

**Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen  
und naturwissenschaftlichen Unterrichts e. V.**



**Lernen und Können  
im naturwissenschaftlichen Unterricht**

**Denkanstöße und Empfehlungen  
zur Entwicklung von Bildungs-Standards  
in den naturwissenschaftlichen Fächern  
Biologie, Chemie und Physik (Sekundarbereich I)**

## Förderverein MNU

Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V.

<http://www.mnu.de>

Der Verein ist durch Verfügung des Finanzamtes für Körperschaften in Hamburg als gemeinnützig anerkannt. Die Beiträge werden nur für satzungsgemäße Zwecke verwendet.

Kontoverbindung: Förderverein MNU, Hamburger Sparkasse, BLZ 200 505 50, Konto-Nr. 1090 213 404

### Vorstand

Ehrenvorsitzender: OStD i.R. A. KLEIN, Stachelweg 28, 51107 Köln. Tel. 0221 862261  
1. Vorsitzender: OStD A. CAMPO, Kammannstr. 13, 58097 Hagen. Tel. 02331 880388, Fax 880395  
aCampo@t-online.de  
2. Vorsitzende: StD Sabine Schmalstieg, Glockhammer 43, 41460 Neuss. Tel. 02131 104983, Fax 104944  
SSgNE@t-online.de  
Geschäftsführer: StD KARSTEN RECKLEBEN, Walter-Frahm-Stieg 30, 22041 Hamburg. Tel./Fax 040 6570162  
Reckleben@t-online.de

### Beisitzer

Mathematik: StD HANS-JÜRGEN ELSCHENBROICH, Kirchstr. 26, 41352 Korschenbroich. Tel. 02182 855199  
elschenbroich@t-online.de  
Physik: StD Dr. WOLFGANG PHILIPP, Danziger Str. 6, 72622 Nürtingen. Tel. 07022 949691  
WolfgangPhilipp@t-online.de  
Chemie: StD M. KREMER, Fuerstensteinweg 24, 78532 Tuttlingen. Tel. 07461 77950,  
Fax 162532, Kremer-Tuttlingen@t-online.de  
Biologie: StD JÜRGEN LANGLET, Am Hang 17, 21403 Wendisch Evern. Tel. 04131 58404,  
langlet@t-online.de  
Informatik: StD D. POHLMANN, Friedrich-Naumann-Weg 22, 25337 Elmshorn. Tel. 04121 470635, Fax 437081  
D.Pohlmann@gmx.de  
Information: NORBERT FINCK, Wenssenbalken 53, 22359 Hamburg, Tel. 040 6914357, NFinck@aol.com  
Sekundarstufe I: FRANK PETERMANN, Eduard-Bilz-Str. 27, 01445 Radebeul, Tel. 0351 8303406,  
Petermann@zugang.net  
MNU-Haupt-Schriftleiter: Prof. Dr. BERND RALLE, Kebbestr. 29, 44267 Dortmund, Tel. 0231 4755867, Fax 0231 4755868

### Die Mitgliedschaft im Förderverein MNU

Über den Förderverein MNU informieren wir Sie gerne. Bitte Info-Blatt beim MNU-Geschäftsführer anfordern. Nähere Informationen finden Sie auch im Internet: [www.mnu.de](http://www.mnu.de).

**Geschäftsjahr ist das Kalenderjahr.** Der Eintritt von natürlichen Personen kann jederzeit erfolgen. Der Beginn der Mitgliedschaft rechnet je nach Wunsch des Eintretenden vom 1. Januar oder 1. Juli an. Der Austritt ist nur zum 31. Dezember möglich und muss bis 1. Oktober dem Geschäftsführer gemeldet werden. Schulen, Institutionen aller Art, Wirtschaftsunternehmen und Verbände können nicht Mitglied werden. Ihnen steht das Abonnement der Zeitschrift über den Verlag offen.

**Jahresbeitrag.** Ab dem 1.1.2002 beträgt der Jahresbeitrag für Mitglieder in den alten Bundesländern 45,-€  
Mitglieder in den neuen Bundesländern, Mitglieder im Ausland 35,-€  
Der ermäßigte Jahresbeitrag beträgt für Pensionäre in den alten Bundesländern 35,-€  
Rentner in den neuen Bundesländern, Studenten und Referendare 25,-€  
Ehepartner eines Mitglieds 10,-€

Für eine Ermäßigung ist dem Geschäftsführer eine entsprechende Bescheinigung einzureichen. Im Beitrag ist die Belieferung mit der Zeitschrift ›Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht‹ eingeschlossen.

Der Jahresbeitrag ist bis zum 1. Juni im Ganzen zu zahlen – Kto. 10 90 213 404 (BLZ 200 505 50) Hamburger Sparkasse. Später noch ausstehende Beiträge werden zuzüglich der Kosten der Einziehung durch Postnachnahme erhoben.

An- und Abmeldung sind nur an den Geschäftsführer zu richten.

## Bildungsverlag EINS

Sieglarer Straße 2, 53842 Troisdorf  
Telefon/Redaktion 02241 3976602  
Telefon/Anzeigen 022 41 3976602  
Telefax 02241 3976990  
KSeeberger@bv-1.de

**MNU-Erscheinungsweise:**  
achtmal jährlich (alle sechs Wochen),  
je 64 Seiten Umfang

Heft-Nr.	Erscheinungstermin	Anzeigenschluss
1	15. Januar	15. Dezember
2	1. März	1. Februar
3	15. April	15. März
4	1. Juni	1. Mai
5	15. Juli	15. Juni
6	1. September	1. August
7	15. Oktober	15. September
8	1. Dezember	1. November

### MNU-Bezugsbedingungen

Pro Jahrgang 8 Hefte = 512 Seiten plus 8 Seiten Jahresinhaltsverzeichnis und Archiv-CD-ROM: 53 €, Einzelheft 7 €, zuzüglich Versandkosten. Hefte früherer Jahrgänge sind zu gleichem Preis teilweise noch lieferbar. Für Mitglieder des Fördervereins ist der Bezugspreis im Vereinsbeitrag enthalten (vgl. linke Spalte). Eine Kündigung des Jahresabonnements kann nur anerkannt werden, wenn die schriftliche Kündigung für das folgende Jahr am 1. Oktober des laufenden Jahres beim Verlag vorliegt.

### Anschriftenänderungen

bitte rechtzeitig dem Verlag (nicht dem Geschäftsführer des Fördervereins und nicht der Post) mitteilen. Bei Anschriftenänderungen, die nicht mindestens 4 Wochen vor Erscheinen des nächsten Heftes beim Verlag gemeldet sind, kann bei Verlust eines Heftes Ersatz nur gegen Berechnung gestellt werden, da die Post Zeitschriften weder nachsendet noch an den Verlag zurückgibt.

### Redaktionelle Zuschriften

bitte an einen der zuständigen Fachschriftleiter senden.

Hinweise für Autoren sind in Heft 2 eines Jahrgangs zu finden, außerdem im Internet unter:  
<http://www.uni-dortmund.de/MNU>

Aus Gründen der Lesbarkeit wird in MNU auf die doppelte Nennung von männlicher und weiblicher Form verzichtet.

### Verlag, Anzeigen- und Beilagenverwaltung

Verlag Anschrift wie oben. Anzeigen- und Beilagenpreise gemäß Tarif Nr. 24 vom 1. Jan. 2000. Für Stellengesuche und Behördenanzeigen gilt ein ermäßigter Tarif. Anzeigenschluss jeweils vier Wochen vor Erscheinen (s. obige Termine).

Satz, Druck, Bindearbeiten:  
Druck & Media GmbH KRONACH  
Güterstraße 8 + 9, 96317 Kronach, Tel. 09261 969-20  
[www.druck-media.de](http://www.druck-media.de), ISDN-Leo: 09261 969-4698

Copyright / Fotokopien  
Sämtliche Rechte liegen beim Verlag. Die Zeitschrift und ihre Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf deshalb der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.

---

# Lernen und Können im naturwissenschaftlichen Unterricht

## Denkanstöße und Empfehlungen zur Entwicklung von Bildungs-Standards in den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik (Sekundarbereich I)



Der Deutsche Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V. legt in dieser Schrift »Denkanstöße und Empfehlungen zur Entwicklung von Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern des Sekundarbereichs I« vor. Wir beschreiten einen neuen Weg: Erstmals geben wir gemeinsame Empfehlungen für die Fächer Biologie, Chemie und Physik heraus. Es handelt sich dabei um einen ersten, nicht einfachen Schritt zu fachspezifischen und fachübergreifenden Standards. MNU beteiligt sich hiermit aktiv an der Diskussion um Bildungsstandards, Kompetenzen und ihrer Evaluation. Der Förderverein sieht sich als länderübergreifende, unabhängige Plattform. Gleichwohl haben wir auf bereits vorhandenes Material zurückgegriffen, haben es weiterentwickelt und im Rahmen eines Expertenkonsensverfahrens abgestimmt. Wir begrüßen die Arbeit an den Standards in vielen Bundesländern. Wegen des allgemein anerkannten Diskussionsbedarfs legt MNU die Empfehlungen zügig vor und möchte sie auch als Denkanstöße verstanden wissen.

Wir danken den beteiligten Verbänden für die gute und ertragreiche Zusammenarbeit: der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (GDNÄ), der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG), der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), dem Verband Deutscher Biologen (VDBiol). Die Vorarbeiten, auf die zurückgegriffen werden konnte, sowie die aktive Mitarbeit von Experten der befreundeten Verbände bei der Erstellung dieser Denkanstöße und Empfehlungen für Lernen und Können im naturwissenschaftlichen Unterricht haben die vorliegende Veröffentlichung erst in der kurzen Zeit ermöglicht. Sie wird auf dem 94. MNU-Kongress in Frankfurt der interessierten Öffentlichkeit vorgestellt werden, zeitgleich mit den Mathematikempfehlungen<sup>1</sup>, auf die ausdrücklich als Ergänzung und als Kontrast zu den hier vorgelegten verwiesen wird.

Für die Naturwissenschaften wurde ein mehrstufiges Verfahren gewählt: Aus der Erfahrung heraus, dass in der Schul- und Lehrbuchpraxis bislang Begriffe und Fachprinzipien nicht immer in gleicher Weise definiert und verwendet sind, wurden die heiklen Nahtstellen (»Knotenpunkte«) in einem ersten Schritt aufgespürt. In einem zweiten Schritt wurde geklärt, wie in Zukunft mit diesen Begriffen und Konzepten umzugehen ist, insbesondere vor dem Hintergrund von Schülervorstellungen. Parallel dazu wurde an der Fixierung wissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen und ihrer Konkretisierung gearbeitet. Im dritten Schritt schließlich wurden die je einzeln von den drei fachspezifisch gebildeten Arbeitskreisen entwickelten Vorschläge während einer Tagung vom 17. – 19.3.2003 im Physikzentrum Bad Honnef gemeinsam diskutiert, komprimiert und zu Papier gebracht. Zu diesem Zeitpunkt lag die Expertise<sup>2</sup> der Klieme-Kommission druckfrisch vor. Wir stellten eine große Übereinstimmung der dort dargelegten Vorstellungen und Handlungsschritte zur Entwicklung von Bildungsstandards, Kerncurricula, Kompetenzen und deren Evaluation mit den Ergebnissen unserer Expertenarbeit fest und möchten dies ausdrücklich erwähnen.

Der Förderverein MNU wünscht sich eine rege Diskussion und hofft, allen Interessierten Denkanstöße und Empfehlungen für das Lehren und Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht geben zu können. Der Gedankenaustausch auf breiter Basis, insbesondere in und zwischen den Fachschaften der einzelnen Schulen, muss erst noch in der von uns immer wieder geforderten Muße und ohne politische Verzerrung stattfinden und stattfinden dürfen. Darüber hinaus besteht ein großer Bedarf an empirischer Forschung, die auch die Verknüpfung der Evaluation mit der Praxis zum Gegenstand hat.

Hagen, Wendisch Evern, Tuttlingen, Nürtingen, im April 2003

ARNOLD A CAMPO  
Bundesvorsitzender  
aCampo@t-online.de

JÜRGEN LANGLET  
Vorstandsamt Biologie  
langlet@t-online.de

MATTHIAS KREMER  
Vorstandsamt Chemie  
Kremer-Tuttlingen@t-online.de

WOLFGANG PHILIPP  
Vorstandsamt Physik  
WolfgangPhilipp@t-online.de

---

<sup>1</sup> Empfehlungen zum Umgang mit Bildungsstandards im Fach Mathematik, 2003

<sup>2</sup> E. KLIEME et al.: Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards – eine Expertise – Berlin, 2003

# Lernen und Können im naturwissenschaftlichen Unterricht

## Denkanstöße und Empfehlungen zur Entwicklung von Bildungs-Standards in den naturwissenschaftlichen Fächern (Sekundarbereich I)

### Von der Input- zur Output-Steuerung

Spätestens seit den Veröffentlichungen der PISA-Ergebnisse<sup>3</sup> kommen wir um die ernüchternde Feststellung nicht mehr herum: In deutschen Schulen wird sehr viel gelehrt, einiges gelernt und zu wenig gekonnt. Dieses gilt für die Lesekompetenz und die mathematischen Fähigkeiten ebenso wie für das naturwissenschaftliche Können. Als eine Ursache dafür wird im Nationenvergleich die Tatsache angesehen, dass die externe Steuerung der schulischen und unterrichtlichen Praxis bislang durch Input (Lehrpläne im Sollen-Modus) statt durch Output-Kontrolle erfolgte. In Zukunft soll deswegen der Blick auf das Können der Lernenden in Form von Standards gelenkt werden. Standards können im ersten Ansatz als umsetzbare Versionen von Bildungszielen in Form von Kompetenzen umschrieben werden.

### Was verstehen wir unter Bildung?

Was haben Standards mit Bildung zu tun? Was heißt »Bildung«, was sind ihre Ziele? Bildung, verstanden nach Hartmut von Hentig, soll den Lerner dafür interessieren und dazu befähigen, an dem Gemeinwesen, der Polis, teilzuhaben. Anders ausgedrückt vermittelt Bildung zwischen zwei Polen: der individuellen Lebenswelt des Lernenden auf der einen Seite und den Erfahrungen und Normen dieser Polis, also der gesellschaftlichen und damit auch der wissenschaftlichen Welt, auf der anderen. Der Lernende erweitert seine individuelle Lebenswelt durch das Wissen, die Denk- und Arbeitsweisen und die Einstellungen der Gesellschaft, in der er lebt. Dabei werden seine individuellen Erfahrungen und Erkenntnisse in einer Weise ausgeschärft und korrigiert, die es ihm ermöglicht, an der Polis teilzuhaben und sie auch selbst mitzugestalten. Bezogen auf den naturwissenschaftlichen Unterricht heißt das: Der Lernende verknüpft durch den Bildungsprozess seine lebensweltlichen Vorstellungen mit wissenschaftlichen und gelangt so zu einem auch für ihn selbst sichtbaren Lernfortschritt. Idealerweise versetzt ihn diese Art von Bildung in die Lage, einen bewussten Perspektivenwechsel zwischen den beiden Sichtweisen der Welt zu vollziehen. Die mathematisch-naturwissenschaftliche Sicht der Welt gehört zu den vier allgemein anerkannten Dimensionen von Bildung. In ihr wird die Welt hauptsächlich kognitiv-instrumentell erschlossen und auf diesem Wege versteh- und handhabbar. Die Entwicklung der dazu notwendigen Basisfähigkeiten setzt den sicheren Gebrauch der tradierten Kulturtechniken voraus. Diesen zu vervollkommen und handlungssicherer werden

<sup>3</sup> Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.): PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen 2001

zu lassen ist die allgemeine Aufgabe von Schule, in allen Fächern – also selbstverständlich auch in den Naturwissenschaften. Erst auf diesem Fundament kann sich das Offensein für die eigene und allgemeine künftige Geschichte durch die Fähigkeit zum Selbstlernen im Zusammenhang mit Reflexivität entwickeln.

### Was sind Kompetenzen?

Die Welt sich erschließen und verstehend »lesen« zu können, »die bei Individuen verfügbaren oder von ihnen erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen<sup>4</sup>,« bezeichnen wir als Kompetenzen. In Übereinstimmung mit Klieme et al. (2003) gehen wir davon aus, dass sich Kompetenzen als Leistungen in konkreten Anforderungen offenbaren müssen: Das Wissen und das Verständnis von einer Sache bewähren sich nur im situationsbezogenen Handeln-Können. Allgemeine Kompetenzen wie Methoden-, Personal- und Sozialkompetenz entziehen sich dieser Forderung nach definierter Validität. Ferner folgt aus der präzisen Handlungsanforderung, dass Kompetenzen primär fachbezogen sind. Das bedeutet, nur aus den Fächern heraus können sich Kompetenzen entwickeln, fachspezifische wie fachübergreifende. Umgekehrt müssen sich die Fächer ihrer Bedeutung und Verantwortung für das Erreichen von zentralen spezifischen und universellen Kompetenzen bewusst werden. Naturwissenschaftliche Bildung umfasst in diesem Sinne die fachspezifischen **und** die fachübergreifenden Beiträge der einzelnen Fächer.

### Von Bildungszielen zu Standards

Ein Standard legt in einer konkreten, also operationalisierten Weise fest, welche Fähigkeit ein Lernender in einem bestimmten Bereich eines vorher festgelegten Basiswissens beherrschen soll. Die eingangs geforderte Output-Steuerung von schulischem Lernen verlangt nach Standards. Indem sich diese Standards an dem oben skizzierten Bildungsverständnis orientieren, kann zu Recht von Bildungsstandards gesprochen werden. Die dringende Forderung nach Erfüllbarkeit der Standards bedingt die Festlegung didaktischer Kerne, die Kerncurricula, das sind die jeweiligen fachdidaktischen und methodischen Konzepte<sup>5</sup>. Standards müssen zunächst in den Fächern operationalisiert werden. Dabei verbinden sich Kompetenzen mit den Kerncurricula.

<sup>4</sup> F. E. WEINERT.: Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. WEINERT (Hrsg.): Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim/Basel 2001, S. 17–31

<sup>5</sup> vgl. z.B. vdbiol (2002): Weniger (Additives) ist mehr (Systematisches). Kumulatives Lernen. Handreichung für den Biologieunterricht in den Jahrgängen 5–10

**Bildung**  
als Teilhabe-Interesse und Teilhabe-Fähigkeit

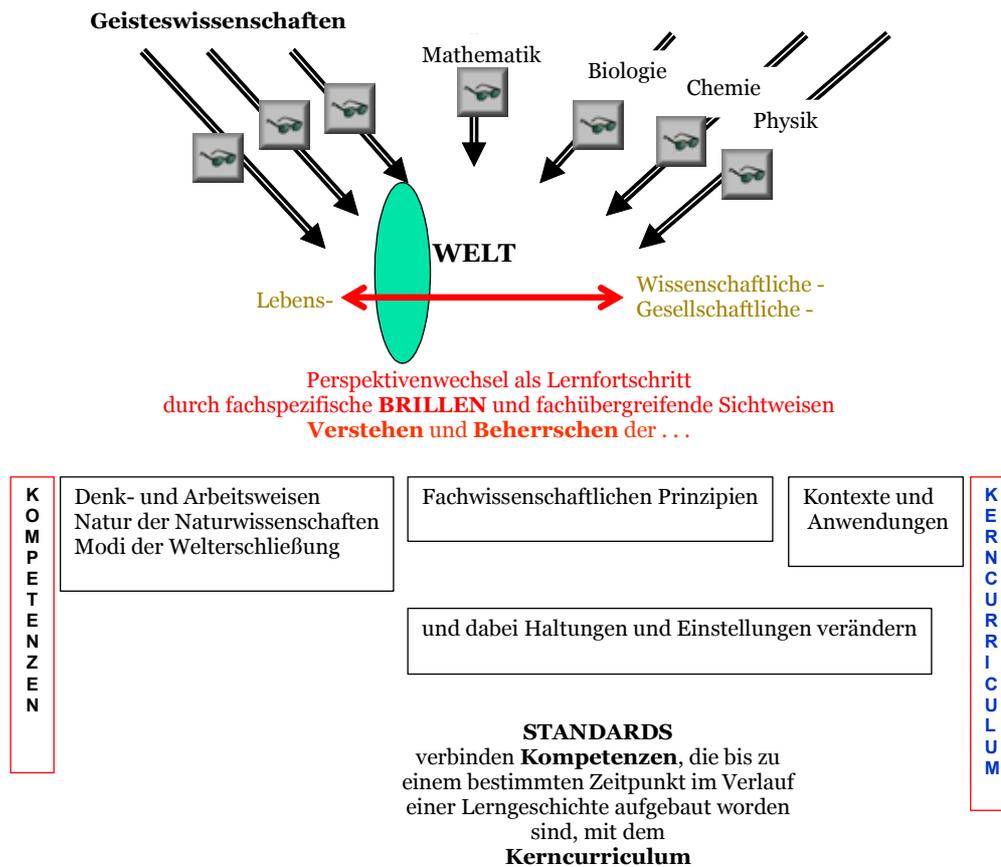


Abb. 1. Von Bildungszielen über Kompetenzen zu Standards.

Die Standards dürfen keine Ansammlung von Wunschvorstellungen sein, sondern müssen die unabdingbaren fachspezifischen Kompetenzen präzise beschreiben, die ein Lernender zum Abschluss einer bestimmten Jahrgangsstufe beherrschen soll. Dabei sind die Standards so zu formulieren, dass keinesfalls das unterrichtliche Geschehen im Sinne eines allein auf Reproduktion angelegten Standardunterrichts nivelliert wird. Vielmehr sind alle bekannten Anforderungsbereiche zu berücksichtigen. Dementsprechend anspruchsvolle Standards werden eine positive Rückwirkung auf guten Unterricht haben.

Da es sich bei dem Vorhaben des Fördervereins MNU um einen ersten, nicht einfachen Schritt zu fachspezifischen und fachübergreifenden Standards handelt, verzichten wir – anders als in den Empfehlungen der KMK – auf eine niveaudifferenzierte Stufeneinteilung der Standards. Wir haben versucht, keine Mindest-, sondern Regelstandards anzugeben, die eine durchschnittliche Leistungserwartung beschreiben.

**Nature of Science –  
die Natur der Naturwissenschaften**

Die besondere Art und Weise, in der die Naturwissenschaften die Welt sehen und untersuchen, kann als die »Natur der Naturwissenschaften« bezeichnet werden.

Diese »nature of science« steht für eine typische und weltweitemspannende Blickperspektive auf die Dinge, metaphorisch ausgedrückt eine »Brille«. Mit dieser Perspektive eng verbunden ist die charakteristische naturwissenschaftliche Vorgehensweise, Erkenntnisse zu gewinnen und sie zu kommunizieren. Die Geisteswissenschaften haben andere Denk- und Arbeitsweisen entwickelt, zum Teil so verschieden von den naturwissenschaftlichen, dass manchmal von zwei Welten gesprochen wird. Tatsächlich handelt es sich um unterschiedliche Sichtweisen, die sich bei der Erschließung der einen Welt ergänzen. Die naturwissenschaftliche Brille ermöglicht uns ein tief gehendes Verständnis von Vorgängen in der belebten und unbelebten Natur und erlaubt uns prinzipiell, in diese Vorgänge einzugreifen, sie produktiv zu nutzen und begründet Haltungen gegenüber der Natur zu entwickeln. Die Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse hat die Welt ganz wesentlich verändert und wird dies auch in Zukunft tun. Wer naturwissenschaftliche Bildung erwirbt, erweitert seine Lebenswelt um Kompetenzen, die ihn an einem wichtigen und zukunftssträchtigen Teil der menschlichen Kultur teilhaben lassen.

In der folgenden Tabelle sind die allgemein naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen gegliedert und an je einem Beispiel der drei Fächer differenziert dar- und gegenübergestellt.

Tabelle 1:

Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen	Am Beispiel einer Gewässeruntersuchung im Fach Biologie (Jahrgangsstufen 8–10)	Am Beispiel »Brennstoffzelle« im Fach Chemie (Jahrgangsstufe 10) <sup>6</sup>	Beispiel »Untersuchung des Verdunstens« im Fach Physik (Jahrgangsstufe 7)
<p><b>1 Vorbereiten einer naturwissenschaftlichen Untersuchung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Theorie bzw. theoretischen Rahmen auswählen und die (für die Untersuchung zentralen Konzepte) formulieren</li> <li>• Erwartungen und Hypothesen formulieren, die auf dem Vorwissen und/oder Beobachtungen aufbauen</li> <li>• Fragestellungen finden, die mit naturwissenschaftlichen Arbeitsmethoden bearbeitet werden können</li> <li>• Suchen und auswählen von Informationen, die zur Klärung der Fragestellung beitragen</li> <li>• Aufstellen eines Untersuchungsplans und organisieren der Arbeitsschritte</li> </ul>	<p><b>1 Vorbereiten einer naturwissenschaftlichen Untersuchung</b></p> <p>Ausgangspunkt: Beobachtung, dass nach dem Zufluss des Wassers aus einem Zuchtfischteich die Tierwelt in einem Bach verändert ist. Erst nach 2 km ist die Tierwelt wieder ähnlich der vor dem Zufluss.</p> <p>Vermutungen werden gesammelt und in einer »mindmap« festgehalten.</p> <p>Dies führt zu konkreten Fragestellungen, die untersucht werden können:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Werden aus dem Teich Tiere ausgeschwemmt?</li> <li>– Sind diese Tiere im Bach nicht mehr lebensfähig?</li> <li>– Beeinträchtigt das Wasser aus dem Teich die Bachlebewesen?</li> <li>– Hat das Wasser des Teiches andere Eigenschaften als das Bachwasser?</li> </ul> <p>Unterstützende Recherche in Büchern und im Internet hilft, die Fragestellungen zu präzisieren.</p> <p>Es muss geprüft werden, welche Fragen durch die Untersuchung am Bach geklärt werden können, z. B.:</p> <p>Welche Konzentrationen einiger im Wasser gelöster chemischer Stoffe werden vor und nach dem Zuchtfischteich gemessen?</p> <p>Ein Untersuchungsplan wird aufgestellt:</p> <p>An verschiedenen Untersuchungsstellen sollen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– die Tierarten erfasst,</li> <li>– die Zahl der Individuen abgeschätzt,</li> <li>– der Saprobienindex bestimmt,</li> <li>– die Strömungsverhältnisse, der Querschnitt und der Untergrund des Baches erfasst und</li> <li>– der Sauerstoffgehalt und einige weitere chemische Parameter festgestellt werden.</li> </ul> <p>Das Material für die Untersuchung wird zusammengestellt, der Umgang mit den chemischen Testsets wird eingeübt, Protokollbögen werden angefertigt. Festgelegt wird die Vorgehensweise der einzelnen Arbeitsgruppen.</p> <p>Es wird verabredet, zu starke Beeinträchtigungen des Biotops zu vermeiden.</p>	<p><b>1 Vorbereiten einer naturwissenschaftlichen Untersuchung</b></p> <p>Ausgangspunkt: Zeitungsartikel oder Videofilm »Autos fahren mit Wasserstoff«</p> <p>Vermutungen werden gesammelt und in einer »mindmap« festgehalten.</p> <p>Dies führt zu konkreten Fragestellungen, die untersucht werden können:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Warum haben sich Elektroautos nicht durchgesetzt?</li> <li>– Welche Unterschiede bestehen zwischen Brennstoffzellenautos und Elektroautos?</li> <li>– Welchen Vorteil haben Brennstoffzellenautos gegenüber Elektroautos?</li> <li>– ....</li> </ul> <p>Unterstützende Recherche in Büchern und dem Internet hilft, die Fragen einzuengen.</p> <p>Ein Untersuchungsplan wird aufgestellt:</p> <p>An verschiedenen Stationen sollen die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– die Funktion der Brennstoffzellen erfassen,</li> <li>– das »Wasserstoffauto« mit Elektromotor kennen lernen,</li> <li>– mit ihrem Vorwissen die in diesen Autos auftretenden Energieformen und Energieumwandlungen sowie Energiewandler erfahren,</li> <li>– die Vorteile von Brennstoffzellenautos unter dem Aspekt der Umweltverträglichkeit und Alltagstauglichkeit gegenüber denen von Elektroautos abwägen</li> <li>– eine kritische Auseinandersetzung mit der Problematik der Wasserstofftechnologie vornehmen und Vorschläge für eine umweltfreundliche Wasserstoffgewinnung machen,</li> <li>– weitere Anwendungsbereiche der Brennstoffzellentechnologie kennen lernen.</li> </ul> <p>Das Material für die Untersuchung wird zusammengestellt, Protokollbögen werden angefertigt. Festgelegt wird die Vorgehensweise der einzelnen Arbeitsgruppen.</p>	<p><b>1 Vorbereiten einer naturwissenschaftlichen Untersuchung</b></p> <p>Vorwissen: Wasser siedet unter Normalbedingungen bei 100 °C; bei einigen Phänomenen (u. a. Abtrocknen von Straßen nach dem Regen, Trocknen von Wäsche auf der Leine) erfolgt die Änderung des Aggregatzustandes bei niedrigeren Temperaturen</p> <p>Formulierung einer Hypothese (auf der Basis vorher entwickelter Teilchenvorstellungen): »Die Alltagserfahrungen könnten damit zu erklären sein, dass in der jeweiligen Flüssigkeit Teilchen vorhanden sind, deren Bewegungsenergie so groß ist, die zwischen den Teilchen wirkenden Anziehungskräfte überwinden zu können.«</p> <p>Ableitung experimentell überprüfbarer Folgerungen:</p> <p>Vermutung a)</p> <p>»Das Verdunsten müsste bei höheren Umgebungstemperaturen schneller erfolgen, da mehr Teilchen mit größerer Bewegungsenergie vorhanden sind.«</p> <p>Vermutung b)</p> <p>»Die verbleibende Flüssigkeit müsste sich abkühlen, da durch das Entweichen der Teilchen mit der größten Bewegungsenergie die mittlere Bewegungsenergie der verbleibenden Teilchen und damit die Temperatur sinkt.«</p> <p>Vermutung c)</p> <p>»Das Verdunsten müsste bei großen Oberflächen schneller erfolgen, da die Anziehungskräfte zwischen den Teilchen in Oberflächennähe geringer sind.«</p> <p>Planen der experimentellen Realisierung / gedankliche Konstruktion von Versuchsaufbau und -durchführung</p>

6. vgl. G. Geißler: Energieversorgung durch Brennstoffzellen, Schriftliche Hausarbeit zur pädagogischen Prüfung, Studienseminar Hameln, 2002

<p><b>2 Durchführen der naturwissenschaftlichen Untersuchung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realisieren und ggf. modifizieren des Untersuchungsplans, dabei z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>– organisieren</li> <li>– erkunden und beobachten</li> <li>– untersuchen und vergleichen</li> <li>– messen</li> <li>– experimentieren</li> <li>– verantwortungsbewusst, sorgfältig und sachgerecht mit Lebewesen, Geräten und Materialien umgehen</li> <li>– identifizieren und klassifizieren</li> </ul> </li> <li>* Dokumentieren: <ul style="list-style-type: none"> <li>– beschreiben</li> <li>– Daten erfassen</li> <li>– kartieren</li> <li>– grafisch darstellen</li> <li>– formalisieren</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>2 Durchführen der naturwissenschaftlichen Untersuchung</b></p> <p>Auswahl eines Untersuchungsstandorts und Aufbau der Geräte, Lagebesprechung und Detailplanung der Vorgehensweise. Erstes Erkunden und Festlegen des Bachareals.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– kartieren des Bachbettes und eintragen der Messpunkte und Entnahmestellen</li> <li>– Entnahme und bestimmen von Organismen</li> <li>– abschätzen der Quantitäten</li> <li>– bestimmen der Strömungsgeschwindigkeit</li> <li>– feststellen des Sauerstoffgehalts an verschiedenen Messpunkten</li> <li>– bestimmen einiger chemischer Parameter (Vergleichsproben)</li> <li>– festhalten der Ergebnisse</li> </ul>	<p><b>2 Durchführen der naturwissenschaftlichen Untersuchung</b></p> <p>Auswahl einer Lernstation und Aufbau der Geräte, Lagebesprechung und Detailplanung der Vorgehensweise (z. B.):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– aufbauen einer Modellbrennstoffzelle</li> <li>– messen der Spannung</li> <li>– identifizieren von Plus- und Minuspol</li> <li>– die »Wasserstoffkammer« und »Sauerstoffkammer« herausfinden</li> <li>– den Gas-Volumenverbrauch der Brennstoffzelle in Betrieb untersuchen</li> <li>– die Beobachtungen und Ergebnisse festhalten</li> <li>– einen Modellfilm zur Veranschaulichung der Funktionsweise der Brennstoffzelle entwickeln</li> </ul>	<p><b>2 Durchführen der naturwissenschaftlichen Untersuchung</b></p> <p>Aufbau der Experimentieranordnungen zur Überprüfung der Varianten</p> <p>Durchführen der einzelnen Experimente</p> <p>Notieren der Beobachtungen (bzw. der Messdaten)</p>
<p><b>3 Analysieren und Interpretieren der Untersuchung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• auswerten der Daten und Befunde</li> <li>• Zusammenhänge erkennen und symbolisch darstellen</li> <li>• Gesetzmäßigkeiten formulieren und ggf. mathematisieren</li> <li>• mögliche Fehler erwägen und Genauigkeiten abschätzen</li> <li>• Ergebnisse durch grafische Darstellungen veranschaulichen</li> <li>• prüfen, inwieweit die Befunde die Hypothesen stützen oder verwerfen</li> <li>• Schlussfolgerungen ziehen</li> <li>• geeignete Theorien zur Erklärung heranziehen</li> <li>• Modellvorstellungen und Analogien zur Deutung des Versuches einsetzen und ggf. eigene Modelle entwickeln</li> <li>• alternative Erklärungen abwägen</li> <li>• beurteilen und bewerten der gewonnenen Erkenntnisse</li> <li>• Kontrollversuche initiieren</li> </ul>	<p><b>3 Analysieren und Interpretieren der Untersuchung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– auswerten der Ergebnisse in der Schule</li> <li>– jede Gruppe berechnet den Saprobienindex und stellt die Befunde geordnet zusammen</li> <li>– Diskussion über Fehlermöglichkeiten und festhalten dieser Punkte</li> <li>– Vergleich der Ergebnisse bei der Bestimmung der Organismen mit den anderen Parametern</li> <li>– heranziehen von Aussagen der Literatur über die Lebensbedingungen der verschiedenen Organismen</li> <li>– anfertigen eines Gruppenprotokolls und Zusammentragen der Ergebnisse der einzelnen Arbeitsgruppen</li> <li>– Vergleich der Untersuchungsergebnisse verschiedener Standorte und Diskussion der Vergleichbarkeit und der Fehlermöglichkeiten</li> <li>– veranschaulichen der Ergebnisse durch geeignete Grafiken</li> <li>– Analyse der Unterschiede und Ableiten von möglichen Wechselwirkungen</li> <li>– Als Merkposten werden notwendige Kontrollexperimente festgehalten</li> </ul>	<p><b>3 Analysieren und Interpretieren der Untersuchung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– festhalten der Ergebnisse</li> <li>– auswerten der Ergebnisse der einzelnen Stationen</li> <li>– geordnetes Zusammenstellen der Befunde in jeder Gruppe</li> <li>– Redoxreaktion beschreiben und in Symbolschreibweise übertragen</li> <li>– diskutieren über Fehlermöglichkeiten und festhalten dieser Punkte</li> <li>– vergleichen der Ergebnisse und der beeinflussenden Parameter</li> <li>– heranziehen von Aussagen der Literatur über die Effektivität, Alltagstauglichkeit und Umweltverträglichkeit von Brennstoffzellen</li> <li>– anfertigen eines Protokolls und Vorbereiten eines Arbeitsblattes für das Erarbeiten durch die anderen Arbeitsgruppen</li> <li>– zusammentragen der Ergebnisse der einzelnen Arbeitsgruppen</li> <li>– entwerfen eines gemeinsamen Ablaufplans zum Lernen an den einzelnen Stationen</li> <li>– Berichte der Arbeitsgruppen</li> </ul>	<p><b>3 Analysieren und Interpretieren der Untersuchung</b></p> <p>Deuten der experimentellen Ergebnisse:</p> <p>(1) Formulieren der Ergebnisse  »Die Verdunstung einer Flüssigkeit erfolgt umso schneller, je höher die Temperatur und je größer die Oberfläche der Flüssigkeit ist.«  »Durch das Verdunsten <i>sinkt die Temperatur</i> der verbleibenden Flüssigkeit.«</p> <p>(2) Vergleichen der Ergebnisse mit den Folgerungen aus den Hypothesen  »Die Ergebnisse stimmen mit den Folgerungen überein.«</p> <p>Absicherung der Hypothese durch weitere Folgerungen sowie durch weitere experimentelle Überprüfungen</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erstellen eines Nahrungsnetzes</li> <li>– anfertigen einer geeigneten Darstellung, die den Einfluss der verschiedenen Faktoren auf die Lebewelt herausstellt sowie die Wechselwirkungen veranschaulicht.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– austauschen der Ergebnisse der Untersuchungen an den verschiedenen Stationen</li> <li>– diskutieren der Vorgehensweise in den einzelnen Gruppen im Hinblick auf die gestellte Problematik</li> <li>– veranschaulichen der Ergebnisse durch geeignete Grafiken</li> <li>– diskutieren der Unterschiede und Ableiten von möglichen Beeinflussungen</li> <li>– festhalten notwendiger Kontrollexperimente als Merkposten</li> <li>– anfertigen einer geeigneten Darstellung, die den Einfluss der verschiedenen Faktoren (Problematik der Wasserstoffgewinnung, Umweltverträglichkeit, Alltagseinsatz etc.) herausstellt sowie die Wechselwirkungen veranschaulicht</li> </ul>	
<p><b>4 Kommunizieren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsentieren der Untersuchung und ihrer Ergebnisse in adressatengerechter Form (Protokoll, Vortrag, Ausstellung, Bericht)</li> <li>• Die eigenen Vorgehensweisen und Schlussfolgerungen argumentativ vertreten</li> <li>• Fachsprache (u. a. Symbolik, SI-Einheiten) angemessen verwenden</li> <li>• Kommunizieren und zusammenarbeiten in der Arbeitsgruppe</li> </ul>	<p><b>4 Kommunizieren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Vorbereiten einer Ausstellung über die Untersuchung des Baches</li> <li>– Ausarbeiten eines Referates</li> <li>– Simulation eines Streitgespräches zwischen Naturschützer und Fischteichbesitzer</li> <li>– Entwurf eines Briefes an den Besitzer des Fischteiches</li> </ul>	<p><b>4 Kommunizieren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– vorbereiten einer Ausstellung über die Untersuchung der Wasserstofftechnologie</li> <li>– ausarbeiten eines Referates über die chemischen Prozesse in der Brennstoffzelle</li> <li>– Simulieren eines Streitgespräches zwischen Brennstoffzellenauto- und Benzinautobesitzer</li> <li>– Entwurf eines Briefes an den Bundesumweltminister</li> </ul>	<p><b>4 Kommunizieren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Protokollieren der Folgerungen</li> <li>– Diskutieren von Bedeutung und Anwendung der Verdunstung</li> <li>– Kennzeichnen der großen Bedeutung der Verdunstung in der Natur, in Haushalt und Technik</li> </ul>
<p><b>5 Reflektieren und Vernetzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übertragen der Erkenntnisse auf übergeordnete Zusammenhänge</li> <li>• Einschätzen und Beurteilen der Tragweite und Grenzen von Erkenntnissen</li> <li>• Verknüpfen der Erkenntnisse mit den bestehenden naturwissenschaftlichen Konzepten</li> <li>• Probleme erkennen, Lösungswege suchen, geeignete Strategien aussuchen oder entwickeln und anwenden</li> </ul>	<p><b>5 Reflektieren und Vernetzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– abschätzen, wie allgemeingültig und verlässlich die gewonnenen Daten sind, z. B. durch Vergleich mit Daten des Umweltamtes</li> <li>– beurteilen der Untersuchungsergebnisse im Hinblick auf die Anliegen des Gewässerschutzes</li> <li>– die Ergebnisse im Zusammenhang mit generellen Aussagen über Ökosysteme bringen</li> </ul>	<p><b>5 Reflektieren und Vernetzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– überdenken der Solidität der Ergebnisse</li> <li>– vergleichen der Ergebnisse und Einschätzungen mit denen der Automobilindustrie und des Umweltamtes</li> <li>– einschätzen der Vor- und Nachteile der verschiedenen im Test befindlichen Zelltypen hinsichtlich verschiedener Aspekte (CO<sub>2</sub>-Haushalt, Gefahrenquellen, Sicherheit etc.)</li> </ul>	<p><b>5 Reflektieren und Vernetzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– erkennen des Verdunstens als eine spezielle Form der Aggregatzustandsänderung flüssig / gasförmig: <i>Energie</i> wird nicht von außen zugeführt, sondern der Flüssigkeit entzogen.</li> <li>– Reflexion der Tragweite des Teilchenkonzepts für das Gewinnen neuer <i>Erkenntnisse</i></li> </ul>

<p><b>6 Erweitern des Selbstkonzeptes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sorgfältig und verantwortungsbewusst arbeiten</li> <li>• naturwissenschaftliches Arbeiten als ein selbstverständliches Instrument zur Welterschließung erfahren und benutzen</li> <li>• sensibel sein und sich verantwortlich fühlen für die Lebensumwelt</li> <li>• Konsequenzen für das eigene Leben ziehen</li> <li>• die Ästhetik der Prozesse in der Lebensumwelt empfinden und wertschätzen, Neugier empfinden</li> </ul>	<p><b>6 Erweitern des Selbstkonzeptes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– erfahren des Zusammenhangs zwischen Arbeitsweise und Verlässlichkeit des Ergebnisses</li> <li>– Illustrationen für die Ausstellung anfertigen (Fotos, Gestaltung von Ausstellungsflächen)</li> <li>– Details in der Natur sehen mit dem Spannungsfeld Freizeit – Naturschutz konfrontiert sein</li> <li>– Sensibilität für ökologische Gleichgewichte spüren</li> </ul>	<p><b>6 Erweitern des Selbstkonzeptes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– erfahren des Zusammenhangs zwischen Arbeitsweise und Verlässlichkeit des Ergebnisses</li> <li>– anfertigen von Illustrationen für die Ausstellung (Fotos, Gestaltung von Ausstellungsflächen)</li> <li>– drehen eines Modellfilmes</li> <li>– mit dem Spannungsfeld Freizeit – Naturschutz konfrontiert sein</li> <li>– Sensibilität für ökologische Gleichgewichte spüren</li> <li>– Veröffentlichungen zu Neuentwicklungen bei der Brennstoffzelle lesen</li> </ul>	<p><b>6 Erweitern des Selbstkonzeptes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– erstellen eines Nahrungsnetzes</li> <li>– erleben der experimentellen Methode als ein Instrument, um neue Kenntnisse zu erwerben</li> </ul>
--	--	--	--

## Warum drei naturwissenschaftliche Schulfächer, warum fachspezifische Standards?

Die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen bilden die gemeinsame Grundlage der einzelnen Fachwissenschaften Biologie, Chemie und Physik. Darüber hinaus aber besitzt jede dieser drei Disziplinen noch eine eigene »Brille«: Sie drückt sich einerseits aus in fachspezifischen Konzepten und Begriffen, die sich in einem Kerncurriculum des jeweiligen Faches zusammenfassen lassen.

Andererseits setzen die drei Fachdisziplinen bei aller Verwandtschaft in der grundsätzlichen Art ihrer Welt-sicht und Erkenntnisgewinnung aber auch unterschiedliche methodische Akzente. So ist beispielsweise für die Physik ein hoher Grad der mathematischen Formalisierung und Abstraktion charakteristisch. Die Chemie zeichnet sich durch den Wechsel zwischen Bearbeiten und Beobachten auf stofflicher Ebene und Denken in submikroskopischen Modellen unter Verwendung einer eigenen Symbolsprache aus. Für die Biologie sind das Erfassen der Geschichte des Lebendigen und die Selektionstheorie als Erklärungsprinzip kennzeichnend. Die fachspezifischen Unterschiede liegen also nicht allein in den untersuchten Gegenständen, sondern auch in den fachtypischen Konzepten, Methoden und Erklärungsansprüchen. Die drei Fächer blicken nicht mit derselben Brille auf die Welt, sie betrachten unterschiedliche Teilaspekte der naturwissenschaftlichen Welterschließung.

### Haltungen

Bildung erschöpft sich nicht in Kenntnissen von Inhalten, Denk- und Arbeitsweisen und Anwendungen. Teilhabe-Fähigkeit am wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Leben setzt Interesse voraus. Dieses äußert sich in verschiedenen Haltungen. Im Gegensatz zu der Ansicht, Haltungen seien persönlichkeitsinhärent und damit evaluationsimmun, empfehlen wir die konkrete Förderung von Haltungen; auch diese können mit handlungsbestimmten Kompetenzen beschrieben werden. Nicht zuletzt dürfte deren verstärkte Beachtung im Unterricht diesen zu verbessern helfen. Haltungen sind in drei Bereichen bildungsrelevant:

- im Lernen und Denken
  - emotional: Freude, Neugier, Interesse, Durchhaltevermögen, Sensibilität, Selbstkritik
  - kognitiv: verschiedene Denkformen wie analytisch, synthetisch, systemisch, typologisch, kausal, konvergent, divergent, exklusiv, inklusiv etc.
- in den Einstellungen zu sich selbst und zur Umwelt
  - Kommunikation, Kooperation, Toleranz
  - Verantwortung sich selbst und anderen gegenüber
  - Schonung, Schutz und Vorsorge für die eigene Gesundheit und der von anderen sowie dem Erhalt der Umwelt
- und in den Einstellungen zu Naturwissenschaften und Technik:
  - Nutzen, Chancen, Nachhaltigkeit
  - Risiken, Sicherheit
  - Verantwortung

## Fachwissenschaftliche Prinzipien: Kerncurricula

Kumulatives Lernen mit Standards – ein Beispiel aus der Biologie

Die Erschließungsfelder »Angepasstheit«, »Strukturen« und »Regulation« gehören zum biologischen Kerncurriculum, weil mit Hilfe dieser Konzepte eine Vielzahl biologischer Phänomene erschlossen werden können. So könnte ein Schüler beispielsweise Haus-tierrassen miteinander vergleichen und auf diese Weise seinen Lernerfolg im Bereich »Strukturen« unter Beweis stellen: Er kann an diesem konkreten Fall durch seinen Vergleich zeigen, dass Lebewesen unterschiedliche Strukturen aufweisen. Später sollen seine Kompetenzen in diesem Feld erweitert werden: Er muss nun Strukturen nicht nur allgemein an Lebewesen, sondern auch auf unterschiedlichen Komplexitätsebenen vergleichen können, nämlich auf der Ebene von Zellen, Organen und Organismen. Standards sollen also kumulative Bildungsziele sein: Sie erfassen den Kompetenzzuwachs des Lernenden als stufenweise Erweiterung seiner Fähigkeiten, mit einem bestimmten Feld des Kerncurriculums umzugehen.

Die Konzepte (»Erschließungsfelder«)<sup>7</sup> der **Biologie** sind:

- Fortpflanzung
- Vielfalt
- Angepasstheit
- Strukturen und Funktionen
- Stoff und Energie
- Zeit
- Ebenen
- Regulation
- Wechselwirkung
- Information
- Eigenart des Menschen

### Chemie

Die zentralen Fachkonzepte<sup>8</sup> sind:

- submikroskopisches Teilchenmodell
- Struktur-Eigenschafts-Beziehungen
- Periodensystem
- Donator-Akzeptor
- Gleichgewicht
- Energie
- Prinzip »Stoffkreislauf«

### Physik

Die zentralen Konzepte sind:

- Systembetrachtung
- Bilanzierung
- Ursache – Wirkung
- Ströme
- Teilchen
- Welle
- Feld

<sup>7</sup> vdbiol (2002): Weniger (Additives) ist mehr Systematisches). Kumulatives Lernen. Handreichung für den Biologieunterricht in den Jahrgängen 5–10

<sup>8</sup> MNU 56/3: Chemieunterricht der Zukunft (2000)

## Standards: Angepasstheit

vdbiol-Handreichung „Weniger ist mehr!“ 2002, S. 14

Jahrgangsstufe	Kompetenzerweiterung	Beispiele für Inhalte
5/6/7	<p>Grundschule: Lebewesen besitzen je nach Lebensraum und Lebensweise unterschiedliche Eigenschaften</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Tierrassen mit bestimmten Eigenschaften werden für bestimmte Zwecke genutzt. (beschreiben)</li> <li>* Bei der Züchtung wählt der Mensch geeignete Zuchttiere zur Kreuzung und Vermehrung aus. (erklären)</li> <li>* Lebewesen unterschiedlicher Arten besitzen charakteristische Merkmale, die die Nutzung bestimmter Nahrungsquellen in einer bestimmten Umwelt erlauben. (begründen und erklären)</li> <li>* Amphibien haben das Land erobert (beschreiben)</li> <li>* Individuen, die ihre Umwelt effektiver nutzen als Artgenossen, haben einen höheren Fortpflanzungserfolg. (erklären)</li> </ul>	<p><i>Haustiere, Mensch</i></p> <p><i>Gebrauchshunde etc., Milch- und Fleischerinder, Zug- und Reittiere</i></p> <p><i>Verschiedene Wirbeltiere: Beutegreifer, Pflanzenfresser Eichhörnchen, Fledermaus, Maulwurf o.ä.</i></p> <p><i>Klassen der Wirbeltiere und ihre Geschichte</i></p> <p><i>Vogelkunde</i></p>
8/9/10	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Die Eigenschaften einer Art erlauben es den Individuen, eine bestimmte ökologische Planstelle einzunehmen und bestimmte Lebensräume zu besiedeln. (beschreiben und erklären)</li> <li>* Variabilität von Populationen erlaubt die Reaktion auf wechselnde Umweltbedingungen wie Nahrungsangebot. (begründen und erklären)</li> <li>* Die Angepasstheit ist stets nur der momentane Zustand eines Prozesses der Reaktion auf sich ändernde Umweltbedingungen. (erklären)</li> <li>* Selektion ist passive Auswahl über den Fortpflanzungserfolg. (erklären)</li> <li>* Synthetische Evolutionstheorie bildet mit ihren Grundaussagen das Fundament der modernen Biologie, auch in der Anwendung auf die Evolution des Menschen. (erklären)</li> </ul>	<p><i>Ökologie</i></p> <p><i>Pflanzen und Tiere verschiedener Ökosysteme</i></p> <p><i>Immunreaktion</i></p> <p><i>Vererbungslehre</i></p> <p><i>Humanevolution</i></p>

Tabelle 2: Exemplarisch: Standards für ein Erschließungsfeld der Biologie

## Standards: chemische Reaktion

Jahrgangsstufe	Kompetenzerweiterung	Beispiele für Inhalte
5/6	<p>Grundschule: Beim Erwärmen von Stoffen kann es zu Veränderungen kommen, die sich beim Abkühlen nicht mehr zurückbilden. (beschreiben)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In Körpern von Lebewesen finden Stoffwechsel statt. Dabei spielt die Luft eine Rolle. (beschreiben)</li> </ul>	<p><i>Verbrennung von Holz und Wachs, Kuchen backen</i></p> <p><i>Ernährung und Verdauung (Fach Biologie)</i></p>
7/8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es gibt einen Fluss von Stoffen und daran gebundener Energie innerhalb von Ökosystemen. (beschreiben und begründen)</li> <li>• Bei chemischen Reaktionen entsteht durch Veränderung und Umgruppierung der kleinen Teilchen mindestens ein neuer Reinstoff. (beschreiben und erklären)</li> <li>• Chemische Reaktionen unterscheiden sich von physikalischen Vorgängen durch die Veränderungen der kleinen Teilchen. (beschreiben und begründen)</li> <li>• Chemische Reaktionen sind im Prinzip umkehrbar.</li> <li>• Chemische Reaktionen werden mithilfe von Symbolen einfach dargestellt. (beschreiben)</li> </ul>	<p><i>Komposthaufen (Fach Biologie)</i></p> <p><i>Synthese von Metallsulfiden; Verbrennung von Metallen und Nichtmetallen</i></p> <p><i>Zersetzen durch Erhitzen und Lösen von Zucker in Wasser</i></p> <p><i>Synthese und Analyse (z. B. von Silbersulfid)</i></p> <p><i>Reaktionsschema (Wortgleichung)</i></p>
9/10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei allen chemischen Reaktionen gelten bestimmte quantitative Beziehungen. (beschreiben und begründen)</li> <li>• Reaktionsgleichungen dienen zur präzisen Darstellung des Anfangs- und Endzustands einer chemischen Reaktion. (beschreiben)</li> <li>• Chemische Reaktionen lassen sich in verschiedene große Gruppen einteilen und zeigen doch Gemeinsamkeiten (begründen und beschreiben)</li> <li>• Chemische Reaktionen können unvollständig ablaufen. (beschreiben)</li> </ul>	<p><i>Gesetz von der Erhaltung der Masse; Gesetz der konstanten Massenverhältnisse</i></p> <p><i>Wassersynthese aus den Elementen</i></p> <p><i>Elektrolyse von Zinkbromidlösung, Herstellung von Salzsäure</i></p> <p><i>Essig, Konservierungsmittel (organische Säuren)</i></p>

Tabelle 3: Exemplarisch: Standards für ein Erschließungsfeld der Chemie

## Zum Abgleich gemeinsam genutzter Begriffe

Der Erfolg und die Effizienz des naturwissenschaftlichen Unterrichts hängt entscheidend davon ab, inwieweit naturwissenschaftliche Begriffe nachhaltig verstanden, geklärt und mit passenden Konzepten verbunden werden. Dies ist für die Lernenden ein langwieriger, anstrengender und spiralförmiger Konstruktionsprozess des Aushandelns mit sich selbst und mit den am Lernprozess beteiligten Personen.

Wie durch die hervorragende Arbeit der GDNÄ offenkundig wurde (vgl. Abb. 2), begegnen den Schülern

Die Klärung und der Abgleich gemeinsam genutzter Begriffe ist wie jede Begriffs- und Vorstellungsbildung auch ein mühsamer Prozess des Aushandelns zwischen den beteiligten Fächern. Wir sehen daher in dieser Arbeit eine wichtige Voraussetzung für die Formulierung von Standards in den naturwissenschaftlichen Fächern.

## Knotenpunkte der Naturwissenschaften im Fokus des Unterrichts

Wir haben uns der Herausforderung gestellt, Nahtstellen (Knotenpunkte) zwischen den naturwissen-

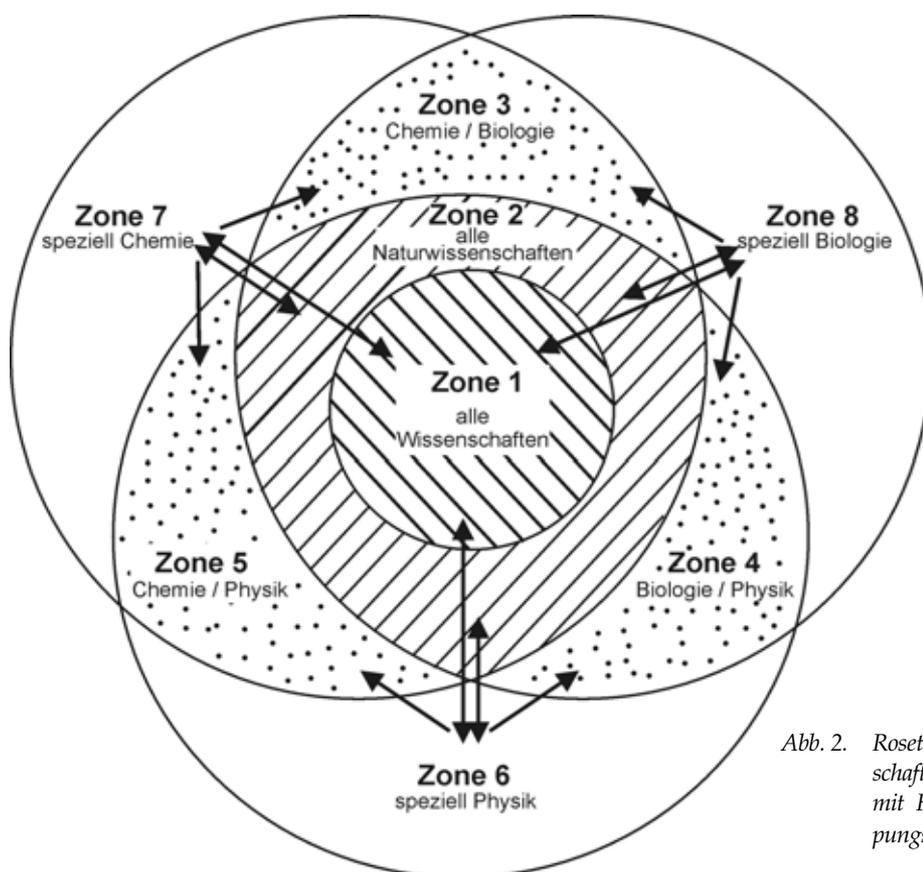


Abb. 2. Rosettenschema naturwissenschaftlicher Inhalte und Methoden mit Hervorhebung der Überlappungsbereiche der Fächer<sup>9</sup>

zahlreiche Begriffe in mehreren Fächern. Von »Energie« hören die Schüler nicht etwa im Physikunterricht, sondern in Fach Biologie zum ersten Mal. Und die erste Teilchenvorstellung führt nicht in jedem Fall der Chemielehrer ein, der dabei nur an Atome, Ionen und Moleküle denkt, sondern möglicherweise ein Kollege mit einem sehr viel weiter gehenden Verständnis von Teilchen.

Zukünftiger naturwissenschaftlicher Unterricht ohne einen Abgleich der Begriffe zwischen den Fächern erzeugt bei den Schülern weiterhin Irritationen, ja sogar Widersprüche und verhindert eine auf Verständnis ausgerichtete naturwissenschaftliche Bildung »aus einem Guss«. Wenn man also die Ansprüche einlösen will, die mit den Kompetenz-Formulierungen und unserem gemeinsamen Bestreben nach kumulativem Lernen einhergehen, muss man sich zeitgleich Gedanken um die unterrichtliche Sisyphusarbeit der Begriffsklärung und – soweit möglich – der Vereinheitlichung im »Output des Begriffsverständnisses« machen.

schafflichen Fächern aufzuspüren und zu Übereinstimmungen zu gelangen, wie in Zukunft mit diesen Begriffen und Konzepten umzugehen ist, insbesondere auch vor dem Hintergrund der Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler, die für sie das Verständnis erschweren.

Die Vorarbeiten der naturwissenschaftlichen Standardkommissionen aus Baden-Württemberg waren dabei von großer Bedeutung.

Als Knotenpunkte haben sich schließlich herausgestellt:

- Systeme (Systemkonzept)
- Energie (Bilanzierungskonzept)
- Ströme (Antrieb-, Stromstärke- Widerstand-Konzept)
- Stoffe und Teilchen
- Felder (Feldkonzept)
- Schwingungen und Wellen (»Wellenkonzept«).

<sup>9</sup>G. SCHAEFER et al.: Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften. GDNÄ-Denkschrift. Köln 2000/2002

Zum jetzigen Zeitpunkt kann noch nicht für jeden Begriff eine Empfehlung ausgesprochen werden. Noch viele Diskussionen in diesem Prozess des Aushandelns sind auf fachdidaktischer Ebene und zwischen den Fächern notwendig. Mit den vorliegenden Überlegungen wollen wir dennoch bereits erste Vorschläge und Denkanstöße geben. Als Begründung werden dabei Erkenntnisse der Fachdidaktiken angeführt, insbesondere solche über möglicherweise lernhinderliche Schülervorstellungen in verschiedenen Fächern. Ferner soll das Bewusstsein für die Kontextgebundenheit der Begriffe und ihre abweichende Verwendung im Alltag geschärft werden. Bei dieser Gelegenheit soll auch geklärt werden, auf welche Begriffe im Unterricht verzichtet werden kann.

Als grundlegende Prinzipien für die Naturwissenschaften, mit denen die Schülerinnen und Schüler von Anfang an in allen Fächern umzugehen lernen sollten, sehen wir

- Systembetrachtungen
- Bilanzierungen (Stoffe, Energie)
- Unterscheidung von Kontinuums- und Diskontinuumsbetrachtungen
- Aussagen unter Nennung der relevanten Bedingungen (»Beziehungsaussagen«).

Wirkung und Erfolg der Bemühungen hängen schließlich davon ab, inwieweit der Prozess des Aushandelns über den Gebrauch gemeinsam benutzter Begriffe und Konzepte zwischen den Fachgruppen jeder Schule vor Ort erfolgt. Zweifellos ist dabei ein hohes Maß an Kompromissbereitschaft nötig. Bei diesen Diskussionen muss grundsätzlich das Schülerverständnis als Ausgangspunkt für die Überlegungen gewählt werden, denn nur so kann ein nachhaltiger, auf Verständnis angelegter Unterricht realisiert werden, von dem wir uns eine Stärkung aller naturwissenschaftlichen Fächer versprechen.

Die Hinweise zu den gemeinsam genutzten Begriffen werden in einem eigenen Papier veröffentlicht werden. Welche Überlegungen wir dabei anstellen, soll nun exemplarisch am Begriff »Energie« gezeigt werden. Wir wollen mit den erarbeiteten Vorschlägen keinen verbindlichen Katalog vorschreiben, sondern auf Nahtstellen hinweisen, die im kollegialen Gespräch an den Schulen thematisiert werden müssen.

### **Beispiel: Knotenpunkt Energie (Bilanzierungskonzept)**

Unter den Größen in den Naturwissenschaften sind die Erhaltungsgrößen von besonderer Bedeutung. Eine dieser Größen ist die Energie. Der Begriff »Energie« spielt in allen drei naturwissenschaftlichen Fächern über alle Klassenstufen hinweg eine bedeutende Rolle. Für eine abgestimmte (konsistente) Verwendung des Begriffes »Energie« im naturwissenschaftlichen Unterricht erscheinen folgende Leitlinien wichtig:

#### **Einführung des Begriffs Energie**

Der Begriff Energie ist eine Grundgröße und kann deshalb nicht wie eine abgeleitete Größe (z. B. Geschwindigkeit, Impuls, Dichte, ...) definiert werden. Definitionsversuche in Schulbüchern wie »Energie ist die Fähigkeit Arbeit zu verrichten« sind nicht tragfähig, weil zu Energieübergängen zwischen zwei Systemen

nicht nur mechanische Energieübergänge (Arbeit) sondern auch thermische Energieübergänge (Wärme) gehören.

Als Konsequenz wird man den Energiebegriff in den unteren Klassenstufen anhand vieler Beispiele veranschaulichen und damit für eine gewisse Vertrautheit bei den Schülern sorgen.

Damit der Energiebegriff bei den Schülern im Laufe der Schulzeit gefestigt und vertieft werden kann, sollten im Umgang mit dem Energiebegriff von Seiten der Lehrkräfte folgende Aspekte beachtet werden:

- a) Betrachtung von Energiezuständen und Energieumwandlungen in einem System (Systembezug),
- b) Betrachtung von Energiebilanzen (Bilanzierungskonzept),
- c) Betrachtung von Energieträgern.
- d) Betrachtung von Energieübergängen zwischen offenen Systemen.

Diese Betrachtungen sollten Eingang in die Sprech- und Darstellungsweisen finden, z. B.:

»Der Körper gibt Energie an die Umgebung ab.«; »Der Energiegehalt von XY hat sich durch Aufnahme von NN erhöht.«; »Ein Schokoriegel **trägt** oder **enthält** Energie.«; »Wenn eine Batterie »leer« ist, hat ihr Energieinhalt abgenommen.«

Entsprechend gibt es auch Sprech- und Darstellungsweisen, die vermieden werden sollten, weil sie bei den Schülern möglicherweise falsche Vorstellungen hervorrufen, z. B.:

»Ein Schokoriegel **ist** Energie« oder »Energie ist gespeicherte Arbeit«, »in einem Kraftwerk wird elektrische Energie erzeugt«.

Hinderlich sind Vorstellungen wie Energie wird vernichtet oder erzeugt (weil der Energieerhaltung widersprechend) oder Assoziationen (manchmal Gleichsetzungen) des Begriffs Energie mit nicht zutreffenden Begriffen wie z. B. »Stoff«, »Kraft«.

Als Beispiel für eine propädeutische Einführung und Verwendung des Energiebegriffs, die einer späteren Vertiefung nicht im Wege steht, ein Beispiel aus dem Anfangsunterricht Biologie zum Thema Ernährung: Der Körper nimmt als Nahrung z. B. eine Banane auf. Die Banane enthält Nährstoffe, diese enthalten in unterschiedlicher Weise Energie. Der Organismus kann diese Energie mit Hilfe von Sauerstoff nützen. Der Organismus benötigt diese Energie für Bewegung, Aufrechterhalten der Körpertemperatur, Wachstum, Fettaufbau, ...

#### **Energieerhaltung und Energieumwandlung**

Bei allen propädeutischen Überlegungen sollte der Erhaltungsgedanke vorbereitet werden. Die Energieerhaltung wird im Anfangsunterricht an Beispielen »qualitativ« plausibel gemacht. Energiebilanzierungen sollten von Anfang angesprochen werden.

Hierbei ist wichtig anzugeben, welches energetische System jeweils betrachtet wird (Unterscheidung geschlossener und offener Systeme). Energieumwandlungen ohne Energieabgabe bzw. Energieaufnahme werden innerhalb eines geschlossenen Systems betrachtet.

#### **Energieübertragung zwischen Systemen**

Energieübertragung kann zwischen (energetisch) offenen Systemen erfolgen.

Hierbei sind verschiedene Arten möglich: z. B. geordnet (mittels einer Kraft längs eines Wegs) oder durch Stöße der ungeordneten Teilchenbewegung.

Zum Vorzeichen bei Energieübertragung:  $W > 0$ , wenn dem System Energie zugeführt,  $W < 0$ , wenn von dem System Energie abgegeben wird.

Die sprachlich nicht selbsterklärenden Begriffe »Arbeit« und »Wärme«, die physikalisch nach dem 1. Hauptsatz der Wärmelehre unterschieden werden müssen, sollten durch Schülervorstellungen unterstützende Begriffe ersetzt werden:

»Arbeit« durch den Begriff »mechanische Energieübertragung« (zwischen offenen Systemen), »Wärme« durch den Begriff »thermische Energieübertragung« (zwischen offenen Systemen).

Man sollte immer systembezogen formulieren: Energieaufnahme, Energieabgabe eines Systems. Wichtig ist dabei die Anbahnung von richtigen Sichtweisen bei den Schülern.

Zu beachten ist auch, dass der Begriff »Wärme« umgangssprachlich in verschiedenen Bedeutungen verwendet wird (Temperatur, innere Energie und als Größe, die Abgabe oder Aufnahme kennzeichnet), was nicht zur Klarheit beiträgt..

Formulierungen wie »Gewinn bzw. Verlust von Energie«, »Energie geht verloren«, »Energieverbrauch« ... stehen offensichtlich im Widerspruch zum Erhaltungsgedanken und sind daher für eine konsistente Begriffsbildung nicht dienlich. Der umgangssprachliche Gebrauch dieser Worte sollte daher im Unterricht immer wieder sorgfältig reflektiert werden, wobei die dabei zugrunde gelegte eingeengte Sichtweise deutlich gemacht wird.

### Spezifität des Unterrichts in den drei naturwissenschaftlichen Schulfächern

Allgemein gefordert wird eine Vernetzung der drei Fächer durch die Einbeziehung fachübergreifender Elemente in den Fachunterricht. Dafür ist der Aufbau solider Fachkenntnisse durch die fachspezifische und die fachlogische Behandlung der Grundlagen der jeweiligen Fächer unabdingbar. Jedes Fach besitzt spezifische Gegenstandsbereiche und Methodiken.

In der Physik werden die elementaren Eigenschaften der Materie und deren Zustandsänderungen betrachtet. Ziel sind möglichst allgemeine, vom speziellen System unabhängige Gesetze. Inhalte der Chemie sind Stoffe und Stoffumwandlungen. Deren charakteristische Eigenschaften sind konstitutiv für die Vielfalt der uns umgebenden Welt. Die Biologie beschäftigt sich mit lebenden Systemen. Allgemeines und Individuelles wirken neben- und miteinander.

Im Rosettenschema kommt die eigenständige Bedeutung der Einzelfächer darin zum Ausdruck, dass die diesen Fächern zugeordneten Zonen 6 bis 8 pro Fach etwa ebenso viele Begriffe enthalten wie die Zone 2, in der die allen Naturwissenschaften gemeinsamen Begriffe zusammengefasst sind. Um die Unterschiedlichkeit der einzelnen Fächer und ihre wechselseitige gegenseitige Unersetzbarkeit deutlich zu machen, werden im Folgenden einige fachspezifische Begriffe als Beispiele erläutert. Dabei wird auf die Themenkrei-

se der GDNÄ-Denkschrift »Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften«<sup>10</sup> zurückgegriffen, wo jeweils konkrete Objekte des täglichen Lebens angegeben sind, auf die sich das ausgewählte Thema bezieht und zu deren Verständnis es beitragen soll. Im Themenkreisschema folgen dann jeweils »fachliche Grund- und Spezialbegriffe«, die im Umfeld des Themas behandelt werden müssen und die die Notwendigkeit eines Fachunterrichts belegen.

#### Fach Physik

Grundbegriff: *Galaxis* aus dem Themenkreis »Die Stellung des Menschen im Kosmos«

Konkrete Objekte: Sonne, Stern, Sternbilder, Milchstraße, Urknall

Zum Verständnis des Grundbegriffs und der Objekte notwendige fachliche Grund- und Spezialbegriffe:

- Auf der 1. Niveaustufe, der des »pragmatischen Verständnisses«, sollen die Lerner verstehen, dass die Sonne ein typischer Stern ist, um den sich in der Regel Planeten bewegen (heliozentrisches System). Eine Vielzahl von Sternen bildet eine Galaxis, deren viele das Universum strukturieren.
- Auf der 2. Niveaustufe, der der »fachlichen Vertiefung«, wird die Bewegung der Himmelskörper, aber auch die der Galaxien gegeneinander infolge der Gravitation behandelt.
- Die 3. Niveaustufe, die zu einem »umfassenderen Verständnis« notwendig ist, führt dann bis zur Evolution des Universums infolge Urknall und Expansion.

Grundbegriff: *Bindungsenergie* aus dem Themenkreis »Energie heute und in Zukunft«

Konkrete Objekte: Atomenergie, Wasserstoff-Brennstoffzelle, Öl, Kohle, Treibhauseffekt

Zum Verständnis des Grundbegriffs und der Objekte notwendige fachliche Grund- und Spezialbegriffe:

- Auf der 1. Niveaustufe sollte klar werden, dass die vom Menschen nutzbare Energie durch Energieumwandlung (Energiesatz) bereit gestellt wird, wobei aber innere Energie nicht vollständig in mechanische oder elektrische Energie umsetzbar ist.
- Auf der 2. Niveaustufe wird gezeigt, dass es letztlich immer Bindungsenergie ist, die bei Zustandsänderungen eines Systems sowohl durch chemische als auch durch kernphysikalische Reaktionen zur Energieabgabe führt.
- Auf der 3. Niveaustufe wird der Massendefekt bei Kernspaltung und bei Kernfusion behandelt. Wenn diese physikalischen Grundlagen klargestellt und verstanden sind, bietet sich die Anwendung im fachübergreifenden Fachunterricht geradezu an.

#### Fach Chemie

Grundbegriff: *Metall* aus dem Themenkreis »Werkstoffe und mehr«

Konkrete Objekte: Fahrzeug, Werkzeug, Münzen, Schmuck, Konservendose aus Weißblech, Stahlplatte  
Zum Verständnis des Grundbegriffs und der Objekte notwendige fachliche Grund- und Spezialbegriffe:

<sup>10</sup>G. SCHAEFER et al.: Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften. GDNÄ-Denkschrift. Köln 2000/2002

- Auf der 1. Niveaustufe werden die wichtigsten Arten von Metallen (Schwer-, Leicht-, edle, unedle Metalle) sowie deren wesentliche und charakterisierende Eigenschaften (Härte, Duktilität, elektrische Leitfähigkeit usw.) zusammengestellt.
- Auf der 2. Niveaustufe wird die unterschiedliche chemische Reaktionsfähigkeit (z. B. bei der Oxidbildung) behandelt.
- Auf der 3. Niveaustufe wird die Kenntnis der Eigenschaften vertieft durch ein Bindungsmodell oder materialabhängige Angaben wie z. B. das Standardpotenzial.

Grundbegriff: *Waschmittel* aus dem Themenkreis »Chemie im Haushalt«

Konkrete Objekte: Seife, Shampoo, Abwasser, Klärwerk

Zum Verständnis des Grundbegriffs und der Objekte notwendige fachliche Grund- und Spezialbegriffe:

- Auf der 1. Niveaustufe werden die Waschmittel mit ihren wichtigsten Eigenschaften wie z. B. Benetzungsvermögen und Empfindlichkeit gegen Wasserhärte im Zusammenhang mit Haushaltschemikalien eingeordnet.
- Auf der 2. Niveaustufe wird auf die wichtigsten Bestandteile eingegangen: Tenside und Enthärter,
- während auf der 3. Niveaustufe bis zu den Stoff- und synthesespezifischen Reaktionsmechanismen fortgeschritten wird.

### Fach Biologie

Grundbegriff: *Zelle* aus dem Themenkreis »Zellen – die »Zwerg« des Lebens«

Konkrete Objekte: Eizelle, Spermazelle, Nervenzelle, Einzeller

Zum Verständnis des Grundbegriffs und der Objekte notwendige fachliche Grund- und Spezialbegriffe:

Auf der 1. Niveaustufe geht es um den prinzipiellen Aufbau von Pflanzen- und Tierzellen einerseits, deren Vielfalt und Variabilität andererseits.

- Auf der 2. Niveaustufe werden die Zellteilung und damit verbunden Vererbung und Mutation behandelt,
- während auf der 3. Niveaustufe die biologische Komplexität in ihrer Gesamtheit, Stoffwechsel und Proteinsynthese im Mittelpunkt des Interesses stehen.

Grundbegriff: *Ökosystem* aus dem Themenkreis »Ökosysteme – Organisationsstufen des Lebendigen«

Konkrete Objekte: Wald, Acker, Wiese, Ernährung, Ökologie, Ökoprodukte

Zum Verständnis des Grundbegriffs und der Objekte notwendige fachliche Grund- und Spezialbegriffe:

- Auf der 1. Niveaustufe werden verschiedene Ökosysteme als Lebensraum von Lebensgemeinschaften betrachtet.
- Auf der 2. Niveaustufe wird näher auf die Stoffkreisläufe im Ökosystem eingegangen und es werden bereits Grundlagen des ökologischen Gleichgewichts behandelt.
- Auf der 3. Niveaustufe sind quantitative Ansätze für das biologische Gleichgewicht (z. B. Lotka/Volterra) sowie die Evolution der Biosphäre Gegenstand des Unterrichts.

Bereits diese wenigen fachspezifischen Grundbegriffe legen die Anknüpfung fachübergreifender Bezüge nahe, so wie das in der Denkschrift ausführlich gezeigt wird. Soll der fachübergreifende Ansatz aber nicht in oberflächlichem Verständnis und Dilettantismus enden, so muss das fachübergreifend erworbene Wissen im Fachunterricht mit Hilfe der aufgezeigten fachspezifischen Begriffe vertieft werden.

### Anwendungen

Die Bedeutung der Naturwissenschaften, ja deren Notwendigkeit für unser modernes Leben sind unumstritten, auch wenn sie allzu leicht im funktionierenden Alltag vergessen werden.

Der Mensch als Teil und Gegenüber der Natur ist immer Anwender des naturwissenschaftlichen Wissens. Er hat die Folgen der Anwendungen letztlich zu tragen und steht in einer direkten Verantwortung. Technologisches Denken und Handeln unterscheidet sich vom rein wissenschaftlichen. Es ist ausschließlich zweckgerichtet und folgenorientiert. Probleme des menschlichen Lebens sollen gemildert oder gelöst werden. Dazu ist es notwendig,

- die zu lösenden Probleme klar zu identifizieren,
- technologische Lösungen zu entwickeln, diese technisch umzusetzen und im Gebrauch zu testen und
- den gesamten Prozess zu dokumentieren und zu kommunizieren.

Dabei erfährt man

- die Gemeinsamkeiten von, aber auch die Unterschiede zwischen wissenschaftlichem und technologischem Denken,
- die befruchtenden Wechselwirkungen zwischen Wissenschaft und Technik,
- die positiven Wirkungen auf das individuelle und allgemeine Leben,
- die Beschränktheit und Fehleranfälligkeit technischer Lösungen und
- deren unvermeidbare Folgen und Risiken, für die wir nie aus der Verantwortung entlassen werden.

### Aufgaben, Evaluation und Entwicklung

Der Unterricht in Deutschland und mit ihm die naturwissenschaftlichen Fächer stehen am Anfang eines notwendigen, schwierigen und spannenden Prozesses, den auch wir mit diesen Empfehlungen anstoßen und unterstützen wollen. Er sollte zielstrebig, aber bedachtsam angegangen werden, indem aus Erfahrungen gelernt wird: qualitätssteigernd und -kontrollierend.

Guten – auf die angestrebten Kompetenzen abgestimmten – Aufgaben kommt dabei eine tragende Rolle zu. Deren Qualität und vor allem ihr Anforderungsniveau muss sich deutlich von den eng vorstrukturierten, oft reproduktiv orientierten Aufgaben mit nur einem vorgezeichneten Lösungsweg unterscheiden. Für die Entwicklung einer neuen Aufgabenkultur werden gewaltige Anstrengungen nötig sein.

Diese neuen Aufgaben werden durch Evaluation auf den Unterricht rückwirken, und dies nicht nur in systemexternen Evaluationen oder mit systeminternen Vergleichsarbeiten, sondern direkt auf die alltägliche

Unterrichtspraxis. Der Umgang mit systemexternen Evaluationen muss in Deutschland noch gelernt werden.

Eine Reihe von Bundesländern besitzt keinerlei Erfahrungen mit dem Zentralabitur. Deshalb muss auch systemintern zunächst eine entsprechende Kultur entwickelt werden. Uns ist es wichtig zu betonen, dass auf diesem Weg die Lehrerinnen und Lehrer mitgenommen werden müssen und nicht über ihre Köpfe hinweg entschieden wird.

Die notwendigen Anstrengungen zur Weiterentwicklung der Unterrichtskultur und ihrer Qualität sind keineswegs »kostenneutral« zu bewerkstelligen: Die deutsche Gesellschaft muss Bildung als gemeinsame Aufgabe in Angriff nehmen!

### **Teilnehmerinnen und Teilnehmer**

OStD ARNOLD A CAMPO, Hagen [Tagungsleitung]

Prof. Dr. Dr. GUNNAR BERG, Physik, Universität Halle-Wittenberg [GDNÄ]

StD´ GABRIELE BORLINGHAUS, Staatliches Studienseminar Speyer

StD HANS-JÜRGEN EELSCHENBROICH, Medienzentrum Rheinland, Düsseldorf

StD HEINZ-ULRICH GOSEMANN, Hameln

Prof. Dr. HARALD GROPENGEIßER, Biologiedidaktik Universität Hannover

StD´ Dr. IRMGARD HEBER, Mühlthal [DPG]

Prof. Dr. ULRICH KATTMANN, Biologiedidaktik Universität Oldenburg

Prof. FRANZ KRANZINGER, Staatliches Seminar für Schulpädagogik Stuttgart

StD MATTHIAS KREMER, Staatliches Seminar für Didaktik und Lehrerbildung (Gymnasien) Rottweil [Leitung: Chemie]

Rektor REINHARD LABAHN, Rastow [VDR]

StD JÜRGEN LANGLET, Studienseminar Lüneburg [Leitung: Biologie] [VDBiol]

OStD JOSEF LEISEN, Staatliches Studienseminar Koblenz

OStD JOSEF MAIER, Gymnasium Unterrieden

Prof. Dr. ILKA PARCHMANN, Chemie-Didaktik IPN Kiel

StD Dr. WOLFGANG PHILIPP, Staatliches Seminar für Schulpädagogik Esslingen [Leitung: Physik]

Prof. Dr. BERND RALLE, Chemie-Didaktik Universität Dortmund [GDCh] [GFD]

StD KARSTEN RECKLEBEN, Hamburg

Prof. Dr. PETER REINHOLD, Physik – Didaktik Universität Paderborn

Dr. GERD RIEDL, Physik-Didaktik

Universität Halle-Wittenberg

Prof. Dr. GERHARD SCHAFFER, Asendorf [GDNÄ]

StD´ SABINE SCHMALSTIEG, Neuss

OStD´ Dr. ILONA SCHULZE, Leverkusen

LRSD Prof. Dr. HEINZ WAMBACH, Bezirksregierung Köln

LRSD Dr. RAINER WITTMANN,

Bezirksregierung Detmold

StR JÖRG ZABEL, Verden