 60), der „zweite[n] Phase der Neuzeit“, „auf dem Hintergrund einer“ „durch die Vorherrschaft des philosophischen Paradigmas“ im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts „von Hegel inspirierten“ „philosophischen ... Unterscheidung und wird auch von den sich in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts de facto mächtig entwickelnden Technik- und den sich ausspezifizierenden Sozialwissenschaften nicht geändert“ (S. 60).

Das 20. Jahrhundert ist dann nach Zimmerli gekennzeichnet durch „einerseits Abschottung zwischen reiner Naturwissenschaft und technischer Anwendung sowie zwischen Naturwissenschaft und Geisteswissenschaft auf der Ideologieebene“, andererseits durch zunehmende Verflechtung zwischen Natur- und Technikwissenschaft, durch Annahme von zuvor den Geisteswissenschaften zugesprochenen Zügen wie vor allem hermeneutischer Elemente (z. B. Codieren und Decodieren) durch die Naturwissenschaften sowie vor allem durch immer stärkere Technologisierung von Natur-, Geistes-, Sozial- und Technikwissenschaften (S. 60).

Vor diesem Hintergrund kommt Zimmerli zu dem Ergebnis, „dass das Konvergenz- und das Kompensationsmodell ersetzt werden müssten durch das Integrationsmodell [Hervorhebung: Vf.]“ dieser vier Wissenschaftsgruppen. „Es gibt“, so Zimmerli weiter, „keine Trennung“, keinen „Dualismus“ „der ‚zwei Kulturen‘ von Natur- und Geisteswissenschaften. Historisch betrachtet trifft die These von den zwei Kulturen nicht zu, weil die Geistes- und Naturwissenschaften sich koevolutiv entwickelt haben; syste-

matisch ist sie falsch, weil der Gegenwartsbefund, auf den sie sich richtet, die mangelnde Integration von zur Technologie gewordenen Natur- und Technikwissenschaften in ihrer lebensweltlichen Realisierung mit den die Lebenswelt sonst leitenden Vorstellungen ist, die von den Geistes- und Technikwissenschaften behandelt werden".

## 3. Fragestellung

Ohne ergänzend auch auf Scheibes (1987, S. 7–17) allerdings bis in die Antike zurückreichende und weniger strukturierend angelegte Betrachtung der historischen Entwicklung des Verhältnisses von Geistes- und Naturwissenschaften noch näher einzugehen, sei Zimmerlis Rekonstruktion des von Koevolution gekennzeichneten Verhältnisses von Geistes- und Naturwissenschaften einmal als zutreffend unterstellt: Bedeutet das nun, dass es – allen gegenteiligen Feststellungen zum Trotz – Spannungen zwischen Geistes- und Naturwissenschaften eigentlich gar nicht gibt, dass deren eingangs umrissene Manifestationsformen nichts als Dünkel, Vorurteile, Unterstellungen von Personen in beiden Lagern sind? Statt dieser Frage nun etwa wissenschaftssoziologisch, wissenschaftsgeschichtlich oder wissenschaftsorganisatorisch näher nachzugehen (wofür ich allerdings auch nicht der richtige Mann wäre), möchte ich sie im Folgenden wissenschaftstheoretisch, also methodologisch erörtern. Da es methodologische Spannungen per se aber nicht geben kann, da methodologische Grundlagen allenfalls Anlass zu Spannungen geben können, lautet die zu erörternde Frage dann eben: Was sind die methodologischen Spezifika, die methodologischen Eckpunkte von Naturwissenschaften auf der einen und Geisteswissenschaften auf der anderen Seite, und geben sie Anlass zu ein- oder wechselseitigen Spannungen (vgl. auch Diemer 1968; Schmidt 1975)?

## 4. Methodologische Spezifika als Spannungsursachen?

### 4.1 Gegenstandsbereich

Als erster methodologischer Aspekt wird dabei der Gegenstand betrachtet, mit dem sich beide Wissenschaftsgruppen beschäftigen. Da es angesichts des hier zu behandelnden Themas aber nicht um *Einzel*wissenschaften, sondern um Wissenschafts*gruppen* geht, ist nach der Gemeinsamkeit des Gegenstandsbereiches der Naturwissenschaften bzw. der Geisteswissenschaften zu fragen.

Was die Naturwissenschaften betrifft, so befassen diese sich nach Seiffert (1997) „mit der anorganischen Materie und dem organischen Leben" (S. 72), also mit „außergeistigen Gebilden" (S. 73). An anderer Stelle (S. 132) spricht Seiffert von der Welt, „soweit sie unabhängig vom mensch-

lichen Handeln entstanden ist“, als dem Gegenstand der Naturwissenschaft. Diese Präzisierung entspricht auch der Umschreibung von Natur, wie sie Mittelstraß (1995, S. 961) vorgenommen hat, nämlich als denjenigen „Teil der Welt, dessen Zustandekommen, ... Erscheinungsform und Wirken unabhängig von Eingriffen des Menschen sind bzw. gedacht werden können“. Zugleich ist diese Präzisierung wesentlich, da andernfalls auch die Technikwissenschaften großenteils Naturwissenschaften wären; denn auch deren Gegenstände sind ja, jedenfalls überwiegend, organischer oder anorganischer Natur. Entsprechend ist auch Zimmerlis (1988, S. 58) Umschreibung des Gegenstandes der Naturwissenschaften, nämlich als „materiell-körperlichen Bereich“, nicht trennscharf. Andere Gegenstandsbeschreibungen der Naturwissenschaften, die mit dem seinerseits wiederum vieldeutigen Begriff ‚Natur‘ (vgl. Diemer 1968, S. 177/178), wie etwa durch Hörz et al. (1991, S. 647) oder Mainzer (1995, S. 977), oder die mit der Wendung ‚natürliche Umwelt‘, wie etwa durch Schmidt (Hrsg. 1999, S. 8), operieren, sind in diesem Kontext streng genommen tautologisch, zumindest nicht weiterführend. Das gilt dann bereits auch für Scheuchzers Werk „Physica oder Natur–Wissenschaft“ aus dem Jahre 1703, das nach Diemer (1968, S. 179) vermutlich erstmals im deutschen Sprachbereich den Begriff ‚Naturwissenschaft‘ verwendet und ihn wie folgt definiert: „Es ist die Physica eine Wissenschaft natürlicher Dinge.“ Disziplinen, die dem hier zugrunde gelegten Gegenstandsbereich der Naturwissenschaften zugerechnet werden, sind nach Hörz et al. (1991, S. 647), Lexikon der Geographie (2002, II, S. 429), Schmidt et al. ([2]1999, S. 8, 9) sowie Seiffert (1997, S. 72/73, 132) als klare Fälle u. a. die Astronomie, die Physik, die Chemie, die Biologie, die Geologie, die Physische Geographie, als strittige Fälle u. a. die Mathematik, die Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, die Psychologie oder die Medizin.

Im Unterschied zu den Naturwissenschaften beschäftigen sich die erstmals überhaupt wohl schon 1787 (von einem Anonymus) bzw. erstmals im heutigen Bedeutungssinn wohl 1847 (Calinich) so genannten (Diemer 1968, S. 187) Geisteswissenschaften nach Seiffert (1997, S. 72, 73) „mit dem menschlichen Geist und seinen Hervorbringungen“ in Gestalt von „geistige[n] Gebilde[n]“, nach Zimmerli (1994, S. 89), ganz ähnlich lautend, „mit dem menschlichen Geist und seinen Produkten“ bzw., 1988 (S. 58), „mit dem Bereich des Denkens und seinen Produkten“. Dilthey (1966, S. 4) umschreibt den Gegenstandsbereich der Geisteswissenschaften als „geschichtlich-gesellschaftliche Wirklichkeit“, spricht damit aber eher die Sozialwissenschaften als die Geisteswissenschaften an, wenngleich er jene offensichtlich gar nicht meint; denn ‚geistige Tatbestände‘, ‘geistige Tatsachen‘ oder ‚geistige Vorgänge‘ sind es ja, die nach Dilthey als Gegenstand und Ergebnis geisteswissenschaftlicher Tätigkeit in Frage kommen (S. 6 ff.). Geisteswissenschaftliche Disziplinen in diesem Sinne sind dann nach Seiffert (1997), Zimmerli (1994, S. 88, 93–96) sowie Weingartner (1978, S. 138) als klare Fälle u. a. die Geschichtswissenschaften, die Sprachwissen-

schaften, die Pädagogik, die Anthropologie, die Politik, die Soziologie, die Theologie, die Jurisprudens, die Kunstwissenschaften, als strittige Fälle z. B. die Mathematik, die Wirtschafts- und Sozialwissenschaft, die Psychologie (die allesamt teils den Geisteswissenschaften, teils den Naturwissenschaften zugerechnet werden), die Anthropogeographie (die teils den Geistes-, teils den Sozialwissenschaften zugerechnet wird), oder die „für „alles" zuständig[e]" (Seiffert 1997, S. 72) Philosophie. Im Kontext von Bildung wären natürlich auch die Allgemeine Didaktik, die Fachdidaktiken sowie dann auch die Geographiedidaktik den Geisteswissenschaften zuzurechnen.

Wenngleich dieser Vortrag nicht die Systematik der Wissenschaften zum Gegenstand hat, so muss an dieser Stelle doch gleichwohl wissenschaftssystematisch eingehakt werden. Dabei folge ich Weingartner (1978, S. 130), wonach „das Einteilungsprinzip [von Wissenschaften; Vf.] die Form jener Klasse von Sätzen [ist], die in der betreffenden Wissenschaft „erklärt" bzw. „begründet" werden". In anderer, vor allem durch Mayntz et al. (1971, S. 30) vertretenen Terminologie sind dies dann die Abhängigen Variablen (AV), im Unterschied zu den erklärenden bzw. begründenden Unabhängigen Variablen (UV). Diese Regel ist schlüssig; denn zunächst gibt es ohne *zu* erklärende Sätze auch keine *er*klärenden Sätze. Sodann gewinnen die einzelnen Wissenschaften die jeweiligen *er*klärenden Sätze nicht nur aus ihrem je eigenen ‚epistemischen Korpus' (Kutschera 1972, I, S. 228, 246), sondern auch aus demjenigen anderer Wissenschaften, wodurch die Zuordnung der im Explanans verwendeten Sätze zu einer – und nur einer – Wissenschaft und folglich die Identifikation einer Wissenschaft anhand des Explanans unmöglich wird. Schließlich verwendet man in der Erklärung nicht nur disziplinär, sondern auch formal unterschiedliche Aussagen, so etwa empirische zusammen mit normativen Aussagen, so dass auch aus dieser Sicht eine Zuordnung der Aussagen zu ausschließlich einem Wissenschaftstyp oder zu ausschließlich einer bestimmten Einzelwissenschaft nicht möglich ist (Köck 1997, S. 90/91). Um aber mit Hilfe dieser Regel wissenschaftssystematische Zuordnungen von Sätzen oder Aussagen vornehmen zu können, muss man jedoch beachten, dass derselbe Satz je nach Kontext seinen methodologischen Status wechseln und bald Abhängige, bald Unabhängige Variable sein kann (vgl. Köck 1991, S. 18). So ist beispielsweise die Aussage „Die Lufttemperatur ist breitenparallel zoniert" eine Unabhängige Variable, wenn es darum geht, etwa die breitenparallele Zonierung der Vegetation zu erklären. Dagegen ist sie eine Abhängige Variable, wenn sie ihrerseits erklärt wird, vor allem durch den Einfallswinkel der Sonnenstrahlen bzw. die in Abhängigkeit davon breitenparallel variierende Strahlungsmenge. Um Aussagen nun aber eindeutig bestimmten Disziplinen zuordnen zu können, müsste Weingartners Regel geringfügig modifiziert werden, etwa so: „Konstitutiv für eine Disziplin ist eine Aussage dann, wenn sie in der betreffenden Dis-

ziplin die Rolle einer abhängigen Variablen paradigmatisch konsistent spielen *kann*" (Köck 1991, S. 18).

Akzeptiert man nun diese wissenschaftssystematische Zuordnungsregel, und überträgt man ihre Geltung von der Form auch auf den Gehalt bzw. die Aussage wissenschaftlicher Sätze, dann heißt das: Naturwissenschaften sind solche Disziplinen, deren *zu* erklärende Sätze Aussagen über (nun verkürzt gesagt) natürliche Sachverhalte machen (können). Entsprechend sind z. B. die Mathematik, die Wirtschafts- und Sozialwissenschaften wie auch die Psychologie keine Naturwissenschaften, da sie diese Bedingung nicht erfüllen. *Er*klärende Aussagen könnten sie hingegen sehr wohl auch aus Naturwissenschaften beziehen; doch macht sie dies noch nicht zu Naturwissenschaften. Entsprechend sind Geisteswissenschaften solche Disziplinen, deren *zu* erklärende oder *zu* begründende Sätze Aussagen über (wiederum verkürzt gesagt) geistige Sachverhalte machen (können). Da dies mindestens für die Anthropologie (teilweise), die Soziologie, die Geschichte, die Anthropogeographie, die Wirtschafts- und Sozialwissenschaft nicht zutrifft, sind diese Disziplinen auch keine Geisteswissenschaften, selbst wenn sie erklärende oder begründende Sätze aus Geisteswissenschaften beziehen sollten.

Geben die Gegenstände der somit etwas enger verstandenen Geistes– und Naturwissenschaften nun aber Anlass zu ein- oder wechselseitigen Spannungen? Bei rein methodologischer Betrachtung – und nur um diese soll es hier ja gehen – ist dies nicht der Fall. Denn wissenschaftliches Tun definiert sich durch die Art des Tuns und nicht durch die Gegenstände, auf die sich dieses Tun richtet. Dies wird schon daran ersichtlich, dass dieselben Gegenstände, etwa Meere oder Sterne, Siedlungen oder Pilze, Objekte sowohl wissenschaftlicher als auch nichtwissenschaftlicher, also etwa schulischer, vorschulischer, volkskundlicher, mythologischer, privater oder sonstiger Betrachtungen sein können. Method(olog)isch wie terminologisch normiert und daher intersubjektiv überprüfbar sowie unter der Maßgabe der immer nur vorläufigen Wahrheit, Gültigkeit oder Richtigkeit bzw. prinzipiellen Falsifizierbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse geschieht dies jedoch nur in der Wissenschaft.

Nun könnte man ja aber behaupten: Es ist doch wohl etwas anderes, empirisch vorhandene Natursachverhalte nach Beschaffenheit und Ursächlichkeit zu erforschen als geistige Gebilde – wenngleich begründet – zu konstruieren, um sie danach wiederum zum Gegenstand von Untersuchungen zu machen. Erkenntnisstreben geht doch von Objekten aus, die *sind* und als solchermaßen Seiende doch überhaupt erst Neugier, Fragen und die Suche nach Antworten als Antriebe für wissenschaftliches Tun hervorrufen. Immaterielle geistige Objekte dagegen, die erst noch geschaffen werden müssen, bevor sie dann wiederum und ggf. die hinter ihnen stehenden kreativen Geister untersucht werden können, fehlt doch genau dieser primäre Stimulus als Antrieb zur Erkenntnis.

Nun gilt aber mit Popper (1984, S. 225), dass die Natur nicht antwortet, wenn sie nicht gefragt wird. Damit aber überhaupt Fragen aufkommen, bedarf es schon vorausgehender, aus neurowissenschaftlicher Sicht vielleicht sogar unbewusst aufgekommener geistiger Gebilde in Gestalt kognitiver Konstrukte, Theorien, Hypothesen, Diskrepanzen. Mit Blick auf die Naturwissenschaften bedeutet dies: Naiven Empirismus gibt es nicht. Vielmehr antworten auch die Objekte der Natur nur und nur so, wenn bzw. wie sie befragt werden. Folglich bedürfen auch natürliche Objekte, bevor sie Erkenntnisprozesse initiieren, erkenntnisleitender geistiger Gebilde. Erst recht bewegen sich die Naturwissenschaften im Milieu rein geistiger Gebilde, sobald sie an die Auswertung und Verarbeitung der gemessenen Daten gehen, Gesetze formulieren, Theorien konstruieren, kritisch prüfen, Prognosen ableiten usw. usw.

Umgekehrt arbeiten auch die Geisteswissenschaften keineswegs empiriefrei. So stellen schon die geistigen Gebilde, sobald sie konstruiert, dokumentiert, veröffentlicht, internalisiert sind, Tatsachen dar, die statistisch, inhaltsanalytisch, historisch oder wie auch immer untersucht werden können. Zudem bedürfen selbst empiriefreie geisteswissenschaftliche Aussagen, etwa ethischer oder normativer Art, zu ihrer Begründung, ggf. auch zu ihrer Erklärung empirischer oder empirisch-normativer Aussagen. Sofern diese nicht von den Geisteswissenschaften selbst erarbeitet werden, importiert man sie aus anderen Wissenschaften, u. a. aus entsprechenden Naturwissenschaften. So lässt sich in der Geographiedidaktik beispielsweise der Satz, ‚Raumverhaltenskompetenz ist gut, und weil sie gut und wertvoll ist, soll sie von jedem Schüler erworben werden', zwingend nur begründen durch Rückgriff auch auf entsprechende empirische Erkenntnisse. Durch diese könnte belegt sein, dass raumverhaltenskompetente Personen in ihrem individuellen oder gesellschaftlichen raumbezogenen Leben erfolgreicher sind als solche, denen es an Raumverhaltenskompetenz mangelt – wobei natürlich operational zu definieren wäre, worin sich Raumverhaltenskompetenz erweist, was ein erfolgreiches raumbezogenes Leben auszeichnet, bzw. zu begründen wäre, warum ein erfolgreiches raumbezogenes Leben erstrebenswert ist, usw. usw. Ohne Rückgriff jedenfalls auch auf entsprechende empirische Erkenntnisse könnte bestenfalls ein Plausibilitätsbeweis, nicht jedoch ein Tatsachenbeweis erbracht werden für die Lebensbedeutung von Raumverhaltenskompetenz. Als weiteres Beispiel, an dem der Bedarf auch an empirischen Erkenntnissen in geisteswissenschaftlichen Aussagesystemen demonstriert werden kann, sei auf die selbst schon empirische Erkenntnis verwiesen, dass Jungen über ein durchschnittlich besseres Raumvorstellungsvermögen verfügen als Mädchen. Um dies zu erklären, bedarf es neben anderem naturwissenschaftlicher und speziell neurowissenschaftlicher sowie evolutionsbiologischer Erkenntnisse über die unterschiedliche Beschaffenheit, Funktion und Phylo- sowie Ontogenese des männlichen und weiblichen Gehirns. Diese Erkenntnisse könnten dann zwangsläufig oder jedenfalls in

aller Regel zwar nicht von Geisteswissenschaftlern bzw. in diesem Falle von Geographiedidaktikern selbst ermittelt, sondern müssten aus der neurowissenschaftlichen und evolutionsbiologischen Forschung importiert werden. Immerhin aber würden sie belegen, dass Geisteswissenschaften, so sie nicht ohnehin empirisch oder zumindest auch empirisch arbeiten, zumindest im Kontext von Begründung und Erklärung geistiger Gebilde empirischer und zum Teil sogar naturwissenschaftlicher Erkenntnisse bedürfen.

Zusammenfassend zeigen diese Argumente nun Folgendes: Sind empirische und geistige Gegenstände, welcher Art auch immer, aus methodologischer Sicht ohnehin schon ohne jeglichen Wertigkeitsunterschied – sie sind einfach Erkenntnisobjekte und sonst nichts –, und ergibt sich schon von daher keinerlei Anlass zu Spannungen zwischen Geistes– und Naturwissenschaften, so ist beides darüber hinaus auch deshalb nicht der Fall, weil sich beide Wissenschaftsgruppen auch mit Gegenstandstypen der jeweils anderen Wissenschaftsgruppe auseinandersetzen (müssen): die Naturwissenschaftler auch mit geistigen Gebilden, die Geisteswissenschaftler auch mit empirischen und z. T. sogar naturwissenschaftlichen Sachverhalten. Dieses methodologische Patt impliziert methodologisch gleiche ‚Augenhöhe' (um einmal eine Anleihe aus der Sprache der Politik zu machen).

Etwas völlig anderes ist es demgegenüber, wenn man naturwissenschaftlichen und geisteswissenschaftlichen Gegenstandsbereichen unterschiedliche Einstellungen, Vorlieben, Interessen, Sympathien usw. entgegenbringt; ihnen ein unterschiedliches Ansehen, Image, Faszinationspotential etc. zuspricht und *dies* dann ein- oder wechselseitige Spannungen, Aversionen, Abneigungen u. dgl. nach sich zieht: Dann aber bewegt man sich nicht mehr im rationalen, methodologischen, sondern im affektiven/emotionalen, psychologischen, subjektiven Kontext, um den es hier ja aber nicht geht. Und bemüht man die gesellschaftliche Bedeutung und Nützlichkeit von Natur- und Geisteswissenschaften als Bewertungsmaßstab, so urteilt man technologisch und ebenfalls nicht mehr methodologisch. Aus derartigen Betrachtungen der Gegenstandsbereiche von Natur- und Geisteswissenschaften können sehr wohl Spannungen entstehen, nicht hingegen bei methodologischer Betrachtung.

### 4.2 Erkenntnisinteresse und Erkenntnisziel

Nun kann man Wissenschaften und Wissenschaftsgruppen bekanntlich nicht allein nach ihrem Gegenstand unterscheiden. Man denke nur an die zahlreichen Wissenschaften, die sich mit dem Menschen oder den Siedlungen oder der Vegetation oder dem Lehren und Lernen beschäftigen. Notwendig ist zur näheren Unterscheidung von Wissenschaften bzw. in diesem Falle von Wissenschaftsgruppen und deren jeweiligem wissenschaftlichen Tun außer dem Gegenstand die Fragestellung, das Erkenntnisinteresse bzw. Erkenntnisziel. Poppers bereits im Kontext des Gegenstandes benutzte Wendung,

dass die Natur nicht antwortet, wenn sie nicht gefragt wird, macht dies evident. Nun hat allerdings jede einzelne Natur- oder Geisteswissenschaft ihre ganz spezifische Fragestellung, ihr ganz spezifisches erkenntnisleitendes Paradigma also, dem im Rahmen dieses Vortrages natürlich nicht im Einzelnen nachgegangen werden kann. Statt dessen muss, ähnlich wie beim Gegenstand, nach der Gemeinsamkeit des Erkenntnisinteresses der verschiedenen Naturwissenschaften einerseits, der Geisteswissenschaften andererseits gefragt und anschließend geprüft werden, ob sich daraus evtl. Ansatzpunkte für ein- oder wechselseitige Spannungen ergeben.

Fast schon stereotyp tauchen diesbezüglich in der Literatur die folgenden Paare gegensätzlicher Topoi auf (vgl. Apel 1980, S. 248/249; Dilthey 1966, S. 4–7; Kanitscheider 1988, S. 66; Sachsse 1967, S. 121–126; Scheibe 1987, S. 14–17; Schmidt 1975, S. 5; Simon-Schaefer 1975, S. 12; Wild 1987, S. 26–28; Zimmerli 1988, S. 58; 1994, S. 89/90): Danach gehe es den Naturwissenschaften um Gesetzeserkenntnis, also Nomothetik, den Geisteswissenschaften dagegen um Erkenntnis des Einmaligen/Einzigartigen, also um Idiographie. Die Reichweite der Erkenntnis sei demgemäß in den Naturwissenschaften generalisierend, also universell, in den Geisteswissenschaften dagegen individualisierend, also individuell. Dabei ziele das Erkenntnisstreben in den Naturwissenschaften auf die Aufdeckung der Kausalität, also auf Erklärung, dasjenige der Geisteswissenschaften hingegen auf Verstehen bzw. Sinn-Verstehen und allenfalls noch auf Begründung. In diesem Kontext wird dann in Anknüpfung an Snows dementsprechende Wortschöpfung (1959) von den „zwei Kulturen“ gesprochen. Simon-Schaefer (1975, S. 12) zufolge hätten sich in den Geisteswissenschaften, und analog vermutlich in den Naturwissenschaften, geradezu Auto- und Heterostereotypen über das eigene sowie das andere Tun herausgebildet, die „bis in die jüngste Zeit als Vorurteile die Diskussion zwischen Geistes- und Naturwissenschaftlern in der Wissenschaftstheorie behinder[n]“. Dabei würden die Geisteswissenschaftler – wie einleitend bereits erwähnt – ihre Methode bzw. ihr Erkenntnisziel des Verstehens als eine gegenüber dem Erklären der Naturwissenschaften „höhere Erkenntnisweise“ betrachten – und vermutlich umgekehrt.

Derartige Vorurteile sollen, wie bereits erklärt, hier jedoch nicht weiter verfolgt werden; vielmehr ist zu fragen, ob die weitgehend übereinstimmend so verstandenen Erkenntnisinteressen der Naturwissenschaften bzw. der Geisteswissenschaften methodologisch begründeten Anlass zu Spannungen geben können. Dazu werden die drei genannten Gegensatzpaare zu zweien zusammengefasst, da Nomothetik bzw. Generalisierung/Universalität versus Idiographie bzw. Individualisierung/Individualität jeweils dieselben Erkenntnisdimensionen repräsentieren. Entsprechend sind im Folgenden also die beiden Gegensatzpaare Nomothetik versus Idiographie und Erklärung versus Verstehen bzw. Begründen zu betrachten.

Gesetzeserkenntnis als erklärtes Ziel der *Naturwissenschaften* hat methodologisch zweifellos einen hohen, wenn nicht den höchsten Rang. Als All-

sätze beinhalten Gesetzesaussagen die Kenntnis bzw. Erkenntnis von Merkmalen jeweiliger Klassen von Sachverhalten und können nach Inhalt und Umfang allenfalls noch von Theorien als Systemen von Gesetzen übertroffen werden. Mit Kanitscheider (1988, S. 66) gilt das „Prinzip" der „Gesetzesartigkeit der Natur": „Jedes Ereignis der Natur ist der Fall eines Gesetzesmusters, unabhängig davon, ob dieses Muster entdeckt worden ist, ob es noch von uns entdeckt werden wird, oder ob es überhaupt jemals von irgendeinem intelligenten Wesen in Zukunft aufgefunden wird." Gesteigert wird dieser fast schon axiomatische Rang von Gesetzen noch durch ihr prognostisches Potential.

Stößt man im Bereich der Physischen Geographie beispielsweise irgendwo auf Granitgestein, und betrachtet man dieses als Resultat gesetzesbestimmter Wirkungsmechanismen, so weiß man sofort mindestens Folgendes:

- Dieses Gestein war einmal Magma.
- Durch Aufstieg im Erdinneren und damit verbundene Abkühlung haben sich die einzelnen Magmafraktionen entsprechend ihrer jeweiligen Kriteriumstemperatur auskristallisiert.
- Durch Abtragung der dieses Granitgestein ursprünglich überdeckenden Erdkruste ist es freigelegt worden und steht nun oberflächig an.
- Aufgrund der unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten seiner Mineralkomponenten und der dadurch bedingten Verwitterungsanfälligkeit wird das nun oberflächig anstehende Granitgestein relativ schnell abgetragen werden.

Diese prinzipielle Gesetzesartigkeit der Natur wird auch durch die häufig bemühte *Chaostheorie* nicht in Frage gestellt. Chaos meint ja nicht regelloses Durcheinander, wie wir dies in der Alltagssprache verstehen, sondern ist Ausdruck der Schwierigkeit, speziell in der Systemtheorie komplexe und in der Regel nichtlineare Strukturen und Wechselwirkungen innerhalb von und zwischen Systemen zu berechnen und vorherzusagen (vgl. Peitgen et al. 1998, S. 4, 12). Insofern sprechen Coveney und Highfield (1992, S. 236–288, 238, 271) und An der Heiden (1996, S. 98/99, 119 sowie pass.) vom ‚subjektiven Chaos' oder ‚subjektiven Zufall'. Coveney und Highfield (1992, S. 238) behaupten sogar, dass in dem deterministischen Chaos „präzise formulierte Gesetzmäßigkeiten zu scheinbar zufälligem, unstrukturiertem Verhalten führen, dass aber in Wirklichkeit ein feingeordnetes Ganzes ergibt". Entsprechend lassen sich nach Capra (1996, S. 160) mit Hilfe der Chaostheorie „sogar sehr genaue Vorhersagen machen. Sie beziehen sich jedoch auf die qualitativen Merkmale des Systemverhaltens, statt auf die präzisen Werte ihrer Variablen zu einem bestimmten Zeitpunkt."

Den gleichfalls als Argument gegen Gesetzlichkeit häufig ins Feld geführten ‚*Entropie-Satz*' kann man insofern fast übergehen, als der dabei im wesentlichen gemeinte ‚Zweite Hauptsatz der Thermodynamik' überhaupt

nur auf geschlossene Systeme anwendbar ist und dann bestenfalls in diesen, so sie denn wirklich geschlossen sind, Geltung beanspruchen kann. Das sind dann zwangsläufig nur Laborsituationen. Ansonsten dürfte es kaum ein System geben, das vom Rest des Universums vollständig abgeschlossen ist, so dass weder Masse noch Energie in es eindringen oder aus ihm austreten können (vgl. Smolin 1999, S. 182).

Gleichwohl hat Gesetzeserkenntnis, auf der Ebene des je einzelnen Gesetzes ebenso wie auf der Ebene des Postulats von der prinzipiellen Gesetzlichkeit der Welt bzw. zumindest der natürlichen Welt, ihre *Achillesferse*, die auch die glühendsten Verfechter der nomothetischen Welterkenntnis – und als ein solcher sehe ich mich auch – weder übersehen noch beseitigen oder überlisten können. Auf einen Nenner gebracht manifestiert sie sich im so genannten Induktionsproblem. Das besagt in diesem Kontext zunächst, dass jegliches Gesetz auf der Erforschung einer endlichen Menge von empirischen Einzelfällen beruht und darauf basierend durch induktiven Erweiterungsschluss formuliert wird. Mit Stegmüller (1969, S. 151, 152) sind empirische gesetzesartige Aussagen daher „niemals empirisch verifizierte Sätze, sondern bestenfalls empirisch gut bestätigte Hypothesen". Da sich das Induktionsproblem aber prinzipiell nicht lösen lässt und jeder Lösungsversuch irgendwann auf Alberts (1969, S. 13) so genanntes „Münchhausen-Trilemma" trifft, also die Wahl hat zwischen ‚infinitem Regress', ‚logischem Zirkel' und ‚Abbruch des Verfahrens', verliert das Theorem der Gesetzeserkenntnis unvermeidlich etwas von seinem Glanz. Dies gilt dann natürlich nicht nur für naturwissenschaftliche, sondern für jegliche, beispielsweise also auch sozialwissenschaftliche Gesetzeserkenntnis und überdies für deterministische wie statistische Gesetze gleichermaßen. Sollten Naturwissenschaftler also mit methodologischem Hochmut auf das idiographische Erkenntnisinteresse der Geisteswissenschaftler herabschauen – wobei einmal unterstellt wird, dass es rein epistemisch tatsächlich höher zu bewerten ist, zu Gesetzen vorzustoßen als nur Einzelfälle zu erforschen –, so wäre dies intellektuell und auch methodologisch nicht redlich; denn Idiographie und Induktion spielen immer schon mit, liegen immer schon zugrunde, so dass man bestenfalls sagen dürfte: Gesetzeserkenntnis überhaupt, und dann auch in der Naturwissenschaft, hat einen methodologisch wie intellektuell höheren Stellenwert. Da aber jeglicher Gesetzeserkenntnis eben auch Idiographie zugrunde liegt, und so eben auch in den Naturwissenschaften, ist jeglicher Hochmut gegenüber solchen, die zumindest paradigmatisch Idiographie zum Erkenntnisziel erklärt haben, unbegründet.

Sind die *Geisteswissenschaften* denn aber überhaupt zur Idiographie verdammt? Spielt Gesetzlichkeit in ihnen denn keine Rolle? Selbstverständlich tut sie dies, wenngleich dann mit denselben methodologischen Problemen wie in den Naturwissenschaften, und zwar auf der beschreibenden Ebene ebenso wie auf der erklärenden oder ggf. prognostischen.

Betrachten wir zunächst *empirische* Aussagen. Angenommen, es gehe um Aussagen der Geographiedidaktik über die räumliche Vorstellungsfähigkeit von Schülern. Notwendigerweise gewinnt man derartige Aussagen zunächst auf der deskriptiven Ebene durch idiographische Studien und formuliert sie dementsprechend als Singulär- oder Partikuläraussagen. Hat man aber hinreichend viele singuläre oder partikuläre Aussagen formuliert, die zudem weithin übereinstimmen, wird man dazu übergehen, aus ihnen Gesetzlichkeit zu extrahieren. Ebenso arbeitet man auf der Ebene der Erklärung mit Gesetzesaussagen; denn gemäß Hempel und Oppenheim (1948) benötigt man zur Erklärung singulärer, partikulärer oder auch nomologischer Aussagen außer Randbedingungen bzw. Ursachen eben auch Gesetze. Im Falle der räumlichen Vorstellungsfähigkeit können diese sich beziehen auf das Geschlecht, auf das Alter, auf die Art der Sozialisation, auf ontogenetische oder neuronale Eigenschaften u. dgl. m. Desgleichen benötigt man empirische Gesetze, wenn man von der Erklärung zu unterrichtstechnologischen Handlungsempfehlungen fortschreiten will. Gewiss ist der Anteil empirischer Gesetze in den verschiedenen Geisteswissenschaften unterschiedlich hoch; doch ist dies kein Argument gegen die Existenz empirischer Gesetze auch in den meisten Geisteswissenschaften. Nun wird man natürlich entgegnen, dass es sich dabei ja nur um statistische Gesetzmäßigkeiten und nicht wie in den Naturwissenschaften um deterministische Gesetze handle (welch Letzteres natürlich seinerseits nicht ausschließlich zutrifft). Diesen Einwand hat allerdings bereits 1967 (S. 617–619) Eisermann zurückgewiesen. Danach dulden statistische Gesetzmäßigkeiten ebenso wenig Ausnahmen wie die deterministischen Gesetze, sonst wären sie keine. Vielmehr sind die zahlreichen Ausnahmen in Wirklichkeit Fälle von Überlagerung verschiedener Gesetze, was deren analytische Trennung erheblich erschwert wenn nicht gar verhindert. Entscheidend ist auch hier, ob die Bedingung für die Gültigkeit eines Gesetzes gegeben ist; denn nur unter dieser Voraussetzung können Gesetze, und so auch statistische, Geltung beanspruchen. Schnell taucht dann wieder die Strategie des Exhaurierens (Holzkamp 1968) auf, mittels derer man letztlich jedes Gesetz retten oder gar gegen die Realität immunisieren kann durch Verweis auf die für seine Gültigkeit ja gar nicht gegebenen Bedingungen. Das Problem der Überlagerung von Gesetzen im geisteswissenschaftlichen Bereich lässt sich vermutlich prinzipiell nicht lösen, da man hier, anders als in den Naturwissenschaften, kaum labormäßig selektieren und experimentieren kann. Man stelle sich dies einmal in den Naturwissenschaften vor: Schnell stünde man dort vor denselben analytischen Problemen wie die Geisteswissenschaften.

Neben empirischen werden in den Geisteswissenschaften in erheblichem Anteil aber auch *normative*, *technologische* oder *formallogische Aussagen* formuliert. Sofern diese nicht, wie die formallogischen, aus axiomatischen Ausgangssätzen deduziert werden und dadurch zugleich begründet bzw. erklärt sind, benötigt man zu ihrer Begründung als gültig oder richtig außer

weiteren Normen oder Werturteilen auch empirische Gesetze. Betrachten wir beispielsweise den ökologischen Imperativ als normatives Gesetz und beziehen ihn auf den Umgang mit dem Boden. In einfacher Version könnte er dann lauten: ‚Gehe mit dem Boden ökologisch adäquat um!' Ein Aspekt des ökologisch adäquaten Umgangs mit dem Boden könnte dabei der Schutz vor Erosion sein, so dass diese allgemeine Formulierung dann spezifiziert werden könnte in die Version ‚Schütze den Boden vor Erosion!' Zur Begründung dieses spezifizierten Imperativs könnte man z. B. auf die folgenden empirischen Gesetzmäßigkeiten zurückgreifen, wobei der modifizierende Einfluss von Relief, Niederschlag, Wind, Bodenart etc. der Einfachheit halber unberücksichtigt bleibt:

- Immer wenn Boden durch Vegetation bedeckt ist, ist er vor Abtragung geschützt.
- Immer wenn Boden vegetationsfrei ist, wird er durch Erosion abgetragen.
- Erosiver Bodenabtrag erfolgt (am Beispiel der Kraichgau-Lößlandschaft) mit einer Rate von bis zu 2–3 mm jährlich (Eitel 1999, S. 92).
- Bodenneubildung erfolgt (bezogen auf Rohlöß) mit einer durchschnittlichen Rate von 0,01–0,1 mm jährlich (a. a. O.).
- ...

Nun besteht zwischen Sein und Sollen aber bekanntlich eine unüberbrückbare logische Kluft. Um aber aus der Kenntnis dieser und weiterer empirischen und dazu noch naturwissenschaftlichen Gesetzlichkeiten zu der Aufforderung ‚Schütze den Boden vor Erosion bzw. Abtragung!' zu gelangen, benötigt man natürlich weitere Aussagen, so etwa die Prognose, dass, wenn die Erosion in dem bekannten Maße voranschreitet, der Boden regional oder global in einer definierbaren Zeit abgetragen sein wird und die Menschheit danach nicht mehr ernährt werden kann. Weiterhin benötigt man folgendes allerdings evidentes und daher nicht weiter begründungsbedürftiges Werturteil: Es ist schlecht, wenn der Boden abgetragen ist und die Menschheit nicht mehr ernährt werden kann bzw.: Es ist lebensnotwendig und also gut, wenn der Boden als Nahrungsgrundlage der Menschheit erhalten bleibt. Schließlich benötigt man mindestens einen empirisch–normativen Satz, etwa derart: Was für gut befunden wird, soll getan werden bzw.: Wenn es so ist, dass etwas für gut befunden wird, dann soll es getan werden. Aus der logischen Verknüpfung dieser und weiterer Sätze kann man dann schließlich die Vorschrift ‚Schütze den Boden vor Erosion!' zwingend ableiten, wodurch jene zugleich begründet ist. Diese grobe Skizze ist sicherlich unzureichend. Jedoch ist sie hinreichend, um zu demonstrieren, dass selbst normative Aussagen, sollen sie nicht bloße unbegründete Behauptungen oder Aufforderungen sein, zu ihrer wissenschaftlich stichhaltigen und überprüfbaren Begründung empirischer und hier sogar naturwissenschaftlicher Gesetzesaussagen bedürfen. Natürlich handelt man sich dabei dieselben erkenntnistheoreti-

schen Probleme ein, wie sie im Kontext der naturwissenschaftlichen Gesetze kurz angesprochen wurden. Doch führt daran kein Weg vorbei. Im Übrigen befindet man sich dann in guter Gesellschaft mit den Naturwissenschaften. Ob man derartige Gesetzesaussagen dann stets selbst erarbeitet oder ob man sie etwa aus naturwissenschaftlichen Disziplinen importieren muss, ist dabei unerheblich. Übrigens müssen auch die Naturwissenschaften ihrerseits – ich erinnere an das AV/UV-Problem – erklärende Aussagen vielfach aus anderen Disziplinen importieren, so etwa die Biologen aus der Chemie, die Chemiker aus der Physik, die Geologen aus der Physik usw. Entscheidend ist, dass man ohne Rückgriff auf empirische Gesetzesaussagen normative und Wertaussagen nicht stichhaltig begründen kann.

Wie man sieht, ist das dualistische Konstrukt ‚Naturwissenschaftler gleich Nomothetiker' und ‚Geisteswissenschaftler gleich Idiograph(en)' methodologisch nicht haltbar. Folglich bietet es keine prinzipiellen Ansatzpunkte für spannungsgeladene Beziehungen zwischen Geistes- und Naturwissenschaften.

Unter dem Aspekt des Erkenntnisinteresses bleibt nun noch die Dichotomie ‚Erklären versus Verstehen' zu prüfen.

Dass es in den *Naturwissenschaften*, wie allenthalben in der Wissenschaft, außer um Beschreibung vor allem um die Erklärung der untersuchten Sachverhalte geht, und basierend darauf ggf. noch um Prognosen, ist evident und bedarf keiner weiteren Begründung. Heißt das nun aber, dass Verstehen in den Naturwissenschaften überhaupt keine Rolle spielt? Keineswegs! Wenngleich nicht im Sinne des hermeneutischen Verstehens, so spielt Verstehen auch in den Naturwissenschaften eine Rolle, und zwar auf der beschreibenden ebenso wie auf der erklärenden Ebene. Auf der beschreibenden Ebene kommt Verstehen zum Tragen in Form etwa des analytischen Identifizierens und Ermittelns der jeweils relevanten Daten. Ein aussagekräftiges Beispiel hierfür ist der scheinbar so wohlbekannte Golfstrom. Gibt es ihn überhaupt? Aus welchen Teilströmen setzt er sich zusammen? Kann man für ihn überhaupt genaue Daten angeben angesichts seiner ständig wechselnden Lage und Beschaffenheit? Wie lässt sich rein epistemisch begründen, bestimmte Wassermassen im atlantischen Ozean als Bestandteile des Golfstroms zu interpretieren? usw. usw. Wie man sieht, entstehen hier auf der rein epistemischen Ebene, auf der Ebene der Feststellung also, dass etwas so ist, wie behauptet, erhebliche analytische Probleme, die letztlich mit richtigem Verstehen, richtigem, wahrheitsgemäßem Auffassen eines bestimmten Sachverhalts zu tun haben. Aber auch auf der kausalen Ebene spielt Verstehen in den Naturwissenschaften eine Rolle, insofern das Erklären die Voraussetzung für das Verstehen ist. Sofern ein Sachverhalt kausal erklärt ist, ist er in seiner strukturell-prozessual-systemischen Ausprägung und Genese verstanden. So hat Erklären letztlich zwei Dimensionen: eine logische in Gestalt der Ableitung eines zu erklärenden Satzes aus erklärenden Sätzen; eine kognitive, insofern der durch den zu erklärenden Satz be-

schriebene Sachverhalt nach seiner Ableitung aus den erklärenden Sätzen für den Forscher oder die Forschergemeinde verstanden ist.

Wie aber steht es um das hermeneutische Verstehen, um das sinngebende Deuten, Auslegen mentaler Erzeugnisse, ggf. auch von Handlungen oder Verhaltensweisen, dem sich die *Geisteswissenschaftler* nach eigenem Bekunden wie auch aus der Sicht der Naturwissenschaftler verschrieben haben (vgl. König und Zedler 1983, S. 76; Riedl 1985, S. 211; Seiffert 1983, II, S. 57). Geht diesem Verstehen nicht ebenfalls notwendigerweise das Erklären, ggf. das logisch äquivalente Begründen voraus? Oder besteht hermeneutisches Verstehen gar im Erklären?

Betrachten wir dazu zunächst das Verstehen *mentaler Erzeugnisse*: Ein derartiges mentales Erzeugnis könnte der geographiedidaktische Satz sein „Die Lerner sollen in räumlichen Systemen denken können!" Verstehen könnte dabei zunächst rein deskriptiv gemeint sein; ein Leser dieses Satzes will also verstehen, was dieses mentale Erzeugnis meint, was also überhaupt mit dem Denken in räumlichen Systemen gemeint ist. Es geht also zunächst um das Verständnis dieser Aussage als solcher. Darin aber unterscheidet sich das Verstehen in keiner Weise vom Verstehen irgendwelcher sonstiger und u. a. auch naturwissenschaftlicher Sachverhalte oder Aussagen wie beispielsweise „Die Hawaii-Inseln sind durch Hot Spot-Vulkanismus entstanden." Nun wollen Hermeneutiker ja aber Aussagen nicht nur als solche, sondern, wie Gadamer (1974, Sp. 1061, 1070) schreibt, auch „aus ihrer Motivationsgeschichte" heraus verstehen, da sie so erst „ihren Sinn" gewinnen. Das aber heißt doch, nach dem Warum zu fragen, und zwar entweder nach dem Warum des Geltungsanspruchs der Aussage oder aber nach dem Warum des Zustandekommens der betreffenden Aussage, wobei es sich im ersteren Fall um Begründung, im letzteren um Erklärung handeln würde. Den Geltungsanspruch aber einer Aussage zu begründen, ist völlig unproblematisch; dies unterliegt einem ganz gewöhnlichen deduktiven Argumentationsprozess nach dem Muster des Hempel/Oppenheim-Schemas, auf dessen deduktiv-nomologische Struktur weiter vorne schon eingegangen wurde. Für den Hermeneutiker aber ist wohl eher von Interesse, warum der betreffende Autor den Satz „Die Lerner sollen in räumlichen Systemen denken können!" geschrieben hat. Und dazu müsse man in den sozialen, persönlichen, historischen Kontext der sich äußernden Person eindringen. Da dieser aber stets individuell, idiographisch sei, könne es nur um ein nachvollziehendes Verstehen, nicht jedoch um ein Erklären gehen. Und da dies wiederum nur von einem dementsprechenden Vorverständnis aus möglich sei, bewege man sich im sogenannten ‚hermeneutischen Zirkel' im Sinne von „Das Verstehen ist ein Wiederfinden des Ich im Du" (Dilthey). Wenn das aber das Ziel des Motivverstehens ist, wenn es also darum geht, „einen Sinnzusammenhang aus einer anderen „Welt" in die eigene zu übertragen" (Gadamer 1974), dann muss man sich natürlich die Frage gefallen lassen, ob man sich noch im Kontext wissenschaftlichen Tuns befindet. Unabhängig davon aber:

Selbst wenn es darum geht, kommt man um deduktiv-nomologisches Erklären nicht herum. Warum der betreffende Autor die oben formulierte Aussage „Die Lerner sollen in räumlichen Systemen denken können!“ gemacht hat, könnte danach grob skizziert wie folgt erklärt werden:

**Prämissen**

*Gesetze, u. a.:*

- Jeder Erdraumsachverhalt ist Element eines erdräumlichen Systems.
- Als solches steht jeder Erdraumsachverhalt systemintern in raumdistanzieller Wechselwirkung mit anderen Erdraumsachverhalten.
- Da erdräumliche Systeme ‚offen‘ sind, stehen sie bzw. ihre Elemente in raumdistanziellen Wechselwirkungen auch zu anderen Systemen bzw. deren Elementen.
- Wenn ein Subjekt lernen soll, sich erdräumlich kompetent zu verhalten, muss es die systeminternen und systemübergreifenden raumdistanziellen Wechselwirkungen zwischen den Erdraumsachverhalten in Rechnung stellen.
- Jeder Autor hat ein ontogenetisch wie soziokulturell bedingtes bestimmtes, selektives Erkenntnisinteresse und eine dementsprechende Weltsicht.
- Jeder Autor ist bestrebt, gerade seine Weltsicht zur Geltung und Wirkung zu bringen.
- ...

*Randbedingungen, u. a.*

- Im Land Y sollen die Schüler lernen, sich erdräumlich kompetent zu verhalten.
- Autor X ist Geographiedidaktiker im Land Y.
- Als solcher kennt, anerkennt, adaptiert und vertritt er im geographiedidaktischen Kontext die systemische Eigenschaft der Erde wie aller ihrer Raumsachverhalte.
- Autor X will zur Verbesserung des erdräumlichen Verhaltens der Schüler im Land Y beitragen.
- ...

**Konklusion**

- Autor X schreibt: „Die Lerner sollen in räumlichen Systemen denken können!“

Damit wäre die Motivationsgeschichte dieser Aussage aufgehellt, genau genommen ist sie kausal erklärt. Mithin stellt letztlich selbst die Motivationsgeschichte mentaler Erzeugnisse nichts anderes als deren kausale und genau genommen deduktiv-nomologische Rekonstruktion dar und unter-

scheidet sich auch insofern wiederum nicht von klassischen wissenschaftlichen Erklärungen.

Wie aber steht es um das Verstehen *von Verhaltens- oder Handlungsweisen*, der anderen Interessensrichtung hermeneutischen Verstehens? Hierfür bedarf es keiner großen Argumentationskunst, um zu zeigen, dass Verstehen von Verhaltensweisen nichts anderes als deduktiv-nomologisches Rekonstruieren der betreffenden Verhaltensweisen ist. Genau genommen war ja bereits die Formulierung der Aussage „Die Lerner sollen in räumlichen Systemen denken können!“ eine Handlungsweise, und die Rekonstruktion ihrer Motivationsgeschichte somit ein Beispiel hierfür. Diesbezüglich haben Esser et al. (1977, II, S. 124/125) aufschlussreich wie folgt argumentiert: „Wenn eine Person eine Handlung begeht, um das Ziel b zu erreichen, und b tritt *nicht* ein (was ja vorkommen soll), dann ist es unsinnig, davon zu sprechen, es sei a gehandelt worden, weil das Ziel b nicht eintrat; nicht das „Ziel“ war die Ursache für das Handeln a, sondern nur die private (und möglicherweise falsche) Überzeugung der Person, dass das Handeln a auch tatsächlich zum Ziel b führt. Damit wird das Ereignis a aber ganz wie im üblichen Sinn nach dem H/O-Schema kausal erklärt“. Man müsste dann eben noch ein allgemeines Gesetz einführen etwa derart: Immer wenn a getan wird, ergibt sich b. Dann könnte man weiter argumentieren: Wenn X b will, muss X a tun. X will b, also tut X a. Dies erkennt auch Zimmerli an, indem er den zur Erklärung von Handlungen gerne benutzten ‚praktischen Syllogismus‘ nicht als eigenständige geisteswissenschaftliche Methode interpretiert. So schreibt Zimmerli (1994, S. 93): „Für alle P gilt: wenn P eine Person ist, die y herbeizuführen beabsichtigt und überzeugt ist, dies nur durch das Tun von x bewerkstelligen zu können, dann tut sie – rationalerweise – x“. „Diese Prämisse aber hätte wiederum den Status eines Gesetzes, so dass auch aus dem praktischen Syllogismus keine eigenständige geisteswissenschaftliche Methode als Reformulierung des Verstehens resultierte.“

Aus den Ausführungen ergibt sich nach meinem Verständnis: Sofern Geisteswissenschaftler Verstehen nicht, wie Dilthey, als selbstreflexives „Nacherleben“ interpretieren und dann aber streng genommen nicht mehr wissenschaftlich handeln, unterscheidet sich ihr Tun weder auf der deskriptiven noch auf der Ebene des motivationalen Verstehens vom klassischen deduktiv-nomologischen Begründen oder Erklären. Eine Sondermethodologie hat und braucht die Geisteswissenschaft also nicht. Folglich liegt auch hierin kein Anlass für Spannungen zwischen den Geistes- und Naturwissenschaften. Lediglich der für einzelne Geisteswissenschaften konstitutive und aber wohlbegründete Anteil normativer und damit prinzipiell unwissenschaftlicher Aussagen könnte Anlass dazu geben. Doch könnten die Naturwissenschaftler dies nur so lange ausschlachten, so lange sie selbst keine technologischen Handlungsempfehlungen formulieren. Dann nämlich hätten sie dasselbe Problem wie einzelne Geisteswissenschaften; denn technologische Aussagen enthalten auch normative Bestandteile. Umgekehrt könnten

die betreffenden Geisteswissenschaften sich leicht dadurch retten, dass sie schlichtweg auf normative Aussagen verzichten. Das wäre aber wohl ein zu hoher Preis!

### 4.3 Erkenntnisweg und Methode

Als dritte einschlägige Dimension einer vergleichenden Betrachtung von Natur- und Geisteswissenschaften unter dem Gesichtspunkt methodologisch begründbarer oder begründeter Spannungspotentiale bietet sich nach Erkenntnisgegenstand und Erkenntnisziel die Methode, der Erkenntnisweg also an. Mit Blick auf die wissenschaftliche Dignität ist dies gar die entscheidende Dimension. Denn während Gegenstände und Ziele von Erkenntnis Jedermann haben und verfolgen kann, ist für wissenschaftliches Tun, im Unterschied zur Alltagserkenntnis, die intersubjektive Überprüfbarkeit/Kritisierbarkeit/Falsifizierbarkeit konstitutiv. Umgekehrt erweist sich an der Erfüllung dieses Kriteriums, ob ein Erkenntnisprozess oder eine Erkenntnis wissenschaftlich genannt werden kann oder nicht (vgl. Albert 1984, S. 202; Popper 1973, S. 225; Roth 2003, S. 197–202, 206/207; Seiffert 1983, I, S. 84–88; Weingartner 1978, S. 43–56, 121). Um aber eine Aussage oder einen Erkenntnisweg auf Wahrheit oder Richtigkeit hin überprüfen und ggf. falsifizieren zu können, ist die Bedingung der Normierung bzw. Normiertheit zwingend (Albert 1987, S. 197; Seiffert 1983, I, S. 84–88). Normiertheit bzw. Normierung ist dabei inhaltlich wie methodisch zu verstehen: Inhaltlich erweist sie sich in der Verwendung explizit vereinbarter und damit normierter Prädikatoren, die dann Termini heißen. Methodisch meint Normierung das Vorgehen nach explizit vereinbarten Regeln, Vorschriften, Schrittfolgen, Messweisen, Rechenverfahren usw. Geht man aber terminologisch wie methodisch einschlägig normiert vor, dann sind die gewonnenen Erkenntnisse nach Aussage und Genese intersubjektiv überprüfbar und falsifizierbar. Diese Kriterien wissenschaftlichen Tuns gelten für Jedermann, der wissenschaftlich tätig ist, oder für jede Tätigkeit, die sich wissenschaftlich nennt, und konstituieren mithin die Einheit(lichkeit) der Wissenschaft (vgl. Kanitscheider 1988, S. 63, 64; Oppenheim und Putnam 1958, S. 340). Letztere kann man auch nicht, wie Schlaffer (1987, S. 42/43), durch Verweis auf die Einmaligkeit der Gegenstände der Geisteswissenschaften in Frage stellen; denn für die Naturwissenschaften gilt diese, wie weiter oben geklärt, in gleicher Weise.

Betrachten wir zunächst das Kriterium der *terminologischen* Normierung, so kann dieses in beiden zu vergleichenden Wissenschaftsgruppen uneingeschränkt erfüllt werden. Ob es tatsächlich erfüllt wird, inwieweit Beliebigkeit und Willkür der Terminologie eine Rolle spielen und dann letztlich eine intersubjektive Überprüfbarkeit schon von daher in Frage gestellt wird, bleibt dabei außer Acht. Geläufiger ist die strenge Normierung der fachlichen Terminologie sicher in den Naturwissenschaften. Wohlbe-

kannte Termini sind etwa Gravitation, Entropie, Atom, Subduktion, Denudation oder Hot spot. Zwingender noch ist die terminologische Normierung jedoch in den formalen Geisteswissenschaften wie Mathematik, Logik und Informatik mit ihren axiomatisch-deduktiv geschlossenen Begriffssystemen. Aber auch die Psychologie, die Philosophie, die Allgemeine Didaktik oder die Fachdidaktiken wie in diesem Falle die Geographiedidaktik verfügen über einschlägige Termini wie etwa Äquilibration, kategorischer Imperativ, Curriculum oder Raumverhaltenskompetenz. Einen strukturell bedingten Vorsprung besitzen die Naturwissenschaften in dieser Hinsicht insofern, als die Eindeutigkeit ihrer begrifflichen Normierungen von deren Naturgesetzen und Messgenauigkeit profitiert. Hält man in den Geisteswissenschaften allerdings, wie Apel (nach Schmidt 1975, S. 12), die Umgangssprache für angeblich nicht hintergehbar, oder kultiviert man, wie Schlaffer (1987), das ‚Erzählen', die Bewahrung und Pflege des „Traumpotential[s] der Gesellschaft" oder die Bedienung der Phantasie, so muss man sich allerdings über entsprechende Reaktionen in den Naturwissenschaften nicht wundern, auch wenn Wild (1987, S. 32), obwohl selbst Naturwissenschaftler, dem ‚Geschichtenerzählen' etwa Marquards ausdrücklich zustimmt.

In *methodischer* Hinsicht assoziiert man mit den Naturwissenschaften fast stereotyp das Experiment, die Mathematisierung und die Deduktion, folglich Exaktheit, und eher entschuldigend, da vor allem heuristisch verwendet, die Induktion (vgl. Büchel 1994, S. 224–228; Frey 1980, S. 444–445; Kanitscheider 1988, S. 63; Mainzer 1995, S. 978; Roth 2003, S. 202–206; Seiffert 1994, S. 394/395). Hinsichtlich Mathematisierung, Deduktion und Exaktheit wird allerdings unterschieden zwischen den im engeren Sinne exakten Naturwissenschaften wie vor allem die Physik und den weniger exakten Naturwissenschaften wie beispielsweise die Biologie. Ebenso stereotyp assoziiert man mit den Geisteswissenschaften, wie bereits im Zusammenhang mit dem Erkenntnisinteresse angesprochen, das hermeneutische Verfahren, und allenfalls ist noch von Methodenpluralismus und analytisch–strukturalistischem Vorgehen die Rede (vgl. Apel 1980, S. 247/248; Riedl 1995, S. 726; Seiffert 1994, S. 397; Zimmerli 1994, S. 89/90, 98/99). Nun arbeiten aber beileibe nicht alle Naturwissenschaften überwiegend oder ausschließlich experimentell (vgl. auch Vossenkuhl 2005, S. 190); man denke an die Geologie, die Biologie, die Physische Geographie. Ebenso arbeiten keineswegs alle Geisteswissenschaften hermeneutisch; speziell in der Mathematik, Logik und Informatik weiß man möglicherweise nicht einmal, was Hermeneutik überhaupt ist. Doch soll dies hier nicht näher geprüft werden. Vielmehr ist zu fragen, inwiefern das wissenschaftliche Arbeiten in diesen beiden Wissenschaftsgruppen dem fundamentalen Kriterium der intersubjektiven Überprüfbarkeit standhält und ob sich daraus Anhaltspunkte für Spannungen zwischen diesen beiden Gruppen ergeben könnten.

Betrachten wir zunächst die *Naturwissenschaften*. Soweit sie experimentell, formalisiert, mathematisiert, deduktiv arbeiten, kann ihr Grad an

methodischer Überprüfbarkeit, Exaktheit und mithin Wissenschaftlichkeit kaum mehr gesteigert werden. Gleichwohl hat speziell das experimentelle Arbeiten und verbunden damit das induktive sowie auch das hierauf gestützte deduktive Arbeiten seinen methodologischen Preis (vgl. auch Wild 1987, S. 28–31):

- So spielt das Induktionsproblem immer mit.
- Vollständig exakte Wiederholbarkeit von Experimenten ist per se unmöglich.
- Experimente, gleich ob Labor- oder Freilandexperimente, können, da notwendigerweise selektiv, die komplexe, systemisch vernetzte und interagierende Realität der Natur prinzipiell nicht wahrheitsgetreu widerspiegeln.
- Folglich stehen alle experimentell gewonnenen Aussagen unter dem Vorbehalt der ceteris paribus-Klausel und können somit, zusätzlich zur ohnedies stets nur vorläufigen Geltung, immer nur bedingt Geltung beanspruchen.
- Experimente setzen Theorien voraus und können somit schon eingebaute Konstruktionsfehler aufweisen.
- Mithin kann man mit Kaiser (2004, S. 264) behaupten, dass „die Natur der Naturwissenschaften ... ein Konstrukt und damit ein Kulturprodukt“ ist; denn nichts anderes stellt die „methodisch bewusste Herstellung derartig präparierter Weltausschnitte“ in Gestalt der Experimente ja dar.

Diese Hinweise mögen genügen, um die methodologisch angeblich so heile Welt des Experiments zumindest zu relativieren. Selbst die Möglichkeit der Falsifizierbarkeit experimentell gewonnener Aussagen muss man einschränken. Denn deren eventuelle Nichtübereinstimmung mit der Wirklichkeit oder das Nichteintreffen experimentell basierter Prognosen lässt sich gemäß ceteris paribus-Klausel und Exhaustionsprinzip leicht durch störende, im Experiment ja gar nicht berücksichtigte Randbedingungen erklären, mithin exhaurieren. Also lassen sich experimentell gewonnene Aussagen so lange aufrechterhalten, wie noch Möglichkeiten des Exhaurierens bestehen. Soweit Naturwissenschaften nichtexperimentell, also in klassischer Feldforschung arbeiten, haben sie dieselben methodisch–methodologischen Probleme, speziell auch hinsichtlich der intersubjektiven Überprüfbarkeit, wie alle empirischen Wissenschaften. Besonders groß sind die Probleme dort, wo die Forschungsgegenstände eine extreme Dynamik aufweisen, wie etwa in der Ozeanographie, Hydrogeographie, Klimatologie, Zoologie. Nicht minder groß sind die Probleme dort, wo die Gegenstandsbereiche nur punktuell und dabei überwiegend nur auf indirektem Wege erfassbar, messbar sind wie etwa in der Geologie, Geotektonik, dann auch wiederum in Ozeanographie, Klimageographie usw. Exaktheit, Überprüfbarkeit, Generalisierbarkeit usw. stehen hier unter allergrößten Vorbehalten; statt auf Beweise

muss man sich häufig auf Indizien und empirisch schwach gestützte induktive Erweiterungsschlüsse stützen. Da sollte schnell jeglicher Hochmut gegenüber den Geisteswissenschaften gegenstandslos sein.

Werfen wir einen kurzen Blick auf die *Geisteswissenschaften* (vgl. dazu auch Diemer 1968, S. 201–223; Kimmerle 1978, S. 87–197). Dabei stellt sich die Situation sehr unterschiedlich dar, je nachdem, welche Vorgehensweise zugrunde gelegt wird bzw. um welchen Aussagentyp es geht.

Soweit Geisteswissenschaften auch oder nur empirisch arbeiten, wie etwa die Psychologie, die Erziehungswissenschaft, die Fachdidaktiken, können ihre idiographischen Jetzt- und Hier-Aussagen in hohem Maße intersubjektiv überprüft werden, ebenso natürlich die Vorgehensweisen. Soweit sie auf der deskriptiven Ebene zu Gesetzesaussagen vordringen wollen, entstehen dieselben Probleme, wie sie bereits an anderer Stelle angesprochen wurden, zusätzlich die höchst eingeschränkte Möglichkeit der intersubjektiven Überprüfbarkeit. Dies alles gilt auch auf der kausalen Ebene, soweit dann Gesetzesaussagen zur Erklärung idiographischer Feststellungen oder auch weniger allgemeiner Gesetzesaussagen herangezogen werden. Da hilft auch eine noch so ausgefeilte empirische Sozialstatistik nicht weiter.

Soweit Geisteswissenschaften auch normative Aussagen formulieren wie etwa Sollens- oder Wert-Aussagen, lässt sich der Gewinnungs- und Begründungsprozess derartiger Aussagen weithin intersubjektiv überprüfen, nicht jedoch deren Geltungsanspruch. Normative Aussagen als solche sind folglich streng genommen unwissenschaftlich, ihr Gewinnungs- und Begründungsprozess hingegen nicht. Gleiches gilt für technologische Aussagen, in denen außer empirischen Bestandteilen ja mindestens auch eine normative Aussage enthalten ist. Ein derartiges Beispiel könnte etwa lauten: Wenn Lerner ein Defizit an räumlichem Vorstellungsvermögen haben, können bzw. sollen sie dies abbauen durch Übungen im mentalen Drehen räumlicher Konfigurationen.

Soweit Geisteswissenschaften rein formallogisch, also axiomatisch, deduktiv operieren, wie Mathematik, Logik und Informatik, sind Exaktheit und Überprüfbarkeit uneingeschränkt gewährleistet.

Wie steht es aber um Geisteswissenschaften, die auch oder nur hermeneutisch arbeiten? Hier ist erneut eine Zweiteilung erforderlich. So kann hermeneutisches Vorgehen als solches zweifellos intersubjektiv überprüft und nachvollzogen werden. Auch die Motivforschung ist weithin intersubjektiv überprüfbar, da sie ja letztlich empirischen Charakter hat und insofern keine prinzipiellen Probleme aufwirft. Das substantielle Ergebnis der hermeneutischen Auslegung jedoch ist einer intersubjektiven Überprüfung hinsichtlich seines Geltungsanspruchs prinzipiell nicht zugänglich. Entsprechend schreiben Esser et al. (1977, II, S. 133): „Prinzipiell gibt es kein (sicheres) Wissen um fremde Gedanken und Empfindungen. Unser Wissen darüber beruht immer auf der Generalisierung von Beobachtungen *äußerer* Reaktionen, das heißt: mentale Zustände bleiben immer verborgen, und ihr

(angenommenes) Vorliegen kann nur unter Zugrundelegung einer (Privat-) Theorie der Verbindung von äußeren Reaktionen und inneren Zuständen geschlossen werden.“ Auch „die Teilnahme an einer Kommunikationsgemeinschaft verschafft keine Gewissheit über Fremdseelisches“. Selbst die Neurowissenschaften, so wären Esser et al. heute zu ergänzen, können hieran nichts ändern, da zwar die Aktivitäten der Nervenzellen beobachtet, nicht jedoch die damit verbundenen Inhalte identifiziert werden können (vgl. Libet 2005, S. 45; Seebass 2005, S. 62/63). Folglich ist nach Esser et al. (a. a. O.) „die Ungewissheit über Fremdseelisches ... prinzipiell ebenso unaufhebbar, wie Wissen allgemein nie in Gewissheit möglich ist.“ Akzeptiert man dies, so verhält es sich hinsichtlich hermeneutisch gewonnener Aussagen ähnlich wie hinsichtlich der Normen: Der Gewinnungs- und Begründungsprozess erfüllt die Anforderungen wissenschaftlichen Tuns, die Aussage selbst muss jedoch als prinzipiell unwissenschaftlich gelten.

Wie diese Erörterung nun zeigt, kann man weder die Geisteswissenschaften noch die Naturwissenschaften methodisch über einen Kamm scheren. Beide Gruppen weisen prinzipiell höchste Grade an Überprüfbarkeit und somit Wissenschaftlichkeit auf, ebenso weisen beide Gruppen diesbezüglich prinzipiell unheilbare Defizite auf. Diemer (1968, S. 205) spricht in diesem Zusammenhang mit Blick auf die Naturwissenschaften und den weiter vorne bereits erwähnten Exaktheitsunterschied geradezu von einer Art Exaktheitsgefälle. Zusätzlich verläuft nach Schmidt (1975, S. 15) selbst innerhalb geistes- wie naturwissenschaftlicher Disziplinen eine so genannte „Exaktheitslinie“, die Wissenschaften, wissenschaftliche Theorien bzw. Erkenntnisse „in bereits exaktifizierte, in exaktifizierbare und nachweislich nicht-exaktifizierbare“ Bereiche trennt. So bietet selbst die vergleichende methodische Betrachtung der beiden großen Wissenschaftsgruppen wenig wirklich begründeten Anlass zu Spannungen zwischen diesen. Jeder Vorwurf der einen an die andere Gruppe erweist sich leicht als Bumerang. Einen Bärendienst erweisen sich Geisteswissenschaften allerdings dann, wenn einzelne ihrer Vertreter, so immerhin der prominente Odo Marquard (1987, S. 22), u. a. Folgendes schreiben: Ausgehend von der These, dass Geisteswissenschaften Modernisierungsschäden kompensieren und dadurch Modernisierung geradezu ermöglichen, hierfür aber „die Kunst der Wiedervertrautmachung fremd werdender Herkunftswelten“ benötigen, schreibt Marquard u. a.: „Das ist die *hermeneutische* Kunst, die Interpretation: durch sie sucht man in der Regel für Fremdgewordenes einen vertrauten Kram [,] in den es passt; und dieser Kram ist fast immer eine Geschichte. Denn die Menschen: das sind ihre Geschichten. Geschichten aber muss man erzählen. Das tun die Geisteswissenschaften: sie kompensieren Modernisierungsschäden, indem sie erzählen; und je mehr versachlicht wird, desto mehr – kompensatorisch – muss erzählt werden; sonst sterben die Menschen an narrativer Atrophie.“ Aber derartige paradigmatische Positionen werden innerhalb der Geisteswissenschaften gewiss nur von einer Minderheit propagiert.

## 5. Ausblick und Ergebnis

Es gäbe weitere Aspekte, deren vergleichende Betrachtung sich lohnen würde. Einer davon betrifft die gesellschaftliche Bedeutung und Rolle von Naturwissenschaften und Geisteswissenschaften, die Dilthey (1966, S. 4) noch bei den Geisteswissenschaften als höher ausgeprägt wähnte, die heutzutage jedoch den Naturwissenschaften in höherem Maße zugesprochen wird, was besonders krass kürzlich Miegel (2005, S. 61) ausdrückte: Danach gelte für Geisteswissenschaften „die Vermutung, dass sie ohnehin nichts Bedeutsames mitzuteilen haben". Diese schon verächtliche Bemerkung Miegels kann man allerdings kaum entkräften, indem man, wie Marquard (1987, S. 22), die wesentliche Bedeutung der Geisteswissenschaften in der Kompensationsfunktion sieht (vgl. auch Zimmerli 1987, S. 2; 1988, S. 58, 60; Wild 1987. S. 32–33). Verbunden mit dem Aspekt der Bedeutung und dieser proportional wäre dann zwangsläufig der des Images. Beide Aspekte, Bedeutung und Image, die jedoch keine methodologischen Aspekte, sondern wertende Zuschreibungen sind, beinhalten allerdings erhebliches Potential für ein– oder wechselseitige Spannungen zwischen diesen beiden Wissenschaftsgruppen. Ein weiterer Aspekt läge in der Frage der Beziehung zwischen beiden Wissenschaftsgruppen: In diesem Kontext spricht man von Überwindung der Spannungen, von Brückenbau, von Konvergenz, von Integration, von systemischer Beziehung, oder aber auch von Trennung (Zimmerli 1987, S. 2–4; 1988, S. 58–62; Wild 1987, S. 33–36). Allerdings ist auch dieser Aspekt kein methodologischer, sondern eher ein organisatorisch-institutioneller. Um derartige nichtmethodologische Aspekte sollte es hier ja ausdrücklich nicht gehen.

Stattdessen will ich die analytischen Einzelergebnisse dieser Untersuchung methodologisch begründeter Spannungspotentiale zwischen Natur- und Geisteswissenschaften tabellarisch zu folgendem Gesamtergebnis zusammenfassen:

**Gibt es methodologisch begründbare Spannungspotentiale zwischen Geisteswissenschaften (GW) und Naturwissenschaften (NW)?**

| | | Methodologischer Korrektheitsgrad (max.: 1) | | Spannungspotential als Differenz zwischen GW und NW |
|---|---|---|---|---|
| | | GW | NW | |
| Methodologisch relevante Kriterien | Gegenstand | 1,0 | 1,0 | 0,0 |
| | Fragestellung<br>– Nomothetik/Idiographie<br>– Erklären/Verstehen | <br>0,9<br>1,0 | <br>0,9<br>1,0 | <br>0,0<br>0,0 |
| | Methode (intersubjektive Überprüfbarkeit) | 0,7 | 0,8 | 0,1 |

Danach verbleibt ein Spannungspotential von vernachlässigbarer Größe. Folglich sind Ursachen für gleichwohl vorhandene oder vermutete Spannungen im außermethodologischen Bereich oder in dem Umstand zu suchen, dass die methodologische Normierung wissenschaftlichen Tuns nicht für Jedermann Gesetzeskraft hat!

## Literatur


Albert, H. ([2]1969). Traktat über kritische Vernunft. Tübingen: Mohr.

Albert, H. ([11]1984). Wertfreiheit als methodisches Prinzip. In: E. Topitsch. (Hrsg.), Logik der Sozialwissenschaften, 196–225. Königstein: Athenäum Verlag.

Albert, H. (1987). Kritik der reinen Erkenntnislehre. Das Erkenntnisproblem in realistischer Perspektive. Tübingen: Mohr.

Apel, K.-O. (1980). Geisteswissenschaften. In: J. Speck (Hrsg.), Handbuch wissenschaftstheoretischer Begriffe. Bd. 2, 247–251. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Büchel, W. ([2]1994). Naturwissenschaften. In: H. Seiffert & G. Radnitzky (Hrsg.), Handlexikon der Wissenschaftstheorie, 222–231. München: Ehrenwirth.

Capra, F. (1996). Lebensnetz. Ein neues Verständnis der lebendigen Welt. Bern u. a.: Scherz.

Coveney, P. & Highfield, R. (1992). Anti–Chaos. Reinbek: Rowohlt.

Diemer, A. (1968). Die Differenzierung der Wissenschaften in die Natur- und die Geisteswissenschaften und die Begründung der Geisteswissenschaften als Wissenschaft. In: A. Diemer (Hrsg.), Beiträge zur Entwicklung der Wissenschaftstheorie im 19. Jahrhundert, 174–223. Meisenheim: Verlag Anton Hain.

Dilthey, W. (1966). Einleitung in die Geisteswissenschaften. Stuttgart, Göttingen: Teubner, Vandenhoeck.

Eisermann, G. (1967). Soziologie und Geschichte. In: R. König (Hrsg.), Handbuch der empirischen Sozialforschung, 1, 601–640. Stuttgart: Enke.

Eitel, B. (1999). Bodengeographie. Braunschweig: Westermann.

Esser, H., Klenovits, K. & Zehnpfennig, H. (1977). Wissenschaftstheorie 1, 2. Stuttgart: Teubner.

Frey, G. (1980). Naturwissenschaften, Wissenschaftstheoretische Probleme der. In: J. Speck (Hrsg.), Handbuch wissenschaftstheoretischer Begriffe 2, 444–447. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Gadamer, H.–G. (1974). Hermeneutik. In: J. Ritter (Hrsg.), Historisches Wörterbuch der Philosophie 3, Sp. 1061–1073. Basel: Schwabe & Co.

Heiden, An der, U. (1996). Chaos und Ordnung, Zufall und Notwendigkeit. In: G. Küppers (Hrsg.), Chaos und Ordnung, 97–121. Stuttgart: Reclam jun.

Hempel, C. G. ([2]1977). Philosophie der Naturwissenschaften. München: dtv.

Hempel, C. G. & Oppenheim, P. (1948). The Logic of Explanation. In: H. Feigl (Hrsg. 1953), Readings in the Philosophy of Science, 319–352. New York: Appleton, Century, Crofts & Brodbeck.

Holzkamp, K. (1968). Wissenschaft als Handlung. Berlin: Walter de Gruyter.

Hörz, H. et al. (Hrsg. 1991). Philosophie und Naturwissenschaften. Berlin: Dietz.

Kaiser, G. (2004). Warum noch debattieren? Determinismus als Diskurskiller. In: Ch. Geyer (Hrsg.), Hirnforschung und Willensfreiheit. Zur Deutung der neuesten Experimente, 261–267. Frankfurt: Suhrkamp.

Kanitscheider, B. (1981). Wissenschaftstheorie der Naturwissenschaft. Berlin, New York: Walter de Gruyter.

Kanitscheider, B. (1988) Gibt es Grenzen der naturwissenschaftlichen Methode? Physikalische Blätter Nr. 3, 63–66.

Kimmerle, H. (1978). Philosophie der Geisteswissenschaften als Kritik ihrer Methoden. Den Haag: Nijhoff.

Köck, H. (1991). Didaktik der Geographie. Methodologie. München: Oldenbourg.

Köck, H. (1997). Die Rolle des Raumes als zu erklärender und als erklärender Faktor. Zur Klärung einer methodologischen Grundrelation in der Geographie. Geographica Helvetica, 89–96.

König, E. & Zedler, P. (1983). Einführung in die Wissenschaftstheorie der Erziehungswissenschaft. Düsseldorf: Schwann.

Kutschera, F. v. (1972). Wissenschaftstheorie I, II. München: Wilhelm Fink Verlag.

Lexikon der Geographie (Bd. 2, 2002). Heidelberg, Berlin: Spektrum.

Libet, B. (2005). Mind Time: wie das Gehirn Bewusstsein produziert. Frankfurt: Suhrkamp.

Mainzer, K. (1995). Naturwissenschaft. In: J. Mittelstraß (Hrsg.), Enzyklopädie: Philosophie und Wissenschaftstheorie 2, 977–979. Stuttgart, Weimar: Metzler.

Marquard, O. (1987). Die Unvermeidlichkeit der Geisteswissenschaften. Universitas H. 1, 18–25.

Mayntz, R., Holm, K. & Hübner, P. ([2]1971). Einführung in die Methoden der empirischen Soziologie. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Miegel, M. (2005). Epochenwende: gewinnt der Westen die Zukunft? Berlin: Propyläen.

Mittelstraß, J. (1995). Natur. In: J. Mittelstraß (Hrsg.), Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie, 2, S. 961–964. Stuttgart, Weimar: Metzler.

Oppenheim, P. & Putnam, H. (1958). Einheit der Wissenschaft als Arbeitshypothese. In: L. Krüger (Hrsg. 1970), Erkenntnisprobleme der Naturwissenschaften, 339–371. Köln, Berlin: Kiepenheuer & Witsch.

Peitgen, H.–O., Jürgens, H. & Saupe, D. (1998). Chaos: Bausteine der Ordnung. Reinbek: Rowohlt.

Popper, K. R. ([5]1973). Objektive Erkenntnis. Hamburg: Hoffmann & Campe.

Popper, K. R. ([8]1984). Logik der Forschung. Tübingen: Mohr.

Riedel, M. (1995). Geisteswissenschaften. In: J. Mittelstraß (Hrsg.), Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie 2, 724–728. Stuttgart, Weimar: Metzler.

Riedl, R. (1985). Die Spaltung des Weltbildes. Biologische Grundlagen des Erklärens und Verstehens. Berlin: Verlag Paul Parey.

Roth, G. (2003). Aus Sicht des Gehirns. Frankfurt: Suhrkamp.

Sachsse, H. (1967). Naturerkenntnis und Wirklichkeit. Braunschweig: Vieweg.

Scheibe, E. (1987). Gibt es eine Annäherung der Naturwissenschaften an die Geisteswissenschaften? Universitas 1, 5–18.

Schlaffer, H. (1987). Kritik und Rettung der Bücher. Zum geschichtlichen Verhältnis von Naturwissenschaften und Geisteswissenschaften. Universitas 1, 37–43.

Schmidt, G.-D. (Hrsg.) (1999). Kleiner Leitfaden Naturwissenschaften. Berlin: Paetec.

Schmidt, S. J. (1975). Zum Dogma der prinzipiellen Differenz zwischen Natur- und Geisteswissenschaft. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Seebass, G. (2005), in: A. Beckermann, G. Seebass et al. (2005). Willensfreiheit: Greifen die Argumente der Hirnforscher zu kurz? In: Information Philosphie 1, 58–68.

Seiffert, H. (1983(2); 1983(1); 1997(4)): Einführung in die Wissenschaftstheorie. Bd. 1, 2, 4. München: C.H. Beck.

Simon-Schaefer, R. (1975). Einleitung. Der Autonomieanspruch der Geisteswissenschaften. In: R. Simon-Schaefer & W. Ch. Zimmerli (Hrsg.), Wissenschaftstheorie der Geisteswissenschaften, 12–20. Hamburg: Hoffmann & Campe.

Smolin, L. (1999). Warum gibt es die Welt? Die Evolution des Kosmos. München: Beck.

Stegmüller, W. (1969). Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie 1, Teil 3. Berlin u. a.: Springer.

Vossenkuhl, W. (2005). Schicksalsgemeinschaft der Natur- und Geisteswissenschaften? Forschung & Lehre, 190–192.

Weingartner, P. (1978). Wissenschaftstheorie I: Einführung in die Hauptprobleme. Stuttgart: Frommann & Holzberg.

Wild, W. (1987). Naturwissenschaften und Geisteswissenschaften – immer noch zwei getrennte Kulturen? Universitas 1, 25–36.

Zimmerli, W. Ch. (1987). Naturwissenschaften und Geisteswissenschaften – zwei getrennte Kulturen? Universitas 1, 1–4.

Zimmerli, W. Ch. (1988). Einheit oder Vielheit der Kulturen? Geistes- und Naturwissenschaften in einer techno-logischen Welt. Physikalische Blätter 3, 57–62.

Zimmerli, W. Ch. (1994): Geisteswissenschaften. In: H. Seiffert & G. Radnitzky. (Hrsg.), Handlexikon der Wissenschaftstheorie, 88–101. München: Ehrenwirth.

Horst Schecker, Universität Bremen

# Kompetenzmodelle, Bildungsstandards und Aufgabenkultur – Qualitätsentwicklung für den naturwissenschaftlichen Unterricht[1]

## 1. Einleitung

Modelle für die Beschreibung fachbezogener Kompetenz gewinnen in Deutschland im Zusammenhang mit der Verabschiedung der nationalen Bildungsstandards zunehmend an Bedeutung. Kompetenzmodelle bilden eine wichtige Grundlage für empirische Untersuchungen der Wirksamkeit von Unterricht. Für Mathematik, Deutsch und Englisch ist die Entwicklung von darauf abgestimmten Verfahren zur Messung von Schülerleistungen bzw. der Leistungen des Bildungssystems (System Monitoring; Klieme et al. 2003, S. 82) bereits angelaufen. An PISA 2006 wurde eine empirische Überprüfung der Bildungsstandards für Mathematik angekoppelt. Für die Naturwissenschaften sind entsprechende Erhebungen mittelfristig zu erwarten. Die Aufgabenentwicklung steht dabei in einem Spannungsfeld zwischen psychometrischen Qualitätsanforderungen an Testaufgaben und den fachdidaktischen Kriterien einer neuen Aufgabenkultur für Lernaufgaben. Für die fachdidaktische Forschung ergeben sich interessante theoretische und empirische Fragestellungen.

## 2. Fachbezogene Kompetenz

Klieme et al. (2003) weisen Kompetenzmodellen die Funktion der Vermittlung zwischen abstrakten Bildungszielen und konkreten Aufgabenstellungen zu. Zugrunde gelegt wird das von Weinert (2001) ausgearbeitete umfassende Verständnis von Kompetenz als die „bei Individuen verfügbaren oder von ihnen erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen, motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (s.a. OECD 2003). Er umfasst sieben „Facetten“: Fähigkeit, Wissen, Verstehen, Können, Handeln, Erfahrung und Motivation. Weinert (2001) plädiert für eine pragmatische Konzentration auf erlernbare, anforderungsspezifische Kompetenzen und für eine Ausklammerung allgemeiner kognitiver Fähig-

keiten (z. B. Fähigkeiten zum Memorieren oder allgemeine Problemlösefähigkeiten).

Wichtig ist die Abgrenzung des Kompetenzbegriffs nach Weinert vom Ansatz der überfachlichen Kompetenzen oder auch Schlüsselqualifikationen, der über die Berufsbildung in den achtziger und neunziger Jahren großen Einfluss auf die Debatte über Bildungsziele hatte und mit den Kategorien der sozialen, personalen, Methoden- und Sachkompetenz zum einleitenden Strukturierungsmerkmal vieler Lehrpläne geworden ist (z. B. Thillm 1998).

Weinerts Definition von Kompetenz wird bei der Umschreibung dieses Konstrukts sehr häufig zitiert. Während die Eingrenzung auf anforderungsspezifische Kompetenzen Beachtung findet, hat Weinerts Forderung nach der handlungsorientierten Einbeziehung motivationaler und volitionaler Komponenten von Kompetenzen („*A competence is not reducible to its cognitive dimension*"; OECD 2003, S. 2) zumindest in der Praxis der Entwicklung von Testverfahren für Kompetenzen kaum Berücksichtigung gefunden.

## 3. Kompetenzmodelle

Die Beschreibung von anforderungs- bzw. domänenbezogenen Kompetenzen, deren Erlangung durch Lernsituationen unterstützt werden soll, erfordert ein tragfähiges und für Messung und Lernen umsetzbares Kompetenzmodell. Für eine Beschäftigung mit Kompetenzmodellen sind die folgenden Unterscheidungen hilfreich (vgl. Abb. 1):

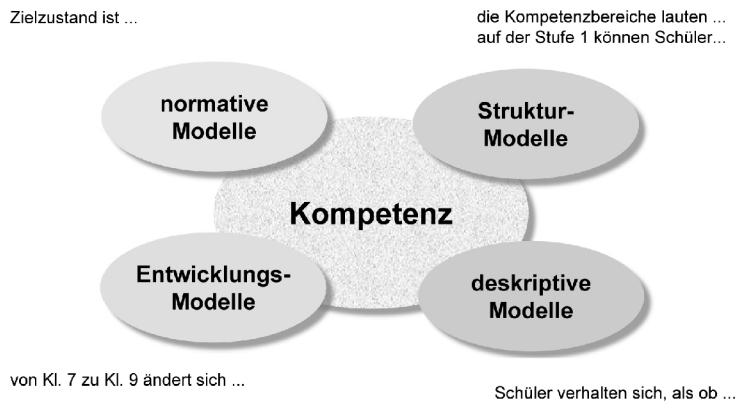



**Abb. 1: Typen von Kompetenzmodellen**

1. Kompetenzstrukturmodelle versus Kompetenzentwicklungsmodelle (Klieme et al. 2003 sprechen von „Komponentenmodellen" und „Stufenmodellen", s. a. Hammann 2004);

2. normative Modelle versus deskriptive Modelle.

Unter Einbeziehung der zweiten Unterscheidung definieren wir Kompetenzstrukturmodelle folgendermaßen:

- Ein normatives Kompetenzstrukturmodell ist das Gefüge einer nach Dimensionen (z.B. Kompetenzbereiche, Kompetenzausprägungen) gegliederten Beschreibung der (kognitiven) Voraussetzungen, über die ein Lernender verfügen soll, um Aufgaben und Probleme in einem bestimmten Gegenstands- oder Anforderungsbereich lösen zu können. (vgl. Klieme et al. 2003, S. 74)
- Ein deskriptives Kompetenzstrukturmodell ist das Gefüge einer nach Dimensionen gegliederten Beschreibung eines ‚typischen' Musters (kognitiver) Voraussetzungen, mit dem man das Verhalten von Lernenden beim Lösen von Aufgaben und Problemen in einem bestimmten Gegenstands- oder Anforderungsbereich rekonstruieren bzw. beschreiben kann.

Normative Modelle sollen nicht allein aus fachlichen Bildungszielen abgeleitet werden. Sie sollen vielmehr eine theoretische Fundierung aus der Lernpsychologie aufweisen. Derzeit werden normative Modelle häufig allein aus der Sachstruktur des Gegenstands- oder Anforderungsbereiches begründet. Dass diese nicht mit tatsächlichen Befunden, beispielsweise von Konzeptentwicklungen korrelieren, haben zahlreiche Untersuchungen aus der Conceptual Change Forschung gezeigt. Empirisch untermauerte deskriptive Modelle liegen jedoch kaum vor. Helmke und Hosenfeld (2004, S. 57) sehen den Stand von Forschung und Entwicklung noch weit entfernt von den in der Klieme-Expertise (2003) formulierten Gütekriterien für Standards:

> *„Weder sind die zur Zeit verfügbaren Versionen der Bildungsstandards aus umfassenden und fachdidaktisch akzeptierten Kompetenzmodellen abgeleitet (...) noch gibt es bereits in allen relevanten Inhaltsbereichen Kompetenzmodelle, die den o.g. Anforderungen – insbesondere theoretisch stimmige entwicklungs- und lernpsychologisch fundierte Stufenkonzepte – genügen."*

In Ermangelung theoretisch begründeter und empirisch abgesicherter Kompetenzmodelle ist man bei der Testentwicklung auf das Sichten und nachträgliche Kategorisieren von Items angewiesen. Es besteht also großer Forschungs- und Entwicklungsbedarf. In einer Langzeit-Forschungsperspektive, die sicherlich mehr als fünf Jahre umfasst, ist anzustreben, dass deskriptive und normative Modelle zur Struktur naturwissenschaftlicher Kompetenz zusammenwachsen. Normative Modelle, wie sie in den nationalen Bildungsstandards vorliegen, sind mit den Befunden empirischer Studien abzugleichen. Das betrifft in erster Linie die Angemessenheit ihrer Strukturen. Aber auch die damit verbundenen Leistungserwartungen müssen

empirisch geprüft werden. Dies ist kein Plädoyer für eine Orientierung von Standards an vorhandenen Kompetenzen. Normen behalten als Zielformulierungen auch bei Diskrepanzen zu den tatsächlichen Fähigkeiten der Lernenden ihre Bedeutung. Standards können ihre Orientierungsfunktion dann erhalten, wenn sie erreichbare Teilziele als Bestandteile übergeordneter, normativ und empirisch begründeter Zieldimensionen ausweisen.

Kompetenzentwicklungsmodelle machen Annahmen darüber, in welcher Weise sich Kompetenzstrukturen herausbilden. In einer zeitlichen Perspektive werden oftmals Erwartungen über das Erreichen bestimmter Kompetenzen nach Altersstufen bzw. Schulstufen formuliert (z. B. wann sich ein Verständnis naturwissenschaftlicher Modelle entwickeln kann). In einer strukturellen Perspektive wird die innere Dynamik der Kompetenzentwicklung in den Blick genommen. Auch bei Entwicklungsmodellen lassen sich präskriptiv-normative Modelle und empirisch-deskriptive Modelle unterscheiden. So geht es bei hierarchischen Modellen, die von einer gestuften Kompetenz ausgehen, z. B. um die Frage, unter welchen sachlogischen Bedingungen (Lernumgebung, Lernerfahrungen) der Übergang auf eine höhere Stufe möglich wird. Auch Lehrplänen liegt ein implizites Entwicklungsmodell zugrunde. Dieses begründet sich jedoch überwiegend bis ausschließlich aus der historischen Entwicklung einer Wissenschaftsdisziplin. Um tatsächliche Entwicklungen beschreiben und gezielt planen und fördern zu können, muss die fachliche Perspektive jedoch mit Voraussetzungen der Lernenden und weiteren Einflussfaktoren auf das Lernen (z. B. situative Bedingungen) verknüpft werden.

### 3.1 Kompetenzstrukturmodelle

Das Kategoriengerüst, mithilfe dessen die zu erreichenden Kompetenzen (normativ) bzw. die erworbenen Kompetenzen (deskriptiv) geordnet und dargestellt werden, kann explizit ausformuliert sein oder lediglich implizit vorliegen. Typische ausformulierte Kategorien in Fachlehrplänen sind z. B. Fachwissen und Fachmethoden. Das Fachwissen wird in der Regel nach Inhaltsbereichen gegliedert (Mechanik, Elektrizitätslehre, Wärmelehre in der Physik, Redoxreaktionen, Säuren und Basen etc. in der Chemie usw.). Diese werden jedoch in den vorliegenden Lehrplänen als zu unterrichtende Themen formuliert, nicht als im Sinne eines Kompetenzmodells systematisch messbare, aufeinander aufbauende Kompetenzen.

### 3.2 Nationale Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss

Die Nationalen Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Fächer, die im Auftrag der Kultusministerkonferenz erstellt wurden (KMK 2005), arbeiten mit einem normativen Kompetenzstrukturmodell (vgl. Abb. 2). Es geht von vier Kompetenzbereichen (Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung) mit jeweils drei Anforderungsbereichen (die

man als Stufen interpretieren kann) aus. Bezogen auf den Kompetenzbereich Fachwissen sind das a) wiedergeben, b) anwenden und c) transferieren/verknüpfen. (Eine detaillierte Darstellung der Bildungsstandards erfolgt unter Punkt 3.)

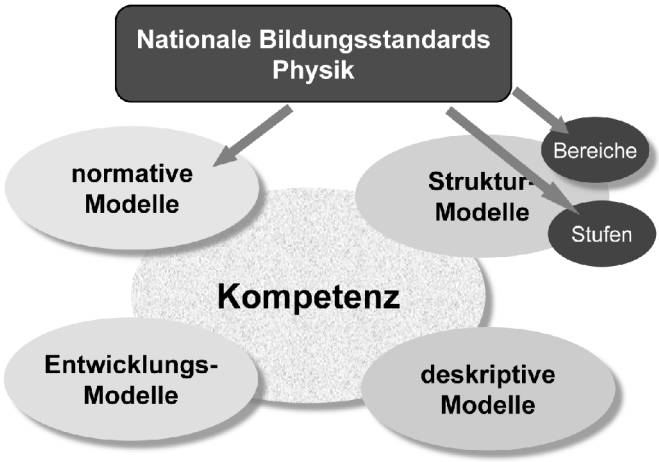



**Abb. 2: Die nationalen Bildungsstandards für Physik als normatives Strukturmodell**

Auch in vielen anderen Ländern gibt es systematische Aufstellungen dessen „what students should know, understand, and be able to do in the natural sciences“ (Science Content Standards i. R. der amerikanischen National Science Education Standards, NRC 1996, S. 6; s. a. Project 2061, Rutherford & Ahlgren 1990). Teilweise werden die Elemente unterschiedlichen Altersstufen zugeordnet, damit wird bereits ein implizites Kompetenzentwicklungsmodell verwendet (s.u. National Curriculum for England).

### 3.3 Scientific Literacy

Das der aktuellen Bildungsdiskussion zugrunde gelegte Modell der Scientific Literacy (Naturwissenschaftliche Grundbildung, s. z. B. Gräber et al. 2002) von Bybee (1997) differenziert keine Inhalts- oder Kompetenzbereiche, es benennt jedoch vier Stufen einer „naturwissenschaftlichen Grundbildung“ (Abb. 3):

- nominale Scientific Literacy (SL): Kenntnis naturwissenschaftlicher Themenstellungen und Begriffe, die jedoch im wissenschaftlichen Sinne falsch verstanden werden
- funktionale SL: Faktenwissen, korrekte Verwendung von naturwissenschaftlichem Vokabular und von Formalismen

- konzeptionelle und prozedurale SL: Verständnis zentraler naturwissenschaftlicher Ideen und Verfahren, Herstellung von Beziehungen zwischen Fakten, Begriffen und Prinzipien
- multidimensionale SL: Verständnis der Besonderheiten naturwissenschaftlichen Denkens; Fähigkeit zur Einordnung in soziale und kulturelle Zusammenhänge.

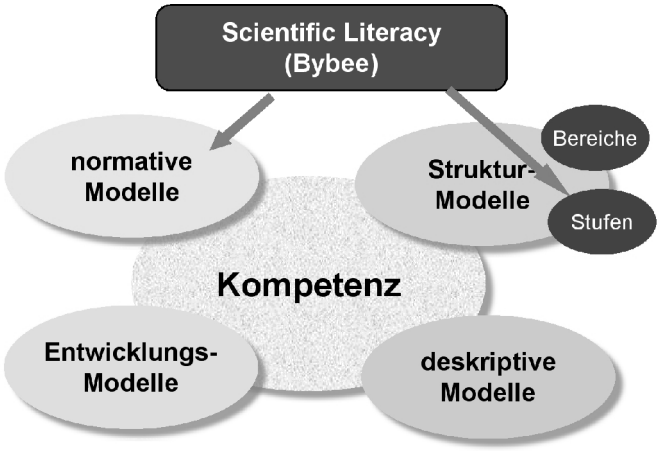



**Abb. 3: Einordnung des Modells „Scientific Literacy" von Bybee (1997) als normatives Stufenmodell**

### 3.4 PISA

Das post hoc gewonnene Kompetenzmodell bei PISA (vgl. Prenzel et al. 2001, S. 204) orientiert sich an den Arbeiten von Bybee. Es verwendet jedoch fünf Stufen. Gegenüber dem ursprünglichen Grundbildungs-Modell von Bybee (1997) fehlt beim PISA-Modell am oberen Ende die Stufe der „multidimensionalen Grundbildung", mit der auf einer Meta-Ebene Beziehungen zwischen den Naturwissenschaften und anderen Disziplinen hergestellt werden können. Dafür werden die Graduierungen „funktional" und „konzeptuell und prozedural" in jeweils zwei Bereiche unterteilt. Die Gründe liegen bei PISA in der Anpassung des Modells an die grundlegende naturwissenschaftliche Bildung der Sekundarstufe I und das empirisch ermittelte Kompetenzspektrum, bei dem multidimensionale Kompetenz praktisch nicht vorkommt.

Die fünf Stufen werden auf vier Komponenten (so genannte „Prozesse" bzw. mentale Aktivitäten) naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens bezogen:

- naturwissenschaftliche Fragestellungen und Untersuchungsmethoden erkennen und anwenden
- mit Evidenz (Daten) umgehen

- naturwissenschaftliche Erkenntnisse kommunizieren
- naturwissenschaftliche Konzepte anwenden.

In dieser Strukturierung wurde aus den PISA-Daten das normative Bybee–Modell in Richtung auf ein deskriptiv-empirisches Modell weiter entwickelt.

## 4. Kompetenzentwicklungsmodelle

Die Aufklärung der zeitlichen Entwicklung und der inneren Dynamik der Herausbildung naturwissenschaftlicher Kompetenz kann im Detail nur in Längsschnittstudien erforscht werden. Studien dazu liegen bisher kaum vor (z.B. Hammann 2004). Andererseits gibt es implizite Modelle der langfristigen Kompetenzentwicklung, die in Curricula normativ zugrunde gelegt werden. Im Folgenden werden ein präskriptiv-normatives und ein deskriptives Modell vorgestellt.

### 4.1 National Curriculum for England – Science

Beim englischen National Curriculum (QCA 2000) werden beispielsweise die Anforderungen und Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler von der Einschulung bis zum Ende der Schulpflicht vier Entwicklungsstadien zugeordnet („key stages“). Das letzte Stadium entspricht in etwa dem deutschen Mittleren Bildungsabschluss. In jedem Stadium werden vier Komponenten der Kompetenz in den Blick genommen („programmes of study“):

- naturwissenschaftliches Arbeiten („scientific enquiry“)
- Leben („life processes and living things“)
- Materie und ihre Eigenschaften („materials and their properties“)
- Physikalische Vorgänge („physical processes“).

„Scientific enquiry“ deckt die drei Kompetenzbereiche Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewerten der KMK Bildungsstandards ab. Die anderen drei Programme – Leben, Materie und physikalische Prozesse – können der Komponente „Fachwissen“ der in Deutschland jeweils fachbezogenen Bildungsstandards zugeordnet werden. Da in England bis zum Mittleren Schulabschluss überwiegend das integrierte Fach „Science“ unterrichtet wird, gibt es keine getrennten Standards für die drei Naturwissenschaften. Eine fachstrukturelle Ebene ist in den drei letzten Unterpunkten dennoch erkennbar.

Für jedes Stadium und jede Komponente werden die zu erwerbenden Kompetenzen im Zusammenhang mit Inhalten bzw. Methoden detailliert ausformuliert. Es gibt insgesamt neun Stufen („levels“). Das Spektrum erstreckt sich von einfachen Erklärungen von Phänomenen (Stufe 1 bis 3) über quantitative Betrachtungen (Stufe 6/7) bis zum Verständnis des Nutzens von Modellen (Stufe 8+). Über Zielvorgaben („attainment targets“) gibt das Na-

tional Curriculum an, welche Stufen am Ende bestimmter Entwicklungsstadien erreicht werden sollen.

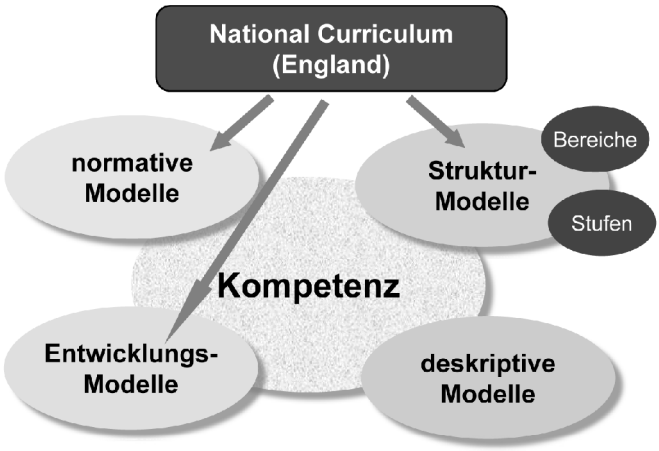



**Abb. 4: Einordnung des National Curriculum for England als normatives Struktur- und Entwicklungsmodell**

## 4.2 Dynamik von Lehr-Lern-Prozessen

In der Gruppe von Aufschnaiter (Universität Bremen; Zusammenfassung in Aufschnaiter 2003) wurden empirische Detailstudien des Verhaltens von Lernenden bei der Bearbeitung theoretischer und experimenteller physikalischer Aufgabenstellungen durchgeführt. Die Perspektive der Kompetenzentwicklung entfaltet sich zum einen in der Untersuchung der zeitlichen Dynamik von Lehr-Lern-Prozessen in einzelnen Unterrichts- oder Lernlaborsituationen und zum anderen im Vergleich unterschiedlicher Probandengruppen, von Schülern der Sekundarstufe I bis zu fortgeschrittenen Studierenden der Physik in einem bestimmten physikalischen Themenbereich (Elektrostatik).

Die Arbeiten münden in ein Modell der Dynamik von Lehr-Lern-Prozessen, in dem Bedeutungsentwicklungszüge bis zu Stufen unterschiedlicher Komplexität des Handelns und Denkens durchlaufen werden (von der Konstruktion von Objekten bis zur Prinzip- und Systemebene). Die Ergebnisse zeigen, dass

a) das Erreichen einer höheren Komplexitätsstufe (z. B. das Erkennen von regelhaften Zusammenhängen zwischen physikalischen Sachverhalten) eine breite Erfahrungsbasis auf der darunter liegenden Stufe voraussetzt (hier des Operierens mit einzelnen Sachverhalten in vielfältigen Kontexten);

b) Lernprozesse in einem neuen inhaltlichen Teilgebiet stets das Durchlaufen hierarchisch geordneter Komplexitätsniveaus des Handelns und Denkens erfordern.

Die Entwicklung begrifflichen Verständnisses physikalischer Sachverhalte entwickelt sich anhand dreier Dynamiken (vgl. Aufschnaiter 2003, S. 9):

- Übergang von explorativem über intuitiv regelbasiertes Vorgehen bis zur expliziten Formulierung von Konzepten.
- Erweiterung der inhaltlichen Breite des Verständnisses: Es werden mehr inhaltliche Aspekte innerhalb eines Gedankenganges zusammengebracht.
- Wechsel der Erfahrungsbasis zu neuen Regeln und darauf bezogenen Konzeptualisierungen.

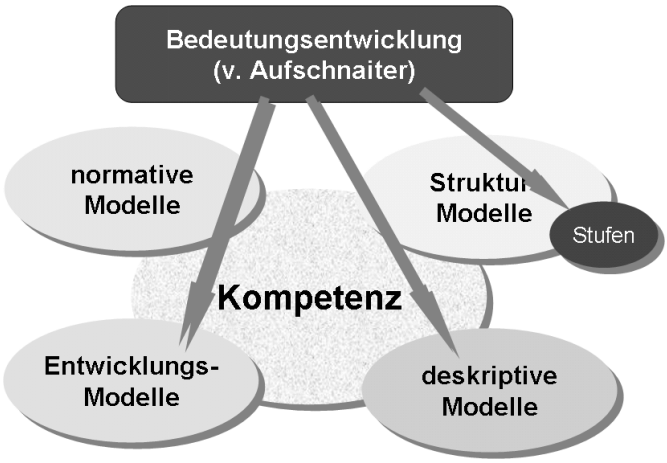



**Abb. 5: Einordnung des Lernmodells der Gruppe von Aufschnaiter als deskriptives Struktur- und Entwicklungsmodell**

Zuwachs an Kompetenz lässt sich in dem Modell der Gruppe von Aufschnaiter durch die Konsequenz und Sicherheit beschreiben, mit der die Bottom-Up-Prozesse der Bedeutungsentwicklung durchlaufen werden (Zügigkeit und Systematik des Wechsels zwischen Inhaltssegmenten, Erreichen höherer Stufen der Komplexität; vgl. Saniter 2003, S. 286).

## 4.3 Empirische Befunde

Normative Kompetenzstrukturmodelle sind, wie dargestellt, häufig fachsystematisch geprägt. Es bleibt offen, ob eine solche Struktur geeignet ist, um das tatsächlich vorfindbare Fähigkeitsmuster von Schülern zu erfassen. Wie fachsystematisch sind die Struktur und der Auflösungsgrad des Fähigkeitsmusters auf Seiten der Schüler? Bilden sich naturwissenschaftliche Kompetenzen bei Schülern fachspezifisch heraus – und dann auch noch fachgebietsspezifisch?

Das an Bybee (1997) angelehnte präskriptive Modell der Scientific Literacy spannt bei PISA die Bandbreite des erwarteten Kompetenzspektrums auf. Allerdings waren die internationalen PISA-Tests nicht konsequent hinsichtlich einer Variation von Inhaltsbereichen und kognitiven Prozessen konstruiert. Um über eine systematische Variation von Aufgabenmerkmalen und Inhaltsbereichen genaueren Aufschluss über naturwissenschaftliche Teilkompetenzen zu gewinnen, wurden in den nationalen deutschen Ergänzungen zu PISA 2000 und PISA 2003 eigene Tests entwickelt (Senkbeil et al. 2005; Rost et al. 2005). Zu neun Inhaltsbereichen – von Energieumwandlung (Physik) über chemische Verbindungen bis zur Fotosynthese (Biologie) – wurden jeweils Items aus sieben Prozesskategorien entwickelt: a) Umgang mit Zahlen, b) Umgang mit Graphen, c) Umgang mit mentalen Modellen, d) konvergentes Denken, e) divergentes Denken, f) Bewerten und g) Sachverhalte verbalisieren. Das Lösungsverhalten wurde mit mehrdimensionalen Rasch-Modellen unterschiedlicher Komplexität zu erfassen versucht. Die beste Annäherung ergaben Modelle mit sieben Dimensionen (entsprechend den kognitiven Teilkompetenzen), oder noch besser mit 10 Dimension (7 Teilkompetenzen plus 3 Fächer). Ein einfaches Modell mit einer Zusammenfassung von a) bis d) sowie e) bis g) zu zwei Dimensionen war erklärungsmächtiger als ein auf drei Fach-Dimensionen beruhendes Modell. Die Autoren schließen daraus, dass die kognitiven Anforderungen für die Struktur naturwissenschaftlicher Kompetenz bedeutsamer sind als die Inhaltsbereiche oder Fächer. Kritisch anzumerken ist dazu jedoch, dass die Anzahl an Items bislang nicht wirklich umfassend und differenziert unterschiedliche Inhaltsbereiche erfassen konnte. Hier wird PISA 2006 u. U. umfassendere Auskünfte geben.

Die Übertragbarkeit der Struktur normativer Modelle auf die Beschreibung empirisch ermittelter Fähigkeitsgefüge muss in der fachdidaktischen Lehr-Lern-Forschung noch eingehend untersucht werden. Normative Modelle können den Ausgangspunkt für empirische Studien darstellen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass deskriptive Modelle sich in ihrer Struktur von normativen Modellen unterscheiden. Darauf weisen z. B. die oben genannten Befunde zur Bedeutung kognitiver Anforderungen für das Antwortverhalten hin. Auch die Frage, ob Schülerinnen und Schüler ein „*nach Basiskonzepten strukturiertes Wissen*“ entwickeln, wie in den Nationalen Bildungsstandards Physik explizit gefordert (Standard F1), bleibt zu untersuchen. Dadurch würden normative Modelle keineswegs entwertet. Zur Strukturierung des Lernangebots und zur Erlangung von Zielklarheit behalten sie ihre Funktion (vgl. das Rahmenmodell von Helmke und Hosenfeld 2004, S. 62).

Klieme (2000) hat aus den TIMSS-Testergebnissen zur „voruniversitären Physik“ post hoc ein fünfstufiges Kompetenzmodell konstruiert. Ausgehend von einem Basiswert von 450 Fähigkeitspunkten wurden im Abstand von einer Standardabweichung (100 Punkte) vier weitere Stufen formuliert und

jeweils anhand charakteristischer Aufgaben beschrieben, die von den Schülern mit diesem Fähigkeitsgrad hinreichend sicher gelöst werden konnten. Die Aufgabenstellungen an den Übergängen zwischen den zunächst quantitativ eingezogenen Grenzen ließen sich inhaltlich sinnvoll charakterisieren. So entstanden folgende fünf Stufen („Proficiency Levels"; Klieme 2000, S. 17 f.):

I Lösen von Routineaufgaben mit Mittelstufenwissen

II Anwendung von Faktenwissen zur Erklärung einfacher Phänomene der Oberstufenphysik

III Anwendung physikalischer Gesetze (Größengleichungen) zur Erklärung experimenteller Effekte auf Oberstufenniveau

IV Selbstständiges fachliches Argumentieren und Problemlösen

V Überwinden von Fehlvorstellungen.

Das Überwinden von Fehlvorstellungen stellt somit das höchste Niveau einer Rasch-skalierten Kompetenz in voruniversitärer Physik dar. Schüler, die Aufgaben des korrespondierenden Schwierigkeitsniveaus lösen können, verfügen somit gleichzeitig auch über formales Routinewissen.

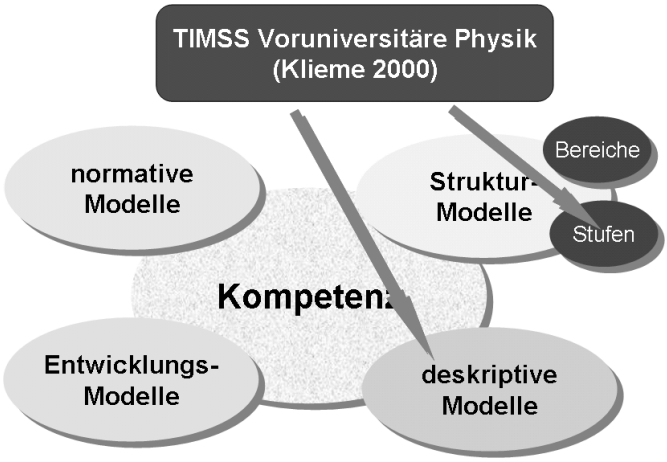



**Abb. 6: Interpretation der TIMSS-Daten zur voruniversitären Physik als Beispiel für ein deskriptives Kompetenzstufenmodell (Klieme 2000)**

Die Frage nach der Anzahl von Stufen oder Ausprägungen ist weder empirisch eindeutig zu klären – Kliemes (2000) Methode des Proficiency Scaling ist zwar psychometrisch fundiert, jedoch hinsichtlich der Zahl der generierten Stufen offen – noch stringent aus Grundbildungskonzeptionen ableitbar (vgl. Bybee vier Stufen, PISA fünf Stufen). Es bedarf einer auf den Zweck bezogenen Entscheidung. Für ein Modell, das in die Debatte um Bildungsstandards mit der Unterscheidung nach Mindeststandard, Regelstan-

dard und erweitertem Standard eingreifen soll und neben seiner theoretischen Ableitbarkeit in erster Linie praktikabel sein muss (z. B. für Lehrkräfte), haben Schecker, Fischer und Wiesner (2004) für die gymnasiale Oberstufe ein dreistufiges Modell entwickelt. Vergleichbare Niveaus werden in den Empfehlungen des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts (MNU 2001) zur Gestaltung von Physik-Lehrplänen vorgeschlagen.

Empirisch gesehen bleibt es also eine zentrale Frage, ob es gelingt, auf Grundlage eines Stufenmodells Aufgaben so zu konstruieren, dass die Fähigkeit zur Lösung von Aufgaben eines modellbasiert höheren Niveaus mit genügender Sicherheit auf eine entsprechend höhere Leistungsfähigkeit schließen lässt (so genannte „kriteriumsorientierte Tests“). Klieme (2000) konnte die TIMSS-Aufgaben in der nachgelagerten Analyse entsprechend gruppieren und die Gruppen inhaltlich schlüssig kennzeichnen. Beim Naturwissenschaftstest von PISA 2000 ließen sich die den postulierten Kompetenzstufen zugeordneten Itemcluster hingegen nicht mit den tatsächlich ermittelten Schwierigkeitsclustern in Übereinstimmung bringen (s. Rost 2005, S. 665).

## 5. Die Nationalen Bildungsstandards Physik

Die Kultusministerkonferenz (KMK) hat im Jahr 2004 nationale Bildungsstandards für die drei naturwissenschaftlichen Fächer mit Bezug auf den mittleren Schulabschluss vereinbart (KMK 2005). Gemeint sind damit der Realschulabschluss oder vergleichbare Abschlüsse nach Jahrgangsstufe 10. Bildungsstandards sollen der Schul- und Unterrichtsentwicklung dienen. Ihren Wert sieht die KMK u.a. darin, dass (vgl. KMK 2004, S. 11f.):

- Lehrerinnen und Lehrern eine Orientierung für die Analyse, Planung und Überprüfung ihrer Unterrichtsarbeit in Kernbereichen eines Faches geboten wird,
- die Entwicklung einer anforderungsbezogenen Aufgabenkultur gefördert wird und
- die Kooperation in Fachkonferenzen sich verstärkt (gemeinsame Planung und Auswertung, fachdidaktische und methodische Diskussionen).

Damit solche positiven Wirkungen sich entfalten können, müssen Bildungsstandards verständlich und realistisch formuliert sein: „The formulation of the standards must be understandable and realistic to the key players in science education, i.e. teachers and students, but also parents, science educators and school administrators.“ (Labudde im Druck).

### 5.1 Aufbau der Standards

Die Standards für das Fach Physik sind folgendermaßen aufgebaut:

- Präambel (1 S.): Beitrag des Faches Physik zur Bildung
- Kompetenzbereiche (4 S.): Einführung von vier Bereichen, in denen die Schüler Kompetenzen erwerben sollen: Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung. Die Kompetenzbereiche werden anschließend jeweils inhaltlich beschrieben.
- Im Kompetenzbereich „Fachwissen“ werden vier „Basiskonzepte“ eingeführt, die das physikalische Fachwissen charakterisieren sollen: Materie, Wechselwirkung, System und Energie.
- Standards für die Kompetenzbereiche (knapp 2 S.): Beschreibung der kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten in den vier Kompetenzbereichen, über die Schüler beim Mittleren Bildungsabschluss verfügen sollen.
- Anforderungsbereiche (2 S.): Einführung von jeweils drei „Anforderungsbereichen“ für jeden Kompetenzbereich. Die Anforderungsbereiche sind in Anlehnung an die einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung formuliert. Sie lassen sich als Niveaustufen interpretieren. Im Kompetenzbereich Fachwissen lautet die Stufung Wissen wiedergeben, Wissen anwenden, Wissen transferieren und verknüpfen.
- Kommentierte Aufgabenbeispiele (17 S.): 12 Aufgaben mit Erwartungshorizont (Musterlösungen). Die Aufgaben (bei PISA als „Units“ bezeichnet) haben bis zu 6 Teilaufgaben (Items). Jede Musterlösung wird einem Kompetenzbereich und einem Anforderungsbereich zugeordnet. Zusätzlich wird das relevante Basiskonzept genannt.

Die Systematik des Aufbaus der Standards bildet ein Kompetenzmodell (s. a. Punkt 2.1). In den Bildungsstandards wird das Modell in einer aus Kompetenzbereichen (Zeilen) und Anforderungsbereichen (Spalten) aufgebauten Tabelle verdeutlicht. Abb. 7 zeigt eine grafische Veranschaulichung des Modells der Bildungsstandards. Anforderungsbereich und Kompetenzbereich bilden zwei Dimensionen. Die Strukturierung des Kompetenzbereichs Fachwissen ist hervorgehoben. Die Bedeutung der Basiskonzepte in den Bildungsstandards zeigt sich darin, dass bei jeder Beispielaufgabe das Basiskonzept jeweils neben Kompetenzbereich(en) und Anforderungsbereich(en) genannt wird. Die drei Angaben bilden sozusagen die „Koordinaten“ einer Aufgabe bzw. eines Items im Kompetenzmodell. Dies spricht für eine Erweiterung des Modells um eine dritte Dimension „Basiskonzept“ (s. Abb. 8).

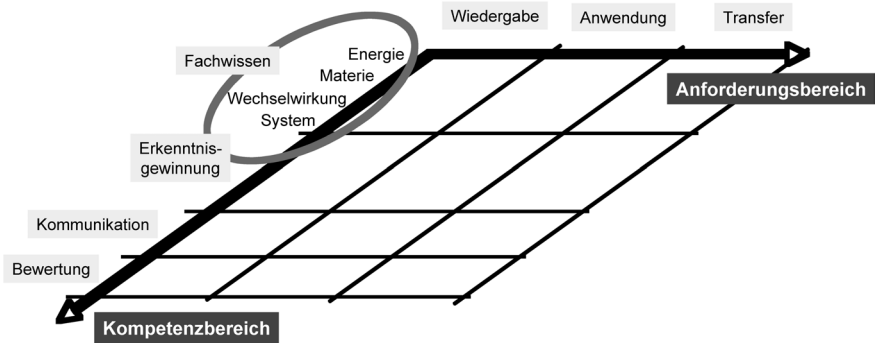



**Abb. 7: Kompetenzmodell der Nationalen Bildungsstandards Physik (KMK 2004). (Die Anforderungsbereiche Wiedergabe – Anwendung – Transfer gelten für den Kompetenzbereich Fachwissen)**

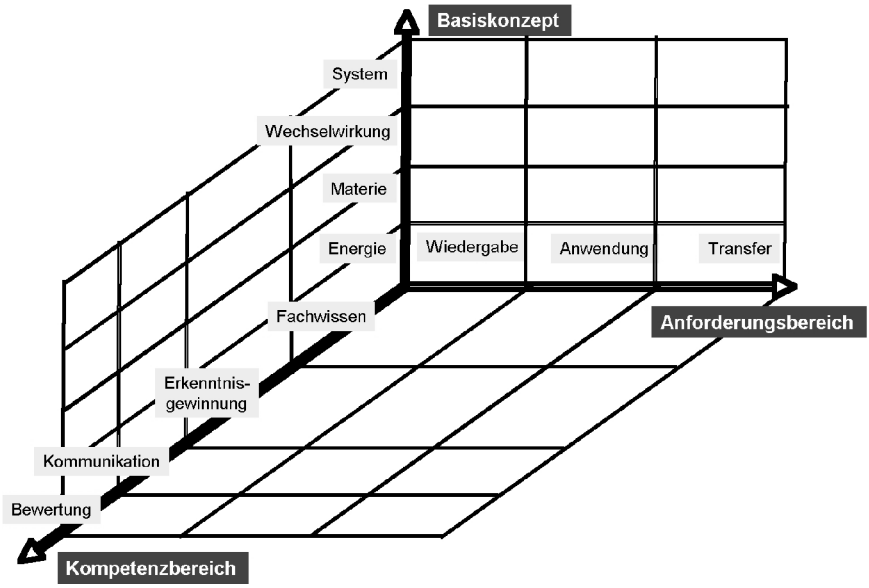



**Abb. 8: Kompetenzmodell der Nationalen Bildungsstandards Physik (KMK 2004) mit Hervorhebung der Basiskonzepte als dritte Dimension**

Aus einer Herausstellung von Basiskonzepten als eigene Dimension folgt nicht, dass Items bei den Kompetenzbereichen „Erkenntnisgewinnung“, „Kommunikation“ und „Bewertung“ jeweils auf ein bestimmtes Basiskonzept bezogen sein müssen. Es ist plausibel anzunehmen, dass sich die Kompetenz einer adressatengemäßen Wahl von Veranschaulichungen wenig danach unterscheidet, ob ein Schüler über Stoffe und Teilchen oder über

Energie spricht – abgesehen davon, dass natürlich das jeweilige Fachwissen als eine Grundlage der Kommunikationsfähigkeit vorausgesetzt werden muss. Wenn die Verfügung über ein Repertoire von Kommunikationsmitteln im Vordergrund steht, dienen die Basiskonzepte lediglich als inhaltliche Orientierung für Items im Bereich „Kommunikation“. Ähnliches gilt für den Kompetenzbereich „Bewerten“.

## 5.2 Standardisierung

Die gesetzten Standards gehen über die zwei Seiten mit expliziten Standard-Beschreibungen (Kompetenz-Standards) deutlich hinaus. Als „Bildungsstandards“ ist das Gesamtpaket einschließlich der Kompetenzbereiche, Anforderungsbereiche und Aufgabenbeispiele zu betrachten. Wichtige Aussagen zu den erwarteten Fähigkeiten und Fertigkeiten werden außerhalb der Kompetenz-Standards formuliert:

- Bei der Beschreibung des Kompetenzbereichs „Fachwissen“ werden die vier Basiskonzepte inhaltlich ausdifferenziert und „mögliche Konkretisierungen“ in Form von Phänomenen und Gesetzmäßigkeiten benannt.
- Es liegen damit Inhalts-Standards vor (vergleichbar den Content Standards der amerikanischen National Science Education Standards, NRC 1996).
- In den Anforderungsbereichen, die unverständlicherweise erst beim Einstieg zu den Aufgabenbeispielen eingeführt werden, werden die erwarteten Kompetenzen in Stufen („Anforderungsbereichen“) beschrieben.
- In den Aufgabenbeispielen werden die Standards operationalisiert. Der große Umfang des Aufgabenteils (zwei Drittel des redaktionellen Texts) zeigt den hohen Stellenwert der Beispiele. Aufgaben sind in besonderer Weise geeignet, die Intentionen von planerischen Vorgaben zu konkretisieren und zu veranschaulichen. Das gilt umso mehr, wenn die eigentlichen „Standards“ recht allgemein formuliert sind.

Die Nationalen Bildungsstandards sind demnach nicht allein als Kriterienliste für die Qualität naturwissenschaftlicher Bildung zu lesen, die von den Schülern erreicht werden soll (Kompetenz-Standards), sondern als Gesamtdokument einschließlich der Inhaltsstandards und der Konkretisierungen der erwarteten Kompetenzen und in Form von Aufgaben. Im gleichen umfassenden Sinne legen die Einheitlichen Prüfungsanforderungen für die Abiturprüfung (EPA; KMK 2004) Standards fest.

## 5.3 Aufgabenbeispiele und Kompetenzmodell

Das wesentliche Instrument für die Überprüfung von Kompetenzmodellen oder die Überprüfung des Erreichens der Bildungsstandards ist ein Satz von modellbezogenen Aufgaben. Ein psychometrisch optimales Item lässt sich

einer ganz bestimmten Zelle der Kompetenzmatrix zuordnen, d. h. einem Kompetenzbereich, einer Kompetenzstufe (Anforderungsbereich) und einem Basiskonzept. Für die Aufgabenentwicklung ist das eine hohe Anforderung. Zwei Schwierigkeiten sollen hier benannt werden:

- Solche Items erfordern i. d. R. eine enge Formulierung. Offene Aufgaben, die mehrere Lösungswege zulassen (z. B. rechnerisch-formal und qualitativ-begrifflich) scheiden aus.
- Items zu höheren Kompetenzstufen dürfen nicht mit Anforderungen in darunter liegenden Stufen konfundiert sein. So dürfen Items, die Transferfähigkeit testen sollen, kein bestimmtes Faktenwissen voraussetzen, bzw. das erforderliche Faktenwissen muss im Aufgabentext mitgeliefert werden.

Die psychometrische Qualität von Testaufgaben ist nach anderen Kriterien zu messen als die fachdidaktische Qualität von Lernaufgaben. Das zeigt sich besonders deutlich am ersten Unterpunkt, der im Gegensatz zur „Neuen Aufgabenkultur“ steht (s. z. B. Häußler und Lind 2000). Eine provokante These könnte lauten, dass psychometrisch gute Aufgaben fachdidaktisch für die Entwicklung von Unterrichtsqualität uninteressant sind.

Die Einordnung einer Aufgabe in das Kompetenzmodell der Nationalen Bildungsstandards muss selbst empirisch abgesichert werden. Die Intention des Aufgabenentwicklers ist mit Einschätzungen von Experten abzugleichen, die sich sowohl mit dem Modell als auch mit der unterrichtlichen Praxis auskennen. Diese Übereinstimmung ist jedoch in der Regel begrenzt. Klieme (2000) berichtet über schlechte Übereinstimmungen zwischen Experten-Ratings von Aufgabenmerkmalen. Einhaus und Schecker (2006) kommen zu ähnlich kritischen Befunden, wenn Itemmerkmale, die über Oberflächenmerkmale hinausgehen, von Experten eingeschätzt werden sollen. So unterliegt z. B. die Zuordnung einer Aufgabe zum Anforderungsbereich „Wissen wiedergeben“ (Reproduktion) oder zum Bereich „Wissen anwenden“ (Reorganisation) individuellen Annahmen darüber, ob die Aufgabe im Unterricht in der Regel vorher in sehr ähnlicher Form behandelt wird oder nur durch Anwendung konzeptuellen Wissens zu lösen ist. Diese Einschätzung beruht auf der eigenen unterrichtlichen Praxis bzw. auf Annahmen über die gängige Praxis.

Hier liegt eine große Herausforderung auf dem Wege zu modellscharfen Items. Mögliche Ansatzpunkte sind genauere Beschreibungen der Kompetenzbereiche, Flussdiagramme, die anhand von Leitfragen die Einstufung operationalisieren und Schulungen von Experten für das Rating von Aufgaben (s. Schmidt und Schecker 2006).

## 6. Entwicklung der Aufgabenkultur

Die Arbeit in den schulischen Fachgruppen kann durch die Bildungsstandards und die damit verbundenen neuen Rahmenrichtlinien der Länder Impulse erhalten. Als Ansatzpunkt zur Erschließung der Standards empfiehlt sich eine kritische Revision der Aufgabenkultur an der jeweiligen Schule. Die Gründe dafür lauten:

- Lehrer sind erfahren im Stellen und Bewerten von Aufgaben. Dies ist eine gute Voraussetzung, um die Beispielaufgaben in den Nationalen Bildungsstandards einzuordnen und mit der eigenen Praxis zu kontrastieren.
- Die Beispielaufgaben in den Nationalen Bildungsstandards verdeutlichen die Intentionen und die Systematik der Bildungsstandards. Anhand der Aufgabenzuordnungen lässt sich das Kompetenzmodell der Standards konkret erarbeiten.
- Aufgaben sind ein Indikator für Inhalte und Anforderungsschwerpunkte des zugrunde liegenden Unterrichts.
- Wenn die Bildungsstandards von der Bildungsadministration ernst genommen werden, wird sich die Art der Aufgabenstellungen in zentralen Abschlussprüfungen in den nächsten Jahren ändern müssen. Daraus erwächst ein gewisser – möglicherweise heilsamer – Zwang, die Aufgabenkultur im eigenen Unterricht zu überdenken.

Der Aufbau einer schulinternen Lehrerfortbildung zu Bildungsstandards im Rahmen der Fachgruppenarbeit wird im Folgenden beschrieben.

### Welche Aufgaben aus den Bildungsstandards können unsere Schüler lösen? (Schritt 1)

Die zwölf Aufgabenbeispiele aus den Nationalen Bildungsstandards Physik werden durchgesehen (ggf. bereits vor der Fachgruppensitzung). Jeder Kollege bzw. jede Kollegin kreuzt zu den einzelnen Items der Aufgaben auf einem Fragebogen an, ob es eher wahrscheinlich oder eher unwahrscheinlich ist, dass die Schüler dieses Item am Ende von Klasse 10 lösen können. Bei „eher unwahrscheinlich“ wird zusätzlich vermerkt, ob dies an den Inhalten oder der Art der Fragestellung liegt. (Optimal wäre natürlich eine Erprobung der Aufgaben in den Abschlussklassen der Sekundarstufe I.)

### Wo liegen defizitäre Bereiche? (Schritt 2)

Die Ergebnisse werden zusammengetragen und in einer Übersichtsdarstellung grafisch veranschaulicht (grüne und rote Klebepunkte in einem vorbereiteten Raster; s. a. Abb. 10). In einer Diskussion wird geklärt, wie sich Häufungen roter Punkte erklären lassen. Bei einer breiten Streuung der

Antworten zwischen den beteiligten Kollegen ergeben sich Anlässe zum kollegialen Austausch über unterschiedliche Unterrichtsschwerpunkte.

**Wie sind die Problembereiche inhaltlich gekennzeichnet? (Schritt 3)**

Aufgaben bzw. Items, die überwiegend als eher nicht lösbar eingeschätzt wurden, werden genauer hinsichtlich ihrer Anforderungen analysiert: Welche Einstufungen haben diese Aufgaben im Kompetenzmodell der Bildungsstandards? Sind bestimmte Kompetenzbereiche, z. B. Bewertung oder Kommunikation, besonders betroffen? Liegen diese Aufgaben eher im Anforderungsbereich III (Transfer)? In ähnlicher Weise werden die Aufgaben analysiert, die überwiegend als lösbar eingeschätzt wurden.

Dieser Schritt dient zum einen dazu, Aufschluss über besondere Stärken und Schwächen – jeweils gemessen an den Standards – des Unterrichts an der Einzelschule zu gewinnen. Gleichzeitig wird dabei erarbeitet, wie die Kompetenz- und Anforderungsbereiche der Bildungsstandards zu interpretieren sind. Die in den Bildungsstandards vorhandenen Inkonsistenzen sollten angesprochen werden. Diese können jedoch nicht als Rechtfertigung für eine grundsätzliche Ablehnung der Bildungsstandards dienen.

**Wie sind die Aufgaben gekennzeichnet, die wir üblicherweise einsetzen? (Schritt 4)**

Jedes Mitglied des Fachkollegiums bringt ein oder zwei Klassenarbeiten mit (je nach Größe der Fachgruppe), die es im letzten Jahr gestellt hat und die es für typisch für seine Art der Aufgabenstellung hält. Die Aufgaben werden anhand des Bildungsstandard-Modells Kompetenz- und Anforderungsbereichen zugeordnet. Die Konsensbildung darüber erfolgt im kollegialen Gespräch. Auf kleinen Kärtchen (Muster s. Abb. 9) wird für jede (Teil-) Aufgabe die Einordnung markiert. Jeder Kollege bzw. jede Kollegin erhält Kärtchen einer bestimmten Farbe für seine/ihre Klassenarbeiten. Bei einer Zuordnung zu mehreren Zellen der Kompetenzmatrix wird der im Vordergrund stehende Kompetenzbereich besonders hervorgehoben. Das Kärtchen wird in der entsprechenden Zelle eines Metaplans auf einer Moderationswand angeheftet.

| | I | II | III |
|---|---|---|---|
| F | | | |
| E | | | |
| K | | | |
| B | | | |

**Abb. 9: Kärtchen (ca. 6 x 4 cm), auf dem pro Item angekreuzt wird, welcher Kompetenzbereich (F: Fachwissen; E: Erkenntnisgewinnung/Fachmethoden; K: Kommunikation; B: Bewertung) und welcher Anforderungsbereich (bei Fachwissen z. B. I: Reproduktion; II: Anwendung; III: Transfer) vom dem Item berührt wird**

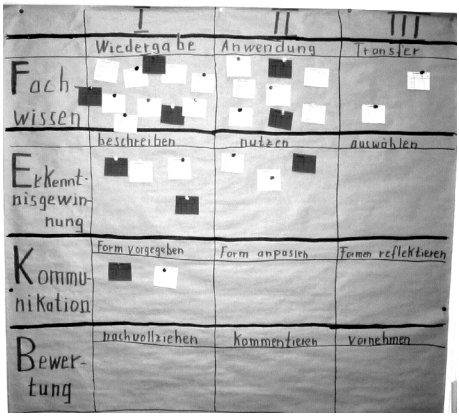



**Abb. 10: Vorbereiteter Metaplan zum Anheften der Kärtchen**

## Wie kompatibel ist unsere Aufgaben-Praxis mit den Bildungsstandards? (Schritt 5)

Das auf der Moderationswand entstandene Bild zeigt übersichtlich, wo die Schwerpunkte der Aufgabenstellungen an der Schule bisher liegen. Die farbliche Kennzeichnung visualisiert ggf. bestehende Unterschiede in den Akzentuierungen zwischen den Mitgliedern des Fachkollegiums.

Das Ergebnis wird der Übersicht gegenüber gestellt, die in Schritt 2 entstanden ist und in Schritt 3 analysiert wurde. Der Vergleich ergibt Hinweise, in welche Richtung die Aufgabenkultur in der Schule weiter entwickelt werden muss, um den Anforderungen der Bildungsstandards besser gerecht zu werden. Dabei spielen neben den Arten von Aufgabenstellungen möglicherweise auch die Inhaltsbereiche (Basiskonzepte) unter Hinzuziehung der Rahmenrichtlinien des Landes eine Rolle.

**In welche Richtung wollen/müssen wir unsere Aufgabenkultur entwickeln? (Schritt 6)**

Für einen bestimmten Jahrgang werden gemeinsam Aufgaben entwickelt, die klassenübergreifend eingesetzt und erprobt werden sollen. Grundlage können vorhandene Aufgaben sein, die bei einem gegebenen Aufgabenkontext durch Variation von Fragestellungen Elemente einer veränderten Aufgabenkultur einbringen. Dies ist ein erster Schritt für eine mittelfristig zu realisierende Weiterentwicklung der Aufgabenstellungen.

Ein Beispiel aus einer Lehrerfortbildung zur Aufgabenkultur soll den sechsten Schritt illustrieren. Als Aufgabenkontext wurde vorgegeben:

*„Bei den Olympischen Spielen 1972 in München fiel die Entscheidung im 400m-Lagen-Schwimmen denkbar knapp aus:*
*Gold: Gunnar Larsson (Schweden): 4 min. 31,982 s*
*Silber: Tim McKee (USA): 4 min. 31,984 s“*

Zu diesem realen sportlichen Kontext[2] sollten die Teilnehmer Aufgaben entwickeln und den Kompetenz- und Anforderungsbereichen der Bildungsstandards zuordnen. Aus dem Spektrum der Aufgabenvorschläge seien hier vier Beispiele genannt:

- Wie unterscheiden sich die Durchschnittsgeschwindigkeiten der beiden Schwimmer?
  (Fachwissen wiedergeben)
- Bei einer Bautoleranz von 0,001m zwischen den Bahnlängen: Ist diese Entscheidung zu rechtfertigen?
  (Fachwissen anwenden)
- Verfasse ein Kurzgutachten für den Internationalen Schwimmverband, in dem dargelegt wird, dass diese Entscheidung aus physikalischer Sicht nicht zu rechtfertigen ist!

  (ca. 1 S. Text, ggf. zusätzliche Skizzen oder Abbildungen) Verwende dabei als Argumente z. B. :

  Körpergröße, Abstand Ohr–Startlautsprecher

  mögliche Längenunterschiede zwischen Außen- und Innenbahn
  (Kommunikation: sach- und adressatengerechte Darstellung; Fachwissen transferieren und verknüpfen)
- Plane ein Experiment, mit dem man den Einfluss der Körperbehaarung auf den Wasserwiderstand eines Schwimmers mit schulischen Mitteln modellartig untersuchen kann! (Beschreibung, Versuchsskizze, Geräteliste, vorbereitetes Messprotokoll)
  (Fachmethoden: Experimente planen)

Das Beispiel veranschaulicht, wie die Bildungsstandards die Reflexion über die Vielfalt möglicher Aufgabenstellungen zum gleichen Aufgabenkontext anregen kann.

## 7. Ausblick

Die Arbeit an deskriptiven, empirisch gesicherten Modellen naturwissenschaftlicher Kompetenz hat erst begonnen. Dies gilt insbesondere für Entwicklungsmodelle. Vorliegende Modelle beschreiben Kompetenzentwicklungen vorwiegend normativ bzw. anhand von fachlogischen und professionellen Erfahrungswerten über das in bestimmten Entwicklungsstadien erlernbare Wissen. Längsschnittstudien über mehrere Schuljahre zur Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen wurden bisher nicht durchgeführt.

Für die fachdidaktische Forschung an und mit Kompetenzmodellen ergeben sich daher folgende Aufgaben:

- Formulierung von Kompetenzstrukturmodellen als Ausgangspunkt für die Frage, inwieweit normative Modelle geeignet sind, das Gefüge der Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern zu erfassen. Normative Ausgangsmodelle sollten Bezüge zu den nationalen Bildungsstandards aufweisen. Die empirischen Ergebnisse können dann zu deren kritischer Revision beitragen.
- Systematische modellbasierte Aufgabenentwicklung, sowohl für Testsituationen wie auch für Lernsituationen.
- Erforschung der Frage, welche Rolle Inhaltsbereiche, Kompetenzbereiche, kognitive Anforderungen und Kontexte für die Struktur naturwissenschaftlicher Kompetenz spielen. Die Ergebnisse sollen zu einer empirisch abgesicherten Dimensionierung eines Kompetenzstrukturmodells führen.
- Durchführung von Längsschnittstudien für ein Kompetenzentwicklungsmodell. Die Messzeitpunkte sollen sich über mehrere Schuljahre erstrecken. Punktuelle Erhebungen sollten mit kontinuierlich angelegten, qualitativen Fallstudien verbunden werden.

Die Ergebnisse sollen zur kritischen Analyse und Revision des Modells der Nationalen Bildungsstandards dienen und damit gleichzeitig eine Grundlage für die Verbesserung von Unterrichtsqualität durch schulinterne Fachgruppenarbeit liefern. Hierfür sind Lehrerfortbildungsmodelle und Unterstützungssysteme für die schulinterne Arbeit weiterzuentwickeln.

Das so beschriebene Forschungsprogramm kann nur in Forschungsverbünden und mit langer zeitlicher Perspektive betrieben werden. In einer Kooperation der Universitäten Bremen und Oldenburg sowie in der DFG-Forschergruppe „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ an der Universität Duisburg-Essen sind entsprechende Arbeiten angelaufen.

## Anmerkungen

[1] Teile dieses Beitrages wurden veröffentlicht in: Schecker, H. & Parchmann, I.: Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (2006), 45-66.

[2] Die Anregung zum Aufgabenkontext stammt von Peter Labudde (PH Bern, Physikdidaktik).

## Literatur

Aufschnaiter, C. v. (2003). Videobasierte Analysen von Lern- und Lehrprozessen in physikalischen Kontexten. Kumulative Habilitationsschrift. Universität Hannover 2003.

Bybee, R. (1997). Toward an Understanding of Scientific Literacy. In: W. Gräber. & C. Bolte, (eds..), Scientific Literacy, 37–68. Kiel: IPN.

Einhaus, E. & Schecker, H. (2006). Item-Merkmale im Expertenrating. In: A. Pitton (Hrsg.), Lehren und Lernen mit neuen Medien, 111–113. Münster: LIT.

Fischer, H. E. & Draxler, D. (2002). Konstruktion und Bewertung von Physikaufgaben. In: E. Kircher & W. B. Schneider, (Hrsg.), Physikdidaktik in der Praxis. Berlin: Springer.

Gräber, W., Nentwig, P., Koballa. T. & Evans, R. (Hrsg.) (2002). Scientific Literacy – Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung. Opladen: Leske & Budrich.

Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle: Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht 57, Nr. 4, 196–203.

Häußler, P. & Lind, G. (2000). „Aufgabenkultur“ – Was ist das? In: Praxis der Naturwissenschaften Physik 49, Nr. 4, 2–10.

Helmke, A. & Hosenfeld, I. (2004). Vergleichsarbeiten – Standards – Kompetenzstufen: Begriffliche Klärung und Perspektiven. In: M. Wosnitza, A. Frey & R. S. Jäger (Hrsg.), Lernprozess, Lernumgebung und Lerndiagnostik, S. 56–75. Landau: Verlag Empirische Pädagogik.

Klieme, E. (2000). Fachleistungen im voruniversitären Mathematik- und Physikunterricht: Theoretische Grundlagen, Kompetenzstufen und Unterrichtsschwerpunkte. In: J. Baumert et al. (Hrsg.), TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Sekundarstufe II, S. 57–128. Opladen: Leske & Budrich.

Klieme, E. et al. (2003). Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Labudde, P. (im Druck). How to Develop, Implement and Assess Standards in Science Education? 12 Challenges. In: P. Nentwig & D. Waddington (eds.), Proceedings of the 3rd International IPN – YSEG Symposium „Standards in Science Education“, February 2006, Kiel, Germany.

KMK, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2004). Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik (/Chemie). München: Luchterhand

KMK, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2005). Bildungsstandards im Fach Physik (Chemie / Biologie) für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.

MNU, Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts (2001). Physikunterricht und naturwissenschaftliche Bildung – aktuelle Herausforderungen. Empfehlungen zur Gestaltung von Lehrplänen bzw. Richtlinien für den

Physikunterricht. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 54 (2001), Nr. 3 (Beihefter).

NRC, National Research Council, National Committee on Science Education Standards and Assessment (1996). National Science Education Standards (NSES). Washington, DC.

OECD, Directorate for Education, Employment, Labour and Social Affairs, Education Committee (2003). Definition and selection of competencies (DeSeCo): Theoretical and conceptual foundations (Summary of the final report „Key Competencies for a Successful Life and a Well-Functioning Society". Neuchâtel: DeSeCo Secretariat.

Prenzel, M., Rost, J., Senkbeil, M., Häußler, P. & Klopp, A. (2001). Naturwissenschaftliche Grundbildung: Testkonzeption und Ergebnisse. In: J. Baumert et al. (Hrsg.), PISA 2000 – Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich, S. 191–248. Opladen: Leske & Budrich.

QCA, Department for Education and Employment (DfEE) – Qualifications and Curriculum Authority (QCA) (2000). Science: The National Curriculum for England: Key Stages 1–4.

Rost, J., Walter, O., Carstensen C. H., Senkbeil, M. & Prenzel, M. (2005). Der nationale Naturwissenschaftstest PISA 2003. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 58, Nr. 4, 196–204.

Rutherford, F. J. & Ahlgren, A. (1990). Science for all Americans. New York: Oxford University Press.

Saniter, A. (2003). Spezifika der Verhaltensmuster fortgeschrittener Studierender der Physik (Dissertation, Universität Bremen). Berlin: Logos.

Schecker, H., Fischer, H. E. & Wiesner, H. (2004). Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In: Tenorth, H.-E. (Hrsg.), Kerncurriculum Oberstufe II, S. 148–234. Weinheim: Beltz.

Schmidt, M. & Schecker, H. (2006). Einordnung von Testitems in ein Modell physikalischer Kompetenz. In: Deutsche Physikalische Gesellschaft, Fachverband Didaktik der Physik (Hrsg.), Vorträge auf der Frühjahrstagung 2006 (Tagungsband auf CD ROM).

Senkbeil, M., Rost, J., Carstensen, C. H. & Walter, O. (2005). Der nationale Naturwissenschaftstest PISA 2003. Entwicklung und empirische Überprüfung eines zweidimensionalen Facetten-Designs. In: Empirische Pädagogik 19, 2, 166–189.

Thillm, Thüringer Institut für Lehrerfortbildung, Lehrplanentwicklung und Medien (1998). Was ist neu an den Thüringer Lehrplänen? Bad Berka: Thillm.

Weinert, F. E. (2001). Concept of competence – A conceptual Clarification. In: D. S. Rychen, & L. H. Salyanik. (eds.), Defining and Selecting Key Competencies, S. 45–65. Hogrefe & Huber.

# Autorinnen und Autoren

*Bögeholz, Susanne*, Jahrgang 1966, Dr. rer. nat., I. und II. Staatsexamen für die Sekundarstufe I/II für die Unterrichtsfächer Biologie und Pädagogik, Studium an den Universitäten Straßburg, Bonn und Kiel. 1995-2001 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel. Seit 2001 Professorin für Didaktik der Biologie an der Universität Göttingen. Forschungsschwerpunkte: Naturerfahrung, Bewertungskompetenz, Bildung für Nachhaltige Entwicklung, Biodiversitätsbildung.

*Fischer, Ernst Peter*, Jahrgang 1947 in Wuppertal, apl. Professor für Wissenschaftsgeschichte der Universität in Konstanz; freie Tätigkeiten als Wissenschaftsvermittler und Berater, unter anderem für die Stiftung Forum für Verantwortung; Autor zahlreicher Bücher – zuletzt zum Beispiel: Die andere Bildung (2001), Das Genom (2002), Die Bildung des Menschen (2004), Einstein für die Westentasche (2005), Einstein trifft Picasso und geht mit ihm ins Kind (2005), Schrödingers Katze auf dem Mandelbrotbaum (2006).

*Gebhard, Ulrich*, Prof. Dr., Universität Hamburg, Studium der Biologie und Germanistik, psychoanalytische Ausbildung. Aktuelle Arbeitsschwerpunkte: Psychische Bedeutung von Natur, Untersuchungen zu Phantasien und Vorstellungen zur Gentechnik, Bioethik, Deutungsmuster und Werthaltungen von Kindern gegenüber Natur, Sinndimension schulischer Lernprozesse, Intuition und Reflexion.

*Janich, Peter*, Jahrgang 1942, Prof. Dr., seit 1980 Lehrstuhl 1 für Philosophie an der Universität Marburg, Forschungsschwerpunkte: Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsgeschichte von Physik, Chemie, Biologie, Psychologie, Mathematik, Informatik, und der Technikwissenschaften; Sprachphilosophie, Handlungstheorie, Erkenntnistheorie, Anthropologie; Methodischer Kulturalismus.

*Jäkel, Lissy*, Jahrgang 1961, Dr. habil., Professorin für Biologie und ihre Didaktik an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg, Fakultät für Natur- und Gesellschaftswissenschaften.

*Köck, Helmuth*, Prof. Dr. rer. nat., Dr. phil. habil.; Jahrgang 1942; Lehramtsstudium PH Kaiserslautern 1962-64; Studium der Geographie, Geologie, Pädagogik und Soziologie an den Universitäten Mainz und Karlsruhe; Promotion 1974 Universität Karlsruhe; Habilitation 1979 PH Münster; Professor für Geographie und Didaktik der Geographie an der Universität Koblenz-Landau, Campus Landau; Leiter der Abt. Geographie; Dekan des Fach-

bereichs Natur- und Umweltwissenschaften; Arbeitsschwerpunkt: Theorie der Geographie und der Geographiedidaktik.

*Lembens, Anja*, Jahrgang 1963, Dr. paed., Juniorprofessorin für Chemie und ihre Didaktik, Pädagogische Hochschule Heidelberg, Fakultät für Natur- und Gesellschaftswissenschaften, Abteilung Chemie. Lehre und Forschung im Bereich der Naturwissenschaftsdidaktik. Forschungsschwerpunkt: Wissenschaftsverständnis und Nature of Science (NOS).

*Möller, Kornelia*, Dr., paed. habil., nach einem Lehramtsstudium und einem Studium der Psychologie seit 1984 Assistentin an der Universität Münster im Fach Technik und ihre Didaktik. Seit 1991 Universitätsprofessorin für die „Didaktik des Sachunterrichts“ zunächst an der Universität Bielefeld, ab 1994 an der Universität Münster. Seit 1994 Leiterin des Seminars Didaktik des Sachunterrichts an der Universität Münster, Fachbereich Physik. Forschungsschwerpunkte: Konzeptuelles Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht, forschungsbasierte Entwicklung von Unterrichtsmaterialien, Forschung zur Professionalisierung von Lehrkräften für den naturwissenschaftlich -technischen Sachunterricht.

*Risch, Angela*, Jahrgang 1970, PD Dr., Molekularbiologin, Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg, Abteilung Toxikologie und Krebsrisikofaktoren. Forschungsschwerpunkt: Genetische Suszeptibilitätsmarker bei der Entstehung von Lungenkrebs.

*Rohrmann, Susanne*, Diplom-Biologin und Gymnasiallehrerin für Biologie und Chemie; Promotion in Regensburg über ein pilzphysiologisches Thema. Seit 1997 an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg, Akademische Oberrätin im Fach Biologie mit den Schwerpunkten Botanik, biologische Vielfalt, Bio- und Gentechnologie, Exkursionen und Interdisziplinarität in der Lehre.

*Schallies, Michael,* Jahrgang 1945, Dr. rer. nat., Professor für Chemie und Didaktik der Chemie an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg, derzeit Dekan der Fakultät für Natur- und Gesellschaftswissenschaften, Mitglied im Interdisziplinären Institut für Naturwissenschaften, Technik und Gesellschaft. Veröffentlichungen zu experimentellem Chemieunterricht, Entwicklung von Wissenschaftsverständnis und außerschulischem Lernen.

*Schecker, Horst*, Jahrgang 1966, Prof. Dr. rer. nat. habil., Leiter des Instituts für Didaktik der Naturwissenschaften an der Universität Bremen, Vorsitzender der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP). Arbeitsgebiete: Aufgabenkultur, Multimedia und Modellierung physikalischer Kompetenz.

*Storrer, Jürgen*, Jahrgang 1945, Dr. rer. nat. Nach dem Lehramtsstudium (Biologie und Chemie) an der TU Stuttgart und dem Referendariat LaG wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachbereich Biologie an der Universität Kaiserslautern; Promotion über ein neurophysiologisches Thema; Leitung der Abteilung Fachdidaktik. Seit 1995 Professor für Biologie und ihre Didaktik an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg. Derzeit Leiter des Interdisziplinären Instituts für Naturwissenschaften, Technik und Gesellschaft (NTG-Institut). Forschungsschwerpunkt: Außerschulisches Lehren und Lernen im Bereich Umwelt- und Gesundheitserziehung.

*Welzel, Manuela*, Jahrgang 1959, Dr. rer. nat., Professorin für Physik und ihre Didaktik an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg,. Seit 1992 Forschungen im Spannungsfeld von Lernen und Lehren von Physik und Naturwissenschaften.

*Zeyer, Albert*, Dr., Universität Zürich, Wissenschaftlicher Leiter Didaktik der Naturwissenschaften am Institut für Gymnasial- und Berufspädagogik.

# Schriftenreihe der Pädagogischen Hochschule Heidelberg

Herausgegeben von der Pädagogischen Hochschule Heidelberg

Band 42: Bernhard Petermann (Hrsg.)
**Islam – Erbe und Herausforderung**
(5. Heidelberger Dienstagsseminar)
Mit Beiträgen von Bekir Alboğa, Hayrettin Aydın, Sandra Costes, Mostafa Danesch, Nurhan Deligezer, Suzanne El Takach, Nadeem Elyas, Margarete Jäger, Raif Georges Khoury, Albrecht Lohrbächer, Wolfgang Merkel, Samir Mourad, Peter Müller, Hans-Bernhard Petermann, Christoph Reuter, Karl Schneider, Willi Wölfing (†), Hans Zirker.
2004, 308 S.
Der Islam ist heute die in Deutschland nach dem Christentum zweitgrößte Religion, eine kulturell bedeutende Kraft. Dennoch kennen wenige den Islam genauer, auch Lehrerinnen und Lehrer nicht, die fast alle auch muslimische Kinder und Jugendliche in ihren Klassen haben. Dieses Defizit fordert heraus: Welches sind die tragenden Säulen dieser gleichzeitig nahen und fremden Religion, und welche Lebensformen haben Muslime entwickelt und entwickeln sie, auch in Deutschland?

Band 43: Hans Peter Henecka / Frank Lipowsky
**Vom Lehramtsstudium in den Beruf**
Statuspassagen in pädagogische und außerpädagogische Berufsfelder.
Ergebnisse einer repräsentativen PH-Absolventenbefragung in Baden-Württemberg.
2004, 245 S.
Das Projekt „Wege in den Beruf“ untersuchte in einer Längsschnittstudie die beruflichen Integrationsprozesse von Lehramtsabsolventen, die zwischen 1995 und 1997 ihr erstes Staatsexamen für die Lehrämter an Grund-, Haupt- und Realschulen an den Pädagogischen Hochschulen Baden-Württembergs ablegten.
Die Studie zeigt dabei nicht nur die faktischen Einstellungschancen in den staatlichen und privaten Schuldienst auf, sondern analysiert auch die Beschäftigungschancen von Lehramtsabsolventen in der freien Wirtschaft in Abhängigkeit vom Studienort, dem studierten Lehramt, dem Geschlecht und der individuellen Mobilitätsbereitschaft. Die zusätzliche Auswertung und Analyse von qualitativen Tiefeninterviews mit Lehramtsabsolventen beleuchten berufliche Statuspassagen zwischen „Zwangsläufigkeit“ und „Eigenkonstruktion“.

Band 44: Jörg Thierfelder
**Gelebte Verantwortung – Glauben und Lernen in der Geschichte**
Studien zur kirchlichen Zeitgeschichte II
Herausgegeben von Volker Herrmann und Hans-Georg Ulrichs
2004, 270 S.
Jörg Thierfelder schreibt in seinen Aufsätzen über das Leben in und mit der Kirche im »Dritten Reich« und in der Zeit nach den Zweiten Weltkrieg. Unermüdlich hat er die großen und kleinen Verhältnisse erforscht, beschrieben und durch Ausstellungen bekannt gemacht. Personen und Ereignisse dieser Alltagsgeschichte treten so lebendig vor Augen, dass sie auch ins Herz geschlossen werden, wo sie aller Erfahrung nach nicht nur innere Bewegung auslösen, sondern auch wieder nach außen dringen.

Band 45: Hans-Werner Huneke (Hrsg.)
**Geschriebene Sprache**
Strukturen, Erwerb, didaktische Modellbildungen
Mit Beiträgen von Elin-Birgit Berndt, Elisabeth Birk, Clemens Gruber, Sonja Häffner, Hans-

Werner Huneke, Rubén Darío Hurtado V., Erika Margewitsch, Veronika Mattes, Martin Neef, Thorsten Pohl, Christa Röber, Tobias Thelen.
2005, 228 S.
Beim Erwerb der geschriebenen Sprache kommt der eigenaktiven Aneignung eine besondere Bedeutung zu. Schon Kinder, die Lesen und Schreiben lernen, gehen auf eine intensivierte Suche nach Strukturen, nach Invarianzen auf dem für sie neuen Gegenstandsfeld der Schrift. Sie konstruieren bei ihren Lese- und Schreibversuchen subjektives, zunächst hypothetisches Wissen über Funktion und Strukturmerkmale der geschriebenen Sprache und nutzen dieses Wissen für ihre eigenen Strategien zur Problemlösung beim Lesen und Schreiben. Dabei lässt sich beobachten, dass die Erwerbsprozesse trotz individueller Varianz charakteristischen Mustern folgen, oft unabhängig von bestimmten Unterrichtsmethoden. Ausschlaggebend sind vielmehr die Sachstruktur des Lerngegenstandes, also systematische Merkmale der geschriebene Sprache, und die Charakteristika der sprachbezogenen Lernprozesse.
Von einer solchen erwerbsorientierten Perspektive gehen die Beiträge in diesem Sammelband aus. Sie orientieren sich zumeist empirisch und fragen nach Strukturmerkmalen der geschriebenen Sprache, nach Erwerbsverläufen und nach Möglichkeiten einer aussichtsreichen didaktischen Modellbildung. Das thematische Spektrum reicht dabei von der Vorschulzeit über den Schriftspracherwerb auf der Primarstufe und die Sekundarstufe bis zum Schreiben im Studium.

Band 46: Hans Peter Henecka, Heinz Janalik und Doris Schmidt (Hrsg.)
**Jugendkulturen**
(6. Heidelberger Dienstagsseminar)
Mit Beiträgen von Alenka Barber-Kersovan, David Damberg, Hans-Werner Carlhoff, Klaus Farin, Rolf Göppel, Sabrina Kästner, Karin Mann, Daniela Mauch, Patrizia Preissler, Jürgen Zinnecker
2005, 202 S.
Beobachtet man die gegenwärtigen Lebenswelten von Jugendlichen, dann lässt sich eine Vielzahl jugendkultureller Szenen und Milieus feststellen. Im Vergleich zu früheren Jugendgenerationen sind ganz neue Kommunikations- und Handlungsfelder entstanden. Sie bieten jungen Menschen weitaus differenziertere Options- und Gestaltungsmöglichkeiten. Die meisten Jugendlichen nehmen diese kulturellen Impulse und szenischen Codes für unterschiedlich lange Zeiträume in Anspruch. Dabei nutzen sie die jeweils aktuellen Animationen und Mikrokosmen mit häufig rasch wechselnden Engagements und gelegentlich hoch selektiven Praktiken.
Bildungsinstitutionen wie Schulen und Hochschulen, aber auch Jugend- und Sportverbände sind gut beraten, sich intensiv mit diesen neuen Sozialisationsfeldern zu beschäftigen: Sie begleiten die etablierten Erziehungsprozesse wirkungsvoll und attraktiv und stehen nicht selten in Konkurrenz zu ihnen.

Band 47: Rose Boenicke, Alexandra Hund, Thomas Rihm und Veronika Strittmatter-Haubold (Hrsg.)
**Innovativ Schule entwickeln**
Kompetenzen, Praxis und Visionen
(7. Heidelberger Dienstagsseminar)
Mit Beiträgen von Kurt Aurin, Klaus-Dieter Block, Rose Boenicke, Arno Combe, Hendrik Dahlhaus, Wolfgang Edelstein, Uffe Elbaek, Gerhard Fatzer, Gerd-Ulrich Franz, Heidrun von der Heide, Volker F. Herion, Jana Hornberger, Michael Kirschfink, Barbara Koch-Priewe, Marlies Krainz-Dürr, Botho Priebe, Thomas Rihm, Undine Schmidt, Werner Schnatterbeck, Ingrid Schneider, Marianne Teske, Andreas Werner, Traute Werner.
2006, 237 S.
Mit dem Titel *Innovativ Schule entwickeln* wird deutlich gemacht, dass unser Bildungswesen in Bewegung geraten ist, Modernisierungen in Gang gekommen sind und dennoch weitere Entwicklungsschritte dringend anstehen. Innovative Konzepte liegen dazu vor. Sie orientieren

sich an der Idee des Prozesses vom lebenslangen Lernen und weitergehend in der Perspektive, die Beteiligten aktiv in die Konzepte und in die Realisation einzubeziehen. Welche Chance es für die Schule und unser Bildungssystem gibt, wird in den Beiträgen dargelegt. Wichtig ist, dass sowohl die Theorie als auch Beispiele aus der Praxis ihren Platz in diesem Band haben. Im ersten Kapitel *Kompetenzen für Menschen in unserer Gesellschaft* geben die Autoren Antworten auf die Frage, welche Fähigkeiten junge Menschen brauchen, um in der Welt von heute und morgen bestehen zu können. Der zweite Abschnitt umfaßt Beiträge zur *Professionalität und Professionalisierung im Lehrerberuf.* Ein einziges Modell der Schulentwicklung gibt es nicht, vielmehr bestehen ganz unterschiedliche Ansatzpunkte und *Modelle der Schulentwicklung*, wie sie im dritten Kapitel des Buchs beschrieben sind. In den Beiträgen des folgenden Kapitels werden notwendige *Veränderungsschritte* und Weiterentwicklungen im Bildungssystem auf unterschiedlichen Ebenen des schulischen Lebens angegangen. Im Kapitel *Visionen* verfolgen die Autoren das Ziel, Schule derart zu konzipieren, dass sie angemessene Antworten auf die Herausforderungen im Zeitalter der Bildungsglobalisierung geben kann.

Band 48: Lissy Jäkel, Susanne Rohrmann, Michael Schallies und Manuela Welzel (Hrsg.)
**Der Wert der naturwissenschaftlichen Bildung**
(8. Heidelberger Dienstagsseminar)
Mit Beiträgen von Susanne Bögeholz, Ernst Peter Fischer, Ulrich Gebhard, Peter Janich, Lissy Jäkel, Helmuth Köck, Anja Lembens, Kornelia Möller, Angela Risch, Susanne Rohrmann, Michael Schallies, Horst Schecker, Jürgen Storrer, Manuela Welzel, Albert Zeyer.
2007, 231 S.
Der naturwissenschaftliche Unterricht ist im Aufbruch. In den Schulvergleichsstudien wurde für diesen Bereich ein Leistungsproblem aufgedeckt. Aus anderen Studien wissen wir von einem Identifikationsproblem: Schülerinnen und Schüler wählen die Naturwissenschaften ab, sobald man ihnen Gelegenheit dazu gibt. Gründe genug, Ursachenforschung zu betreiben, die Frage zu stellen, welcher Stellenwert der naturwissenschaftlichen Bildung in unserer Gesellschaft beigemessen wird und nach Möglichkeiten zu suchen, die naturwissenschaftliche Bildung zu stärken.
Die Kultusministerkonferenz versucht mit der Einführung von Bildungsstandards, Impulse für eine Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht zu setzen.
Ausgewählte Expertinnen und Experten aus dem Bereich der Aus- und Weiterbildung von Lehrerinnen und Lehrern in den Naturwissenschaften gehen in diesem Band mit neuen Perspektiven und Erkenntnissen der skizzierten Problematik nach.