

GDNÄ-Bildungskommission

Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften

Denkschrift der GDNÄ-Bildungskommission
mit Ergänzungen aus 2007
- Website www.gdnae.de -



GDNA

GESELLSCHAFT DEUTSCHER
NATURFORSCHER UND ÄRZTE E.V.



Vorwort zur Denkschrift 2002

“Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften” – das ist noch keine gängige Formel in der bildungspolitischen Diskussion. In unserem Schulwesen ist es auch zu Beginn des 21. Jahrhunderts immer noch üblich, unter Allgemeinbildung eher die *Summe* der Schulfächer zu verstehen als die allgemeinbildende Potenz jedes einzelnen Faches. Und wenn schon einzelne Fächer oder Fächergruppen als besonders allgemeinbildend hervorgehoben werden, dann sind es eher Deutsch, Fremdsprachen, Mathematik, Geschichte, Sozialkunde usw., also die “geistes- und sozialwissenschaftlichen” Fächer, als Physik, Chemie, Biologie, Geowissenschaften.

Das drückt sich auch deutlich in dem Verhältnis der Stundenzahlen aus: Während vom wöchentlichen Stundendeputat die geistes- und sozialwissenschaftlichen Fächer einschließlich der Mathematik etwa 80% einnehmen, liegt die Summe bei den rein naturwissenschaftlichen Fächern nur bei etwa 13%; der Rest ist Sport.

An diesem Missverhältnis, das mitten in einem naturwissenschaftlich-technischen Zeitalter besonders auffällig ist, sind jedoch die naturwissenschaftlichen Fächer selbst nicht ganz schuldlos. Sie haben sich in den letzten 150 Jahren immer mehr von ihrer ursprünglich philosophischen (also geisteswissenschaftlichen) Wurzel entfernt und ihren Schwerpunkt stark auf die empirisch-induktive Methode verlegt, so dass auch in der Schule eine immer größere Kluft zwischen den geistes- und den naturwissenschaftlichen Fächern entstand. Ja – noch schlimmer: selbst zwischen den Schwesterfächern Physik, Chemie, Biologie und Geowissenschaften kam es aufgrund zunehmender Spezialisierung und in Folge einer übertriebenen Liberalisierung der Fächerwahl beim Lehramtsstudium zu einer wachsenden Entfremdung der Gebiete, so dass heute zum Beispiel viele Biologielehrer nichts mehr von Physik und viele Physiklehrer nichts mehr von Biologie verstehen.

Um dieser Zersplitterung entgegenzuwirken und den allgemeinbildenden Auftrag *jedes* einzelnen Faches zu unterstreichen, verfolgt die Bildungskommission der GDNÄ – getreu der fächerübergreifenden Zielsetzung dieser Gesellschaft seit ihrer Gründung 1822 durch Lorenz Oken – das Prinzip eines “fachübergreifenden Fachunterrichts”. Dieses Prinzip wird im Eingangartikel von Schaefer genauer erläutert und später am Beispiel von 44 fachübergreifenden Themenkreisen konkretisiert. Diese sollen nach Auffassung der Kommission den Weg zu einem “Grundkanon naturwissenschaftlicher Bildung” aufzeigen, der sowohl das nötige Wissen zum Verständnis unserer heutigen Welt als auch die Fertigkeiten zu ihrer Bewältigung bereitstellt. Dadurch soll der lückenlose Einbau der naturwissenschaftlichen Grundbildung in ein umfassendes Konzept von Allgemeinbildung erfolgen. Der Ansatz wurde im Herbst 2001 in einem Symposium im Senckenberg-Museum Frankfurt der wissenschaftlichen und politischen Öffentlichkeit vorgestellt und fand lebhaft Zustimmung.

Im Aufsatz von v. Engelhardt wird noch einmal der geschichtliche Hintergrund der Spaltung Naturwissenschaften/Geisteswissenschaften nachgezeichnet, vor dem sich die gegenwärtige bildungspolitische Diskussion abspielt. Die heute in der Schule bestehende Fächerstruktur wird dann von Prenzel als historisches Faktum aufgegriffen und die Frage untersucht, ob eher der getrennte Fachunterricht oder eher neue “integrierte Ansätze” für die Erreichung einer tragfähigen Allgemeinbildung erfolgversprechend sind. Er kommt zu dem Schluss, dass die vorliegenden empirischen Studien keine Entscheidung darüber erlauben, dass aber die bestehenden naturwissenschaftlichen Fächer selbst noch ein reiches Entwicklungspotential in sich tragen, so dass ihre weitere Ausgestaltung zu einem “fachübergreifenden Fachunterricht” im obigen Sinne grundsätzlich möglich, vor allem aber auch effizienter sei.

Parallelen dazu zieht Törner für das Fach Mathematik und weist auf die formal bildende Kraft der Mathematik innerhalb der naturwissenschaftlichen Fächer hin, die als ein wesentlicher Stützpfeiler ihrer allgemeinbildenden Wirkung angesehen werden könne.

Es bleibt dann noch die Gretchenfrage: Welcher Lehrer / welche Lehrerin ist überhaupt in der Lage, einen fachübergreifenden Fachunterricht im obigen Sinne und nach Art der hier



vorgestellten Themenkreise durchzuführen? Bei der heutigen Fächerspaltung und den immer gewagteren Fächerkombinationen der Lehramtsanwärter (Physik mit Englisch, Biologie mit Sport, Chemie mit Deutsch usw.) wird man einer Lehrkraft diese neuen Anforderungen kaum noch zumuten können. Also sind Konzeptionen einer neuen *Lehrerausbildung* und *Lehrerfortbildung* gefragt. Auf diese gehen die Beiträge von Markl und Asselborn ein. Auch tauchen weit gespannte Fragen einer zeitgemäßen, dynamischen *Schulentwicklung* auf, die in einem Beitrag von Sauer angeschnitten werden.

Nach diesen Grundsatzartikeln geht der zweite Teil der Denkschrift zur praktischen Konkretisierung des Ansatzes über. Im Aufsatz von Berg werden sowohl das Verfahren zur Auswahl und Begründung der Themenkreise als auch ihre tabellarische Struktur erläutert. Anschließend werden dann 34 Themenkreise für die naturwissenschaftlichen Fächer Biologie (Gehlhaar, Manitz-Schaefer), Chemie (Altenbach, Asselborn) und Physik (Berg, Sauer) sowie 10 Themenkreise für die sich in einer Sonderrolle befindlichen Geowissenschaften (Markl) vorgestellt. Da letztere über kein eigenes Schulfach verfügen, wird eine sinnvolle Fächerzuordnung vorgeschlagen. Dabei wird auch das Schulfach Geographie bzgl. seiner physischen Komponente wieder stärker mit einbezogen.

Die Themenkreise greifen naturwissenschaftliche Fragestellungen aus dem täglichen Leben auf, die in der Öffentlichkeit eine Rolle spielen bzw. mit denen die Menschen heute konfrontiert sind. Gleichzeitig werden Möglichkeiten aufgezeigt, die von den Schülern erworbene naturwissenschaftliche Sachkompetenz auf 11 weitere "allgemeine Kompetenzen" anzuwenden, die im Aufsatz von Schaefer vorgestellt und im Anhang erläutert werden. Aufgrund des dichten Netzwerks fachübergreifender Bezüge stellen so die Themenkreise – jeder für sich – ein Modell für "fachübergreifenden Fachunterricht" bzw. für "Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften" dar. Jeder Themenkreis ist also in gewisser Weise ein Abbild des Ganzen.

Für jedes Fach wird am Beispiel eines ausgewählten Themenkreises eine methodische Anleitung gegeben, die zeigt, *wie* ein solcher Unterricht ablaufen kann und sollte. Da die Themenkreise hier nur stichwortartig verkürzt vorgestellt werden, bedürfen sie eigentlich alle zu ihrem vollen Verständnis einer methodischen Erläuterung. Diese kann aber aus Platzgründen in diesem Band noch nicht gegeben und muss auf später verschoben werden.

In einer Schlussbetrachtung zieht Schaefer Bilanz über die Vernetzung aller 44 Themenkreise miteinander und geht auf die Frage ein, wie realistisch ein solcher Unterricht unter den heutigen Bedingungen von Schule und Lehrerschaft ist.

Die Ergebnisse der PISA-Studie im Vergleich zu TIMSS haben ja gezeigt, dass auch bei allgemeinen *Fertigkeiten* deutsche Schüler eklatante Schwächen aufweisen. So wird der Ruf nach "mehr Methoden-Training" wieder laut. Die vorliegende Denkschrift soll Wege aufzeigen, wie der in der Wittenberger Initiative vorgestellte Grundkanon von *Begriffen* mit solchen Fertigkeiten gekoppelt werden muss. Auch umgekehrt können viele Fertigkeiten am überzeugendsten (manche sogar *nur*, man denke z.B. an Mess- und Auswerteverfahren) an naturwissenschaftlichen Sachverhalten geübt werden, weil diese unmittelbar mit jenen verknüpft sind.

Die angebrochene PISA-Diskussion kann zur "Stunde der Wahrheit" werden, wenn die Öffentlichkeit erkennt, dass die Naturwissenschaften nicht nur kleine Mosaiksteine von beliebiger Größe zu einem hübschen Gesamtbild von Allgemeinbildung *hinzufügen* können, sondern dass *in naturwissenschaftlichem Unterricht selbst* schon Allgemeinbildung geschieht, sofern er in der hier skizzierten Form durchgeführt wird.

PISA belegt, *dass* etwas geschehen muss. Die vorliegende Denkschrift zeigt am Beispiel der Naturwissenschaften, *was* und *wie*.

Asendorf, im Juni 2002

Gerhard Schaefer



Vorwort zur Ergänzung 2007

Fünf Jahre sind vergangen, seit die Denkschrift „Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften“ von der GDNÄ-Bildungskommission 2002 herausgegeben wurde. Die zunächst paradox anmutende pädagogische Leitlinie dieser Schrift, der *fachübergreifende Fachunterricht*, der „vom Fach aus über das Fach hinaus“ gehen und so die Fächer von innen heraus reformieren sollte, hat sich von der Konzeption her bewährt, wenn auch natürlich manche Lehrer und Lehrerinnen aufgrund eines zu engen Fachstudiums ihre liebe Not damit haben werden. Diese Schwierigkeiten lassen sich jedoch langfristig durch eine Verbreiterung der ersten Ausbildungsphase und durch gezielte spätere Fortbildungen beheben oder zumindest abmildern.

Das pädagogische Konzept eines fachübergreifenden Fachunterrichts setzt – das war den Verfassern der Denkschrift von Anfang an klar – eine besondere Akzentverschiebung im Unterricht von fachbezogenen Begriffen und Fertigkeiten auf fachübergreifende voraus. Daher ist in der Denkschrift zum einen ein deutlicher Schwerpunkt auf *Grundbegriffe* gelegt worden, die eine Brückenfunktion zwischen den Fächern innehaben (Zonen 1 - 5 in der Begriffs-Rosette der Denkschrift). Zum anderen ist ein weiterer Schwerpunkt in allgemeinen, nicht fachgebundenen *Grundfertigkeiten* wissenschaftlichen Denkens und Arbeitens zu finden, die – da sie eng mit wissenschafts-allgemeinen Grundbegriffen der Zone 1 verknüpft sind – auch in dieser Zone untergebracht wurden.

Grundbegriffe und -fertigkeiten, also die kognitiven und pragmatischen (psychomotorischen) Komponenten von Allgemeinbildung, sind also die Eckpfeiler der bisherigen Denkschrift gewesen. Dabei lag es den Verfassern am Herzen, außer der fachübergreifenden Perspektive auch eine drastische *Verminderung der Stoffmenge* zugunsten einer vertieften und wissenschaftlich solideren Behandlung der – sowohl für das Fachverständnis als auch für wechselnde Alltagssituationen – wirklich wichtigen Grundbegriffe und -fertigkeiten anzustreben. So war es gelungen, die in Schulbüchern der Naturwissenschaften laut Stichwortverzeichnissen der drei Fächer vorkommende Stoffmenge von insgesamt etwa 10.000 Begriffen auf 429 Grundbegriffe der Naturwissenschaften plus 38 zusätzliche aus den Geowissenschaften (platzierbar im Schulfach Geographie) zu reduzieren. Diese Grundbegriffe mitsamt einem Bündel von etwa 40 Grundfertigkeiten bilden das Fundament einer naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung, so wie die Denkschrift sie konzipiert.

Seit Erscheinen der Schrift und seit der Neufassung der EPA (Einheitliche Prüfungsanforderungen für das Abitur) im Jahre 2003 sowie in Reaktion auf die nach PISA 2005 von der KMK herausgegebenen „Bildungsstandards“ ist von Schulpraktikern immer wieder die Frage aufgeworfen worden, ob die in der GDNÄ-Denkschrift vorgenommene Stoffreduktion nicht nur ein „erster Schritt“ sei, auf den weitere folgen müssten.

In diesem Zusammenhang wurde dann auch bedauert, dass in dieser Schrift sowohl die Grundbegriffe als auch Grundfertigkeiten nur alphabetisch geordnet und nicht nach ihrer Wichtigkeit, z.B. für das Verständnis des Faches oder für die Bewältigung des Alltags, strukturiert und gewichtet seien. Bildungspolitische Gremien wie Lehrplan-Ausschüsse und EPA-Kommissionen stehen ja ständig vor genau dieser Aufgabe und werden vermutlich eine Strukturierung und Gewichtung der Inhalte der Denkschrift – zumindest als zusätzliche Anregung – begrüßen.

Daher hat sich die GDNÄ-Bildungskommission entschlossen, eine solche Strukturierung jetzt durchzuführen und legt sie hiermit der Öffentlichkeit vor. Um für den Leser den ständigen Rückbezug zur Denkschrift 2002 zu ermöglichen und zu erleichtern, ist der Ergänzungsteil hier mit eingebunden, so dass praktisch eine Neuauflage 2007 der Denkschrift entsteht. Um Abbildungs- und Tabellennummern nicht mit den früheren zu verwechseln, sind diese im Ergänzungsteil jeweils mit „E“ gekennzeichnet.

Die Frage, die die Kommission 2002 bewegte: „Welche Begriffe und Fertigkeiten sind zum Verständnis der Naturwissenschaften wie auch zu einer flexiblen Bewältigung des Alltags



wirklich wichtig?“, die zu dem oben angeführten Kanon von 429 + 38 Grundbegriffen und ca. 40 Grundfertigkeiten führte, kann nun zugespitzt werden zu der weitergehenden Frage „Welches sind unter diesen wiederum die *zentralen* Brückenbegriffe und Fertigkeiten, die vor allen anderen den Vorrang haben?“ Auf diese Frage soll im Ergänzungsteil eine Antwort versucht werden.

Gleichzeitig fiel auf, dass in der Denkschrift 2002 die *affektive* Komponente von Bildung, die Einstellungen und Haltungen, in den 12 „allgemeinbildenden Kompetenzen“ zwar implizit enthalten, jedoch nicht explizit herausgearbeitet waren. Betrachtet man zudem die heutigen Bildungsdebatten nach TIMSS und PISA, so stellt man mit Befremden fest, dass sie sich fast ausschließlich um Wissens- und Handlungskompetenzen drehen und dass die affektive Seite von Bildung weitgehend außer Acht gelassen wird.

Die GDNÄ-Bildungskommission ist jedoch bei ihrem Konzept des fachübergreifenden Fachunterrichts der Auffassung, dass fachübergreifende Sichtweisen nicht nur mit der kognitiven Verfügbarkeit zentraler Brückenbegriffe und -fertigkeiten stehen oder fallen, sondern vor allem auch mit dem Vorhandensein der sie begünstigenden (oder auch hemmenden) *Einstellungen* und *Haltungen*. Das heißt: Die in der bisherigen Denkschrift nur implizit genannten affektiven Komponenten von Bildung müssen jetzt in einem zweiten Schritt explizit artikuliert und in die Bildungsdiskussion mit eingebracht werden.

Daher enthält die erweiterte Denkschrift 2007 mehrere Beiträge zur affektiven Seite naturwissenschaftlicher Bildung. Sie bringt sich damit in die seit einigen Jahren in der politischen Öffentlichkeit angelaufene „Werte-Debatte“ mit ein und zeigt die Rolle auf, die auch – und gerade – dem naturwissenschaftlichen Unterricht in dieser Beziehung zufällt.

Naturwissenschaftlicher Unterricht hat nicht nur die Aufgabe, solides Wissen und allgemeine Fertigkeiten für das praktische Leben zu lehren, also den „Kopf zu füllen“, sondern auch zur charakterlichen Erziehung unserer Bürgerinnen und Bürger beizutragen, und das heißt: ihnen *Haltungen* zu vermitteln, die ihnen helfen, das Leben in einer naturwissenschaftlich geprägten Welt zu bestehen. Zu einer solchen pädagogischen Akzentsetzung soll diese Schrift eine Anregung geben.

im September 2007

Hamburg

Halle/Saale

Gerhard Schaefer

Gunnar Berg



Geleitwort des GDNA-Präsidenten

Nachdem die 1997 ins Leben gerufene Bildungskommission der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte e.V. in ihren „6 Thesen zur Bildungspolitik“ (1978), ihrer „Wittenberger Initiative“ (2000), ihren „Empfehlungen zur Lehrerbildung“ (2001) und ihrer Diskussionschrift zu einem Frankfurter bildungspolitischen Symposium (Nov. 2001) ihre Ideen zur Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften und zu einem „fachübergreifenden Fachunterricht“ der Öffentlichkeit vorgestellt hat, legt sie mit dieser Denkschrift das Ergebnis ihrer bisherigen Arbeiten in geschlossener Form vor. Damit unterstreicht die Kommission nach 180 Jahren noch einmal ein ursprüngliches Anliegen von Lorenz Oken, dem Gründer der GDNA, der laufend fortschreitenden Aufspaltung und Spezialisierung der Naturwissenschaften in Einzeldisziplinen eine *Betonung ihrer Gemeinsamkeiten* an die Seite zu setzen und dadurch ihr Auseinanderfallen zu verhindern.

Es zeigt sich dabei wieder einmal sehr deutlich, wie schon zu Okens Zeiten, dass die gemeinsame Klammer nicht nur „horizontal“ in übereinstimmenden Inhalten, z.B. Begriffen, und Methoden zu suchen ist, sondern vor allem auch „vertikal“ in ihrem historisch-wissenschaftstheoretischen Fundament, das philosophischer und mathematischer, also geisteswissenschaftlicher Art ist. Der Gründer der GDNA war Naturphilosoph, und die Bildungskommission der GDNA weist heute, 180 Jahre später, pointiert darauf hin, dass naturwissenschaftlicher Unterricht sich wieder seiner philosophischen und wissenschaftsmethodischen Wurzeln bewusst werden und sie pflegen muss, wenn er sich anschickt, „Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften“ betreiben zu wollen.

Ich freue mich besonders, dass die Denkschrift nicht theoretisch-philosophisch bleibt, sondern ganz konkret durch 44 Themenkreise in die Praxis der Unterrichtsplanung hinuntersteigt. Sie dokumentiert damit das, was Naturwissenschaften seit Jahrhunderten stets ausgezeichnet hat: den Mut, sich der Praxis zu stellen und nicht im Elfenbeinturm des Spekulierens zu bleiben.

Möge diese Schrift dem naturwissenschaftlichen Unterricht und der zugehörigen Lehreraus- und -fortbildung wichtige Impulse verleihen, so dass wir in einigen Jahren nicht mehr um das Abschneiden deutscher Schüler bei internationalen Vergleichsstudien, um sinkende Zahlen von Studienbewerbern in Physik und Technik oder um den Wirtschaftsstandort Deutschland bangen müssen.

Im Namen des Vorstandes der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte wünsche ich dieser Schrift eine gute Resonanz in der Öffentlichkeit !

Potsdam, den 10. Juni 2002

Prof. Dr. Rolf Emmermann,
Präsident der GDNA



Inhaltsverzeichnis

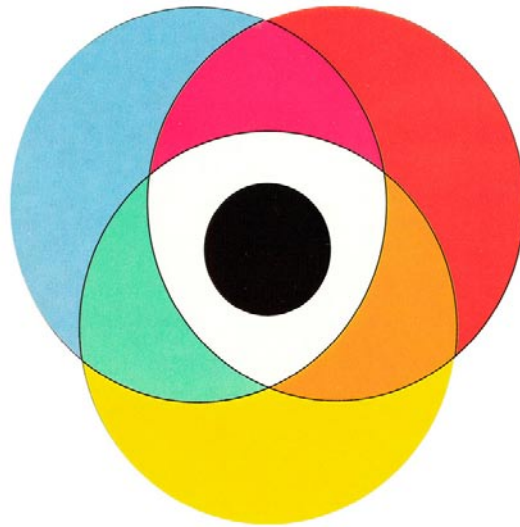
Vorwort 2002	1
Vorwort 2007	3
Geleitwort des GDNÄ-Präsidenten 2002	5
1. Teil: Grundsatzartikel	9
G. Schaefer: Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften – das Konzept eines “fachübergreifenden Fachunterrichts”	9
D. v. Engelhardt: Naturwissenschaft als Bildung – Stationen und Aspekte der Entwicklung	15
M. Prenzel: Naturwissenschaftlicher Fachunterricht	21
G. Törner: Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften – die immanente Rolle der Mathematik	24
G. Markl: Neue Wege der Lehrerbildung als Grundlage für fachübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht	27
W. Asselborn: Lehrerfortbildung für fachübergreifenden Fachunterricht	29
G. Sauer: Fachübergreifender Fachunterricht als Aufgabe von Schulentwicklung	31
2. Teil: Themenkreise	33
G. Berg: Entwicklung von Themenkreisen für den fachübergreifenden Fachunterricht	33
Themenkreise Biologie, Übersicht (K.H.Gehlhaar/ R.Manitz-Schaefer)	39
1. Zellen – die “Zwerge des Lebens”	41
2. Umgang mit Genen – pro und contra	42
3. Alles für uns? – Bedeutung von Pflanzen und Tieren für unser Leben	43
4. “Essen und Trinken halten Leib und Seele zusammen” – zur Ernährung des Menschen	44
5. “Körperkräfte”? – Bioenergien im Organismus	45
6. Hormone – kleine Ursache, große Wirkung	46
7. Angst vor Ansteckung? – Moderne Immunbiologie	47
8. Sehen und Hören – Team-Arbeit von Sinnesorganen und Nervensystem	48
9. Frei oder programmiert? - Über Ethologie und Ethik	49
10. Fortpflanzung, Wachstum, Entwicklung, Tod – Stationen menschlichen Lebens	50
11. Drogen – die Talfahrt in chemische Abhängigkeit	51
12. Könnten wir ohne grüne Pflanzen leben? – Photosynthese im Haushalt der Natur	52
13. Ökosysteme – Organisationsstufen des Lebendigen	53
14. Geschichte und Zukunft des Lebens auf der Erde – Fragen zur biologischen Evolution	54
R. Manitz-Schaefer: Methodische Anleitung zum fachübergreifenden Biologieunterricht am Beispiel des Themenkreises 12	55



Themenkreise Chemie, Übersicht (H.J.Altенbach/ W.Asselborn)	58
1. Stoffe – von der Vielfalt zur Systematik	59
2. Aufbau der Stoffe – von der Zusammensetzung zur Struktur.....	60
3. Chemische Reaktionen – Umwandlung von Stoffen	61
4. Brennstoffe – von alten und neuen chemischen Energieträgern	62
5. Metalle – Werkstoffe und mehr	63
6. Säuren – Basen – Salze	64
7. Chemie im Haushalt – Chemie im Alltag.....	65
8. Farbstoffe – schön und nützlich.....	66
9. Kunststoffe – neue Materialien und mehr	67
10. Naturstoffe – von Biomaterialien bis zu Molekülen des Lebens	68
 R. Manitz-Schaefer: Methodische Anleitung zum fachübergreifenden Chemieunterricht am Beispiel des Themenkreises 3	69
 Themenkreise Physik, Übersicht (G.Berg/ G.Sauer)	72
1. Autofahren mit Verstand – Bewegungsgesetze kennen und anwenden	74
2. Messen – eine unverzichtbare Kulturtechnik	75
3. Fest, flüssig, gasförmig – Zustandsformen der Stoffe	76
4. Warum ist der Regenbogen farbig? – Optische Phänomene	77
5. Mit Spannung Strom erwarten! – Elektrizität im Alltag	78
6. Was wärmt uns morgen? – Energie heute und in Zukunft	79
7. Mobiltelefon, SMS, Fernseher, Computer – physikalische Grundlagen der Informationstechnologien	80
8. Sonne, Mond und Sterne – die Stellung des Menschen im Kosmos	81
9. Die Natur macht Sprünge – über die Quantenstruktur der Materie	82
10. Ist alles vorherbestimmt? – Determinismus und Zufall	83
 G. Berg: Methodische Anleitung zum fachübergreifenden Physikunterricht am Beispiel des Themenkreises 10	84
 Themenkreise Geowissenschaften, Übersicht mit Zuordnung zu passenden Schulfächern (G. Markl)	86
1. Urgewalten der Erde: Vulkane, Erdbeben, Springfluten	87
2. Begrenzte Rohstoffe – Wasser, fossile Energieträger und Erze	88



3. System Erde –	
Zusammenhänge von Atmo-, Bio-, Hydro- und Lithosphäre	89
4. Gesteine - Kontinentaldrift - Gebirgsbildung	90
5. Klimaveränderungen in geologischen Zeiträumen	91
6. Geophysik:	
von seismischen Wellen, Erdmagnetfeld und geothermischer Energie	92
7. Meteorite und ihr Beitrag zur Kenntnis des Sonnensystems	93
8. Minerale –	
Schätze der Natur und Vorbilder für moderne Werkstoffe	94
9. Verwitterung und Bodenbildung	95
10. Radioaktivität –	
natürlich, aber problematisch	96
G. Markl: Methodische Anleitung zum fachübergreifenden geowissenschaftlichen Unterricht am Beispiel des Themenkreises 5	97
3. Teil: Schlussbetrachtung (G. Schaefer)	99
3.1 Allgemeinbildung durch Vernetzung der Themenkreise	99
3.2 Wie realistisch ist der hier vorgestellte Ansatz? Zukunftsperspektiven	106
4. Teil: Anhang	108
4.1 Sechs Thesen zur Bildungspolitik	108
4.2 Grundbegriffe und -fertigkeiten für den naturwissenschaftlichen Unterricht	109
4.3 Erläuterung der 12 Kompetenzen im “Kompetenzenrad” von S.12	115
5. Teil: Ergänzung 2007 (mit eigenem Inhaltsverzeichnis S. 119)	117
Die Verfasser der Denkschrift 2002 + Ergänzung 2007	190



GDNÄ-Bildungskommission

Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften

Denkschrift der GDNÄ-Bildungskommission
mit Ergänzungen aus 2007
- Website www.gdnae.de -

1. Teil - Grundsatzartikel



GDNÄ

GESELLSCHAFT DEUTSCHER
NATURFORSCHER UND ÄRZTE E.V.



1. Teil: Grundsatzartikel

Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften - das Konzept eines „fachübergreifenden Fachunterrichts“

von
Gerhard Schaefer

1. Einleitung: Flexibilitätstraining für eine flexible Zukunft

Es gibt in unserer Gesellschaft – trotz der bekannten Mahnrufe von Kant, Goethe, W.v.Humboldt, Kerschensteiner, Litt und anderen Pionieren des Geisteslebens – eine offenbar nicht auszurottende Geringschätzung des allgemeinbildenden Wertes der Naturwissenschaften. Viele Mitbürger denken bei „Physik“, wenn sie sich an ihre Schulzeit erinnern, vielleicht spontan an Hebelgesetze, Sammellinsen, Kernenergie, bei „Chemie“ an stinkende oder ätzende Flüssigkeiten, schmutzige Reagensgläser, chemische Formeln, und bei „Biologie“ an Blütendiagramme, Generationswechsel, Mendelsche Regeln, und sie sehen darin wohl eher Spezialbegriffe für Naturwissenschaftler als Begriffe der Allgemeinbildung, die sie selbst persönlich angehen. Wer denkt schon bei Physik, Chemie, Biologie an *Sprachkompetenz*, an *menschliche Kulturgeschichte*, an *Denkweisen*, *Lernkompetenz*, *Ethik*, – also an Dinge, die jeder zweifellos zur Allgemeinbildung zählen würde?

Wenn man jedoch die in der Bildungspolitik leider weit verbreiteten geisteswissenschaftlichen Scheuklappen einmal fallen lässt und sich ernsthaft die naturwissenschaftlichen Fächer ansieht, wird man unschwer entdecken, dass ihre Wissenschaftssprachen (als Weltsprachen), ihre Geschichte (als bedeutender Teil der Weltgeschichte), ihre Art zu denken und zu lernen (das besondere Bemühen um Objektivität) und ihre eigene Ethik (wissenschaftliche Redlichkeit, Transparenz, Reproduzierbarkeit, auch gewissenhafte Technikfolgenabschätzung) unverzichtbare Bestandteile von Allgemeinbildung sind.

Diese Fächer können wesentlich zur Ausbildung einer *internationalen* (globalen), *interdisziplinären* (fachübergreifenden) und *interprofessionellen* (beruflichen) Flexibilität beitragen, wie sie in Abb.1 skizziert ist. Schulabgänger von heute, die einer Zeit zunehmender Globalisierung und Beschleunigung technischer, wirtschaftlicher und politischer Entwicklungen und einem immer flexibleren, risikoreicheren Arbeitsmarkt entgegengehen, werden Flexibilität dringend benötigen. Und: nicht nur auf dem Arbeitsmarkt wird sie gebraucht, sondern auch im Privatleben, das im Zeitalter des Reiseverkehrs und des Internet von erheblichen kulturellen Umwälzungen betroffen ist.

Von dieser Zukunftseinschätzung her beziehen die folgenden Gedankengänge ihre pädagogische Schubkraft.

2. Das Konzept eines „fachübergreifenden Fachunterrichts“

Bildung setzt sich aus zwei miteinander verknüpften Komponenten zusammen: Menschenbildung (Persönlichkeitsbildung) und Berufsbildung (Ausbildung). Erstere hat ihre Bedeutung für die gesamte Lebenszeit, – einschließlich der etwa 92% (!), die außerhalb der Berufstätigkeit verbracht werden (Kindheit, Alter, Freizeit, Familie usw.). Letztere muss speziell berufsfähig machen, das heißt in einer Zeit zunehmender Dynamik des Stellenmarktes flexible und anpassungsfähige Grundqualifikationen für verschiedene Berufsrichtungen vermitteln. Auch der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht – als einer der drei Tragpfeiler von Bildung – muss beide Aufgaben erfüllen.



Im Interesse eines allgemeinen Flexibilitätstrainings fordert die Bildungskommission der GDNA seit 1998 nachdrücklich statt eines enzyklopädischen Wissens – das heute ohnehin niemand mehr bewältigen kann – eine *vertiefte* Behandlung *weniger* anschlussfähiger Grundbegriffe im Unterricht sowie eine stärkere Konzentration auf allgemeine Fertigkeiten.



Abb. 1: Flexibilitätserziehung als Grundlage für Alltag und Beruf im 21. Jahrhundert (aus Schaefer/Yoshioka 2000)

Wenn man diese im Hinblick auf eine leistungsfähige Allgemeinbildung hin durchleuchtet, stellt man fest, dass die Grundbegriffe und -fertigkeiten der Naturwissenschaften nur zum Teil überhaupt fachspezifischer Art sind: ein bedeutender Teil von ihnen (knapp ein Drittel) ist zumindest *fachübergreifend*, einige aber sogar *wissenschaftsallgemein* (s. Rosettenschema in Abb.2, Zone 1), so dass im Hinblick auf Flexibilitätserziehung ein ganz neuer Typ von Unterricht gefragt ist: der „fachübergreifende Fachunterricht“.

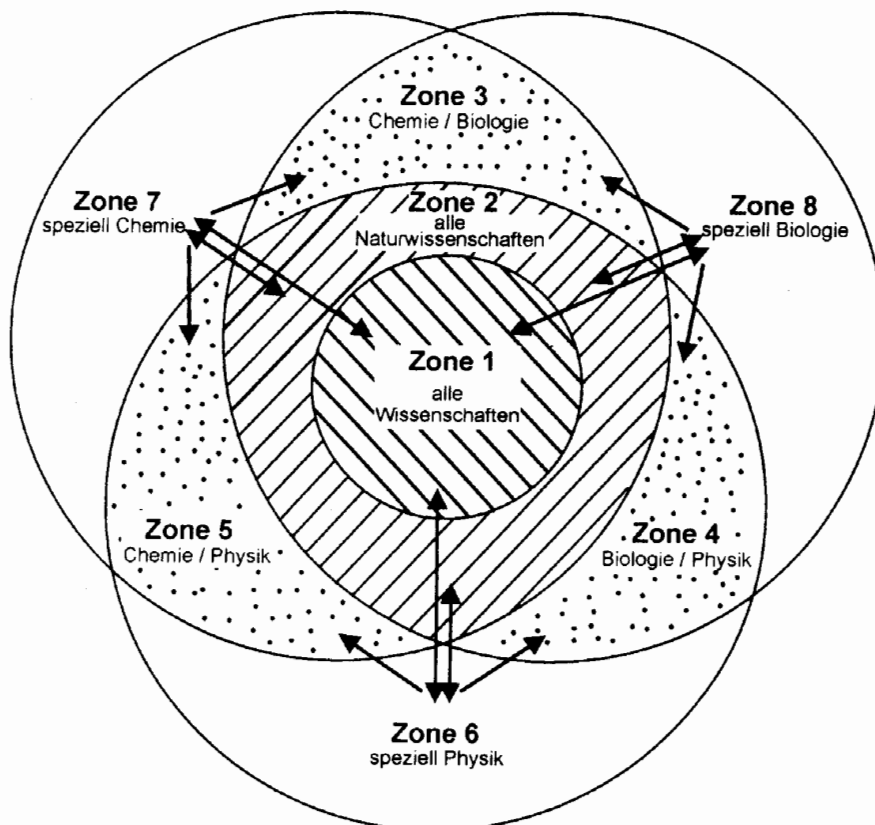


Abb. 2: Rosettenschema der Inhaltsbereiche von Biologie, Chemie und Physik mit Hervorhebung ihrer Überlappungsfelder

Dies klingt zunächst paradox, denn wie soll ein *Fachunterricht* fachübergreifend sein? Gemeint ist damit ein Unterricht, der *aus dem Fach heraus* sowohl in Nachbarbereiche vorstößt als auch abstraktere Meta-Ebenen und praktische Anwendungsbereiche mit einbezieht. Er vernetzt also Fachinhalte einerseits „zur Seite hin“ mit verwandten Inhalten benachbarter Disziplinen (Biologie und Chemie miteinander, Chemie und Physik miteinander, usw.), andererseits „nach oben hin“ mit abstrakten Denkfiguren aus Philosophie, Mathematik, Systemtheorie, Wissenschaftstheorie und „nach unten hin“ mit konkreten, anschaulichen Beispielen aus dem täglichen Leben.

Um einen solchen Unterricht leisten zu können, müssen Lehrer und Lehrerinnen das eigene Fach sowohl zu den Nachbarfächern als auch zu Geschichte, Wissenschaftsmethodik, Etymologie der Fachsprache, Wissenschaftstheorie usw. hin „transzendieren“ können (Tenorth 1998). Dabei dürfen sie ihre spezielle Fachkenntnis nicht isoliert als solche stehen lassen. Vielmehr müssen sie diese zuerst in eine umfassendere „naturwissenschaftliche Sachkompetenz“ einbauen und dann in *allgemeine Kompetenzen* umsetzen, die zusammen erst Lebenskompetenz und damit Allgemeinbildung ausmachen (Abb.3; s.auch die Erläuterungen im Anhang, S. 115).

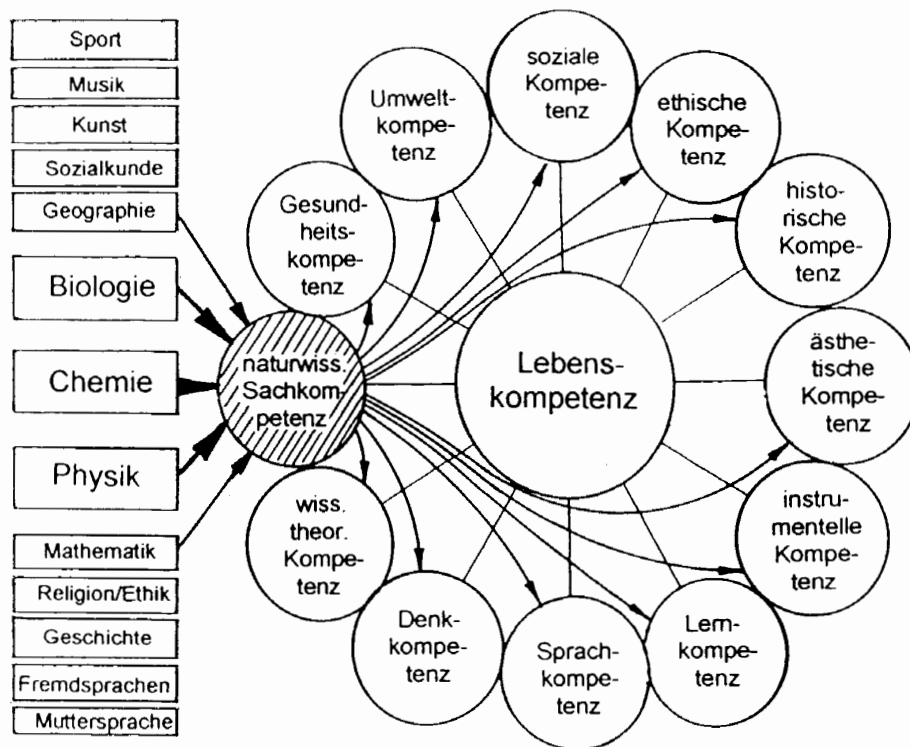


Abb.3: Umsetzung naturwissenschaftlicher Fachinhalte in Allgemeinbildung (12-Kompetenzen-Ansatz; aus Schaefer 1998, 1999)

3. Warum weiterhin *Fach*unterricht ?

Die Fächer erhalten also die neue Aufgabe, durch das jeweils von ihnen vermittelte spezifische Fachwissen *konzentrisch* solche allgemeinen Kompetenzen zu entwickeln. Ihr jeweils allgemeinbildender Wert besteht dann darin, zum einen über das spezifische Fachwissen selbst, zum andern über dessen fachübergreifende Komponente allgemeine Lebenskompetenz zu fördern und zu garantieren. Das setzt zwingend voraus, dass Biologie, Chemie und Physik als eigenständige Fächer nicht verschwinden dürfen, um einem Gesamtfach „Naturwissenschaft(en)“ Platz zu machen, weil eben jedes naturwissenschaftliche Fach einen unersetzbaren Beitrag zur Entwicklung der oben beschriebenen naturwissenschaftlichen Sachkompetenz leistet, die ja nach Abb.3 eine notwendige Grundlage für die anderen, allgemeinen Kompetenzen und damit für das erfolgreiche Bestehen von Alltag und Beruf ist.

Im Aufsatz Prenzel werden historische und ökonomische Gründe für die Beibehaltung der Fächerstruktur angeführt (s.daselbst). An dieser Stelle werden dagegen noch einmal sachlich-inhaltliche und damit auch lern- und denkökonomische Gründe genannt, die in öffentlichen Diskussionen häufig übersehen werden, weil zuweilen die dazu notwendige Sachkenntnis fehlt. Tabelle 1 zeigt im Überblick inhaltliche Schwerpunkte der naturwissenschaftlichen Fächer, wobei man sich das in deutschen Schulen fehlende Fach Geowissenschaften in den hier etablierten Fächern Geographie, Physik, Chemie und Biologie untergebracht denken muss:



Tab. 1: Übersicht über die spezifischen – und daher nicht durch andere Fächer ersetzbaren – inhaltlichen Schwerpunkte der naturwissenschaftlichen Fächer

Wahrnehmungsebenen, bezogen auf den Menschen als Referenzpunkt	Wissenschaften unbelebter Systeme („physical sciences“)			Wissenschaften belebter Systeme („life sciences“)
	Physik	Chemie	Geo-Wissenschaften	Biologie
Mikrokosmos (Systeme unterhalb des unmittelbar sinnlichen Wahrnehmungsbereichs)	Atome, Elementarteilchen, Quanten usw.	Atome, Moleküle, Ionen, chemische Bindung, Valenzen, Summenformel, Strukturformel, Kristallgitter usw.		Mikroskopische und submikroskop. Welt: Zelle, Gewebe, Zellorganell, Makromolekül, Molekül, Gen, Mutation, Mikroorganismus usw.
Mesokosmos (Systeme im unmittelbar sinnlichen Wahrnehmungsbereich)	mechanische, thermische, optische, akustische, elektrische, magnetische usw. Eigenschaften der sichtbaren Welt	Stoffe des täglichen Lebens: Nährstoffe, Arzneimittel, Brennstoffe, Baustoffe, Werkstoffe (z.B. Kunststoffe) usw.	Gestein, Mineral, Rohstoff, Bodenschicht, Vulkan, Meteorit, Härte, Spaltbarkeit, Verwitterung usw.	Organ, Organismus, Menschen, Tiere, Pflanzen, Pilze, Population, Biozönose, Verhalten, morphologische Verwandtschaft (Homologie), Ernährung, Fortpflanzung usw.
Makrokosmos (Systeme als Ganzes oberhalb des unmittelbar sinnlichen Wahrnehmungsbereichs; nur Teile direkt wahrnehmbar)	Universum, Kosmos, Galaxien, Supernova, Urknall, Evolution des Universums usw.	Stoffkreisläufe in der Biosphäre, Ozon-Schutzschild, CO ₂ -Treibhaus-Effekt, chemische Prozesse im Universum	Atmosphäre, Erdkern, Erdmantel, Geo-Ökosystem, Klima/-system, Orogenese, Ozonschicht, Plattentektonik, Seismik, Treibhauseffekt usw.	Ökosystem, Biosphäre/Ökosphäre, Stoffkreislauf, Energiefluss in Ökosystemen, biologische Evolution, Gendrift, Isolation, biologische Rhythmen usw.

Wie die Tabelle veranschaulicht, ist zunächst einmal eine zweifache Gliederung unserer Welt in nicht-belebte und belebte Teilsysteme sinnvoll. In der Tat zeigen ja die hier unterschiedenen Systeme einen beträchtlichen Unterschied an Komplexität und besitzen daher trotz gleicher Bauelemente ganz verschiedene „Systemeigenschaften“. Dementsprechend bedürfen sie bei ihrer Erforschung oder Erklärung auch verschiedener Verfahrensweisen.

Zum Beispiel können belebte Systeme im Experiment bei unsachgemäßer Behandlung unwiederbringlich „sterben“ und dadurch ihr wichtigstes Wesensmerkmal verlieren („Artefakte“), was bei unbelebten Systemen nicht der Fall ist. Ferner besitzen belebte Systeme aufgrund ihrer Selbsterhaltungsreaktionen das merkwürdige Phänomen der „Zweckmäßigkeit“ (Finalität; genauer: Teleonomie), das unbelebten Systemen grundsätzlich fehlt. Auch sind viele Erscheinungen in belebten Systemen, die an einfache Phänomene der Physik oder Chemie erinnern, wegen der hohen Komplexität der Systeme eben doch wesentlich anders: Oberflächenspannung und Viskosität des Cytoplasmas, osmotischer Druck von Zellen, Energie im biologischen Kontext, elektrischer Widerstand von Geweben, das Auge als „Kamera“ und andere Beispiele zeigen, dass hier die exakte physikalische Begrifflichkeit zwar ein wichtiges gedankliches Instrumentarium bietet, jedoch dem biologischen Objekt immer nur bedingt gerecht wird, da hier die an vereinfachten physikalischen Systemen gewonnenen Denkstrukturen mehrfach von anderen überlagert werden.

Sodann ist es sinnvoll, die Physik nicht mit allen Einzelheiten von Stoffeigenschaften und Stoffumwandlungen zu belasten, sondern dies einem eigenen Fach „Chemie“ zu überlassen, das ja auch zu diesem Zwecke historisch so gewachsen ist. Das Gleiche gilt für Meso- und Makrostrukturen unseres Erdkörpers, die – ebenfalls historisch bedingt und nicht zufällig – den Geowissenschaften zugeordnet werden und in der Schule in erster Linie Gegenstand des Geographieunterrichts sein sollten.

Obwohl die Natur nur „eine“ und von sich aus nicht in solche Teilsysteme gegliedert ist, ist es für den menschlichen Verstand und das Gedächtnis einfach zweckmäßiger, in solchen Teil-



systemen zu denken und zu lernen, sofern die tatsächliche Vernetzung der Systeme zu einem Ganzen dabei nicht übersehen, sondern nachher eigens wieder vollzogen wird. Daher ist es nicht nur in der Wissenschaft, sondern auch in der Schule aus denk- und lernökonomischen Gründen sinnvoll, an der gewachsenen Fächerstruktur festzuhalten (s. auch Berg 1998).

Nach der Zusammenstellung von Grundbegriffen und -fertigkeiten für den naturwissenschaftlichen Unterricht ergab sich eine interessante Verteilung auf die drei Fächer (Wittenberger Initiative 2000). Es stellte sich heraus, dass tatsächlich die Begriffsprofile von Physik, Chemie und Biologie – trotz ihres gemeinsamen Kerns, der in Zonen 1 und 2 der Rosettenfigur von Abb. 2 zusammengefasst ist – so unterschiedlich und spezifisch sind, dass das eine Fach das andere nicht ersetzen kann (Abb. 4).

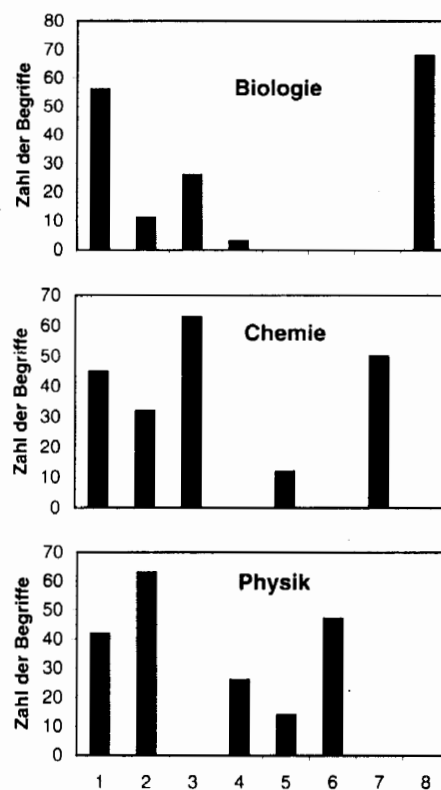


Abb. 4: Profile der naturwissenschaftlichen Fächer aus Grundbegriffen und -fertigkeiten (die Ziffern unter der Abszissenachse bedeuten die Zonen der Rosettenfigur, Abb.2)

Wie Abb. 4 zeigt, besitzen die Fächer außer ihrer „trivialen Spezifität“, die sich aus den Zonen 6, 7 und 8 ergibt, eine zusätzliche, nicht-triviale Spezifität in bestimmten Überlappungszonen: Physik als „naturwissenschaftliche Basiswissenschaft“ in Zone 2, Chemie als „Basiswissenschaft für stoffliche Lebensphänomene“ in Zone 3 und Biologie als „Wissenschaft komplexerer Lebensphänomene“ in Zone 1. Aus dieser doppelten Spezifität ergibt sich ein entsprechender pädagogischer Auftrag für jedes einzelne Fach, so dass sich auch unter dieser Perspektive ihre Integration zu einem Sammelfach „Naturwissenschaft“ verbietet.

Der vorliegende Ansatz geht deshalb für die Mittel- und Oberstufen der allgemeinbildenden Schulen von dem Konzept eines getrennten Fachunterrichts aus. Er soll jedoch gleichzeitig ein realistisches Modell zur Entwicklung zusammenhängender und aufeinander abgestimmter Lehrplaninhalte der Fächer anbieten und helfen, ihre weitere Zersplitterung zu vermeiden, so dass am Ende ein fachübergreifender Fachunterricht entsteht, der seine Grenzen „transzendiert, aber nicht ignoriert“.



Literatur

- Berg, G. (1998): Einheit der Natur – Differenzierung der Wissenschaft. Wie kann die Schule dieser Herausforderung gerecht werden? In Kometz, A. (Hrsg.): Chemieunterricht im Spannungsfeld Gesellschaft-Chemie-Umwelt. Cornelsen, 27-36
- Bildungskommission der GDNÄ (2001): Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften. Zur Lehrerbildung in den naturwissenschaftlichen Fächern. GDNÄ: Bonn (Faltblatt)
- Manitz, R. (1998): Was kann nur der Biologieunterricht an Allgemeinbildung vermitteln? In Bayrhuber, H. et al. (Hrsg.): Biologie und Bildung. IPN: Kiel, 67-76
- Schaefer, G. (1998): Was kann Biologieunterricht an Allgemeinbildung vermitteln? In Bayrhuber, H. et al. (Hrsg.): Biologie und Bildung. IPN: Kiel, 44-66
- Schaefer, G. (1999): Scientific Literacy for General Competences - Teaching „Subject-transcending Subjects“ in School. JJSE 4, 155-172
- Schaefer, G. (Hrsg.) (2000): Wittenberger Initiative - Vorschläge zur Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften. GDNÄ: Bonn (Broschüre)
- Schaefer, G./ Yoshioka, R. (2000): Balanced Thinking – An Educational Perspective for 2000+ on the Basis of a Cross-cultural German/Japanese Study. Peter Lang: Frankfurt/M., Bern, Paris, New York
- Tenorth, H.E. (1998): Unterricht und Bildung – Biologie und Ironie. Theoretische Grundprobleme und Fragen an den Biologieunterricht. In Bayrhuber, H. et al. (Hrsg.): Biologie und Bildung. IPN: Kiel, 29-43

Naturwissenschaft als Bildung - Stationen und Aspekte der Entwicklung von Dietrich v. Engelhardt

1. Einleitung

Bildung besitzt eine philosophische, soziologische, pädagogische und psychologische Seite. In inhaltlicher Hinsicht stellt sich vor allem die Frage nach dem Anteil der Naturwissenschaften, Geisteswissenschaften, Künste und des praktischen Verhaltens an der Bildung. Statt von zwei Kulturen sollte von vier Dimensionen der Kultur die Rede sein: Kultur der Naturwissenschaften, Kultur der Geisteswissenschaften, Kultur der Künste, Kultur der Lebensweise oder des Verhaltens. Auf alle diese Bereiche oder auch ihre Verbindung kann Bildung bezogen werden; mit Recht läßt sich ebenso von einer Herzens- oder Seelenbildung wie von einer musischen, geisteswissenschaftlichen oder naturwissenschaftlichen Bildung und darüber hinaus einer Allgemeinbildung sprechen.

In den Epochen der Neuzeit werden spezifische Akzente gesetzt, werden Bildungsbegriffe mit dem Schwerpunkt auf jeweils besonderen Bereichen des Wissens und der Kultur entwickelt und zur Diskussion gestellt. Zur Bildung äußern sich nicht nur Geisteswissenschaftler, Pädagogen, Philosophen oder Theologen, sondern ebenfalls Naturforscher und Mediziner, deren Auffassungen und Konzepte in den historischen Darstellungen des Bildungsbegriffes im allgemeinen allerdings weniger Beachtung finden.

2. Renaissance

Abweichende und auch kontroverse Positionen in der Bestimmung des Bildungsbegriffs bestehen erst seit Beginn der Neuzeit. Legendär, aber von bezeichnender Symbolik ist Petrarca's Besteigung des Mont Ventoux am 26.04.1336 mit seiner Begeisterung über die Schönheit der Natur auf dem Gipfel dieses Berges und – seiner beschämten Abkehr in Erinnerung an die



mahnenden Worte des Augustin: "Und es gehen die Menschen hin, zu bewundern die Höhen der Berge, die ungeheuren Fluten des Meeres, die mächtigen Strömungen der Flüsse, die Weiten des Ozeans und den Kreislauf der Gestirne - und verlieren sich selbst." Der noch eben empfundene Zauber der Natur verfliegt, die in Petrarca entstandene Haltung eines Naturforschers wird verdrängt von der Haltung eines Menschenforschers: "Ich betrachtete den Gipfel des Berges, und er schien kaum eine Elle hoch zu sein, verglichen mit der Tiefe der menschlichen Betrachtung."

Bereits zu Beginn der Neuzeit zeigen sich Naturwissenschaft und Bildung in der uns auch heute vertrauten Spannung. Die Trennung von Natur- und Geisteswissenschaften erfährt in jener Zeit Impulse, die bis in die Gegenwart prägend geblieben sind. Der Humanismus ist eine philologische oder geisteswissenschaftliche Bewegung und hat in dieser Eingrenzung des ‚Humanum‘ die Naturwissenschaften behindert und die Aufnahme von Naturerkenntnissen in den Bildungskatalog abzuwehren versucht. Humanistische Gelehrsamkeit bezieht sich auf die ‚studia humanitatis‘, das heißt: Grammatik, Rhetorik, Geschichte, Dichtung, Moralphilosophie; darüber hinaus werden juristische Kenntnisse wie auch ein begrenztes Wissen von Mathematik und Medizin für notwendig gehalten.

Mehrfach kommt es zu Auseinandersetzungen über den Wert der verschiedenen Wissenschaften und Künste (Dispute delle arti) im Spannungsfeld zwischen Humanismus und Naturforschung. Wie sehr scheint der Humanist Coluccio Salutati Diskussionen der Gegenwart vorwegzunehmen, wenn er ausführt, dass die juristischen Gesetze „allein aufgrund der unversehrten Vernunft“, die naturwissenschaftlich-medizinischen Kenntnisse dagegen „nur durch grausame Verletzung des menschlichen Körpers und durch den Anblick und die Empfindung abscheulichster Dinge“ gewonnen würden. Naturerkenntnisse sollen für sittliche Entscheidungen bedeutungslos sein und dem Menschen die notwendige innere Ruhe nicht schenken können.

Die Naturforscher des 16. und 17. Jahrhunderts treten dagegen ihrerseits entschieden für die Bedeutung der Natur für die Bildung des Menschen ein. Naturforschung soll nach Kopernikus, Galilei, Kepler wie Newton sowohl Gott als auch Mensch und Natur dienen. Programatisch bestimmt auch Johann Jakob Scheuchzer um 1700 drei Ziele als wesentlich für das Studium der Natur: „dass man daraus erkennen lehre, sich selbst, die Welt, und Gott, und aus dieser dreifachen Erkenntnuss schöpfen unzählige Früchte.“

Ausdrücklich fordern im Übrigen auch die Bildungstheoretiker Ratke, Comenius und Andreae jener Zeit die Aufnahme von Naturerkenntnissen in den Schulunterricht. Bildung umgreift nach Comenius das ‚Amphitheatrum Universitatis Rerum‘. Alle Menschen sollen mit allem in Geschichte und Gegenwart und das heißt auch mit allen Künsten und Wissenschaften vertraut sein: „omnes, omnia, omnino“; sinnliche, intellektuelle und spirituelle Wirklichkeitsbereiche gehören gleichermaßen zur Bildung.

3. Aufklärung

Die Naturforscher des 18. Jahrhunderts setzen diese Tradition bei aller Distanz gegenüber Theologie und Metaphysik fort. Naturforschung wird in die Ziele der Aufklärung integriert, naturwissenschaftliches Denken ist für die Enzyklopädisten eine wesentliche Kraft im allgemeinen Fortschritt; der ‚esprit philosophique‘ soll vornehmlich eine Frucht der Naturwissenschaften und nicht so sehr der literarischen Wissenschaften sein. Aufklärung heißt für die Naturforscher immer auch Vermittlung ihrer Beobachtungen und Erkenntnisse an die Öffentlichkeit, über populäre Darstellungen, die sich ebenfalls an Frauen und Kinder richten, über Vorlesungen, über die Salons. In der Gesellschaft wird über Ptolemäus und Kopernikus diskutiert, über Descartes und Newton, über die modernsten Entdeckungen auf dem Gebiete der



Elektrizität. Physikinstrumente werden wie bislang Gemälde gesammelt und Gesellschaftsspiele auf der Basis physikalischer Experimente entwickelt.

D'Alembert verteidigt angesichts dieser Entwicklung, die nach ihm auf die inhaltliche Erschöpfung der literarischen Wissenschaften und ihren relativ bescheidenen Nutzen für die Gesellschaft zurückzuführen ist, nun umgekehrt die Bedeutung der humanistischen Gelehrsamkeit, die immer stärker von den Naturwissenschaften und den Künsten verdrängt werde. Alle Wissenschaften seien wertvoll und für die Bildung des Menschen notwendig. Pädagogen der Aufklärung unterstützen diese Strömung, betonen ihrerseits den Bildungswert der Naturwissenschaften. Gründung und Ausbreitung von Realschulen spiegeln diese positive Einschätzung der Naturforschung in jenem Jahrhundert wider.

Die Naturforscher erläutern die wohltätigen und bedeutenden Einflüsse, die von ihren Disziplinen auf Gesellschaft und Politik, auf Jurisprudenz, Philosophie und Theologie ausgehen können. Rousseaus Kritik an den Naturwissenschaften und der Technik wird für unsinnig gehalten, Theologie und Philosophie haben in der Aufgabe, die Lebensverhältnisse der Menschen zu verbessern, versagt; nun soll die Zeit der Naturwissenschaft angebrochen sein. Den Naturforschern geht es aber um ein Nebeneinander und nicht um eine einseitige Herrschaft; viele von ihnen sind auf den Gebieten der Natur wie des Geistes aktiv, treten auch künstlerisch oder literarisch hervor. Die Gedichte und Epigramme der Haller, Kästner und Lichtenberg sind heute im allgemeinen bekannter als ihre Beiträge zur Naturwissenschaft.

4. Idealismus und Romantik

Unter dem Einfluss theologisch-philosophischer Strömungen der Vergangenheit und vor allem der Naturphilosophie Schellings entsteht um 1800 im deutschsprachigen Raum eine spezifische Form der Naturforschung, die sich ausdrücklich für die Identität von Bewusstsein und Sein, die Einheit aller Naturbereiche sowie die Verbindung von Naturwissenschaft und Geisteswissenschaft oder den Zusammenhang von Natur, Geschichte und Gesellschaft einsetzt.

Von den Anhängern dieser Naturforschung wird ein Bildungsbegriff vertreten, der die Brücke von den Naturwissenschaften zu den Geisteswissenschaften schlägt, die Künste einbezieht und auch für die Lebensweise des Menschen bedeutsam werden soll. Der Bildungsbegriff dieser Naturforscher ist naturwissenschaftlich-geisteswissenschaftlich, ist enzyklopädisch und zugleich partikular. Kein Mensch soll noch alle Wissensbereiche überschauen, wohl aber, wie der Naturforscher Henrik Steffens betont, sich einen „allgemeinen Sinn“ erwerben können bei einer ebenso notwendigen „strengen Entsagung“ in der Konzentrierung auf einen besonderen Arbeitsbereich.

Bildung soll nicht nur Theorie bleiben, sondern praktische Folgen haben – für den einzelnen Menschen, die Gesellschaft und auch die Natur. Es geht um Persönlichkeitsbildung als theoretische Erweiterung und seelische Stabilisierung, aber ebenso um soziales Engagement und Verantwortung für die Natur. Schönheit und Gesetzmäßigkeit der äußeren Natur können nach dem Gynäkologen, Naturphilosophen und Maler Carl Gustav Carus den Menschen dazu anregen, sein „eigenes innerstes Leben zu ähnlicher Harmonie und Klarheit auszubilden.“ Die Bildung des Individuums und der Gesellschaft schließt die Bildung der Natur ein; der Mensch ist aus der Natur entstanden, er hat die Verpflichtung, sich angesichts der verbreiteten Ausbeutung und Zerstörung der Natur um ihre Kultivierung zu kümmern: „die Natur zu integrieren ist seines Daseyns Zweck“, fordert der romantische Physiker Johann Wilhelm Ritter.

Der Bildungsbegriff der Philosophen, Theologen und Pädagogen jener Zeit kommt diesen Vorstellungen der Naturforscher entgegen, insofern auch hier Naturerkenntnisse in den Bildungsbegriff einbezogen werden, seine Struktur und sein Inhalt am biologischen Organismus orientiert wird; die Natur bildet nach Herder den Menschen aus sich heraus und lässt ihn zu-



gleich ein sich selbstbildendes Wesen sein. Weltbildung und Selbstdarstellung, realistische und humanistische Bildung sollen nach Wilhelm v. Humboldt, Schelling, Hegel und Schleiermacher nicht in einem Gegensatz stehen, sondern immanent aufeinander angewiesen sein.

5. Positivismus

Die Naturforscher wenden sich seit den zwanziger und dreißiger Jahren des 19. Jahrhunderts engagiert von der Epoche der Romantik und des Idealismus und ihrem umfassenden Konzept der Naturforschung ab; alle metaphysischen und philosophischen Einflüsse werden verworfen. Das Bildungsideal der Klassik und Romantik wird als individualistisch, ästhetisch und wirklichkeitsfremd kritisiert; zwischen neuhumanistischer Universalität und konkret erreichbarer Bildung soll schon im Ansatz ein unaufhebbarer Widerspruch bestehen. Der Spezialist tritt seine Herrschaft an; für wenige Jahrzehnte noch hält sich neben ihm der philosophisch interessierte oder weltanschauliche Naturforscher.

Wenn auch recht unterschiedlichen Standpunkten in religiöser, philosophischer und politischer Hinsicht verpflichtet, sind die Naturforscher des 19. Jahrhunderts doch insgesamt von der überragenden Bedeutung der Naturwissenschaft für alle Wissenschaften und Künste, für Gesellschaft, Politik und Kultur überzeugt. Als absurd und erfolglos gelten die Versuche zahlreicher Geisteswissenschaftler, ihren Disziplinen die eigentliche Bildung reservieren und die Einflüsse der Naturwissenschaften auf das äußere Leben und den Umgang mit der Natur begrenzen zu wollen. In den Naturwissenschaften sieht Emil Du Bois-Reymond das „Organ der Kultur“, in der „Geschichte der Naturwissenschaft die eigentliche Geschichte der Menschheit.“ Vor allem Naturwissenschaften sollen vom Aberglauben befreien, soziale Ungleichheit und den Nationalismus überwinden: „Ist Literatur das wahre intranationale, so ist die Naturwissenschaft das wahre internationale Band der Völker.“ Werner v. Siemens bezeichnet das 19. Jahrhundert schlechthin als das „naturwissenschaftliche Jahrhundert.“

Laboratorien gehören für Justus Liebig zu den „anziehendsten, schönsten und mächtigsten Mitteln einer höheren Kultur des Geistes“, während philosophische Bildung und besonders romantische Naturforschung die akademische Jugend verdorben und bei ihr „Selbstüberschätzung, Hochmuth, Eitelkeit und Anmaßung“ hervorgebracht hätten; unerträglich sei es, wie sehr sich „der überwuchernde Humanismus den Fortschritten der Naturwissenschaften und Medicin“ überall entgegenstelle. Der Horizont der sogenannten „Gebildeten“ ist nach Ernst Haeckel überaus beschränkt; den meisten unter ihnen seien Keimesgeschichte und Evolutionslehre Mystik, obwohl diese „einen größeren Schatz der wichtigsten Wahrheiten in sich bergen und eine tiefere Erkenntnis-Quelle bilden als die meisten Wissenschaften und alle sogenannten ‘Offenbarungen’ zusammen.“ Das humanistische Bild der Wirklichkeit führt nach Wilhelm Ostwald zum Pessimismus, Naturforscher seien dagegen „konstitutive Optimisten.“

Populäre Darstellungen werden für alle Naturwissenschaften wiederholt während des 19. Jahrhunderts veröffentlicht wie auch öffentliche Vorträge gehalten; Materialismus, Evolutionslehre, Wärmetheorie, Rassevorstellungen, Degenerationslehre sind weitbeachtete Themen. Virchow und v. Helmholtz treten auf den Schulkonferenzen von 1890 und 1900 für die Naturwissenschaften im Schulunterricht ein - immer aber zugleich auch für humanistische Ideale.

Die Bildungsvorstellungen der Naturforscher stoßen im 19. Jahrhundert auch auf den Widerstand der Geisteswissenschaftler. Der Historiker O. Lorenz befürchtet erhebliche ethische Gefahren für die Zukunft: „Mit unerbittlicher Konsequenz werden schon in nächster Generation härter gesottene Geister den unbequemen Klappzaum einer bloß zur Sittenerweichung fortgeschleppten Bildung von sich werfen.“ Theodor Mommsen kann im Wissen um die Krise der Ausbildung in Griechisch und Latein Du Bois-Reymonds Kritik an der altphilologischen Orientierung der Bildung – „Kegelschnitte, kein griechisches Skriptum mehr“ – nicht akzeptieren: „Wir werden auch ferner das Ideal menschlicher Gesittung fortfahren auf gut lateinisch



Humanität und denjenigen, welcher den Homer meint mit der Zeit durch die Lehre von den Kegelschnitten ersetzen zu können, auf gut griechisch einen Banausen zu nennen.“

6. Das 20. Jahrhundert

Die Bemühungen der Naturforscher um einen naturwissenschaftlichen wie geisteswissenschaftlichen Bildungsbegriff bleiben relativ erfolglos. Die Trennung der Natur- und Geisteswissenschaften spielt gewiss ebenso eine Rolle wie vor allem die außergewöhnliche faktische Wissenserweiterung der Naturwissenschaften; seit 1800 ist alle Enzyklopädie zunehmend problematisch geworden. Alexander von Humboldts Kosmos (1845/62) kann bereits die zeitgenössischen Naturwissenschaftler nicht mehr überzeugen. Das naturwissenschaftliche Wissen hat einen Abstraktions-, Vielseitigkeits- und Differenzierungsgrad erreicht, der jeder Popularisierung immanente Grenzen setzt.

Weiter als je ist man heute von einer Verbindung von Naturwissenschaft und Bildung entfernt. Gebildete Gespräche oder Gespräche unter Gebildeten beziehen sich kaum auf naturwissenschaftliche Themen. Die Abwendung von der naturwissenschaftlichen Weltanschauungslehre, die Spezialisierung und zunehmende Indifferenz von Naturforschern gegenüber allgemeinen Aspekten ihrer Wissenschaft einerseits und die engagierte Betonung des spezifisch Geistigen und Desinteresse an der Natur bei Geisteswissenschaftlern andererseits stehen einem allgemeinen Bildungsbegriff entgegen. Das Programm des pädagogischen ‚Ultraquismus‘ der Jahrhundertwende hat die konkrete Bildung bis in die Gegenwart nicht zu bestimmen vermocht.

Eine Reihe von Philosophen, Philologen, Pädagogen und auch Naturforschern, letztere in geringerem Umfang als im 19. Jahrhundert, fordern auch im 20. Jahrhundert wiederholt eine Aufnahme der Naturwissenschaften in die Bildung. Bildung hat sich nach Eduard Spranger den naturwissenschaftlichen und technischen Entdeckungen und Erfindungen zu öffnen, denn „auch sie sind in hohem Grade Leistungen des Geistes.“ Die Alternative von ‚Sophokles oder Planck‘ wird mehrfach für unsinnig erklärt; auch Naturforschung ist nach Theodor Litt existentiell bedeutungsvoll. Die Diskrepanz zwischen dem Gewicht der Naturwissenschaften für das moderne Leben und ihrem Bildungswert dürfe nicht hingenommen werden; Bildung könne sich nicht in ein „das moderne Arbeitsleben fernhaltendes Kastalien“ flüchten. Humanistische Bildung kann nach dem Physiker Werner Heisenberg dem Naturforscher eine Hilfe sein; ihn selbst habe die Kenntnis der griechischen Philosophie entscheidend angeregt, vor allem Platons Timaios; unzweifelhaft sei auch Max Planck durch die „humanistische Schule beeinflusst und befruchtet worden.“ Der Altphilologe Bruno Snell fühlt sich durch Heisenbergs Worte in seiner Auffassung bestärkt, dass nur „schlechte humanistische Bildung und schlechte naturwissenschaftliche Bildung“ in einem Gegensatz zueinander stünden. Es sei heute nicht mehr möglich, führt auch Georg Picht aus, „unter Ausschaltung der Naturwissenschaften allein auf dem Boden der Geisteswissenschaften eine legitime Bildungsidee zu entwickeln“. Wiederholt wird von Martin Wagenschein das Verhältnis von Naturwissenschaft und Bildung behandelt und vor allem die didaktischen Konsequenzen für einen Unterricht vorgetragen, der zu einer naturwissenschaftlich mitbestimmten Bildung führen könnte.

Wenn es dennoch zu keiner wirklichen Integration der Naturwissenschaften in die allgemeine Bildung gekommen ist, wird eine Reihe von Gründen hierfür verantwortlich sein. Als wesentliches Hindernis gilt die faktische Gestalt der Naturwissenschaften, deren Fortschritt die Natur nach Romano Guardini zum „Naturschutzbereich oder Reserve für technische Verwendung“ gemacht habe. Die Trennung von Methode und übergreifenden Wissenschaftszielen, die Unterwerfung der Naturforschung unter die Methode einerseits und ihre Orientierung an bloß technischen Zwecken andererseits wird von dem Philosophen Martin Heidegger entschieden abgelehnt; naturwissenschaftliche Neugier habe die „Muße der verweilenden Be-



trachtung" verdrängt, neuzeitliche Physik sei der "in seiner Herkunft noch unbekannte Vorbote des Gestells", Technik mit ihren verderblichen Folgen sei nicht nur eine Anwendung der Naturforschung, Technik sei vielmehr immanente Voraussetzung aller neuzeitlichen Naturwissenschaft.

Entscheidend für das Auseinanderfallen von Naturwissenschaft und Bildung ist aber die Wandlung der Bildung selbst. Bildung ist in sich fragwürdig geworden, nicht nur bezogen auf Naturwissenschaften oder Geisteswissenschaften, sondern grundsätzlich; Nietzsches fundamentale Bildungskritik, demonstriert an den Erscheinungen des ‚Bildungsphilister‘, der ‚journalistischen Bildung‘ und ‚mikrologischen Gelehrsamkeit‘, hat die Skepsis gegenüber der Bildung im 20. Jahrhundert vorweggenommen. Das Selbstgefühl des Menschen und die Bilder und Vorstellungen von der Natur, die der Mensch von den Naturwissenschaften erhält, fallen auseinander, mag dieses Selbstverständnis nun existentialistisch-expressionistisch, historisch-hermeneutisch oder gesellschaftlich-politisch sein.

Mannigfaltigkeit und Größe der Natur, von Petrarca vor 600 Jahren auf dem Gipfel des Mons Ventosus gesucht und bewundert, und die Tiefe und Vielseitigkeit der menschlichen Psyche und des menschlichen Geistes, von Petrarca auf eben diesem Gipfel als die eigentliche Aufgabe des Menschen begriffen, fallen auch heute auseinander - in weit mehr Einzelfelder, als Petrarca es sich denken konnte. Die mögliche Wirklichkeit einer integrierten Bildung aus Wissen, Ästhetik und Handeln ist in Bereiche zersplittert, mit denen sich Spezialisten beschäftigen. Diese sind zweifellos treibende Kräfte der neuzeitlichen gesellschaftlichen wie auch individuellen Lebensentwicklung. Das gilt für Wissenschaften wie Künste gleichermaßen.

Ohne Zweifel besitzt diese Entwicklung auch eine individualpsychologische, vor allem emotionale Grundlage: die neuzeitliche Geschichte – auch im Bereich des Bildungswesens – hat offenbar werden lassen, dass nur wenige Menschen sich für das Studium der Natur ebenso begeistern wie für Betrachtung und Erforschung der menschlichen Psyche, der sozialen Welt, der Werke der Kunst und Literatur (z.B. Schwanitz 1999). In dieser individuellen Disposition liegen sicherlich gravierende Grenzen einer generellen Verbindung von Geistes- und Naturwissenschaften.

Dennoch: Es kommt heute, im Zeitalter von Chaostheorie, Synergetik, Hirnforschung und Neurolinguistik, immer mehr auf die Erkenntnis des „Geistes in der Natur“ wie auch der „Natur des (menschlichen) Geistes“ an, wenn wir uns selbst und unsere Welt verstehen wollen. Es gilt daher für schulische Bildung, nicht nur aus den naturwissenschaftlichen Fächern heraus durch einen „fachübergreifenden Fachunterricht“ Brücken zu den Geisteswissenschaften zu schlagen (s. Abb.3 im Aufsatz Schaefer, ferner die in dieser Schrift vorgestellten fachübergreifenden Themenkreise), sondern ebenso aus den geisteswissenschaftlichen Fächern heraus Brücken zu den Naturwissenschaften.

Die „beiden Kulturen“ (Snow 1967) müssen wieder aufeinander zugehen, und dieser Prozess muss in der *Schule* beginnen.

Literatur

- Dohmen, G. (1964/65): *Bildung und Schule. Die Entstehung des deutschen Bildungsbegriffs und die Entwicklung seines Verhältnisses zur Schule.* Weinheim, Bd. 1-2
- Engelhardt, D. von (1976): *Naturwissenschaft und Bildung in der Geschichte der Neuzeit.* In: *Heidelberger Jahrbücher* 20, 151-167
- Froese, L. (1962): *Der Bedeutungswandel des Bildungsbegriffs.* In Froese, L.: *Erziehung und Bildung in Schule und Gesellschaft.* Weinheim, 2. Aufl. 1967, 39-69
- Lichtenstein, E. (1971): *Bildung.* In Ritter, J. (Hrg.): *Historisches Wörterbuch der Philosophie.* Basel, Bd. 1, Sp. 921-937
- Müller, G. (1969): *Bildung und Erziehung im Humanismus der italienischen Renaissance.* Wiesbaden
- Paulsen, F. (1885): *Geschichte des gelehrten Unterrichts auf den deutschen Schulen und Universitäten vom Ausgang des Mittelalters bis zur Gegenwart.* Berlin, Bd. 1-2, 3. Aufl. 1919/21
- Schaefer, G. (Hrg.) (2000): *Wittenberger Initiative – Vorschläge zur Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften.* GDNA: Bonn



- Schöler, W. (1970): Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts im 17. bis 19. Jahrhundert. Erziehungstheoretische Grundlegung und schulgeschichtliche Entwicklung. Berlin
- Schwanitz, D. (1999): Bildung – Alles, was man wissen muss. Frankfurt/M.
- Snow, C.P. (1967): Die zwei Kulturen: literarische und naturwissenschaftliche Intelligenz. Stuttgart
- Spranger, E. (1955): Betrachtungen über Entstehen, Leben und Vergehen von Bildungsidealen. In: Gesammelte Schriften, Bd. 2. Heidelberg 1973, 351-364
- Vierhaus, R. (1972): Bildung. In Brunner, O., Conze, W., Koselleck, R. (Hrg.): Geschichtliche Grundbegriffe, Bd. 1. Stuttgart, 508-551
- Weil, H. (1930): Die Entstehung des deutschen Bildungsprinzips. Bonn, 2. Aufl. 1967

Naturwissenschaftlicher Fachunterricht

von
Manfred Prenzel

Der naturwissenschaftliche Unterricht in Deutschland steht in der Tradition eines nach Fächern differenzierten Unterrichts. Schwerpunkte bilden die drei Fächer Biologie, Chemie und Physik. Naturwissenschaftliche Themen sind aber auch Gegenstand der Geographie. Die Fächerdifferenzierung bestimmt insbesondere den Unterricht auf den Sekundarstufen; der naturwissenschaftliche Unterricht auf der Primarstufe steht im größeren Zusammenhang des Sachunterrichts.

Einer anderen Unterrichtstradition folgen die angelsächsischen Länder. Sie bieten ein übergreifendes Fach "Science" an, das in seinem Curriculum Themenbereiche der verschiedenen naturwissenschaftlichen Disziplinen aufgreift und zusammenfasst.

1. Anlass für Debatten: Internationale Vergleiche

Debatten über einen integrierten gegenüber einem nach Fächern aufgegliederten naturwissenschaftlichen Unterricht wurden wiederholt geführt; sie werden unter anderem durch internationale Vergleichsstudien angestoßen. Enttäuschende Befunde über die Leistungen deutscher Schülerinnen und Schüler geben auch aktuell Anlass, nach Gründen zu suchen. Dabei wird gelegentlich, etwa aus bildungspolitischer Sicht, gehofft, man könnte ein oder zwei Ausschlag gebende Bedingungsfaktoren für die relativen Kompetenzdefizite identifizieren, die kurzfristig und durch eine gezielte Maßnahme verändert bzw. optimiert werden könnten. In diesem Zusammenhang gerät die Grundanlage des Naturwissenschaftsunterrichts, nämlich die Aufteilung in Fächer, in die Diskussion.

2. Befunde aus Vergleichsstudien

Obwohl die TIMS-Studie nicht explizit einen Vergleich „Fachunterricht/ fachübergreifender (integrierter) Unterricht“ zum Ziele hatte, hat sie doch auch keine empirische Evidenz geliefert, die für eine Systemreform des naturwissenschaftlichen Unterrichts in Richtung einer Fächerintegration spräche. Ausschlaggebend für die relativen Schwächen deutscher Schülerinnen und Schüler scheint vielmehr in erster Linie die *Unterrichtsqualität* zu sein, z.B. starke Betonung von Routinen, schematisches Bearbeiten von Aufgaben, wenig Anwendungsbezüge, zu schwache Berücksichtigung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen oder Defizite beim Einsatz von Demonstrations- und Schülerversuchen (Baumert, Bos & Lehmann, 2000). Darüber hinaus deckt die Studie auch *curriculare Probleme* auf; z.B. verhindert die unzureichende vertikale Vernetzung der Jahrgangsstufen „kumulatives Lernen“,



und die Fachlehrpläne sind horizontal zu wenig vernetzt, was ein fächerverbindendes Arbeiten erschwert.

Auch die aus deutschen Modellversuchen zum integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht vorliegende empirische Evidenz rechtfertigt bislang keine Veränderung der Fächerstruktur.

3. Unterrichtsprobleme - nicht unbedingt Fachprobleme!

In Diskussionen über die Struktur des naturwissenschaftlichen Unterrichts werden häufig Argumente mit vordergründiger Plausibilität angeführt. Zum Beispiel: Ein integrierter Naturwissenschaftsunterricht biete bessere Möglichkeiten, Anwendungsbezüge herzustellen, interdisziplinäres Arbeiten zu unterstützen und komplexere Problemstellungen zu behandeln. Oder: Ein getrennter Fachunterricht biete eine bessere Vorbereitung auf Studiengänge und die Vorteile einer klaren disziplinären Orientierung mit gut zu trennenden Fachperspektiven.

Solche Argumentationen sind insofern oberflächlich, als ja Probleme des Anwendungsbezugs, des fachübergreifenden Arbeitens, der Berücksichtigung disziplinärer Perspektiven und der Sicherung der Studierfähigkeit *jedlichen* Naturwissenschaftsunterricht betreffen. Die Probleme sind freilich in einem integrierten Unterricht auf andere Weise zu lösen als in einem nach Fächern differenzierten Unterricht.

Allerdings sprechen in der Tat historische (s.unten) wie auch gravierende sachlogische Gründe (s.Aufsatz Schaefer) dafür, dass in Deutschland bei der gewachsenen Fächerstruktur in Schule und Hochschule/ Wissenschaft und bei der vorhandenen (und notwendigen) *Fachkompetenz* der Lehrer die genannten Probleme leichter und effektiver im traditionellen Fächerkanon zu lösen sind als in einem – wie auch immer modern konzipierten – integrierten Unterricht.

4. Schulfächer unterscheiden sich von Disziplinen

Kontroversen über integrierten vs. getrennten Naturwissenschaftsunterricht beruhen häufig auf einer vereinfachten Gleichsetzung von Schulfach mit naturwissenschaftlicher Disziplin, was durch die gleiche Bezeichnung nahegelegt wird.

Tatsächlich aber konstituiert sich ein Schulfach aus einem Bezugsrahmen für sachlich und zeitlich aufeinander abgestimmte Stoffe und Probleme, die an *Bildungszielen* orientiert sind, und gibt nicht in einfacher Weise die Struktur der Referenzdisziplin wieder, die allein wissenschaftliche Ziele verfolgt. In allgemeinbildenden Schulen bieten die traditionellen Fächer zwar eine notwendige Voraussetzung für einen systematischen Wissensaufbau entsprechend dem Stand der Wissenschaft, jedoch ist diese Voraussetzung nicht hinreichend für die hier geforderte *Allgemeinbildung*, der die Schule verpflichtet ist. Die Lerninhalte müssen stets im Hinblick auf gesetzte Bildungsziele hin bemessen, beschränkt, reflektiert und auch fachlich überschritten werden.

5. Fächerverbindende und fachübergreifende Arbeit: Eine Herausforderung

Insofern ist der fächerverbindende und fachübergreifende naturwissenschaftliche Unterricht keine Alternative zum naturwissenschaftlichen Fachunterricht im Sinne eines Entweder-oder. Vielmehr ist die fächerverbindende und fachübergreifende Arbeit eine *zusätzliche* notwendige Aufgabe bzw. didaktische Herausforderung für den naturwissenschaftlichen *Fach*unterricht.



Die naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer haben besondere Aufgaben und verfolgen spezielle Anliegen. Entscheidend ist, dass die Schülerinnen und Schüler mit den grundsätzlichen Fragestellungen, Begriffen und den theoretischen und methodischen Ansätzen der Naturwissenschaften vertraut werden und die jeweils besonderen *disziplinären Perspektiven* bereifen. Die Besonderheiten der Disziplinen können jedoch – und müssen – im naturwissenschaftlichen Fachunterricht gerade durch Hinzunahme fächerverbindender und fachübergreifender Ansätze sichtbar und bewusst gemacht werden. Das Betrachten von Phänomenen und Problemstellungen aus unterschiedlichen (multiplen) Perspektiven unterstützt den Aufbau flexibel anwendbarer Wissensbestände („Flexibilitätserziehung“, Abb. 1 im Aufsatz Schaefer).

Umgekehrt müsste ein integrierter Unterricht, um einen solchen Transfer unterstützen zu können, genau die einzelnen disziplinären Zugänge und Perspektiven herausarbeiten und mehrere fachliche Unterrichtskompetenzen gleichzeitig sicherstellen – was weitreichende Veränderungen in der Unterrichtsorganisation, der Lehrplanentwicklung und vor allem in der Lehrerbildung erforderlich machen würden.

Bei allen Besonderheiten der naturwissenschaftlichen Fächer teilen diese beträchtliche epistemologische, konzeptionelle und methodische Gemeinsamkeiten naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen. In gewisser Weise haben die naturwissenschaftlichen Schulfächer gegenseitige Zulieferfunktionen zu erfüllen, die eine curriculare Abstimmung oder Vernetzung zwischen den Fächern voraussetzen (s. Rosettenschema, Abb. 2, im Aufsatz Schaefer).

Allerdings ist die inhaltliche und zeitliche Abstimmung der Stoffbehandlung zwischen den verschiedenen naturwissenschaftlichen Fächern ein schwieriges Problem auf Lehrplanebene, das aber grundsätzlich lösbar sein müsste. Entscheidend für die Lernunterstützung werden vor allem die *Qualität der Curricula* (horizontale und vertikale Vernetzung) und der *kollegialen Zusammenarbeit* an Schule, Hochschule und zwischen Lehrplankommissionen im Bereich der naturwissenschaftlichen Fächer sein.

6. Zusammenfassung

Die vorliegende empirische Evidenz lässt keinen Qualitätsgewinn in Deutschland durch einen integrierten Naturwissenschaftsunterricht erwarten. Der Naturwissenschaftsunterricht hierzulande folgt einer vernünftigen curricularen und didaktischen Tradition, die konsequent weiter entwickelt werden muss. Umstellungen auf der Systemebene lösen nicht die derzeit beobachtbaren Leistungsschwächen und Unterrichtsprobleme; sie bringen vielmehr erhebliche Kosten mit sich und führen zu gravierenden Orientierungsproblemen, auch auf Seiten der Lehrerinnen und Lehrer.

Es darf schließlich bei solchen Strukturreformen nicht vergessen werden, dass bei dem heutigen fortgeschrittenen Stand der Wissenschaft die gleichzeitige kompetente Beherrschung mehrerer unterschiedlicher Fachkulturen wie Biologie, Chemie und Physik nicht mehr möglich ist und zu einer heillosen Überforderung der Lehramtsstudierenden und später der Lehrkräfte führen würde. Daher empfiehlt auch die GDNÄ-Kommission – trotz ihres Engagements für das fachübergreifende Prinzip – ein Schwerpunktstudium von nur *zwei* naturwissenschaftlichen Fächern (oder eines verbunden mit Mathematik).

Sehr viel wichtiger (und aussichtsreicher) sind dagegen alle Bemühungen um die Weiterentwicklung der *Unterrichtsqualität* in den vorhandenen Fächern (vgl. das Gutachten zur Vorbereitung des BLK-Modellversuchsprogramms zur "Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts"). Die heute vorhandenen naturwissenschaftlichen Schulfächer selbst, unter Einbeziehung der Geographie, bieten genügend Gestaltungsspielraum zur Sicherung eines mehrperspektivischen, anwendungsbezogenen und verständnisorientierten Unterrichts, so wie er von der GDNÄ-Kommission hier unter dem Titel „fachübergreifender Fachunterricht“ konzipiert und vorgestellt wird.



Literatur

- Baumert, J., Bos, W. & Lehmann, R. (Hrsg.) (2000): TIMSS / III. Dritte internationale Mathematik und Naturwissenschaftsstudie. Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung am Ende der Schullaufbahn. Opladen
- Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (Hrsg.) (1997): Gutachten zur Vorbereitung des Programms "Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts". Bonn

Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften – die immanente Rolle der Mathematik

von
Günter Törner

Die Debatten um eine mathematische Grundbildung und um den Beitrag der Mathematik zu einer Allgemeinbildung haben eine lange Tradition. So sehr diese Auseinandersetzungen von grundsätzlicher Natur sind, so kann nicht übersehen werden, dass sämtliche Positionen letztlich curriculare Konsequenzen haben bzw. daran gemessen werden. Gerade in Zeiten von fachlichen oder unterrichtlichen Orientierungskrisen häufen sich anscheinend entsprechende Diskussionsbeiträge. So etablierte Wittenberg's Buch (1963) über Bildung und Mathematik 1963, gerade in der hohen Zeit einer ‚Neuen Mathematik‘ (New Math), die sich u.a. einem uneingeschränkten Strukturalismus verschrieben hatte, eine aufsehenerregende wertkonservative Gegenposition. In diesem Zusammenhang sind auch die zahlreichen Beiträge von Wagenschein, z.B. (1964), (1970) und Freudenthal (1970) zu nennen (vgl. Führer, 1997, Kapitel 5), die ebenfalls die immer deutlicher werdenden Legitimationsdefizite der Neuen Mathematik scharf angriffen und sich um Herausarbeitung des Allgemeinbildungsgedankens bemühten. Großen Einfluss auf die fachdidaktische Diskussion hatte ein Katalog allgemeiner verhaltensorientierter Lernziele von Winter (1975) und seine Realisierung im Unterricht (Winter 1989); dabei spielt immer wieder der Glauben an die ‚unbewiesene‘ formalbildende Kraft mathematischer Aktivitäten eine zentrale Rolle.

Dass auch Mitte der 90er Jahre sich erneut die Diskussionsbeiträge häuften, hat vielfältige Ursachen. Die deutlichen Defizite der Curriculumsrevision der siebziger Jahre haben einen erneuerten Begriff der Allgemeinbildung wieder zu einem Kristallisationskern der Diskussion in der Erziehungswissenschaft (siehe Klafki, 1985 [der Verfasser]) werden lassen. Der Begriff Allgemeinbildung am Gymnasium war früher als neuhumanistische Bildung verstanden worden, hatte sich in den fünfziger Jahren inhaltlich weitgehend entleert und war zu einem Mittel der Standestrennung degeneriert (vgl. Tietze, 2000, S. 12f). Auch aus der Mathematikdidaktik erklärt sich diese Tendenz möglicherweise durch die zahlreichen Ernüchterungen, die die diversen ‚Wellen‘, z.B. der Strenge (70er und 80er Jahre) und Anwendungsorientierung (80er Jahre), um nur zwei wesentliche zu benennen, in der schulischen Landschaft bei Lehrern und Fachdidaktikern hinterlassen hatten. Letzter Auslöser war die Schrift von Heymann (1995), die Kern der Diskussion war und zu intensiven Auseinandersetzungen geführt hat (vgl. Führer, 1997b). Heymann's Positionen versuchen rational dem Mythos der Unverzichtbarkeit von Mathematik im Rahmen der schulischen Ausbildung die Rechtfertigung zu entziehen. Es entbehrt nicht einer gewissen Ironie, dass diese heftigen Diskussionen abrupt durch die sehr bescheidenden TIMSS-Ergebnisse (Baumert et al., 1997) hierzulande verstummt sind, scheinen doch die Vergleiche mit anderen Ländern eher für eine Betonung und Verstärkung der mathematischen Schulausbildung zu plädieren. Mehr noch: TIMSS hat im Hinblick auf die *Grundbildungsdiskussion* deutlich gemacht, dass man vor dem internationalen Hintergrund



sehr wohl von einer ‚mathematical literacy‘ sprechen kann. Mathematik ist damit als Werkzeug gewissermaßen Teil der kulturellen Alphabetisierung (Baumert et al. 1997, S. 60; siehe auch Neubrand, 2001). Die OECD-Studie PISA hat diesen Aspekt aufgegriffen und Mathematik neben Science und dem Leseverständnis in den Fokus einer breiten Erhebung von Schülerleistungen gestellt. Dabei sind die Konzeptlinien einer ‚realistic mathematics education‘, repräsentiert durch Vertreter des Freudenthal-Instituts in Utrecht, nicht übersehbar.

Im Zusammenhang dieser Denkschrift jedoch geht es nicht primär um *die mathematische Grundbildung*, sondern um die Ansprüche des naturwissenschaftlichen Unterrichts, wesentliche Beiträge *zur Allgemeinbildung* zu leisten imstande zu sein. Es sprengt nahezu jeden Rahmen einer wissenschaftlichen Arbeit, wollte man die im Stichwortserver ‚Didaktik der Mathematik‘ am Fachinformationsinstitut in Karlsruhe die mehr als 250 Beiträge streng auf ihren gemeinsamen Kern analysieren. Neu verweisen wir auf die verdienstvolle Aufarbeitung durch Heymann (1997).

Es verwundert nicht, dass die immer hervorgehobene Rolle der Mathematik, formalbildend zu sein, *einen* zeitunabhängigen Schlüssel zur Allgemeinbildungsdebatte liefert. Ohne empirische Relevanz für die Argumente beanspruchen zu können, kann nicht ignoriert werden, dass eine Korrelation zwischen formalbildenden Aspekten in der Mathematik und den Komponenten naturwissenschaftlicher Ausbildung unübersehbar ist. Es sind Aspekte, die z.T. bei Heymann (1997) unter Denken, Verstehen und kritischer Vernunftgebrauch im Mathematikunterricht (vgl. Kapitel 4.4) geführt werden und zumeist auch in Tabelle 1 (S.12/13) der Wittenberger Initiative 2000 auftauchen. Das Buch von Wittmann (1997) kategorisiert sie in der Liste ‚Kognitive Strategien‘ und ‚Grundwissen und Grundtechniken‘.

Wir wiederholen uns, wenn wir noch einmal feststellen: gerade die in der Kernzone aller naturwissenschaftlichen Disziplinen angesiedelten Begriffe sind jene Kompetenzen, die in vielen fachdidaktischen Arbeiten als allgemeinbildend eingestuft werden. Dabei verweisen wir auf den Artikel von Winter (1996) und die dortigen Referenzen; beispielsweise fordert er – für die Lehramtsausbildung – mit Blick auf den Allgemeinbildungsgedanken, dass die [mathematischen] Inhalte nicht nur nach innerfachlichen Ordnungsprinzipien strukturiert, sondern auch aus anderen pädagogisch relevanten Blickwinkeln gesehen und verstanden werden müssen, vor allem aus der Sicht

- der historischen Genese von Ideen
- der möglichen Bezüge zu unterschiedlichen außer[mathematischen] Bereichen
- der Akzentuierung nach übergeordneten fundamentalen Ideen
- der möglichen Verwurzelung in Alltagserfahrungen
- der möglichen unterschiedlichen Repräsentationsformen
- der möglichen Distanzen zu Primärintuitionen und damit zu möglichen Verständnishürden
- der möglichen Erschließbarkeit durch selbständige Lernaktivitäten in überschaubaren Problemfeldern.

Der (nicht vollständige) Forderungskatalog entpuppt sich bei näherer Analyse keineswegs als mathematikspezifisch, sondern auch als leitend für eine naturwissenschaftliche Ausbildung im Hinblick auf ihre allgemeinbildenden Zielsetzungen.

Und ein weiteres Zitat (Winter, 1996, S.38) belegt die Parallelität von Mathematikausbildung und naturwissenschaftlicher Schulung, was die allgemeinbildende Essenz dieser Aktivitäten anbetrifft:

„Trivialerweise ist grundsätzlich alles menschliche Handeln fehlbar. Die Besonderheit in der Mathematik ist [und dies gilt auch für die exakten Naturwissenschaften, Anmerkung des Autors], dass hier Fehler und Mißverständnisse objektiv aufweisbar und kritisiert werden können und nicht etwas darstellen, was ein Laie einem Experten glauben muss. Was für Allgemeinbildung noch wichtiger ist: Fehler, Mißverständnisse, Brüche können, indem ihre Genese aufgedeckt wird, zum Ausgangspunkt eines tieferen Verständnisses werden, kön-



nen sozusagen ins Produktive gewendet werden. Hierfür gibt es auch zahlreiche Beispiele in der Geschichte der Mathematik“ [natürlich auch in der Geschichte der Naturwissenschaften, Anmerkung des Autors].

Folgt man der Wittenberger Initiative (S.42), so sind „die Fächer Vermittler einer Sachkompetenz, die nicht Endstation eines pädagogischen Prozesses bleiben darf, sondern selbst wieder Vehikel zur Entwicklung von 11 verschiedenen Einzelkompetenzen wird.“ Heymann (1996) bündelt entsprechende Kompetenzen, die im Mathematikunterricht (MU) erworben werden könnten, unter den Überschriften

- MU und Lebensvorbereitung
- MU und kulturelle Kohärenz
- Weltorientierung im MU
- kritischer Vernunftgebrauch im MU
- MU unter sozialetischen und personenbezogenen Zielsetzungen; Verantwortung, Verständigung und Kooperation, Stärkung des Schüler-Ichs

zusammen. Wir versagen uns an dieser Stelle, die offensichtlichen Korrespondenzen zu den Kompetenzkategorien in der Wittenberger Initiative (dort S.43; in dieser Denkschrift: Abb.3 im Aufsatz Schaefer sowie S.115) herzustellen. Es sollte deutlich geworden sein, dass auf der inhaltlichen Ebene zahlreiche Ähnlichkeiten zu den Ansätzen in der Mathematik vorhanden sind. Gleichwohl stehen die naturwissenschaftlichen Fächer vor dem gleichen Problem wie der Mathematikunterricht, nämlich dass die Verwirklichung von Allgemeinbildungszielsetzungen maßgeblich von der Realisierung einer geeigneten Unterrichtskultur abhängen (vgl. Heymann, 1996, Kapitel 4.6), und auch hierin sollten sich Mathematikunterricht und die Unterrichte in den naturwissenschaftlichen Fächern nicht wesentlich unterscheiden.

Literatur

- Baumert, J.; Lehmann, R. u.a. (1997): TIMSS - Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde. Opladen
- Diederich, J. (1997): Allgemeinbildung und Mathematik: Noch immer "Erziehung durch Allgemeinbildung"? Zentralblatt für Didaktik der Mathematik 29 (2), 38 - 40
- Freudenthal, H. (1973): Mathematik als pädagogische Aufgabe I / II. Stuttgart
- Führer, L. (1997a): Pädagogik des Mathematikunterrichts. Wiesbaden
- Führer, L. (1997b): Allgemeinbildung und Mathematik: Von der Entsorgung mathematischer Bildung durch ihre Theorie. Zentralblatt für Didaktik der Mathematik 29 (2), 53 - 61
- Heymann, H.W. (1996): Allgemeinbildung und Mathematik. Weinheim
- Klafki, W. (1985): Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik - Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik.. Weinheim
- Neubrand, M. (2001): Die Konzepte "mathematical literacy" und "mathematische Grundbildung" in der PISA-Studie. In Neubrand, M. (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht; Vorträge auf der 35. Tagung für Didaktik der Mathematik vom 1. bis 5. März 2001 in Ludwigsburg., Band 35. Hildesheim
- OECD (1999): Measuring Student Knowledge and Skills - A New Framework for Assessment. Paris: OECD Programme for international student assessment
- Schaefer, G. (Hrsg.) (2000): Wittenberger Initiative - Vorschläge zur Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften. Bonn: GDNÄ
- Tietze, U.-W., Klika, M., Wolpers, H. (Hrsg.) (2000): Mathematikunterricht in der Sekundarstufe II. Fachdidaktische Grundfragen – Didaktik der Analysis. Braunschweig (2., durchgesehene Auflage)
- Wagenschein, M. (1964): Mathematik geht alle an. Neue Sammlung 4, 193
- Wagenschein, M. (1970): Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken I. Stuttgart
- Winter, H. (1975): Allgemeine Lernziele für den Mathematikunterricht? Zentralblatt Didaktik der Mathematik 7 (3), 106 - 116
- Winter, H. (1989): Entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht. Braunschweig
- Winter, H. (1996): Mathematikunterricht und Allgemeinbildung. Mitteilungen der Deutschen Mathematiker-Vereinigung (DMV), Heft 2, 35 - 41
- Winter, H. (1998): Mathematik als unersetzbares Fach einer Allgemeinbildung. Mitt. Math. Ges. Hamburg 17 (1998), 75 - 78
- Wittenberg, A.I. (1963): Bildung und Mathematik. Stuttgart
- Wittmann, E. Ch. (1997): Grundfragen des Mathematikunterrichts. Braunschweig (6. neu bearb. Auflage)



**Neue Wege der Lehrerausbildung
als Grundlage für fachübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht**
von
Gregor Markl

1. Einschränkungen der Fächerkombination beim Lehramtsstudium

Meint man es wirklich ernst damit, traditionellen naturwissenschaftlichen Fachunterricht durch interdisziplinäre Aspekte aufzulockern, so muss man diejenigen, die das dann umsetzen sollen, auch dazu in die Lage versetzen. Konkret heißt das, dass die Lehrer dazu ausgebildet werden müssen, fachübergreifend zu unterrichten, und das setzt in den Naturwissenschaften Verschiedenes voraus:

- zumindest Grundkenntnisse nicht nur einer, sondern aller Naturwissenschaften;
- eine sinnvolle Kombination von Schulfächern, die sich gegenseitig ergänzen und nicht nebeneinander her studiert werden;
- die viel stärkere Betonung der Tatsache, dass die Naturwissenschaften eng untereinander verzahnt sind.

Dies sind hoch gesteckte Ziele, und es ist vermutlich nicht populär, sie umzusetzen, da es einerseits die Freiheit in der Wahl der Studienkombinationen beeinträchtigen würde, andererseits auch den angehenden Lehrern zumuten würde, Grundlagen mehrerer Fächer kennen zu lernen, was häufig als unangenehm und belastender empfunden wird als die Spezialisierung in einem Fach. Letzteres würde allerdings durch ein Kombinationsstudium zweier naturwissenschaftlicher Fächer abgemildert, so wie das ohnehin noch vor 30 Jahren gang und gäbe war. Biologie/Chemie, Chemie/Geographie(bzw. Geowissenschaften¹) oder Physik/Mathematik sind Kombinationen, die den Lehramtskandidaten helfen können, interdisziplinäre Aspekte "ihrer" Wissenschaften sozusagen nebenbei kennenzulernen.

Die Vermittlung der Einsicht, wie die Fächer zusammenhängen, geschieht dann natürlich auch entsprechend zwangloser und erfolgreicher. Insofern halten wir es für dringend geboten, dass ein naturwissenschaftliches Fach immer mit einer weiteren Naturwissenschaft oder mit Mathematik kombiniert studiert werden muss und dass das Geographie-Studium erheblich größere Anteile von Geologie und Mineralogie enthält als dies heute der Fall ist.

Auch die früher übliche Anforderung von zwei „Hauptfächern“ und einem „Nebenfach“, zum Beispiel Biologie, Chemie und Geographie, ist eine Lösung, die sowohl fachliche Breite als auch tieferes Verständnis interdisziplinärer Zusammenhänge fördert und dadurch den Unterricht interessanter und vor allem problemorientierter gestalten lässt.

2. Fachwissenschaftliche Ausbildung im Lehramtsstudium

Es ist eine beklagenswerte Tendenz in der Bildungspolitik der letzten Jahre, die fachlich-wissenschaftliche Ausbildung der Lehramtsanwärter generell zu kürzen. Zwar kommen diese Kürzungen teilweise der allgemein-erziehungswissenschaftlichen und der fachdidaktischen

¹ Die Geowissenschaften Geologie und Mineralogie sind moderne naturwissenschaftliche Fächer, die aber nicht eigenständig in der Schule auftreten, sondern deren Inhalte teilweise von der physischen Geographie, teilweise auch von der Chemie und der Physik unterrichtet werden. Durch die aus unserer Sicht alarmierende Akzentverschiebung innerhalb der Geographie hin zu einem überwiegend sozialwissenschaftlichen Fach sehen wir die Gefahr, dass unbestreitbar wichtige und aktuelle geowissenschaftliche Allgemeinbildung – von Klimawandel und Georisiken, wie Erdbeben und Vulkanismus, bis hin zu globalen materialwissenschaftlichen Aspekten und Problemen der Wasserversorgung oder Müllentsorgung – keinen angemessenen Platz mehr in den Lehrplänen finden. Die Geowissenschaften müssen integraler Bestandteil der naturwissenschaftlichen und geographischen Unterrichtsinhalte sein!



Ausbildungskomponente zugute, wodurch ja fachübergreifende Betrachtungsweisen aus *nicht-naturwissenschaftlicher* Perspektive in Form einer „Außenbetrachtung“ ermöglicht werden, jedoch erschweren solche Kürzungen die Möglichkeit einer innernaturwissenschaftlichen Wissensrundung, da diese eben einen Mindestumfang von Ausbildungszeit in verschiedenen naturwissenschaftlichen Disziplinen erfordert.

Zweifellos ist eine fundierte erziehungswissenschaftlich-psychologische und fachdidaktische Ausbildung an den Universitäten – in Verbindung mit entsprechenden Schulpraktika – im Sinne einer rechtzeitigen Berufsvorbereitung sehr zu begrüßen. Darüber hinaus aber ist eine breite Basis an Wissen und Fertigkeiten in den grundlegenden Naturwissenschaften und der Mathematik für eine spätere dauerhafte Souveränität im Unterricht unverzichtbar. Nur wer über eine profunde Fachkenntnis verfügt, ist im Unterricht wirklich frei für die Zuwendung zum Schüler und für pädagogische Maßnahmen! Insofern ist es aus unserer Sicht angebracht, über Stundenzahlen und Studienpläne für das wissenschaftliche Studium der beiden Unterrichtsfächer noch einmal nachzudenken.

Wir brauchen Lehrer, die ihre wissenschaftliche Ausbildung mit vollem Engagement und nicht „nebenbei“ betreiben und die dann später in der Lage sind, ihren Schülern die wissenschaftlichen Grundlagen ihrer beiden Studienfächer in solider Form zu vermitteln.

Darüber hinaus müssen sie in einem breit angelegten „studium generale“ eine viel breitere Allgemeinbildung erhalten als dies für einen sich spezialisierenden Fachwissenschaftler möglich und auch zumutbar ist (vgl. GDNÄ-Faltblatt zur Lehrerbildung 2001). Es wäre eine wichtige Profilierung – und auch Aufwertung – des Lehrerberufs, wenn durch eine Verpflichtung zu *fachübergreifender* Gestaltung des Fachunterrichts und, damit verbunden, zu einem umfassenderen Überblick über die Naturwissenschaften und tieferen Verständnis komplexer Zusammenhänge ein besonderer Akzent gesetzt würde, der diesen Beruf von dem des Fachwissenschaftlers und Hochschullehrers deutlich unterscheidet. Die derzeit in der Öffentlichkeit viel diskutierten Probleme – sei es Gentechnik, Klimawandel, Rohstoffknappheit, Energienutzung oder Dürrekatastrophen – sind Fragen, die nur durch den Einblick in interdisziplinäre Zusammenhänge, auch über die Naturwissenschaften hinaus, verstanden oder gar gelöst werden können.

3. Die kurzfristige Realisierung: Fortbildungsveranstaltungen

Das oben angesprochene und im GDNÄ-Faltblatt genauer erläuterte Konzept einer reformierten Lehrer-Ausbildung ist derzeit noch weit von der Realisierung entfernt. Um den in den vorausgehenden Kapiteln angesprochenen „fachübergreifenden Fachunterricht“ in naher Zukunft wirklich einführen zu können, bedarf es daher kurzfristiger Maßnahmen in der Weise, dass die heute schon im Amt befindlichen Lehrer entsprechend fortgebildet werden (siehe den folgenden Beitrag von W. Asselborn).

Die Fortbildungsveranstaltungen – wie auch die fachübergreifenden Veranstaltungen in der Lehrerausbildung – sollten womöglich in enger Zusammenarbeit mit solchen Hochschullehrern durchgeführt werden, die in interdisziplinären Fächern arbeiten und daher gewohnt sind, Problemstellungen von verschiedenen Seiten her zu betrachten. Beispiele dafür wären Biochemiker, Ozeanographen, Meteorologen, Hydrologen oder Geoökologen. Gerade solche "Nischendisziplinen" sind in ihrer Hochschulausbildung sehr breit angelegt und sie sind an der Hochschule darauf angewiesen, mit den größeren, traditionellen Disziplinen zu kooperieren. Dadurch sind die Wissenschaftler dieser Fachrichtungen darin geschult, fachübergreifende Problemstellungen zu erkennen und den Studierenden für das Lehramt zu vermitteln.



4. Zusammenfassung

Zusammenfassend halten wir es daher für wichtig,

- die naturwissenschaftliche Lehrerausbildung so zu modifizieren, dass sich die Lehrkräfte in erster Linie als Vermittler *naturwissenschaftlicher Grundlagen* und als Vertreter von *Allgemeinbildung* und *fachübergreifendem Denken* verstehen;
- die fachliche Ausbildung auf der Grundlage *mehrerer naturwissenschaftlicher Disziplinen* zu konzipieren, wobei eine gewisse Spezialisierung in ein oder zwei Disziplinen durchaus sinnvoll ist;
- das Studium der Naturwissenschaften und der Mathematik stärker *lehramtsspezifisch* zu gestalten;
- die Kombination von mindestens *zwei naturwissenschaftlichen Fächern* (oder von einem naturwissenschaftlichen Fach mit Mathematik) gegenüber einer beliebigen Fächerwahl zu bevorzugen, besser aber festzuschreiben;
- in der fachdidaktischen Komponente des Studiums nicht nur spezielle Fachdidaktik und Fachmethodik zu betreiben, sondern bevorzugt *Übungen in fachübergreifendem Fachunterricht* abzuhalten.

Lehrerfortbildung für fachübergreifenden Fachunterricht

von
Wolfgang Asselborn

Innovationen im Bildungswesen erfordern auf Seiten der Lehrkräfte die Bereitschaft und die Fähigkeit mitzumachen. Die Einführung der reformierten Oberstufe in den siebziger Jahren des letzten Jahrhunderts zeigt, dass die Schule und dass insbesondere die Lehrkräfte zu solchen Innovationen auf organisatorischer wie auf fachlich-inhaltlicher Ebene fähig und bereit sind. Mit dem Konzept des *fachübergreifenden Fachunterrichts* steht heute eine ähnliche fachlich-inhaltliche Innovation an.

Die vielfältigen neuen Anforderungen, die fachübergreifender Fachunterricht in dem oben beschriebenen Sinne an die Lehrerinnen und Lehrer stellt, machen neben einer neuen Schwerpunktsetzung in der Lehrerausbildung auch Maßnahmen in der Lehrerfortbildung erforderlich, um die zur Zeit sich im Einsatz befindenden Lehrkräfte mit den beschriebenen Ansätzen vertraut zu machen und sie in die Lage zu versetzen, diese Konzeption in ihrem eigenen Unterricht zu realisieren.

Dabei ist die Lehrerfortbildung keine neue Herausforderung, denn nur durch regelmäßige Fortbildung ist es möglich, dass der Lehrer kompetenter Gesprächspartner seiner Schüler bleibt. Um diese alten und zusätzlich die neuen Aufgaben zu bewältigen, ist die Arbeit der Lehrerfortbildungseinrichtungen in den Ländern erheblich zu intensivieren. Dazu können Ressourcen der Hochschulen, der Studienseminare und die Fortbildungsangebote freier Träger stärker als bisher genutzt und auch koordiniert werden. Die dort in manchen Bereichen bereits laufenden Einzelveranstaltungen sind durch Vorlesungsreihen, Workshops, Seminare, Praktika o.ä. für Lehrkräfte zu ergänzen. Dabei sollten Hochschullehrer, erfahrene Lehrer und außerschulische Experten in enger Kooperation zusammenarbeiten.

Schon die Art des Wissenserwerbs und der Arbeit in den Fortbildungsveranstaltungen muss eine wegweisende Akzentsetzung auch für bislang ungewohnte Formen der Arbeit im Unterricht erhalten. Zudem ist die Themenauswahl auch im Hinblick auf das deutlich gestiegene



Durchschnittsalter der Lehrerschaft und den damit einhergehenden größeren Abstand zur ersten und zweiten Ausbildungsphase sorgfältig abzuwägen. Dies tangiert gleichermaßen fachliche wie fachdidaktische und auch pädagogische Fragestellungen.

Um den mit dem Konzept des fachübergreifenden Fachunterrichts verbundenen Anforderungen zu genügen und das Konzept in der Schule erfolgreich umzusetzen, benötigen die Lehrkräfte zusätzliche Qualifikationen. Ihre eigene fachwissenschaftliche Basis muss verbreitert werden, Aspekte der Nachbarfächer müssen eine stärkere Berücksichtigung finden. Verbindungen der Fächer untereinander sind in ihren Wurzeln ebenso wie in ihren aktuellen Bezügen zu erkennen und transparent zu machen. In stärkerem Maße als bisher verlangt dies eine Thematisierung *technischer Anwendungen* der Fächer im Alltag, ihrer sozialen und soziologischen Implikationen sowie ihrer ethischen Bezüge. Zu diesem Zwecke müssen die Lehrkräfte auch befähigt werden, mehr als bisher Akzente in die *Werteerziehung* zu setzen.

Nur in wenigen Fällen, zum Beispiel wenn auch das zweite Studienfach ein naturwissenschaftliches Fach ist, überblicken die Lehrerinnen und Lehrer die Nachbarfächer so weit, wie es für einen fachübergreifenden Fachunterricht nötig ist. Sie müssen daher durch spezielle Fortbildungskurse in die fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Grundlagen auch der anderen Nachbarfächer eingeführt werden. Das heißt: den Lehrkräften der Mathematik und der naturwissenschaftlichen Fächer ist ein *Überblick über den gesamten mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich* zu vermitteln. Anwendungen bis hin zu ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen müssen dabei mit berücksichtigt werden.

Um den Anwendungsaspekt zu vertiefen und einen Einblick in seine wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Auswirkungen zu vermitteln, sind auch Exkursionen und Praktika mit anzubieten. Dazu gehören auch Grundlagen aus dem gesellschaftswissenschaftlichen Bereich (z.B. aus der Geographie und den Wirtschaftswissenschaften). Ferner liefert ein Einblick in die historische Entwicklung der jeweiligen Fächer einen Zugang sowohl zum fachwissenschaftlichen als auch zum anwendungsbezogenen Verständnis. Alle diese Vorhaben müssen intern und extern koordiniert werden.

Die beschriebenen Aufgaben stellen die Lehrerfortbildungseinrichtungen, die Universitäten und die sonstigen Träger der Lehrerfortbildung vor gewaltige neue Aufgaben. Die Schule erwartet hier einen Innovationsschub, wie es ihn lange Jahre nicht mehr gab. Daher müssen von allen Trägern von Lehrerfortbildung alte Kräfte gebündelt und neue Ressourcen bereitgestellt werden.

Auch auf die Schulen kommt eine gewaltige Kraftanstrengung zu. Um das Vorhaben in seinem gesamten Umfang umzusetzen, müssen die dienstlichen Rahmenbedingungen zur Teilnahme an Lehrerfortbildungsveranstaltungen verbessert werden. Dies betrifft Fragen der terminlichen Gestaltung der Fortbildungsmaßnahmen wie auch der Unterrichtsorganisation in der Schule.

Auf Seiten der Lehrkräfte müssen Bereitschaft und Motivation, Fortbildungsangebote der neueren Art aktiv anzunehmen, deutlich erhöht werden. Dazu ist es hilfreich, verstärkt Leistungsanreize für Lehrer zu setzen und besondere Leistungen besonders zu honorieren. Gleichzeitig aber ist auch eine dienstliche Verpflichtung zur Lehrerfortbildung verbindlicher als bisher festzuschreiben.

Die oben genannten Fortbildungsmaßnahmen werden in der nachwachsenden Lehrgeneration erst dann voll zum Tragen kommen, wenn sowohl die Fähigkeit als auch die Bereitschaft zu ständiger pädagogischer, fachdidaktischer und fachwissenschaftlicher Fortbildung schon frühzeitig in der Lehrerausbildung angelegt werden.

Literatur

- Asselborn, W. (1999): Zur Bildung der Lehrerinnen und Lehrer am Gymnasium und an vergleichbaren Schulformen. MNU 53/2
MNU (1998): Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung an der Schwelle zu einem neuen Jahrhundert. MNU 51/6, III-XI



Fachübergreifender Fachunterricht als Aufgabe von Schulentwicklung

von
Gerhard Sauer

Der auf ein einzelnes Fach beschränkte Blick kann dazu führen, dass sowohl in der Curriculumentwicklung wie in der praktischen Umsetzung angesichts der gewaltigen Fortschritte in den Bezugswissenschaften die für die Schule bestimmten fachlichen Inhalte immer stärker ausufern und der Bezug zum Auftrag der allgemeinbildenden Schule wie auch zum Kernanliegen des naturwissenschaftlichen Unterrichts selbst immer undeutlicher wird. Gleichzeitig gerät durch die Beschränkung leicht aus dem Blickfeld, dass in anderen Fächern teilweise sehr ähnliche Lernziele verfolgt werden, die in einer arbeitsteiligen, koordinierten Gestaltung effizienter und für die Adressaten schlüssiger erreicht werden könnten. Der von der Kommission der GDNÄ verfolgte Ansatz verfolgt zwei wesentliche Ziele

1. Konzentration auf den wesentlichen Kern von Allgemeinbildung insgesamt, der naturwissenschaftlichen Bildung und der Einzelfächer,
2. ständiger Bezug auf die Nachbarfächer und den gemeinsamen Kern bei der Auswahl von Inhalten unter der Überschrift „fachübergreifender Fachunterricht“.

Bei der Konkretisierung von Empfehlungen zur Gestaltung von Rahmenplänen wählt die Kommission als zentrales Element zur Strukturierung von Unterrichtsinhalten die Auswahl von fachübergreifenden Themenkreisen im Gegensatz zur Orientierung an einer wie auch immer gearteten Systematik der einzelnen Fächer.

Unmittelbare Adressaten der Empfehlungen der GDNÄ-Kommission sind Lehrplankommissionen der Bundesländer bzw. deren Auftraggeber. Für die Umsetzung wäre es gleichermaßen wichtig, Lehrbuchautoren und Fachdidaktiker anzusprechen, damit die Intentionen in Lehrbuchtexten und konkret ausgearbeiteten Unterrichtskonzepten ihren Niederschlag finden. Lehrpläne, Lehrbücher und Handreichungen für den Unterricht sind sozusagen klassische Instrumente, um Innovationen in die Schule zu bringen.

Dies liegt zunächst sozusagen auf der „Produktebene“. Die jungen Menschen erreicht das aber erst, wenn innovative Impulse in der lebendigen Schulwirklichkeit aufgegriffen werden – das ist die „Prozessebene“. Für die Einwirkung auf die konkrete Unterrichtsebene sind die Lehrkräfte das entscheidende Verbindungsglied, – wer sie nicht erreicht, wird überhaupt nichts bewirken. Deswegen hat die GDNÄ-Kommission folgerichtig mit der von den Präsidenten bzw. Vorsitzenden der Verbände unterzeichneten Verlautbarung zur Lehrerbildung in den naturwissenschaftlichen Fächern (GDNÄ: Bad Honnef 2001) die Lehrerbildung in allen drei Phasen in den Blick genommen. Die Konzeption des fachübergreifenden Fachunterrichts muss in der Tat in allen Phasen aufgenommen werden, am aktuellsten aber in der Lehrerfortbildung (siehe die Beiträge von Markl und Asselborn).

In den letzten Jahren ist in der bildungspolitischen Diskussion neben der Professionalisierung der Lehrkräfte die Schule als handelndes System in den Vordergrund geraten. Die Schule besteht nicht nur aus den Lehrkräften und den Schulerinnen und Schülern, sie ist ein kompliziertes, vernetztes System: Schulentwicklung ist ein Schlüsselbegriff in der schulpolitischen Diskussion.

Es hat sich erwiesen, dass es nicht ausreicht, Innovationen über einzelne Lehrkräfte in die schulische Wirklichkeit zu transportieren, was sehr selten mit größerer Reichweite gelingt. Es müssen Veränderungsprozesse größeren Stiles in Gang gebracht werden, und dies gelingt nur, wenn zumindest ganze Teile der Schule in ihrem Zusammenwirken erreicht werden: Schule als lernende Organisation.

Ein in vielen Bundesländern benutztes Instrument zur Schulentwicklung ist die Arbeit an Schulprogrammen. Auf dieser Ebene können Schulen und Fachkollegien auch eigene Profile entwickeln und damit Innovationen wie den fachübergreifenden Fachunterricht durchaus



voranbringen, falls administrative Maßnahmen wie Lehrpläne auf Landesebene nur geringe Resonanz in der Schulwirklichkeit haben sollten.

Auf Länderebene wie auf KMK-Ebene ist die Forderung nach Überschreitung der einzelnen Fächer nicht neu. In der gymnasialen Oberstufe gibt es durch KMK-Beschluss sogar eine explizite Verpflichtung zu fächerübergreifenden Kursen.

Das Anliegen der GDNÄ-Kommission ist demnach nicht nur an Lehrplanmacher, sondern ebenso an Schulen selbst gerichtet. Insbesondere Schulen, die sich im Rahmen ihrer Schulentwicklung ein stärkeres Profil im Bereich der Naturwissenschaften geben wollen, sollten die Vorschläge zur Konzentration auf den wesentlichen Kern der naturwissenschaftlichen Bildung aufgreifen, denn die Botschaft „Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften“ macht eine Profilbildung der Schule glaubwürdig gegenüber Eltern und Schülerschaft.

Die Vorschläge zur Entwicklung des Schulcurriculums, orientiert an Themenkreisen, geben wichtige Anregungen, um neue Wege zu beschreiten und die ausgetretenen Wege entlang der reinen Fachsystematik zu verlassen. „Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften – Vorbereitung auf Alltag und Beruf“ könnte eine Überschrift für ein Kapitel in einem Schulprogramm sein.

Schulentwicklung ist für das Anliegen „Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften“ eine hoffnungsvolle Perspektive, weil das Anliegen in denjenigen Schulen und Kollegien am ehesten voran kommen kann, wo eine entsprechende Bereitschaft besteht. Erfolgreiche Implementierungen können dann auch zu anderen Schulen hin ausstrahlen. Es wäre zu hoffen, dass die Administration modellhafte Ansätze dieser Art tatkräftig fördert.

Literatur

GDNÄ-Bildungskommission (2001): Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften. Zur Lehrerbildung in den naturwissenschaftlichen Fächern (Faltblatt)



4. Teil: Anhang

4.1 Sechs Thesen zur Bildungspolitik

(GDNÄ-Bildungskommission 1998, in einer Überarbeitung von 2002)

- 1. These:** Bildung kann heute am ehesten mit „Lebenskompetenz“ umschrieben werden. In der Schule geht es dabei nicht nur um gefächertes Wissen aus einzelnen Disziplinen, sondern – über dieses Wissen hinaus und unter Verwendung dieses Wissens – um die Entwicklung **allgemeiner Kompetenzen**, die zusammen Lebenskompetenz („Bildung“) ausmachen.

Die Fächer erhalten daher die neue Aufgabe, über das jeweils von ihnen vermittelte Sachwissen *kooperativ* solche allgemeinen Kompetenzen zu entwickeln. Beispiel: Nicht Muttersprache und Fremdsprachen allein vermitteln „Sprachkompetenz“, sondern alle Fächer zusammen!

- 2. These:** Bildung setzt sich aus zwei – freilich miteinander verknüpften – Komponenten zusammen: **Menschenbildung** (Persönlichkeitsbildung) und **Berufsbildung** (Ausbildung).

Die Erstere hat ihre Bedeutung für das gesamte Leben, - auch für die etwa 92%, die außerhalb der Berufstätigkeit verbracht werden, also für Kindheit, Alter, Freizeit usw. Die Letztere muss speziell „berufsfähig“ machen, das heißt in einer Zeit zunehmender Dynamik des Stellenmarktes: flexible und anschlussfähige Grundqualifikationen für verschiedene Berufsrichtungen vermitteln.

- 3. These:** Auch der **naturwissenschaftliche Unterricht** als wesentliche Komponente von Bildung muss *beide* Aufgaben erfüllen.

Das kann er aber nur, wenn Biologie, Chemie, Physik nicht als eigenständige Fächer verschwinden und in einem Sammelfach „Naturwissenschaft“ untergehen (wer soll dieses Fach denn unterrichten?), sondern wenn sie ihre spezifische Sachkompetenz *selbst* in die Entwicklung der obgenannten allgemeinen Kompetenzen einbringen.

Wegen ihrer ganz spezifischen Begrifflichkeit und teilweise auch Methodik lassen sich die Fächer (dazu gehören auch die Geowissenschaften, die ihren traditionellen Platz im Geographie-Unterricht behalten müssen) nicht durch andere ersetzen. Im Hinblick auf den in These 1 und 2 geforderten Allgemeinbildungsauftrag der Fächer folgt daraus, dass nicht die Fächer abzubauen, sondern in Richtung eines „fachübergreifenden Fachunterrichts“ zu *reformieren* sind!

- 4. These:** Die Bildungsaufgabe des naturwissenschaftlichen Unterrichts sollte in **drei verschiedenen Phasen** vollzogen werden: *Ungefächertes* Unterricht (Sachunterricht Natur) in der Grundschule; *gefächertes* Unterricht in der Sekundarstufe I (jedoch als „fachübergreifender Fachunterricht“); und *fächerkoordinierender* Unterricht in der Sekundarstufe II (inhaltliche/methodische Koppelung der naturwissenschaftlichen Fächer, z.B. in Projekten).

Dadurch werden sowohl die engen Verzahnungen zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern sichtbar als auch ihre Unterschiede in Begrifflichkeit und Methodik.

- 5. These:** Der naturwissenschaftliche Unterricht braucht, um seine *beiden* Bildungsfunktionen erfüllen zu können, in jeder Klassenstufe **mindestens 6 Wochenstunden**, z.B. in der S I 2 Wochenstunden durchgehend für jedes Fach, in der S II zwei obligate naturwissenschaftliche Kurse mit der Aufteilung 3+3 oder 4+2.

Zusammen mit 3-4 Wochenstunden Mathematik wäre das etwa *ein Drittel* des Stundenumfanges einer Woche, was endlich der von der KMK betonten „Gleichwertigkeit der Fächer“ bzw. der „drei großen Aufgabenfelder“ entspräche. Es gibt bis heute kein vernünftiges pädagogisches Argument gegen eine solche „Drittel-Parität“ in der Bildung. Alle vorgebrachten Argumente beziehen sich auf Schulstrukturen, Gewohnheiten, Lobby-Einflüsse usw., - sind also nicht-pädagogischer Art.

Auch die in Anbetracht der stürmisch anwachsenden technischen Scheinwelten so dringend benötigte *Primärbegegnung* unserer Jugendlichen mit der Natur sowie die Stärkung ihrer Konkurrenzfähigkeit in einer globalisierten Welt erfordern einen breiten und tragfähigen Sockel naturwissenschaftlicher Bildung (scientific literacy).

- 6. These:** Die in Thesen 1 bis 3 geforderten allgemeinbildenden Aufgaben des naturwissenschaftlichen Unterrichts in Form eines fachübergreifenden Fachunterrichts verlangen einen **ganz neuen Lehrertyp**: den „fachübergreifenden Fachlehrer“.

Dieser braucht eine solide Grundbildung sowohl in den vier großen naturwissenschaftlichen Fächern als auch in Philosophie, Wissenschaftsgeschichte u. -theorie sowie in Sprache, Kunst und Gesellschaftswissenschaften. Er/sie muss die Fähigkeit besitzen, Fachwissen in allgemeine Kompetenzen umzusetzen und dabei die eigene Fachlichkeit zu vertiefen, gleichzeitig aber auch über sie hinauszugehen. Die Konsequenzen für Lehreraus- und -fortbildung liegen auf der Hand: Wir brauchen auch einen *neuen Typ von Ausbildern und Fortbildern!*



4.2 Grundbegriffe und -fertigkeiten für den naturwissenschaftlichen Unterricht

(Inhalte der Rosettenfigur von S. 11, in den Themenkreisen leicht modifiziert)

4.2.1 Die einzelnen Zonen der Rosette

Zone 1: wissenschaftsallgemeine Grundbegriffe und -fertigkeiten

Die hier aufgelisteten Grundbegriffe und -fertigkeiten des naturwissenschaftlichen Unterrichts sind Ergebnis einer Diskussion, bei der Grundlagenpapiere von Gerhard Vollmer („Was ist Wissenschaft?“), Gunnar Berg (Übergeordnete Lehr- und Lerninhalte; in „Modernisierung von Rahmenrichtlinien“) und Günter Törner (Grundsatzpapier zu „Prozessen“ und „Produkten“ aus mathematischer Sicht) Pate gestanden haben. Die Begriffe und Fertigkeiten sind zwar grundlegend für alle Disziplinen der Geistes-, Natur- und Sozialwissenschaften (und damit aller Schulfächer), aber einige von ihnen werden besonders von den naturwissenschaftlichen Fächern geprägt. Diese sind dann jeweils in der dritten Spalte der Liste (SP=Schwerpunkt) mit P (Physik), C (Chemie), B (Biologie) oder G (Geowissenschaften bzw. Geographie) angegeben.

Von den Schülern zu lernende *Grundfertigkeiten* sind im Unterschied zu den Grundbegriffen *kursiv* gesetzt. Erläuterungen zu den mit *) markierten Begriffen stehen am Ende der Tabellensammlung.

Tab. 1

Nr.	Begriff/ Fertigkeit	SP	Nr.	Begriff/ Fertigkeit	SP	Nr.	Begriff/ Fertigkeit	SP
1	<i>Ähnlichkeiten entdecken</i>	B	36	Gesundheit/ Krankheit	B	71	Prozess	
2	<i>Alternativen entwickeln</i>		37	<i>herleiten</i>	BCP	72	Reduktion/-ismus	BCP
			38	Hypothese	BCP	73	Regel	B
3	<i>analogisieren</i>		39	Induktion		74	Richtigkeit	
			40	<i>interpretieren</i>		75	<i>schätzen</i>	BCP
4	<i>analysieren</i>	C						
5	Ästhetik							
6	Bedeutung	B	41	Kausalität	BCP	76	Sinn	B
7	Begriff	BCP	42	<i>klassifizieren</i>	BC	77	Sozialwissenschaft	
8	<i>begründen</i>		43	<i>kommunizieren</i>		78	Sprache*	
9	<i>beobachten</i>	BCP	44	Komplex		79	Struktur	BCP
10	<i>beschreiben</i>	BCP	45	Konflikt		80	Subjektivität	
11	<i>beweisen</i>	BCP	46	Kontrollexperiment	BCP	81	Symbol	BCP
12	<i>bewerten</i>	B	47	<i>kooperieren</i>		82	Symmetrie	BCP
13	Chaos	P	48	Korrelation		83	Synthese	C
14	Deduktion		49	Kriterium		84	System	BCP
15	<i>definieren</i>	BCP	50	<i>kritisch betrachten</i>		85	Theorie	BCP
16	<i>denken</i>		51	Kultur		86	Tod	B
17	Determinismus	P	52	Leben	B	87	<i>Übertragen(Transfer)</i>	
18	<i>deuten</i>	B	53	<i>lernen*</i>	B	88	Umwelt	BC
19	Empirie	BCP	54	<i>logisch einordnen</i>		89	Ursache	BCP
20	Entwicklung	B	55	<i>mathematisieren</i>	CP	90	<i>urteilen</i>	
21	<i>erklären</i>		56	<i>messen</i>	BCP	91	Variabilität	BC
22	<i>erläutern</i>		57	Methode		92	Verantwortung	
23	Ethik	B	58	Modell	BCP	93	<i>vergleichen</i>	
24	<i>experimentieren</i>	BCP	59	<i>modifizieren/ variieren</i>		94	<i>verstehen</i>	
25	<i>falsifizieren/ verifizieren</i>	BCP	60	Nachhaltigkeit	BCP	95	Wahrheit	
26	<i>folgern</i>		61	Natur	BCP	96	Wahrscheinlichkeit	BCP
27	<i>formalisieren</i>	PC	62	Naturwissenschaft	BCP	97	Wirklichkeit	BCP
28	<i>formulieren</i>		63	Nebenbedingung	BCP	98	Wirkung	BCP
29	Freiheit		64	Notwendigkeit		99	Wissenschaft/	BCP
30	Funktion*	B	65	Objektivität	BCP		-lichkeit	
						100	<i>zählen</i>	BCP
31	Gegensatz		66	Ordnung		101	Zeichen	BCP
32	Geisteswissenschaft		67	<i>sich orientieren</i>		102	Zeit	BCP
33	<i>generalisieren</i>		68	<i>plausibel machen</i>		103	Zufall	BP
34	Geschichte		69	Polarität*	B	104	<i>Zusammenhänge</i>	BCP
35	Gesetz	BCP	70	<i>Problem lösen</i>	BCP		<i>erkennen</i>	



Zone 2: Naturwissenschaftsgemeinsame Grundbegriffe

In Lehrplänen und Schulbüchern von Physik, Chemie und Biologie findet man außer den gemeinsamen Arbeitsmethoden auch Grundbegriffe, die in allen drei Fächern zum Tragen kommen. Viele dieser Begriffe tauchen schon in Zone 1 auf, zum Beispiel Leben, Nachhaltigkeit, Umwelt, Zeit, und es erhebt sich die Frage, ob es genügt, sie allein in Zone 1 anzugeben, oder ob sie doch durch den naturwissenschaftlichen Unterricht eine so besondere Prägung erhalten, dass ihre erneute Auflistung in Zone 2 und eventuell anderen Zonen gerechtfertigt ist.

Die Kommission hat sich zu letzterem Vorgehen entschlossen, da in der Tat die naturwissenschaftlichen Begriffe häufig anders verstanden werden als die entsprechenden umgangssprachlichen von Zone 1. Das liegt an der durch die Naturwissenschaften vorgenommenen Quantifizierung, bei der ein intuitiv wahrgenommenes Phänomen durch eine Definitionsgleichung mit Hilfe von Messgrößen erfasst wird. So wird aus dem subjektiven Zeitempfinden die durch periodische Vorgänge in Sekunden oder Stunden eingeteilte und objektivierte „physikalische Zeit“.

Einige Grundbegriffe kommen also in mehreren Zonen vor. Um Verwechslungen zu vermeiden, ist bei Wiederholungen in den äußeren Zonen eine entsprechende Spezifizierung angegeben: z.B. biologisch verstandene Umwelt als „Umwelt (belebte)“, naturwissenschaftlich verstandene Zeit als „Zeit (nat.wiss.)“ usw.

Schwerpunktfächer werden wieder in der Spalte „SP“ angegeben. Auch „G“ (Geographie) wird angezeigt. Die mit *) markierten Begriffe werden wieder am Ende der Tabellensammlung näher erläutert.

Tab. 2

Nr.	Grundbegriff	SP	Nr.	Grundbegriff	SP	Nr.	Grundbegriff	SP
1	Absorption	P	31	Gasgesetze	C	61	Potential	C
2	Adsorption	C	32	Geschwindigkeit	P	62	Quant	P
3	Aggregatzustand	C	33	Gewicht	P	63	Radioaktivität	P
4	Amplitude	P	34	Gleichgewicht	BCP	64	Rohstoff	CG
5	Anion	C	35	Gravitation	P	65	Rückkopplung	BP
6	Approximat.	BCP	36	Größe	P	66	Schall	P
7	Arbeit	P	37	Größengleichung	P	67	Schwingung	P
8	Atom	CP	38	Gültigkeitsbereich	BCP	68	Spannung (elektr.)	P
9	Atomkern*	P	39	Halbwertszeit	P	69	Steuerung	BP
10	Basis-Maßeinheiten*	P	40	Invarianz	P	70	Stoff	C
11	Beschleunigung	P	41	Ion	CP	71	Streuung (Meßwerte)	BCP
12	Coulombkraft	P	42	Kation	C	72	Strom (elektr.)	P
13	Definitionsbereich	CP	43	Konzentration	C	73	Stromstärke	P
14	Definitionsgleichung	CP	44	Körper	BP	74	Teilchen	CP
15	Dezimalbezeichnung	P	45	Kraft	P	75	Temperatur	P
16	Dichte	P	46	Ladung	CP	76	Trägheitskraft	P
17	Diffusion	C	47	Länge	P	77	Trägheitsmoment	P
18	Dipol	C	48	Leistung	P	78	Unschärfe	P
19	Druck	P	49	Licht	P	79	Vektor/ Skalar	P
20	Elektrolyse	C	50	Linearität / Nichtlinearität	BP	80	Volumen	P
21	Elektronenschale	CP	51	Löslichkeit	C	81	Wärmemenge	P
22	Element	C	52	Lösung (mol.+ koll.)	C	82	Wechselwirkung	BCP
23	Elementarteilchen	P	53	Makromolekül	BC	83	Welle, Wellenlänge	P
24	Energie/ Energiesatz	P	54	Masse	P	84	Widerstand (elektr.)	P
25	Entropie	P	55	Maßeinheit*	P	85	Zeit (nat.wiss.)	P
26	Evolution	B	56	Mol	C			
27	Feld	P	57	Molekül	C			
28	Formel (chem.)	C	58	Periodensystem	C			
29	Frequenz	P	59	Photon	P			
30	Funktionsgleichung	P	60	Polarisation	P			



Zone 3: Überlappungsbereich Chemie/ Biologie (Tab. 3)

(Zu Spalte SP und zur Markierung *) siehe Erläuterungen zu Zone 1)

Nr.	Grundbegriff	SP	Nr.	Grundbegriff	SP	Nr.	Grundbegriff	SP
1	Addition*	C	26	Gemisch	C	51	Racemat	C
2	Aktivierungsenergie	C	27	Gentechnik	BC	52	Radikal	C
3	Akzeptor	C	28	Hormon	B	53	Reaktion (chem.)	C
4	Aliphath*	BC	29	Hydrolyse	C	54	Redoxreaktion	C
5	Alkohol	C	30	Indikator	C	55	Reduktion (chem.)	C
6	Aminosäure	BC	31	Inhibitor*	C	56	Rezeptor	C
7	anorganisch / organisch	BC	32	Isomerie*	C	57	Salz	C
8	Aromat	BC	33	Isotop	C	58	Stärke	BC
9	Azidität / Basizität*	C	34	Kohlenhydrat	BC	59	Strukturformel	C
10	Bindungsenergie	C	35	Kohlenwasserstoff	C	60	Substitution/ Substituent	C
11	Biochemie	C	36	Konfiguration	C	61	Summenformel	C
12	Biosynthese	B	37	Membran	B	62	Verbindung (chem.)	C
13	Biotechnologie	B	38	Mineral	BC	63	verseifen	C
14	Disaccharid	BC	39	Monosaccharid	BC	64	Vitamin	BC
15	Dissoziation	C	40	Naturstoff	BC	65	Wachs	BC
16	DNA / DNS	BC	41	Öl	CG	66	Wasserstoffbrücken- bindung	C
17	Donator (chem.)	C	42	organische Säure	BC	67	Wertigkeit	C
18	Elimination	C	43	Oxid /-ation	C	68	Zucker	B
19	Enzym	B	44	Peptidbindung	BC			
20	Ernährung	BC	45	pH-Wert	C			
21	Ester	C	46	Photolyse	C			
22	Farbstoff	C	47	Polymer/isation	C			
23	Fett	BC	48	Polysaccharid	C			
24	Fettsäure	BC	49	Protein	BC			
25	Funktionalität / funktionelle Gruppe	C	50	Puffer	C			

Zone 4: Überlappungsbereich Biologie/ Physik (Tab. 4)

(Zu Spalte SP und zur Markierung *) siehe Erläuterungen zu Zone 1)

Nr.	Grundbegriff	SP	Nr.	Grundbegriff	SP	Nr.	Grundbegriff	SP
1	Attraktor	P	11	Elastizität	P	21	Reflexion	P
2	Auftriebskraft	P	12	Erdbeschleunigung	P	22	Reibungskraft	P
3	Beugung	P	13	elektromagnetische Strahlung	P	23	Röntgenstrahlen	P
4	Biegungsfestigkeit	P	14	Hebelgesetz	P	24	Selbstähnlichkeit	P
5	Brechung	P	15	Interferenz	P	25	Strömungsgeschwin- digkeit	P
6	Brennweite	P	16	Kapillarität	B	26	Strömungswider- stand	P
7	Bruchfestigkeit	P	17	Linse (opt.)	P	27	therm. Ausdehnung	P
8	deterministisches Chaos	P	18	Oberflächenspannung	P	28	Viskosität	B
9	dissipative Struktur	P	19	optische Instrumente		29	Zentrifugalkraft	P
10	Drehmoment	P	20	Osmose	BP			

Zone 5: Überlappungsbereich Physik/ Chemie (Tab. 5)

(Zu Spalte SP und zur Markierung *) siehe Erläuterungen zu Zone 1)

Nr.	Grundbegriff	SP	Nr.	Grundbegriff	SP	Nr.	Grundbegriff	SP
1	Akkumulator, Batterie, galvan.Element usw.	C	8	Festkörper	CP	15	Reaktionsgeschwin- digkeit	C
2	Beugung	P	9	Flüssigkeit	CP	16	Resonanz	P
3	Brennstoffzelle	C	10	Gas	CP	17	Röntgenstrahlen	P
4	Dipol	P	11	Interferenz	P	18	Spektroskopie	CP
5	elektromagn. Strahlung	P	12	Isotop	CP	19	Thermodynamik	CP
6	Enthalpie	C	13	Kinetik	CP			
7	Farbe	P	14	Kristall /-isation	C			


Zone 6: Spezielle Grundbegriffe der Physik (Tab. 6)

Nr.	Grundbegriff	Nr.	Grundbegriff	Nr.	Grundbegriff
1	Antiteilchen	16	Himmelskörper	31	Newtonsche Axiome
2	Bremsweg	17	Impuls	32	Ohmsches Gesetz
3	drahtlose Telegraphie*	18	Kapazität (elektr.)	33	optische Streuung
4	elektromagn. Induktion	19	Keplersche Gesetze	34	Quantenzahl
5	elektromagn. Spektrum	20	Kernkraft	35	Relativitätstheorie
6	Elektromotor	21	Kernumwandlung	36	Ruheenergie
7	Elementarladung		(Spaltung, Fusion)	37	Satelliten
8	Energie/Masse-Äquivalenz	22	Kraft im Magnetfeld	38	Strahlengang
9	Energieniveau	23	Kraft /Wärme-Kopplung	39	Stromkreis
10	Gammastrahlen	24	Laser	40	Unbestimmtheitsrelation
11	Galaxis	25	lichtelektrischer Effekt	41	Universum
12	Generator	26	Lichtgeschwindigkeit	42	Urknall
13	geschwindigkeitsabhängige Masse	27	Luftdruck	43	Verformungsenergie
14	Gleichstrom	28	Magnetismus (Ferro-)	44	Wärmeisolierung
		29	Massendefekt	45	Wärmekraftmaschine
15	helio-/ geozentrisches Weltbild	30	Netzebene	46	Wechselstrom
				47	Zeitdilatation

Zone 7: Spezielle Grundbegriffe der Chemie (Tab.7)

Nr.	Grundbegriff	Nr.	Grundbegriff	Nr.	Grundbegriff
1	Aldehyd	18	Destillation / <i>destillieren</i>	38	Neutralisation
2	Alkalimetall / Erdalkali- metall	19	Edelgas	39	Nichtmetall
3	Alkan	20	Elektronegativität	40	Nukleophilie / Elektrophilie
4	Alken	21	Erz	41	Oxidationszahl
5	Alkin	22	Ether	42	Phenol
6	Amin	23	Extraktion / <i>extrahieren</i>	43	Protolyse
7	Analyse	24	Halogen / Halogenid	44	Reinstoff
8	Carbocyclus	25	Heterocyclus	45	Spannungsreihe
9	Carbonylverbindung	26	Hydroxid	46	Stöchiometrie
10	chemische Bindung	27	ionische Bindung*	47	Titration, <i>titrieren</i>
11	chem. Gleichung	28	Katalyse / Katalysator	48	Van-der-Waals-Bindung*
12	chem. Reaktion	29	Keton	49	Verhältnisformel
13	chem. Gleichgewicht	30	Komplexverbindung	50	Zwischenprodukt
14	chemietechnische Verfahren (z.B. Haber-Bosch-, Kontakt-, Hochofen-, Crackverfahren, Stahlerzeugung, Raffination)	31	Kondensation		
		32	koordinative Bindung*		
		33	Korrosion		
15	Chiralität (Spiegelbildlichkeit)	34	kovalente Bindung*		
		35	Lösung*		
16	Chromatographie	36	Massenwirkungsgesetz		
17	Delokalisation	37	Metall		



Zone 8: Spezielle Grundbegriffe der Biologie (Tab.8)

Nr.	Grundbegriff	Nr.	Grundbegriff	Nr.	Grundbegriff
1	Abgrenzung / Öffnung*	26	Komplexität (biologische)	51	Rekombination
2	Anpassung / Beharrung*	27	Konsument	52	Rückkopplung (biologische)
3	Art	28	Leben (organisches)*	53	Selektion
4	Assimilation*	29	Mensch	54	Steuerung (biologische)
5	Autonomie (Selbst-/ Fremdsteuerung)	30	Modifikation	55	Stoffkreislauf in der Biosphäre
6	Bakterium (Typus)*	31	Mutation	56	Stoffwechsel*
7	Bewegung/ aktive Ruhe	32	Nahrungsnetz/ -kette	57	Symbiose
8	Bewertung/ Entwertung	33	Natur (belebte)	58	Tier (Typus)*
9	Biosphäre*	34	Ökosystem *	59	Tod (organ.)
10	Destruent	35	Ordnung / Chaos-Polarität *	60	Umwelt (belebte)*
11	Dissimilation*	36	Organ	61	Variabilität (Biodiversität) / Uniformität
12	Energie (im biologischen Kontext) *	37	Organismus	62	Vererbung
13	Entwicklung (organische)*	38	Organsysteme *	63	Verwandlung / Konstanz *
14	Enzym	39	Parasitismus	64	Virus (Typus)*
15	Evolution (biologische)	40	Periodik (biologische), Biorhythmik	65	Wachstum
16	Fortpflanzung/ Vermehrung	41	Pflanze (Typus) *	66	Zeichen / Bedeutung (semantisches Prinzip)
17	Fossil	42	Photosynthese	67	Zelle
18	Gen	43	Pilz (Typus) *	68	Zweckmäßigkeit*
19	Generation	44	Polarität (biologische)*		
20	Gewebe	45	Population		
21	Gleichgewicht (ökologisches)	46	Probiöse (Synökie)		
22	Hormon	47	Produzent		
23	Immunreaktion	48	Reaktionsnorm		
24	Informationsspeicherung/ Informationslöschung	49	Regulation, Regelkreis		
25	Isolation (evolutive)	50	Reiz / -barkeit *		

4.2.2 Zusätzliche Begriffe der Geowissenschaften (Tab. 9)

Die Arbeit der GDNA-Rahmenplan-Kommission war von Anfang an auf eine Koordinierung der drei naturwissenschaftlichen Schulfächer Physik, Chemie und Biologie angelegt. Mathematik als stärker geisteswissenschaftlich und Geographie als (heute) deutlich sozialwissenschaftlich geprägtes Fach standen in diesem Projekt nicht im Mittelpunkt der Betrachtungen, obwohl große Teile der Geowissenschaften wie z.B. Geologie, Geophysik oder Mineralogie selbstverständlich Naturwissenschaften sind, wenngleich auch in der Schule nicht durch ein eigenes Fach, sondern überwiegend durch die Geographie/Erdkunde vertreten.

In den zuvor dargestellten Begriffslisten für Physik, Chemie und Biologie sind bereits viele der auch für die Geowissenschaften grundlegenden Begriffe, wie z.B. Aggregatzustand, Beugung, chemische Gleichung, Fossil, usw., enthalten. Die übrigen, über diese Fächer hinausgehenden, naturwissenschaftlichen Grundbegriffe gehören eindeutig in den Bereich der (physischen) *Geographie* und müssen unbedingt von diesem Unterrichtsfach übernommen werden, wenn nicht eine empfindliche Lücke in der Allgemeinbildung unserer Schüler entstehen soll.

Tab. 9

Nr.	Grundbegriff	Nr.	Grundbegriff	Nr.	Grundbegriff
1	Atmosphäre	14	Hot spot	26	Plattentektonik
2	Bau- und Werkstoff	15	Klima /-system	27	Rohstoff
3	Erdkern	16	Lagerstätte	28	Rückkopplung (geochem.)
4	Erdkruste	17	Magmatismus, Vulkanismus	29	Schicht
5	Erdmagnetfeld	18	Metamorphose (geologisch)	30	Sediment
6	Erdmantel	19	Meteorit	31	Seismik
7	fossiler Brennstoff	20	Mineral	32	Silikat (-glas, -schmelze)
8	Geoökosystem	21	Orogenese (Gebirgsbildung)	33	Sonnensystem (geologisch)
9	Geo-Risiken	22	Ozean	34	Spaltbarkeit
10	Geothermie	23	Ozonschicht / -loch	35	Subduktion
11	Gestein	24	Phase (Phasengleichgewicht, Phasenumwandlung)	36	Tektonik
12	Halbleiter	25	Plastizität	37	Treibhauseffekt
13	Härte			38	Verwitterung



4.2.3 Erläuterungen zu den mit *) markierten Begriffen aus Tabellen 1-8

Im Folgenden werden einzelne Begriffe der Tabellen 1 bis 8 genauer erläutert, da sie wegen ihres hohen Allgemeinheitsgrades oder – besonders bei der Biologie – wegen ihrer außerordentlichen Komplexität und daher leicht eintretenden Unschärfe bei der konkreten Lehrplanarbeit nicht immer eindeutig verstanden werden.

Tab. 1

30 *Funktion*: nicht im mathematischen, sondern im umgangssprachlichen Sinn

53 *lernen*: im pädagogischen und psychologischen Sinn

69 *Polarität*: allgemein „Gegensätzlichkeit in der Einheit“

78 *Sprache*: jede Art Zeichensprache, nicht nur Wortsprache

Tab. 2

9 *Atomkern*: wegen der Eigengesetzlichkeit (Kernphysik!) zusätzlich zu „Atom“ (Nr.8)

10 *Basis-Maßeinheiten*: wegen ihrer grundsätzlichen Bedeutung für alle Maßeinheiten der Naturwissenschaften separat zu „Maßeinheit“ (Nr.55)

55 *Maßeinheit*: einschließlich „Basis-Maßeinheiten“ (Nr.10)

Tab. 3

1 *Addition*: einschließlich Polyaddition

4 *Aliphatisch*: nicht unbedingt das Wort, aber der Sachverhalt „kettenförmige Kohlenstoffverbindung“

9 *Azidität / Basizität*: inklusive Säure, Lauge, sauer, alkalisch

31 *Inhibitor*: nicht unbedingt das Wort, aber der Sachverhalt

32 *Isomerie*: für die Biologie insbesondere *Struktur-Isomerie*

Tab. 6

3 *drahtlose Telegraphie*: einschließlich aller Nachrichtenverbindungen mittels elektromagnetischer Wellen

Tab. 7

27 *ionische*, 32 *koordinative*, 34 *kovalente*, 48 *Van-der-Waals-Bindung*: Formen chemischer Bindung (Nr.10), wegen ihrer besonderen Bedeutung separat als Grundbegriffe der Chemie

35 *Lösung*: molekulare Lösung; inklusive „Löslichkeitsprodukt“

Tab. 8

1 *Abgrenzung / Öffnung*: Polarität der „halboffenen Membranen“

2 *Anpassung/Beharrung*: Polarität der *aktiven* Anpassung / Nichtanpassung; (*nicht* „Angepastheit“ durch Selektion!)

4 *Assimilation*: einschließlich Autotrophie und Heterotrophie

6 *Bakterium (Typus)*: es geht hier a) um das einheitliche Grundmuster „Bakterium“ (*Uniformität*), b) um das Aufzeigen einiger (weniger!) Varianten als Beispiele für *Variabilität*

9 *Biosphäre*: mit Seitenblick auf Atmosphäre (Tab.9-1)

11 *Dissimilation*: einschließlich Atmung und Gärung

12 *Energie im biologischen Kontext*: einschließlich Energieflüsse in Biosystemen, Energiewechsel, Entropie (Tab.2, 25)

13 *Entwicklung (org.)*: hauptsächlich Ontogenese

28 *Leben (organ.)*: Lebewesen, nicht philosophischer Begriff

34 *Ökosystem*: Biozönose und Biotop (inklusive aller abiotischer Umweltfaktoren; siehe auch Tab. 9)

35 *Ordnung / Chaos-Polarität*: Perspektiven der Synergetik

38 *Organsysteme*: hierzu auch Nervensystem einschließlich Gehirn, neuronale Netzwerke, Neuronen usw.

41 *Pflanze (Typus)*: a) und b) wie bei 6 (Bakterium). Zu b: mindestens Untergruppen „Blütenpflanzen“ und „Blütenlose“

43 *Pilz (Typus)*: a) und b) wie bei 6 (Bakterium)

44 *Polarität (biol.)*: gegenläufige Prozesse in lebenden Systemen mit Gleichgewichtsbildung (Äquilibration)

50 *Reiz /-barkeit*: inklusive Verhalten (Reiz-Reaktions-Folge)

56 *Stoffwechsel*: inklusive Betriebs- (Energie-)stoffwechsel

58 *Tier (Typus)*: a) und b) wie bei 6 (Bakterium). Zu b: mindestens Untergruppen „Wirbeltiere“ u. „Wirbellose“

60 *Umwelt (belebte)*: biologische, soziale und besetzte Umwelt

63 *Verwandlung/Konstanz*: zum Beispiel Metabolismus (Stoffwechsel mit der Polarität Stoffumwandlung/Stoffspeicherung) oder Metamorphosen (mit der Polarität Gestaltverwandlung/Gestaltkonstanz, z.B. bei Homologie, Analogie, Modifikation)

64 *Virus (Typus)*: a) und b) wie bei 6 (Bakterium)

68 *Zweckmäßigkeit*: Teleonomie, *nicht* Teleologie (Finalität).



4.3 Erläuterung der 12 Kompetenzen im „Kompetenzenrad“ von S. 12

Im Folgenden werden die 12 Kompetenzen im Kompetenzenrad von S.14 im Uhrzeigersinne durchlaufen und kurz charakterisiert:

- 1. Sachkompetenz:** Beherrschung der wichtigsten Grundbegriffe und -verfahrensweisen der betreffenden Fächergruppe sowie die Fähigkeit, sie auf die anderen 11 (oder auch mehr) Kompetenzen anzuwenden (Doppelqualifikation!). Im emotionalen Bereich Freude an Sachinformation (Wissbegierde) und die Bereitschaft zur „Sachlichkeit“.
- 2. Gesundheitskompetenz:** Verständnis des „Balanceaktes Gesundheit“ als einer ständigen Gleichgewichtsfindung zwischen physiologischen, psychischen und sozialen Gegebenheiten. Gesundheit als fortlaufende Integration widerstrebender Prozesse im Leben. Verfügen über eine „Gesundheitsmentalität“, die für den oben skizzierten dynamischen, ganzheitlichen und positiven Gesundheitsbegriff sensibel ist und ihn in die Tat umsetzt. Kenntnis der wichtigsten Praktiken zur Gesunderhaltung *und* ihre Anwendung. Auch, und mindestens so wichtig: richtiger Umgang mit Krankheit und Sterben als einer Form der Lebensbejahung.
- 3. Umweltkompetenz:** Verständnis des „Balanceaktes Umwelt“ als einer ständigen Gleichgewichtsfindung zwischen den Bedürfnissen der betroffenen Arten einschließlich des Menschen. Wahrnehmung der Umwelt als „Wohnstätte“ (Haus, griech. oikos) und ihrer Bewohner als „Mitbewohner“. Verständnis der Grundbegriffe „System“, „Gleichgewicht“, „Energiefluss“ und der Polarität „Ordnung/ Chaos“ und ihre Anwendung auf die Lösung von Umweltproblemen. Im emotionalen Bereich das Bestreben, das „Haus schön zu gestalten“.
- 4. Soziale Kompetenz:** Verständnis des „Balanceaktes Individuum/Gesellschaft“ als einer ständigen Gleichgewichtsfindung zwischen den Bedürfnissen der Mitglieder dieser Gesellschaft. Kenntnis der heimischen, aber auch fremder Sozialstrukturen und ihrer sozialen Rollen. Fähigkeit zur Bewältigung von Rollenkonflikten als Teil einer allgemeinen Konfliktfähigkeit. Soziales Engagement auf verschiedenen Ebenen (Familie, Freundschaft, Betrieb, Gemeinde, Nation, andere Kulturen) als Ausdruck einer allgemeinen Bejahung gesellschaftlichen Lebens. Bereitschaft zur Rücksichtnahme auf andere Menschen und zur Beschränkung eigener Interessen. Allgemeines Bestreben nach Interessenausgleich.
- 5. Ethische Kompetenz:** Kenntnis verschiedener Normensysteme und Bereitschaft zur Normenreflexion. Unterscheidung von Moral und Ethik. Fähigkeit zur Prioritätensetzung in einer „Werte-Hierarchie“. Bereitschaft, die eigene Hierarchie im Hinblick auf den obersten Wert immer wieder in Frage zu stellen. Rücksichtnahme auf die Werte-Hierarchie anderer Menschen. Verantwortungsbereitschaft und Gewissensbildung („nach innen horchen“).
- 6. Historische Kompetenz:** Kenntnis der menschlichen Geschichte innerhalb der Geschichte des Universums (Kosmogonie) und Überblickswissen über die Geschichte der Wissenschaften. Fähigkeit zur Einordnung von Einzelfakten, auch des eigenen persönlichen und gesellschaftlichen Lebens, in historische Zusammenhänge und damit zur Relativierung ihrer momentanen bzw. individuellen Bedeutung.
- 7. Ästhetische Kompetenz:** Offenheit für die ästhetische Dimension der Welt, auch in der Wissenschaft. Einsicht in Zusammenhänge zwischen Ästhetik und Erkenntnis, in das „Enthaltsensein von Wahrheit in der Schönheit“, aber auch in grundsätzliche Unterschiede zwischen Natur- und Kunstschönheit. Empfinden von Schönheit als „Geborgenheit in der Welt“.



Einsicht in die Relativität ästhetischer Standpunkte im Hinblick auf die Unterscheidung Subjektivität/Objektivität und semantische/syntaktische Wahrnehmung.

8. Instrumentelle Kompetenz: Beherrschung instrumenteller, apparativer (z.B. Computer), aber auch geistiger Praktiken (z.B. statistische Methoden). Fertigkeit im Umgang mit Stoffen und Materialien, mit der „materiellen Welt“. Insgesamt, in heutiger technischer Terminologie: Fähigkeit zum Umgang mit der „Hardware“ und „Software“ unserer Welt, um sich in ihr zurecht zu finden und sie zu meistern.

9. Lernkompetenz: Beherrschung verschiedener Lerntechniken (assoziatives/systematisches Lernen, Mind-mapping, Brainstorming, Lernen durch Nachahmung, durch „Versuch und Irrtum“, usw.). Bereitschaft zum Speichern eigener Erfahrung, aber auch der Erfahrung anderer Menschen (Lernwilligkeit). Systematische Gedächtnisschulung durch Auswendiglernen, aber auch Beherrschung von Methoden der Gedächtnisentlastung (Eselsbrücken, „Aufhänger“).

10. Sprachkompetenz: Verständnis und ausreichende Beherrschung der Muttersprache, des Englischen und evtl. einer weiteren Fremdsprache. Interesse am Aufdecken ihrer historischen Wurzeln (Etymologie). Überblick über die Grundlagen von Formalsprachen (z.B. Mathematik, Informatik) und ihre Anwendung im täglichen Leben. Einsicht in die Bedeutung klassischer Sprachen (Latein, Griechisch) für das Verständnis unserer westlichen Kultur. Unterscheidung von Fachsprache und Umgangssprache. Verständnis für „Sprachniveau“ und für die Pflege der Schrift- und Sprechkultur.

11. Denkkompetenz: Kenntnis und Verständnis verschiedener Denkartarten (z.B. lineares/vernetztes, inklusives/exklusives, statisches/dynamisches, induktives/deduktives Denken als verschiedene Denkpolaritäten). Bereitschaft, in jeder Lebenssituation die angemessene Denkart zu suchen und anzuwenden. Fähigkeit zu logischem Schließen und analytischem Urteil. Klare Unterscheidung zwischen „Kopfdanken“ (Rationalität) und „Bauchdenken“ (Intuition). Freude an gedanklicher Durchdringung von Problemen und an Gedankenexperimenten.

12. Wissenschaftstheoretische Kompetenz: Einsicht in das Wesen von Wissenschaft, Technik, Kunst, Religion. Verständnis ihrer verschiedenen Rollen im menschlichen Leben. Kenntnis der Systematik der Wissenschaften (Natur-, Geistes-, Sozialwissenschaften). Unterscheidung von „Wahrheit“ und „Richtigkeit“, von „subjektiv“, „intersubjektiv“ und „objektiv“. Durchschauen von Ideologien, Halb- und Pseudowissenschaften. Offenheit für philosophische Fragen.