

GDNÄ-Bildungskommission

Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften

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

Ergänzung 2007



GDNÄ

GESELLSCHAFT DEUTSCHER
NATURFORSCHER UND ÄRZTE E.V.



Ergänzung 2007

Verantwortlich für diesen Teil:

*Gunnar Berg, Arnold a Campo, Dietrich v. Engelhardt, Jürgen Langlet,
Gerhard Schaefer und Sabine Thomas*

unter Mitarbeit von Hans-Josef Altenbach, Wolfgang Asselborn und Markus Kalesse

Vorwort zu diesem Teil siehe S. 3 u. 4 der Denkschrift

Anmerkung: Die Seiten der Denkschrift werden weitergezählt. Abbildungen und Tabellen fangen jedoch bei 1 wieder an. Um aber Verwechslungen mit denen der bisherigen Denkschrift zu vermeiden, werden ihre Nummern mit „E“ gekennzeichnet.



Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
Inhaltsverzeichnis	119
1. Die bildungspolitische Situation heute (A. a Campo)	121
2. Von der Rosette zum „Bildungsbaum“ – Konzept eines haltungs-orientierten Unterrichts (G.Schaefer)	122
3. Naturwissenschaftliche Grundhaltungen aus wissenschaftshistorischer Sicht (D.v.Engelhardt)	126
4. Der kognitive Teil des Bildungsbaums: Strukturierung und Hierarchisierung von <i>Grundbegriffen</i>	131
4.1 Einleitung und theoretische Begründung (G.Schaefer)	131
4.2 Strukturierte Grundbegriffe für das Fach Physik (G.Berg/G.Schaefer)	134
4.3 Strukturierte Grundbegriffe für das Fach Chemie (H.J.Altенbach/ W.Asselborn/ M.Kalesse/ S.Thomas)	136
4.4 Strukturierte Grundbegriffe für das Fach Biologie (J.Langlet/ G.Schaefer)	138
5. Der pragmatisch-psychomotorische Teil des Bildungsbaums: Strukturierung und Hierarchisierung von <i>Grundfertigkeiten</i> (J.Langlet/ G.Schaefer)	140
6. Der affektive Teil des Bildungsbaums: <i>Einstellungen und Haltungen</i>	147
6.1 Rückblick: Die affektive Seite der 12 allgemeinbildenden Kompetenzen (G.Schaefer)	147
6.2 Theoretische Überlegungen zu Einstellungen und Haltungen. Das trügerische Wörtchen „und“ (G.Schaefer)	149
6.3 Über die Messbarkeit von Einstellungen und Haltungen am Beispiel einer deutsch-japanischen empirischen Studie	165
6.3.1 Einstellungen zu den Naturwissenschaften (J.Langlet)	165
6.3.2 Naturwissenschaftlich relevante Haltungen (G.Schaefer)	171
7. Praktische Konsequenzen: Einübung von Haltungen im Unterricht	179
7.1 Allgemeine Strategie der Übungen (J.Langlet/G.Schaefer)	179
7.2 Übungsbeispiele für den Biologieunterricht (<i>Objektivität, Naturachtung, empirische Haltung</i>) (J.Langlet/G.Schaefer)	180
7.3 Übungsbeispiele für den Chemieunterricht (<i>Genauigkeit, Rationalität</i>) (S.Thomas)	184
7.4 Übungsbeispiele für den Physikunterricht (<i>Ehrlichkeit, Wissbegierde bzgl. Natur, Formalisierungshaltung</i>) (G.Berg)	185
8. Ausblick (G.Schaefer/G.Berg)	187
Verfasser der Schrift (Denkschrift 2002 + Ergänzung 2007)	190



1. Die bildungspolitische Situation heute

Arnold a Campo

Die überaus erfolgreiche und mit viel Zustimmung beachtete Arbeit am Thema „Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften“ (Denkschrift 2002 der GDNÄ, Hrg. G. Schaefer) verlangte nach einer Fortsetzung in der eingeschlagenen Richtung a) eines „fachübergreifenden Fachunterrichts“, b) einer Reduzierung der Stoff-Fülle auf das wirklich Wesentliche, das aber dann mit weit größerem Tiefgang behandelt werden muss, als dies bisher der Fall ist.

Von diesen beiden Zielen, dem qualitativen wie auch dem quantitativen, sind wir in der heutigen bildungspolitischen Situation immer noch weit entfernt.

Es geht jetzt insbesondere um das Anliegen, die Zahl der etwa 470 vorgelegten Grundbegriffe für den naturwissenschaftlichen Unterricht (siehe auch die „Wittenberger Initiative“ 2000 der GDNÄ-Bildungskommission) weiter zu reduzieren und vor allem zu strukturieren. Bestand haben sollten die wirklich wichtigsten Grundbegriffe. Vielleicht sind es nur etwa 20 bis 30 pro Fach (s. Rang 1 in den Tabellen auf S. 134, 136 und 138 dieser Schrift). Ihre bildungstheoretische Bedeutung wurde bereits 2002 in den allgemeinbildenden „Themenkreisen“ der o.g. Denkschrift herausgestellt, aber eine Abstufung nach *fachinterner* Bedeutung, d.h. auch ihre Stellung innerhalb der Sachstruktur, war noch zu leisten.

Ebenso stand eine Strukturierung und Hierarchisierung der in der Denkschrift genannten 40 Grundfertigkeiten noch aus. Die Aufgaben waren schwer und zeitaufwändig. Trotzdem wagte sich die Gruppe aus Vertretern von GDNÄ, DPG, GDCH, VDBiol/ VBBM, MNFT und MNU mutig an diese Arbeit.

Wenn Schülerinnen und Schüler sich einen bedeutenden Beitrag für ihr Weltverständnis von den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweisen erhoffen, muss man ihnen Zeit geben, sich mit den einzelnen Naturwissenschaften zu beschäftigen. Leider ist zu beklagen, dass in einer zunehmenden Zahl der Bundesländer die Stundenanteile in den Naturwissenschaften weiter verringert werden. Wie sollen Schülerinnen und Schüler Haltungen und Einstellungen zur Natur weiter entwickeln, wenn sie sich in der Oberstufe nur mit einem der Fächer Biologie, Chemie oder Physik verpflichtend beschäftigen müssen?

Worauf ist die offensichtliche Diskrepanz zwischen dem von jungen Menschen bekundeten Interesse an den Naturwissenschaften und ihrem Verhalten im Unterricht der Sekundarstufe I bzw. im Wahlverhalten in der Sekundarstufe II zurückzuführen, und welche Folgen sind daraus für Schüler und Lehrer zu ziehen?

Wie können die Jugendlichen entsprechend dem in der deutsch-japanischen Untersuchung von Langlet und Schaefer (S.165 f. und 171 f.) nachgewiesenen Interesse an den Naturwissenschaften und der Einschätzung ihrer hohen Bedeutung gewonnen werden, sich dauerhaft mit den wichtigen Fragen der Entwicklung von Wissenschaft und Gesellschaft auf der Basis einer hohen Sachkompetenz in Biologie, Chemie und Physik zu beschäftigen?

Möglicherweise empfinden sie die so genannten „Fragen an die Natur“ ihrer Lehrerinnen und Lehrer nicht als ihre Fragen oder wollen und können die Begeisterung nicht teilen. Das bedeutet, dass der naturwissenschaftliche Unterricht attraktiv, informativ und zum Nachdenken anregend sein muss. Vielleicht muss er verstärkt Fragen aus der Lebenswelt der Schüler aufnehmen und mit den Antworten wieder in sie hineinreichen.

Man kann nicht nachvollziehen und verstehen, warum in den vorgelegten Texten zu den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss an keiner Stelle die Aufgabe formuliert ist, dass Schülerinnen und Schüler über Unterricht und Art der Auseinandersetzung mit den Naturwissenschaften bewusst angeleitet werden, *Haltungen* und *Einstellungen* zur Natur und den Umgang mit ihr zu entwickeln.

Die Unterrichtsforschung muss die in dem genannten deutsch-japanischen Projekt angestoßenen Fragen über Einstellungen und Haltungen von Jugendlichen, aber auch von Lehrerinnen



nen und Lehrern, aufgreifen und in Richtung einer Anleitung zu *systematischer* Ausbildung affektiver Komponenten in den Schulen fortsetzen.

Schaefer befürchtet zu Recht, dass in der gegenwärtigen PISA-Debatte von dem klassischen Tripel "Wissen-Fertigkeiten-Einstellungen" (knowledge-skills-attitudes) Einstellungen und vor allem Haltungen zu kurz kommen. Sie werden – offenbar wegen mangelnder Konsensfähigkeit (vgl. Klieme 2003), vielleicht auch wegen erschwerter Messbarkeit – geflissentlich übergangen. Das ist pädagogisch ein wohl nur schwer wieder gut zu machender Fehler.

Der Ansatz der GDNÄ-Bildungskommission zur Konstitution einer "naturwissenschaftlichen Grundhaltung" aus acht elementaren Einzelhaltungen und ihre stärkere Beachtung im Unterricht ist ein wichtiger Schritt in die Gegenrichtung und sollte helfen, den im Gerangel der PISA-Diskussionen eingetretenen Fehler baldmöglichst zu korrigieren.

Literatur

- Schaefer, G. (Hrg.): Wittenberger Initiative. Vorschläge zur Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften. Bad Honnef 2000 (GDNÄ)
- Schaefer, G. (Hrg.): Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften. Denkschrift der GDNÄ-Bildungskommission. Köln 2002
- Klieme, E.: Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. – Eine Expertise. Frankfurt/M. 2003 (DIPF)

2. Von der Rosette zum „Bildungsbaum“ – Konzept eines haltungs-orientierten Unterrichts

Gerhard Schaefer

Abstrakte Begriffe haben vor konkreten immer den Vorzug, auf Nebensächlichkeiten verzichten und daher mit Hilfe weniger charakteristischer Merkmale definiert werden zu können. Sie haben allerdings – im Gegenzug – den Nachteil der Unanschaulichkeit und mangelnden sinnlichen Nähe zur Lebenswelt des Lernenden und werden von ihm daher oft nur mühsam oder gar nicht „verstanden“ (im Sinne von „nachempfunden“).

Um dem abzuhelpen, werden abstrakte Begriffe gern durch eine Metapher veranschaulicht, „verbildlicht“. Dabei tritt dann jedoch, so wie auch bei der Darstellung abstrakter Sachverhalte durch „Modelle“ (Steinbuch 1977), wiederum der erneute Nachteil auf, dass „irrelevante Zutaten“ mit hineingeschleppt werden, welche die klare Struktur des Abstraktums wieder verwässern, indem sie zwar die Nähe zur Lebenswelt des Empfängers wieder herstellen, dabei aber das Verständnis des Sachverhalts durch fremde, nicht zur Sache gehörige Merkmale verzerren oder gar verfälschen (Weidenmann 1994, Kattmann 2006).

Das gilt in uneingeschränktem Maße auch für den Begriff „Bildung“. Dieser wird, wie die Diskussionen seit über 100 Jahren zeigen, selbst in seiner abstrakten Form schon wenig einheitlich verstanden und entbehrt der Klarheit, die für abstrakte Begriffe – zumindest in den Naturwissenschaften – möglich und auch üblich ist. Umso problematischer wird dann natürlich seine Einkleidung in ein anschauliches Bild. Eine solche ist didaktisch nur dann vertretbar, wenn vorher die spezifischen Merkmale von Bildung klar genug herausgearbeitet und benannt werden, die in der Metapher, dem Bilde, dargestellt werden sollen.

Die in der hiesigen Denkschrift „Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften“ als Bild gewählte Rosettenfigur (Abb.2 /S.11, farbiges Signum auf dem Einband, außerdem Abb. E 1 auf folgender Seite) sollte speziell nur für den naturwissenschaftlichen Teil von Bildung gelten und das Merkmal der *Überlappung* bzw. Verzahnung der drei Schulfächer (Zonen 2 bis 5) sowie ihren Beitrag zur *Allgemeinbildung* (Zone 1) darstellen.

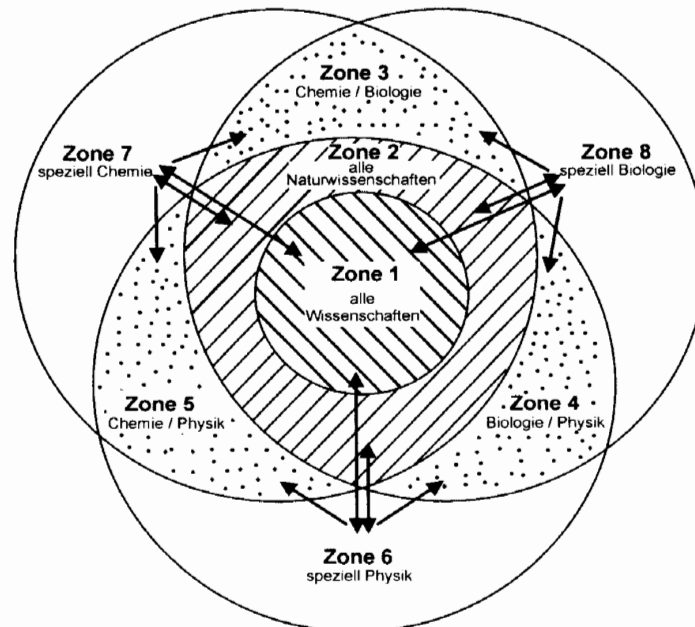


Abb. E 1: Rosettenfigur zur flächigen Darstellung der Überlappung der drei naturwissenschaftlichen Schulfächer und ihres Beitrags zur Allgemeinbildung (Zone 1)

Bezogen auf diese Fächer und auf das Prinzip ihrer gegenseitigen Verzahnung war die Rosette ein angemessenes und – wie die Erfahrung zeigt – sehr einprägsames Bild. Was sie als flächige, zweidimensionale Figur, in der alle Bildungselemente horizontal gleichrangig nebeneinander stehen, natürlich nicht zum Ausdruck bringen kann, ist die „Vertikale“ im Bildungsbereich: die Gewichtung und Hierarchisierung der Grundbegriffe und -fertigkeiten gemäß der Frage „Welche tragen langfristig welche anderen im Bildungsprozess?“

Außerdem fehlen in der Rosettenfigur wichtige affektive Komponenten naturwissenschaftlicher Bildung, die Einstellungen und Haltungen, und um diese soll es in der Ergänzung der Denkschrift vorrangig gehen.

Wenn wir nun eine solche Gewichtung vornehmen und außerdem Einstellungen und Haltungen mit einbauen, wenn wir ferner unser Bildungskonzept über die Naturwissenschaften hinaus auf alle Schulfächer ausdehnen wollen, so müssen wir nach einem Bilde suchen, das über die flächige Rosette hinausgeht in den *Raum* hinein. Das System der Bildungskomponenten ist dann durch einen dreidimensionalen Körper zu symbolisieren, in dem alle Gewichtungen vertikal darstellbar sind und Haltungen als fundamentale Größen von Bildung im unteren, tragenden Teil des Körpers untergebracht werden können.

Dafür eignet sich nach Meinung der Bildungskommission in besonderer Weise das Bild des *Baumes*, da dieser außerdem auch das Merkmal des Wachstums zeigt, das ja für lebendige Bildung in Alltag und Schule charakteristisch ist. Um aber einen Baum als Abbild von Allgemeinbildung verstehen zu können, müssen zunächst die abzubildenden, charakteristischen Merkmale von Bildung in einigen Punkten herausgestellt werden:

1. Bildung besteht aus 3 verschiedenen Arten (Kategorien) von Komponenten, die aber funktional vielfältig miteinander verflochten sind:
 - a. Wissen und Verstehen (*kognitive* Komponenten),
 - b. Fertigkeiten, Techniken (*pragmatische*, „psychomotorische“ Komponenten),
 - c. Stimmungen, Einstellungen/ Interessen und Haltungen (*affektive* Komponenten).



2. Die drei Kategorien sind je nach Funktionsbereich, in dem sie gebraucht werden, zu allgemeinen „Kompetenzen“ verknüpft (Abb. E 3, S. 147). Kompetenzen sind komplexe, an einen bestimmten Aufgabenbereich gebundene Funktionseinheiten der menschlichen Psyche, die zwar funktional getrennt gedacht und entsprechend formuliert werden können, jedoch über gemeinsame kognitive, pragmatische oder affektive Brücken vielfach mit anderen Kompetenzen vernetzt sind.
3. Während allgemeine Kompetenzen gleichwertig nebeneinander bestehen können und eine Hierarchisierung oft schwer begründbar ist, gibt es gute Gründe für eine Hierarchisierung ihrer einzelnen Elemente im kognitiven, pragmatischen und affektiven Bereich sowie auch zwischen diesen Bereichen.
4. Kriterien der Hierarchisierung können sein: a) Oberbegriffs- oder Voraussetzungsfunktion für mehrere andere Begriffe („Erschließungsmächtigkeit“), b) besondere Bedeutung im täglichen Leben („pragmatische Valenz“), c) Haltbarkeit im Gedächtnis („Permanenz“).
5. Im *kognitiven* Bereich verdienen nach Auffassung der GDNÄ-Bildungskommission die in der Denkschrift 2002 gesammelten ca. 450 „Grundbegriffe“ einen höheren pädagogischen Stellenwert als die in naturwissenschaftlichen Schulbüchern in Stichwort-Verzeichnissen genannten zusammen etwa 10 000 Detailbegriffe. Die in der Denkschrift herausgehobenen Grundbegriffe werden nun im Ergänzungsteil (Kap. 4.2 bis 4.4) abgestuft gewichtet und hierarchisiert.
6. Für den *pragmatischen* Bereich wird in Kap.5 eine pädagogische Gewichtung und entsprechende Strukturierung der ca. 40 „Grundfertigkeiten“ der Denkschrift in drei Säulen vorgeschlagen.
7. Im *affektiven* Bereich ist – wie in Kap.6.2 begründet wird – eine Strukturierung in drei Kategorien (Stimmungen, Einstellungen, Haltungen) möglich und pädagogisch auch sinnvoll. Dabei verdienen *Haltungen* wegen ihrer ethischen Komponente und ihrer besonderen Stabilität einen hohen pädagogischen Rang, während *Einstellungen* wegen ihrer stärker sub-subjektiven Natur und geringeren Dauer auf den zweiten Platz der Rangordnung gehören. *Stimmungen* dagegen sind wegen ihrer extremen Subjektivität und Flüchtigkeit dem unteren Rang der Skala zuzuweisen, obwohl sie natürlich langfristig am Auf-, Um- und Abbau von Einstellungen und Haltungen immer mit beteiligt sind. Sie zählen daher eher zu den „pädagogischen Hilfsgrößen“ im affektiven Bereich.
8. Es ist sinnvoll, Bildungselemente mit größerem pädagogischen Gewicht (gemäß den in Punkt 4 genannten Kriterien) in einem geometrischen Bildungsgefüge *unten* zu platzieren, sozusagen als „Stützen“ des Systems, und solche mit geringerem Gewicht oben.

Mit den hier genannten acht Merkmalen lässt sich ein „Bildungsbaum“ entwerfen (Abb.E 2), bei dem die Haltungen (das, was am längsten „hält“ und Bildung am stärksten trägt) den *Stamm* des Baumes bilden, Fertigkeiten und Einstellungen die *dickeren Äste*, auf denen die Krone ruht, und Wissen und Verstehen die *Krone* selbst, allerdings wieder unterteilt in dauerhafte kleinere Äste (die Grundbegriffe) und das zum Teil flüchtige, konjunktur-abhängige Detailwissen (das „Laubwerk“, das je nach Jahreszeit immer wieder abgeworfen wird).

Blickt man von oben auf die Krone des Baumes bzw. projiziert man sie in eine Fläche, so ergibt sich wieder so etwas wie eine Rosettenfigur, in der die für *alle* Fächer gemeinsamen Grundbegriffe und -fertigkeiten im Zentrum der Kronen-Projektion stehen (Zone 1 unserer bisherigen Rosette), die bereichsgebundenen Wissens-elemente darum herum (für Naturwissenschaften Zonen 2-5 der bisherigen Rosette) und fachgebundene Details außen (in Abb. E 1 Zonen 6-8).

Die Rosette der Denkschrift 2002 kann demnach als eine auf Naturwissenschaften beschränkte *Projektion der Krone* (mitsamt der großen Hauptäste) des Bildungsbaumes in die Ebene verstanden werden, – ein flächiges Abbild naturwissenschaftlicher Bildung, in dem allerdings die Projektion des affektiven Fundamentes, des „Stammes“, noch fehlt.

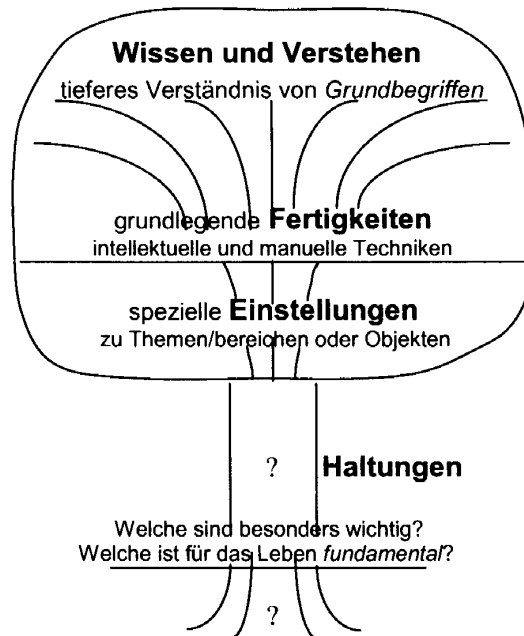


Abb. E 2: Muster eines Bildungsbaums mit vertikaler Gliederung der Elemente nach Wichtigkeit und Haltbarkeit. Vgl. auch den mit Inhalten konkretisierten Baum auf S.189 (Abb. E 21).

Leitfrage: *Wer trägt wen?* Was sind letztlich die tragenden Komponenten von Allgemeinbildung?

Der „Bildungsbaum“ ist natürlich nur eine Metapher, deren Aussagekraft nicht überstrapaziert werden sollte. Dennoch wirft schon allein dieses Bild als Denkfigur die brisante pädagogische Frage nach der „Wurzel“ von Bildung auf: Birgt auch die Wurzel – um im Bilde zu bleiben – noch *Haltungen*, wie der Stamm? Müsste man diese dann vielleicht eher als „Fundamentalthaltungen“ bezeichnen (etwa Haltungen wie Lebensdrang, Ehrfurcht vor dem Leben, Machttrieb, Gläubigkeit, Mitmenschlichkeit usw.)?

Oder ist das Fundament von Bildung ganz einfach das „Menschenbild“, das uns vorschwebt und das wir erreichen möchten, also eine Art Leitidee unseres Lebens, die nach den Vorstellungen der Gestaltpsychologie ein Ganzes ist und sich nicht aus einzelnen Komponenten heraus erklären lässt?

Eine Frage, über die schon jetzt nachzudenken lohnt, ohne aber das gewählte Bild des Baumes mit der Realität verwechseln zu wollen. Sowohl das Bild der Rosette (Abb. E 1) als auch das des Bildungsbaumes (Abb. E 2) sind Denkfiguren mit *heuristischer* Funktion. Sie sollen Gedanken veranschaulichen und Fragen aufwerfen, ohne Antworten vorwegzunehmen, die ja nur aus der Bildungswirklichkeit selbst gewonnen werden können.

Dazu werden am Ende des Ergänzungsteiles im „Ausblick“ (S. 187) noch weitere Perspektiven eröffnet

Literatur

- Kattmann, Ulrich: Diagramme, in: Eschenhagen, Dieter, Ulrich Kattmann u. Dieter Rodi (Hrsg.): *Fachdidaktik Biologie*, Köln 2006, S. 340-356.
- Steinbuch, Karl: Denken in Modellen, in: Gerhard Schaefer et al. (Hrsg.): *Denken in Modellen*, Leitthemen 2/77, Köln 1977, S. 10-19.
- Weidenmann, Bernd (Hrsg.): *Wissenserwerb mit Bildern*, Bern 1994.



3. Naturwissenschaftliche Haltungen aus wissenschaftshistorischer Sicht

Dietrich v. Engelhardt

3.1. Kontext – Voraussetzungen

Kenntnisse und Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten, Einstellungen und Haltungen und schließlich Verhalten und Praxis stehen in einem komplexen und keineswegs einlinigen oder immanent zwingenden Zusammenhang. Dieser Zusammenhang und die ihm entsprechenden praktischen Umsetzungen sind entscheidend für den Erfolg von Bildung und Erziehung in Familie, Schule und Universität wie ebenfalls in allen Formen postgradualer Ausbildung. Eine besondere Bedeutung kommt hierbei nicht nur den Gefühlen, sondern auch dem Vorbild, den etablierten Sitten und Gebräuchen sowie dem Gewissen, den Überzeugungen und der Tugend des einzelnen Menschen zu.

Nicht immer lassen sich Kenntnisse, Fähigkeiten, Einstellungen und Haltungen in den Selbstaussagen der Naturwissenschaftler, worum es in diesem Beitrag geht, klar auseinander halten, zumal in den psychologischen, soziologischen und pädagogischen Kategorien und Ausdrücken der Gegenwart in der Vergangenheit nicht gedacht und gesprochen wurde. Kenntnisse können zu Fähigkeiten führen, Fähigkeiten können in Einstellungen übergehen, Einstellungen können zu Haltungen werden. Zentral bleibt dabei im Blick auf die Praxis stets die Frage, wie es aus Einstellungen und Haltungen zum Verhalten kommt und wie auf diesen Übergang Einfluss genommen werden kann.

In der Renaissance werden von den Naturwissenschaftlern vor allem reine Erkenntnis, Interesse am Naturphänomen, Befreiung vom Gesichtspunkt des Nutzens, Überwindung der Abhängigkeit von Theologie und Kirche hervorgehoben. Zugleich behält die Religion für viele Forscher aber weiterhin ihre Bedeutung. Johannes Kepler (1571-1630) bindet Naturerkenntnis an Gotteserkenntnis; auch Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) weist den Naturwissenschaften die Funktion einer Verbreitung des Glaubens („propaganda fidei“) zu; der Naturforscher und Mediziner Johann Jakob Scheuchzer (1672-1733) verspricht sich von der Naturforschung die Erkenntnis von „sich selbst, der Welt und Gott“. (Physica, oder Natur-Wissenschaft, 1701). Von Carl v. Linné ist die Selbstaussage überliefert: „Gott erschuf, Linné ordnete“ („Deus creavit, Linnaeus disposuit“). Schließlich ist die Natur für den Physiker und Chemiker Hans Christian Oersted (1777-1851) eine „Offenbarung der vereinigten Schöpfungskraft und Vernunft der Gottheit“. (Über das Studium der allgemeinen Naturlehre, 1822).

Das Jahrhundert der Aufklärung setzt die Emanzipation der Naturwissenschaften von der Theologie und Philosophie fort, erklärt Spezialisierung und Kommunikation für wesentlich, hebt die praktischen und sozialen Auswirkungen hervor. Der Chemiker und Physiker Joseph Priestley (1733-1804) spricht vom „easy channel of communication“. (The History and present state of discoveries relating to vision, light and colours, 1772). Sprachreformen gelten als zentrale Progressbedingung; nach dem Chemiker Joseph Black (1728-1799) ist in der Chemie der „barbarous jargon“ früherer Zeiten einer „ordinary language“ gewichen. (Chemical lectures, 1785/86). Bei allem Fortschrittspathos kennt das 18. Jahrhundert aber auch Skepsis und Kritik. Wissenschaftlicher Fortschritt soll auch gefährliche Folgen haben können. Der Naturforscher Georges-Louis Leclerc de Buffon (1707-1788) hält eine Zerstörung der Natur und zugleich der Kultur in der Zukunft für möglich, in der „die Natur ihre Rechte zurücknimmt und die Werke des Menschen auslöscht“. („elle reprend ses droits, efface les ouvrages de l’homme“, Histoire naturelle, 1764).

In Idealismus und Romantik um 1800 wird den Prinzipien: Identität von Natur und Geist, Einheit der Natur und aller Wissenschaften, Zusammenhang von System und Detail, Dominanz des Lebendigen, Verbindung von Natur und Kultur und damit Verantwortung des Menschen und vor allem des Naturforschers für die Natur wesentliche Bedeutung zugeschrieben.



Nach dem Naturforscher und Mediziner Carl Gustav Carus (1789-1869) bedarf nicht nur der Mensch der Erde, „sondern auch die Erde des Menschen“. (Von den Naturreichen, 1820). Der Bildungsbegriff, entscheidend auch für Geist und Struktur der Universität, soll ebenso naturwissenschaftlich wie geisteswissenschaftlich geprägt sein. Als Ziel wahrer Bildung bestimmt Friedrich Schleiermacher die „weltbildende Selbstdarstellung“. (Vorlesungen, Wintersemester 1813/14). Wer sich selbst verstehen will, muss, wovon der Naturforscher Henrik Steffens (1773-1843) überzeugt ist, die Natur verstehen, wie umgekehrt Naturerkenntnis auch an Selbsterkenntnis gebunden sei. (Über die Vegetation, 1808). Wissenschaft, Kunst und Leben sollen für die Naturforscher dieser Epoche zusammenhängen. Alexander von Humboldt (1769-1859) bestimmt als Ziel der Naturforschung: die „empirische Ansicht des Natur-Ganzen in der wissenschaftlichen Form eines Natur-Gemäldes“. (Kosmos, 1844).

Im 19. Jahrhundert oder naturwissenschaftlichen Zeitalter wird zentral auf Emanzipation der Naturwissenschaften von Philosophie und Theologie, Entproblematisierung des wissenschaftlichen Progresses, praktischen Nutzen sowie naturwissenschaftliche Grundlegung von Gesellschaft, Geschichte und Kultur gesetzt. Für Wilhelm Ostwald (1853-1932) sind Naturforscher ihrem Wesen nach „konstitutionelle Optimisten“, Geisteswissenschaftler dagegen „Pessimisten“. Entschieden plädieren Justus v. Liebig (1803-1873), Hermann v. Helmholtz (1821-1844) und Emil Du Bois-Reymond (1818-1896) mit vielen anderen Naturforschern für einen naturwissenschaftlichen Bildungsbegriff. Philosophische Bildung verdirbt nach Liebig die akademische Jugend, führt zu „Selbstüberschätzung, Hochmut, Eitelkeit und Anmaßung“. (Über das Studium der Naturwissenschaften, 1840). Von Du Bois-Reymond stammt die polemische Losung: „Kegelschnitte! Kein griechisches Skriptum mehr“. (Kulturgeschichte und Naturwissenschaft, 1877).

20. und 21. Jahrhundert stehen mit abweichenden Akzentuierungen auf dieser neuzeitlichen Basis. Unterschiede existieren zwischen den Geisteswissenschaften und Naturwissenschaften. Der „Kampf der Kulturen“ (Samuel P. Huntington, *The clash of civilizations*, 1996) findet in den Naturwissenschaften und der Medizin nicht statt, wohl aber gibt es eine Differenz nicht nur von zwei oder drei, sondern von vier Kulturen: naturwissenschaftliche Kultur, geisteswissenschaftliche Kultur, Kultur der Künste sowie Kultur des Verhaltens (Herzensbildung, Gewissen). Finanzielle und ideelle Unterstützung der Naturwissenschaften fallen in den Ländern der Welt heutzutage höchst abweichend aus, einseitig ist die Repräsentanz in den Medien, erheblich sind die Unterschiede im schulischen Unterricht und Universitätsstudium. Ethische Gesichtspunkte und ökologische Aspekte werden in Ausbildung, Forschung wie auch Praxis der Naturwissenschaften an vielen Orten zunehmend beachtet.

3.2 Erfahrungen und Auffassungen der Naturforscher der Neuzeit

1. Reine Erkenntnis - Wissbegierde

Neugier (*curiositas*) wird von den Naturforschern seit der Renaissance immer wieder für wichtig gehalten, soll aber auch ambivalente Züge besitzen; hingewiesen wird auf die „eitle Neugier“, die „*curiosité ridicule*“ oder „*curiosité vaine*“. Im Zentrum sollen reine Erkenntnisse und nicht so sehr praktische Anwendungen stehen. Grundlagenforschung wird über angewandte Forschung gestellt. Utilitarismus ist nicht der Forschungsantrieb. „Der Gesichtskreis dessen verengert sich, der alles nur in Beziehung auf körperliche Bedürfnisse betrachtet“ (Biologie, 1802), konstatiert der Biologe Gottfried Reinhold Treviranus (1776-1837).

Als entscheidend gelten Wissbegierde und Naturbegeisterung. „Neugierigkeit hat der Naturlehre ihren Ursprung gegeben“, stellt der Naturforscher und Mediziner Johann Gottlob Krüger (1715-1759) fest. (Naturlehre, 1740). Der Astronom Jean-Sylvain Bailly (1736-1793) spricht von der „*amour de la science*“. (Histoire de l'astronomie moderne, 1779-82). Isaac Newton (1643-1727) muss einen Freund bitten, die Berechnungen zur Erklärung der Gravitation der Planeten zu Ende zu führen, da ihn die Erregung über die Übereinstimmung mit sei-



nen 16 Jahre zurückliegenden Vermutungen, wie der Botaniker Hugo v. Mohl (1805-1872) zustimmend berichtet, zu sehr übermannte. (Rede zur Eröffnung der naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Tübingen, 1863). Den Genuss der Naturerkenntnisse stellt der Geologe Bernhard Georg von Cotta (1808-1879) über alle „tiefen Blicke in religiöse oder sociale Zustände der Menschen“. (Briefe über Alexander von Humboldt's Kosmos, 1848).

2. Objektivität – Sachlichkeit

Auf Objektivität und Sachlichkeit soll in den Naturwissenschaften in keinem Fall verzichtet werden können. Subjektive Aspekte, persönliche Motive, finanzielle Aussichten, gesellschaftliche Gesichtspunkte, sollen in der Forschung keine Rolle spielen. Die Entwicklung der Naturwissenschaften führt Liebig auf die Entstehung einer Gesellschaftsklasse zurück, „die ihre Kräfte der Pflege des geistigen Gebietes mit Ausschluß eines jeden anderen Zweckes zuwendet“. (Die Entwicklung der Ideen in der Naturwissenschaft, 1866).

Wissenschaftliche Objektivität heißt Theorie und Abstraktion. Der Bogen kann von der empirischen Beschreibung bis zur philosophischen Begründung geschlagen werden. In diesem umfassenden Sinn bestimmt der Chemiker Johann Bartholomäus Trommsdorff (1770-1837) den Aufbau der Chemie: „Die Gegenstände der Chemie sind alle Dinge der Sinnenwelt; ihre Grundlage ist Erfahrung, zu der gelangt sie durch Beobachtungen und Versuche; aus diesen bildet sie durch Induktion und nach Analogien allgemeinere Schlüsse, und daraus leitet sie eine Theorie her, welche die Fakta zu einem wissenschaftlichen Ganzen verbindet“. (Systematisches Handbuch der gesamten Chemie, 1800).

Gefühle dürfen zur Forschung zwar antreiben, sollen auf die Erkenntnisse selbst aber keinen Einfluss ausüben. Hervorgehoben wird eine spezifische Art der Passivität oder subjektiven Objektivität, der unvoreingenommenen Aufnahme von Daten über Beobachtungen und Experimente. Notwendig ist eine besondere Verbindung von Engagement und Distanz. Albrecht von Haller (1708-1777), der den unvermeidbaren Tod zahlreicher Frösche bei seinen physiologischen Forschungen beklagt, soll zugleich das Talent besessen haben, „ruhig und kalt die natürlichen Dinge zu beobachten“.

3. Ehrlichkeit, Bescheidenheit und Selbstkritik

Die psychologischen Haltungen oder Tugenden der Ehrlichkeit, Bescheidenheit und vor allem der Selbstkritik werden unmittelbar mit Objektivität und Sachlichkeit in einen Zusammenhang gebracht. Als Gefahren für die Erforschung der Natur gelten dagegen Voreiligkeit, Ehrgeiz, Eitelkeit, Streitsucht. Plagiat und Betrug, zu denen es in der Geschichte der Naturwissenschaften immer wieder kommt, können die bedauerlichen Folgen sein.

Konkurrenz, Bedürfnis nach Anerkennung, Stolz sollen aber ebenso dem Fortschritt dienen können. Dem Botaniker Luca Ghini (um 1490-1556) wird von seinem Schüler Anguillara (1515-1570) vorgeworfen, die Natur übertreffen und Pflanzen entwickelt haben zu wollen, als wäre er ihr Erfinder. Galileo Galilei (1564-1642) beobachtet bei sich den Ehrgeiz, Naturerkenntnisse „zuerst und allein“ zu gewinnen. (Dialog über die beiden hauptsächlichsten Welt-systeme, 1632). Ehre hat nach Jean Senebier (1742-1809) „das Genie, das sie genießen wollte, fruchtbar gemacht“. (Die Kunst zu beobachten, 1776). Sie hat zu Forschungen angetrieben und Beobachtungen und Entdeckungen hervorgebracht.

4. Freiheit - Notwendigkeit

Keine Autoritäten sollen in den Naturwissenschaften anerkannt werden; frei und ohne Zwang soll geforscht werden können. Der Fortschritt gilt als notwendig, offen, grenzenlos und nur begrenzt steuerbar. Der Astronom Tycho Brahe (1546-1601) fordert eine „freie Naturwissenschaft“ und erklärt den Naturforscher zum „Bürger der Welt“, für den politische Verhältnisse und Ländergrenzen keine Bedeutung besitzen dürfen. (Description of his instruments and scientific work, 1598, engl. 1946). Der Naturwissenschaftler ist für den Physiker John Tyndall



(1820-1893) „nur durch seine eigenen Fähigkeiten und auch die Gesetze der Materie und Kraft beschränkt“. (Die Wärme betrachtet als eine Art der Bewegung, 1871). Sein und Bewusstsein sind die Basis und der Rahmen des Fortschritts.

Zugleich werden, worüber es in der Zeit zu weit beachteten Kontroversen kommt, Selbstbeschränkung gefordert und Erkenntnisgrenzen anerkannt. Beispielhaft für das Spektrum an Auffassungen im 19. Jahrhundert sind Emil Du Bois-Reymonds theoretische Grenzziehung der Erkennbarkeit der Beziehung von Materie und Bewusstsein sowie von Stoff und Kraft („ignoramus-ignorabimus“, Über die Grenzen des Naturerkennens, 1872) und Rudolph Virchows (1821-1902) wissenschaftspolitische Aufforderung zur Selbstbeschränkung der Naturwissenschaftler bei der Verbreitung noch nicht vollständig bewiesener Theorien („restringamur“, Die Freiheit der Wissenschaft im modernen Staatsleben, 1877), um nicht von der Politik oder vom Staat beschränkt zu werden. Von Ernst Haeckel (1834-1919) werden dagegen diese grenzziehenden Positionen entschieden abgelehnt und für unmoralisch erklärt; er setzt ihnen eine emphatische Fortschrittsdevise („impavidi progrediamur“, Über die heutige Entwicklungslehre, 1877) entgegen.

5. Genialität - Nüchternheit - Fleiß

Emotionalität und Rationalität oder „ingenium“ und „iudicium“ sollen in den Naturwissenschaften gleichermaßen notwendig sein, sie müssen sich ergänzen wie ebenfalls Genialität und Fleiß („instinct du génie“ und „instinct laborieux“) oder Phantasie und Beobachtungsgabe. Die Beschäftigung mit der Natur verleiht dem Menschen nach Haller eine innere Ruhe, schützt ihn vor der Gefahr, an dem „verzehrenden Feuer unseres Geistes“ zugrunde zu gehen. (Brief an Johann Georg Zimmermann, 30.11.1754).

Wiederholt wird an die Bedeutung des Zufalls für neue Erkenntnisse und insgesamt für den Fortschritt erinnert. Im Zufall wird aber nicht eine Gefahr, sondern auch eine Chance und eine Garantie der weiteren Entwicklung gesehen. Erst der wahre Forscher nutzt nach dem Mathematiker Abraham Gotthelf Kästner (1719-1800) den Zufall aus, Begebenheit und Beobachter seien immanent aufeinander bezogen. (Über den Anteil des Zufalls an den Erfindungen, 1768). Der Fortschritt soll weitgehend nicht geplant und nicht prognostiziert werden können.

6. Detailinteresse - Allgemeinsinn

Neben spezifischen Kenntnissen und Methoden wird im Verlaufe der Neuzeit wiederholt von den Naturforschern verlangt, allgemeine Zusammenhänge nicht zu vernachlässigen, sich nicht nur auf einen Bereich zu begrenzen, zwischen Detail und Systematik einen Ausgleich zu finden, auch zu anderen Wissenschaften eine Verbindung herzustellen, historische Voraussetzungen ebenfalls in den rezenten Forschungen zu beachten sowie Kontakte zu den Künsten und der Literatur anzuknüpfen und zu pflegen. Zugleich sind die Auffassungen in dieser Hinsicht, aus denen sich auch Konsequenzen für die Bildungskonzepte und Universitätsentwürfe ergeben, keineswegs einheitlich.

Die romantischen Naturforscher wollen Naturwissen und Geisteswissen, soziale Welt und Kunst und damit die Fundamentaldimensionen der Bildung wieder miteinander verbinden. Das Begreifen der äußeren Harmonie der Natur wird den Menschen nach dem Physiker Johann Wilhelm Ritter (1776-1810) zum Erleben der eigenen inneren Harmonie führen. (Die Physik als Kunst, 1806). Haller, Kästner und Lichtenberg verfassen Gedichte und Epigramme, Carl Gustav Carus malt.

Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794) wie Hermann v. Helmholtz erklären dagegen historische Kenntnisse für die Naturforschung und ihren Progress für unwichtig, Charles Darwin (1809-1882) verliert im Verlauf des Lebens, wie er in seiner Autobiographie mit Bedauern berichtet, das Interesse an Musik und Malerei, fühlt sich von Shakespeare angeödet („intolerably dull“, Autobiography, 1887). Werner Heisenberg (1801-1976), dem viele Naturwissenschaftler zur Seite gestellt werden können, hält dagegen humanistische Bildung auch



für die Naturwissenschaften für sinnvoll; ihn habe jedenfalls die Beschäftigung mit der griechischen Philosophie – vor allem mit Platons Timaios – entscheidend angeregt; ohne Zweifel sei auch Planck (1858-1947) durch die „humanistische Schule beeinflusst und befruchtet worden“. (Das Naturbild der heutigen Physik, 1956). Albert Einstein (1879-1955) hält den Glauben an eine vernünftige und der menschlichen Vernunft zugängliche Natur für entscheidend; wo dieser Glaube fehle, arte Naturwissenschaft in „geistlose Empirie“ aus. (Brief an Maurice Solovine, 1.1.1951).

3.3 Ausblick

Naturwissenschaftliche Einstellungen und Haltungen sind zentrale Themen im Selbstverständnis und Verhalten der Naturwissenschaftler in den Jahrhunderten der Neuzeit. Den von Gerhard Schaefer in dieser Ergänzung zur Denkschrift aufgeführten und erläuterten acht naturwissenschaftlichen Haltungen kann auch in den Ausführungen der Naturwissenschaftler der Vergangenheit begegnet werden, naturgemäß mit anderen Ausdrücken und anderem begrifflichen Verständnis.

Unterschiede zeigen sich in den verschiedenen Naturwissenschaften wie auch bei den einzelnen Naturforschern, weniger aber in den verschiedenen Wissenschaftsländern. Bei allen spezifischen Akzentuierungen in den Disziplinen und historischen Epochen gibt es zugleich durchgängige und wesentliche Übereinstimmungen: reine Erkenntnis, Naturbegeisterung, Objektivität und Empirie, Rationalität und theoretische Abstraktion, Ehrlichkeit, Freiheit, Genialität, Genauigkeit gehören zu ihnen.

Interesse verdienen Vergleiche mit geisteswissenschaftlichen und künstlerischen Haltungen sowie mit dem Bild des Naturwissenschaftlers in der Öffentlichkeit im Verlauf der Neuzeit. Sinnvoll sind auch Untersuchungen über die Genese und die Veränderungen dieser Einstellungen und Haltungen in der Lebensentwicklung der einzelnen Wissenschaftler, des weiteren Analysen ihrer konkreten Funktion für den naturwissenschaftlichen Fortschritt, das heißt mit anderen Worten – um noch einmal an den Anfang dieses Beitrages zurückzukehren – Studien über den Zusammenhang von Kenntnissen, Fertigkeiten, Einstellungen, Haltungen und Verhalten bei Naturwissenschaftlern der Vergangenheit und Gegenwart.

Literatur

- Autrum, Hansjochem (Hrsg): Von der Naturforschung zur Naturwissenschaft. Vorträge, gehalten auf Versammlungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte 1822-1958, Berlin 1987.
- Engelhardt, Dietrich v.: Historisches Bewusstsein in der Naturwissenschaft von der Aufklärung bis zum Positivismus, Freiburg i.Br. 1979.
- ders. (Hrsg): Forschung und Fortschritt. Festschrift zum 175jährigen Jubiläum der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, Stuttgart 1997.
- Jessen, Jens: Bibliographie der Autobiographien, Bd. 3: Selbstzeugnisse, Erinnerungen, Tagebücher und Briefe deutscher Mathematiker, Naturwissenschaftler und Techniker, München 1989.
- Schaefer, Gerhard: Die „naturwissenschaftliche Grundhaltung“ bei Jugendlichen. Eine vergleichend deutsch-japanische empirische Studie. Vortrag in einem bildungspolitischen Mittagssymposium auf der GDNA-Jahresversammlung Bremen 2006. Tagungsband 2007.
- Schipperges, Heinrich: Weltbild und Wissenschaft. Eröffnungsreden zu den Naturforscherversammlungen 1822-1972, Hildesheim 1976.
- Snow, Charles P.: Die zwei Kulturen, a.d. Engl. (1959/63), Stuttgart 1967.
- Youmans, Edward (Hrsg): Modern culture. Its true aims and requirements, London 1867.



4. Der kognitive Teil des Bildungsbaums: Strukturierung und Hierarchisierung von *Grundbegriffen*

Gerhard Schaefer

4.1 Einleitung und theoretische Begründung

Seit Erscheinen der Denkschrift im Jahre 2002 ist immer wieder von Bildungsfachleuten die von uns angestrebte Reduzierung der Stoff-Fülle begrüßt worden, die von dem unglaublichen Umfang von insgesamt ca. 10.000 Einzelbegriffen in den Registern der Schulbücher der drei naturwissenschaftlichen Fächer auf knapp 500 *Grundbegriffe* hinunterführte, die nun – das war unser Ziel – *vertieft* behandelt werden sollen. Dabei waren sich alle Kommissionsmitglieder darüber einig, dass nur diese Grundbegriffe ein tragendes und auch dauerhaftes Fundament naturwissenschaftlicher Bildung sein können, weil sie ja das ganze Leben hindurch immer wieder in wechselnden Kontexten abgerufen und gebraucht werden und sich dadurch besonders stabil im Gedächtnis verankern.

Detailwissen dagegen ist stark situationsabhängig, wird – außer in speziellen Fachgebieten, wo es ständig gebraucht wird – leichter wieder vergessen und muss daher in einem Konzept von Allgemeinbildung hinter einer vertieften Behandlung von Grundwissen zurückstehen.

Die in Zonen 1 bis 6 der Rosettenfigur gesammelten Grundbegriffe und -fertigkeiten sind ein erster Schritt auf diesem Wege. Allerdings stehen sie bisher nur, alphabetisch geordnet, gleichwertig neben- bzw. untereinander. Es fehlt noch eine Gewichtung und Hierarchisierung nach bildungspolitischen oder auch fachsystematischen Kriterien.

Zwar sind die ausgewählten Grundbegriffe und -fertigkeiten schon das Ergebnis einer ersten Gewichtung nach dem Kriterium „Allgemeinbildung“ (s. Wittenberger Initiative 2000, S.10 f.), und auch die Auswahl von *Themenkreisen* der Denkschrift, in denen dann diese Grundbegriffe verwendet werden, ist nach dem gleichen Prinzip erfolgt (s. Erläuterungen G. Berg auf S.33/34), aber es bedarf doch noch einer weitergehenden Gewichtung der Inhalte nach pädagogischen Gesichtspunkten und damit einer weiteren Reduzierung ihrer Zahl auf ganz wenige, wirklich fundamentale Begriffe und Fertigkeiten, auf die es letztlich ankommt, wenn wir von „Allgemeinbildung“ reden wollen (s. den Hinweis a Campo auf S. 121: „etwa 20 - 30 pro Fach“).

Schließlich wird jeder unbefangene Betrachter feststellen, dass die in der Denkschrift gesammelten Grundbegriffe und -fertigkeiten nicht gleichwertig sind. Es erhebt sich daher die Frage (sie ist auch von Lesern gestellt worden), welche den höchsten Rang genießen und daher im Unterricht mit größtem Tiefgang behandelt werden müssten.

Dieser zweite Schritt soll nun für die drei Fächer Physik, Chemie und Biologie nachgeholt werden, indem einerseits die Elemente der Zonen 1 bis 5 der Rosette (die fachübergreifenden Begriffe und Fertigkeiten) auf ihre abgestufte Bedeutung für Allgemeinbildung als auch auf ihren fachlichen Wert hin geprüft, andererseits die Grundbegriffe der fachspezifischen Zonen 6 bis 8 einer fachinternen Gewichtung innerhalb der Sachstruktur unterzogen werden. Gerade die Inhalte dieser Außenzonen bedürfen noch einer naturwissenschafts-internen Gewichtung im Hinblick auf Lehrplangestaltung und Unterrichtspraxis.

Außerdem hat sich die GDNÄ-Kommission entschlossen, im Hinblick auf die zur Zeit gültige EPA-Praxis (EPA = Einheitliche Prüfungsanforderungen für die Abiturprüfung, 2003) mit ihrer Akzentsetzung auf wenige herausragende naturwissenschaftliche Begriffe (sogenannte „Basiskonzepte“) die von uns gewichteten Grundbegriffe auf die EPA-Konzepte hin zuzuordnen und letztere in unseren Kalkül mit einzubeziehen. Das wird Schulpraktikern die Arbeit mit den im Folgenden dargestellten GDNÄ-Begriffstabellen vermutlich erleichtern.

Der Bezug zu EPA-Begriffen heißt allerdings nicht, dass unser Ansatz von Allgemeinbildung nur deduktiv vom Abitur her verstanden würde. Eine angemessene Altersstufen-Gliederung, sowie auch der Bezug zu speziellen Anwendungsbereichen im täglichen Leben, sind bei der Ausarbeitung der



„Themenkreise“ bereits in der Denkschrift vorgenommen worden (S.33-98). Dabei wird dann auch deutlich, welches Wissens- und Fertigkeiten-Niveau sich die Kommission auf 3 Alters- bzw. Leistungsstufen vorstellt. Lediglich die 3. Stufe ist als „Abitur-Stufe“ gedacht. Die Quervernetzung mit den Basiskonzepten der EPA erlaubt jedoch, die Sachstruktur eines Faches auf allen Altersstufen und für alle Außenstehenden (Politiker, Eltern) besser sichtbar zu machen.

Zur Gewichtung und damit Hierarchisierung der *fachspezifischen* Grundbegriffe von Zonen 6 bis 8 hat die Bildungskommission 3 verschiedene Ansätze verglichen und im Hinblick auf ihre Funktion für das Verständnis der Sachstruktur des betr. Faches bewertet:

- I) Erneute Gewichtung, wie bisher, nach dem *Allgemeinbildungs-Prinzip* (mit 4 Bewertungskategorien, s. Wittenberger Initiative S. 36 f.);
- II) Gewichtung nach dem *Kompetenzen-Ansatz* (12 allgemeinbildende Kompetenzen, S.12 u.115/116 der Denkschrift sowie besonders S.42 f. Wittenberger Initiative);
- III) Gewichtung nach dem *Vernetzungsgrad* der Begriffe (S.49 f. der Wittenberger Initiative).

Da Ansatz I bereits im ersten Schritt bei der Auswahl der ca. 500 Grundbegriffe und -fertigkeiten verwendet wurde, würde seine erneute Anwendung die Gefahr einer Einseitigkeit des entstehenden Begriffssystems mit sich bringen. Die Kommission hat sich daher entschlossen, in der jetzigen Phase Verfahren III zu wählen, da dieses die inhaltliche Quervernetzung der Begriffe mit allen anderen feststellt. Die innerfachliche wie auch fachübergreifende Potenz der Begriffe, ihre „sachliche Erschließungsmächtigkeit“, schien der Kommission ein angemessenes Kriterium für ihre Gewichtung.

Der „Vernetzungsgrad“ gibt an, wie viel Prozent der maximal möglichen Quervernetzungen eines Begriffes zu allen anderen Begriffen der Denkschrift (fachintern bzw. fachübergreifend) er aufgrund deutlich erkennbarer sachlicher Bezüge erreicht. Es liegt nahe, dass dieser Wert bei übergreifenden Prinzipien und Oberbegriffen höher liegt als bei Detailbegriffen auf unterer Ebene. Entsprechend kommt ihnen nach diesem Verfahren ein höherer Bildungswert zu.

Die in der Wittenberger Initiative errechneten Vernetzungsgrade der Begriffe (dort Tabellen 18a-c) werden hier noch einmal in anderer Anordnung dargestellt (Tab. E 2). Die Tabelle wurde vor allem bei der Gewichtung *fachspezifischer* Grundbegriffe zu Hilfe genommen (s. folgende Kapitel, Tabellen E 3 – E 5).

Es liegt nahe, dass der Vernetzungsgrad von Grundbegriffen nicht nur mit steigender Höhe im Begriffsgebäude, d.h. steigender Abstraktion, sondern auch mit zunehmender Komplexität der Fachinhalte wächst. Daher nimmt er von Physik über Chemie bis zur Biologie hin zu. Eine Gleichbehandlung der Fächer aufgrund des Vernetzungsgrades allein (d.h. seines Absolutwertes) ist also nicht vertretbar. Die Biologie würde dabei mit ihren bis auf über 60% vernetzten Grundbegriffen zu hoch platziert. Daher wird jeweils eine *fachinterne* Dreistufung vorgenommen, indem der in dem jeweiligen Fach festgestellte maximale Vernetzungsspielraum in drei angemessene Stufen eingeteilt wird.

So ergibt sich eine plausible Hierarchisierung der *fachspezifischen* Grundbegriffe der Denkschrift nach folgendem Muster (Tab. E 1):

Tab. E 1: Dreistufung der Vernetzungsgrade fachspezifischer Grundbegriffe in den Fächern zwecks vergleichbarer Gewichtung nach Rängen

↓ Stufe	Fach →	Physik	Chemie	Biologie
1. Stufe (hoher Rang)		> 30 %	> 40 %	> 60 %
(in der 1. Stufe sind die EPA-Begriffe mit enthalten)				
2. Stufe (mittlerer Rang)		20 – 30 %	30 – 40 %	40 – 60 %
3. Stufe (unterer Rang)		< 20 %	< 30 %	< 40 %



Tab. E. 2: Rangordnung naturwissenschaftlicher Grundbegriffe nach Verfahren 3: Grad der Quervernetzung

Physik: Zone 6 vernetzt mit.....		Chemie: Zone 7 vernetzt mit.....		Biologie: Zone 8 vernetzt mit.....	
Rang	sich selbst (fachinterne Quervernetzung)	Zonen 1, 2 und 6 (Mittelwert)	Rang	sich selbst (fachinterne Quervernetzung)	Zonen 1, 2, 3 und 7 (Mittelwert)
1	Universum Urknall Galaxis Himmelskörper Kernumwandlung Antiteilchen	Universum Urknall Galaxis Himmelskörper Stromkreis Kernkraft Kernumwandlung Wärmekeftmaschine	1	Alkali-/Erdalkalimetall Analyse(chem.) chemische Bindung chemische Reaktion chemietechn. Verfahren Nukleo-/Elektrophilie	Analyse (chem.) chemische Bindung chemische Gleichung chemische Reaktion chem. Gleichgewicht chemietechn. Verfahren Nichtmetall
>30 %			>40 %		
2	elektromagnet. Spektrum Gammastrahlen Relativitätstheorie Energie/Masse-Äquivalenz Lichtgeschwindigkeit Ruheenergie Elementarladung Elektromotor Impuls Generator Wechselstrom Newton'sche Axiome	elektromagnet. Induktion Spektrum Gammastrahlen Relativitätstheorie Energie/Masse-Äquivalenz Antiteilchen Massendefekt Lichtgeschwindigkeit Unbestimmtheitsrelation Laser optische Streuung Ruheenergie Elementarladung Elektromotor Magnetismus (Ferro-) Kraft i.M. Impuls Generator Wechselstrom Kapazität Ohmsches Gesetz Newton'sche Axiome Vorform energie helio-/geozentr. Weltbild Keplersche Gesetze Satellit Strahlengang	2	chemische Gleichung ionische Bindung koordinative Bindung Elektronenaktivität Metall Nichtmetall Oxidationszahl Halogen-/id Hydroxid Carbonylverbindung Alkan Alken Alkin Aldehyd Amin	ionische Bindung kovalente Bindung Stoichiometrie Metall Alkali-/Erdalkalimetall Elektronenaktivität Lösung Verhältnisformel Halogen-/id Hydroxid
20 – 30 %			30 – 40 %		
3	Bremsweg Luftdruck Verformungsenergie Wärmeisoliert. Wärmekraftmaschine Kraft Wärme-Kopplung Stromkreis Gleichstrom Ohmsches Gesetz Kapazität Magnetismus el.m. Induktion Kraft i.M. Magnetfeld drahtlose Telegraphie Kernkraft Energieniveau Quantenzahl lichtelektrischer Effekt geschwindigkeit abhängige Masse Zeitdilatation	Bremsweg Luftdruck Kraft-Wärme-Koppl. Gleichstrom drahtlose Telegraphie Energieniveau Quantenzahl lichtelektrischer Effekt geschwindigkeit abhängige Masse Zeitdilatation	3	kovalente Bindung Lösung chemisches Gleichgewicht Massenwirkungsgesetz Verhältnisformel Reinstoff Titration Spannungsreihe Korrosion Neutralisation Delokalisation Komplexverbindung Katalyse-lyikator Edelgas Erz Carbocyclus Heterocyclus Kondensation Phenol Chiralität Chromatographie Ether Keton Zwischenprodukt Extraktion Destillation	koord. Bindung Reinstoff Massenwirkungsgesetz Spannungsreihe Korrosion Neutralisation Delokalisation Titration Komplexverbindung Nukleo-/Elektrophilie Katalyse-lyikator Edelgas Erz Oxidationszahl Amin Alkan Alken Alkin Aldehyd Carbonylverbindung Keton Ether Zwischenprodukt Carbocyclus Heterocyclus Kondensation Phenol Chiralität Chromatographic Extraktion Destillation
<20 %			<30 %		
1	Ordnung/Chaos-Polarität Variabilität/Uniformität Pflanze(Typus) Tier(Typus) Mensch Zweckmäßigkeit	Anpassung/Beharrung, Selbst-/ Fremdsteuern(Aut.), Bewertung/Entwertung, Ordn./Chaos-Polarität Variabilität/Uniformität Evolution(biol.) Lebew(ing.) Fortpflanzung Vermehrung Zelle Mensch Organismus Wachstum Pflanze, Tier(Typ.) Zweckmäßigkeit	1	Adaptation/Beharrung, Selbst-/ Fremdsteuern(Aut.), Bewertung/Entwertung, Ordn./Chaos-Polarität Variabilität/Uniformität Evolution(biol.) Lebew(ing.) Fortpflanzung Vermehrung Zelle Mensch Organismus Wachstum Pflanze, Tier(Typ.) Zweckmäßigkeit	Anpassung/Beharrung Selbst-/ Fremdsteuern(Aut.) Bewertung/Entwertung, Ordn./Chaos-Polarität Variabilität/Uniformität Evolution(biol.) Lebew(ing.) Fortpflanzung Vermehrung Zelle Mensch Organismus Wachstum Pflanze, Tier(Typ.) Zweckmäßigkeit
>60%			>60%		
2	Abgrenzung/ Öffnung Anpassung/ Beharrung Selbst-/Fremdsteuern(Aut.) Ver-/Entflechtung (Komplexität) Inform. speicherung/-löschung Zeichen/ Bedeutung Verwandlung/ Konstanz Bewertung/ aktive Ruhe Bewegung/ aktive Ruhe Stoffwechsel Assimilation Dissimilation Photosynthese Energie(biol.) Destruent Produzent (biol.) Destruent Produzent Konsument Population Ökosystem Biosphäre Umwelt(bel.) Gleichgew. (biol.) Natur(belebt) Evolution Selektion Entwick. Lebew(ing.) Organismus Zelle Wachstum Vererb. Steuerung Rückkoppl.(biol.) Regulation	Abgrenzung/Öffnung Inform. speicherung/-löschung Zeichen/ Bedeutung Ver-/Entflechtung (Komplexität) Bewegung/ aktive Ruhe Stoffkreislauf Stoffwechsel Assimilation Photosynthese Energie(biol.) Destruent Produzent Parasitismus Symbiose Bakterium(Typ) Pilz(Typ) Art Population Entwicklung(org.) Periodik(Biorhyth) Umwelt(bel.) Gleichgewicht (biol.) Natur(bel.) Organ Gen Mutation Reaktionsnorm Fortpflanzung Vermehrung, Steuerung, Rückkopplung(biol.) Regulation Regelkreis	2	Abgrenzung/Öffnung Inform. speicherung/-löschung Zeichen/ Bedeutung Ver-/Entflechtung (Komplexität) Bewegung/ aktive Ruhe Stoffkreislauf Stoffwechsel Assimilation Photosynthese Energie(biol.) Destruent Produzent Parasitismus Symbiose Bakterium(Typ) Pilz(Typ) Art Population Entwicklung(org.) Periodik(Biorhyth) Umwelt(bel.) Gleichgewicht (biol.) Natur(bel.) Organ Gen Mutation Reaktionsnorm Fortpflanzung Vermehrung, Steuerung, Rückkopplung(biol.) Regulation Regelkreis	Abgrenzung/ Öffnung Anpassung/ Beharrung Selbst-/Fremdsteuern(Aut.) Ver-/Entflechtung (Komplexität) Inform. speicherung/-löschung Zeichen/ Bedeutung Verwandlung/ Konstanz Bewertung/ aktive Ruhe Bewegung/ aktive Ruhe Stoffwechsel Assimilation Dissimilation Photosynthese Energie(biol.) Destruent Produzent (biol.) Destruent Produzent Konsument Population Ökosystem Biosphäre Umwelt(bel.) Gleichgew. (biol.) Natur(belebt) Evolution Selektion Entwick. Lebew(ing.) Organismus Zelle Wachstum Vererb. Steuerung Rückkoppl.(biol.) Regulation
<40 %			<40 %		
3	Dissimilation Enzym Hormon Gewebe Organsysteme Konsument Probiotest(Synökie) Parasitismus Symbiose Nahrungsnetz- kette Stoffkreislauf Tod (org.) Periodik(Biorhyth) Isolation(evol) Rekombination Modifikation Generation Fossil Polarität (biol.) Immunreaktion Retz-barkeit Virus (Typus)	koord. Bindung Reinstoff Massenwirkungsgesetz Spannungsreihe Korrosion Neutralisation Delokalisation Titration Komplexverbindung Nukleo-/Elektrophilie Katalyse-lyikator Edelgas Erz Oxidationszahl Amin Alkan Alken Alkin Aldehyd Carbonylverbindung Keton Ether Zwischenprodukt Carbocyclus Heterocyclus Kondensation Phenol Chiralität Chromatographic Extraktion Destillation	3	Dissimilation Enzym Hormon Gewebe Organsysteme Konsument Probiotest(Synökie) Nahrungsnetz- kette Stoffkreislauf Tod (org.) Periodik(Biorhyth) Isolation(evol) Rekombination Modifikation Generation Fossil Polarität (biol.) Immunreaktion Retz-barkeit Virus (Typus)	Dissimilation Enzym Hormon Gewebe Organsysteme Konsument Probiotest(Synökie) Nahrungsnetz- kette Stoffkreislauf Tod (org.) Periodik(Biorhyth) Isolation(evol) Rekombination Modifikation Generation Fossil Polarität (biol.) Immunreaktion Retz-barkeit Virus (Typus)
<40 %			<40 %		



4.2 Strukturierte Grundbegriffe für das Fach Physik

Gunnar Berg und Gerhard Schaefer

Tab. E 3

EPA- „Basis- Konzepte“	Rang 1		Rang 2		Rang 3	
	aus Zone 2	aus Zone 6	aus Zone 2	aus Zone 6	aus Zone 2	aus Zone 6
Felder	Coulomb- kraft Gravitation Ladung			elektromagneti- sche Induktion Kernkraft (=starke Kraft) Magnetismus (Ferro-) Kraft i. Magnetfeld		Stromkreis Kapazität
Wellen	Licht		Amplitude Frequenz Photon	Lichtgeschwin- digkeit elektromagneti- sches Spektrum Gammastrahlen Strahlengang Laser		drahtlose Telegraphie optische Streuung
Quanten		Antiteilchen		Elementarladung Unbestimmtheits- relation		Quantenzahl lichtelektri- scher Effekt Energieniveau
Materie	Energie Masse Kraft Trägheits- kraft Wärme- menge	Relativitäts- theorie Galaxis Universum Himmels- körper Urknall Kernumwand- lung		Impuls, Stoß geschwindigk.- abhängige Masse Ruheenergie Energie-Masse- Beziehung Massendefekt helio-/geozentri- sches Weltbild Newtonsche Axiome Verformungs- energie	Dichte Geschwin- digkeit Beschleu- nigung	Zeitdilata- tion Keplersche Gesetze Satellit Luftdruck Wärme- isolierung Kraft-Wärme- Kopplung Wärmekraft- maschine
weitere wichtige Grundbe- griffe aus Zone 2	Größe Länge Zeit Leistung Invarianz Linearität / Nichtlinearität					
Summe:	15	7	4	20	3	14

Mit den 4 EPA-Begriffen zusammen **26 Grundbegriffe vom 1.Rang** und insgesamt **67 herausgehobene Grundbegriffe** für das Schulfach Physik, einschließlich *fachübergreifender* Grundbegriffe aus Zone 2, zu denen dieses Fach einen wesentlichen Beitrag leistet.



Anmerkungen zur Begriffstabelle Physik

Wie schon aus Abb.3 der „Wittenberger Initiative“ (Schaefer et al. 2000) zu entnehmen war, ist ein Großteil der in Zone 2 der GDNÄ-Begriffsrosette platzierten naturwissenschafts-allgemeinen Grundbegriffe *physikalischer* Art, so dass es nicht verwundert, in Rang 1 der obigen Tabelle nun eine größere Anzahl aus Zone 2 als aus Zone 6 (den fachspezifischen Grundbegriffen) zu finden. Dazu kommen dann noch die vier „Basiskonzepte“ der EPA.

Dies entspricht auch dem Selbstverständnis der Physik, innerhalb der Naturwissenschaften die „Fundamentalwissenschaft“ zu sein, die sich sowohl mit den *substantiellen* Grundlagen des naturwissenschaftlichen Weltbildes befasst (Materie, Quanten, Felder, Wellen, Ladung, Energie, Masse, Kräfte) als auch mit seinen *methodischen* Grundlagen (Größe, Länge, Zeit, Invarianz, Linearität/Nichtlinearität).

Wegen dieser zweiten fundamentalen Rolle der Physik wurden in die obige Tabelle über die EPA-Begriffe hinaus auch die genannten Grundbegriffe naturwissenschaftlicher Methodik mit aufgenommen (untere Zeile links), da die Verfasser der Meinung waren, dass unter der GDNÄ-Perspektive „Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften“ diese methodische Seite eine besondere Rolle im Unterricht spielen muss.

Aus Zone 6, den fachspezifischen Grundbegriffen, sind nur solche mit hohem Vernetzungsgrad (s. Einleitung zu diesem Kapitel) und mit einer fundamentalen Bedeutung für ein umfassendes Weltverständnis (Begriffe des Mikrokosmos, z.B. Kernumwandlung, wie auch des Makrokosmos, z.B. Relativitätstheorie, Galaxis, Urknall) in Rang 1 der Grundbegriffe eingestuft worden.

Mit den vier EPA-Begriffen zusammen sollten folglich nach Auffassung der GDNÄ-Bildungskommission 26 Begriffe an erster Stelle eines physikalischen Wissens stehen, das Anspruch auf Allgemeinbildung erheben will. Sie sind die „*conditio sine qua non*“ einer wirklichen *Allgemeinbildung* (siehe die im Beitrag a Campo erwähnten 20 – 30 „wirklich wichtigsten Grundbegriffe pro Fach“).

Das bedeutet natürlich nicht, dass ein Physikunterricht auf diese 26 Begriffe zusammenschrumpfen sollte, und ganz besonders bedeutet es nicht eine zeitliche Kürzung dieses Unterrichts! Die von der GDNÄ-Kommission hier vorgenommene Reduzierung der Stoff-Fülle auf 67 „herausgehobene Grundbegriffe“, und unter ihnen insbesondere auf 26 Grundbegriffe von 1.Rang, erfolgte im Hinblick auf ein *vertieftes Verständnis* dieser Begriffe. Dieses kostet aber erhebliche Unterrichtszeit, so dass die Stundenzahlen für Physik keinesfalls gekürzt, sondern nach Vorstellung der Kommission nur *inhaltlich umgestaltet* werden sollten.

Dass zum Verständnis der Grundbegriffe von Rang 1 weitere flankierende bzw. konkretisierende Begriffe als „Unterbau“ notwendig sind, ist bei dem hohen Allgemeinheitsgrad der in diesem Rang gesammelten Grundbegriffe selbstverständlich. Solche flankierenden Begriffe sind in den Rängen 2 und 3 zu finden, in denen fachspezifische Grundbegriffe aus Zone 6 der GDNÄ-Rosette verständlicherweise zahlreicher vertreten sind.

Was nun natürlich folgen muss, ist die angestrebte „vertiefte Behandlung“ dieser Begriffe im Unterricht. Das heißt: vertieftes Verständnis 1. durch Oberbegriffszuordnungen, 2. durch philosophische Methodenreflexion, 3. durch vielfache Quervernetzung mit anderen Begriffen und 4. durch ihre Anwendung auf eine Fülle konkreter Lebenssituationen, so dass den Lernenden die Nützlichkeit dieser Begriffe offenbar wird.

Um eventuellen Missverständnissen vorzubeugen, sei am Schluss noch einmal darauf hingewiesen, dass mit dieser Begriffstafel nicht das grundlegende Wissens-Repertoire eines *Fachphysikers* umrissen werden soll, sondern es geht hier um die „physikalische Grundlage von Allgemeinbildung“ für Jedermann, d.h. um den in Bildungsdebatten immer wieder beschworenen „Physik-Unterricht für Nicht-Physiker“.



4.3 Strukturierte Grundbegriffe für das Fach Chemie

Hans-Josef Altenbach, Wolfgang Asselborn, Markus Kalesse, Sabine Thomas

Tab. E 4

EPA- „Basis- Konzepte“	Rang 1		Rang 2		Rang 3	
	aus Zone 2	aus Zone 7	aus Zone 2	aus Zone 7	aus Zone 2	aus Zone 7
Stoff- Teilchen- Konzept	(Stoff) Teilchen Atom Molekül Element	Reinstoff Gemisch (Z 3) chemische Reaktion Stoffkreis- lauf (Z 8,Bio)	Ion Elektron	Analyse Synthese (Z1)	Formel (chem.) Perioden- system Salz (Z 3) Polymer (Z 3) Spektroskopie (Z 5)	Metall Nichtmetall Komplex- verbindung chemietech- nische Ver- fahren
Struktur- Eigen- schafts- Konzept	Aggregat- zustand Löslichkeit chemische Bindung		Polarität (Z 1) (zwischenmo- lekulare) Wechsel- wirkung	Ionen- kovalente- Metall- bindung nukleophil elektrophil Neutralisa- tion	Isomerie (Z 3) Wasserstoff- brücke (Z 3) Dipol-Dipol- Wechselwir- kung	Van der Waals-Kraft
Donator- Akzeptor- Konzept	Azidität/ Basizität (Z 3) Oxidation/ Re- duktion (Z 3)				Reaktions- mechanismen (Z 3)	Spannungs- reihe
Energie- konzept	Enthalpie (Z 5) -GIBBSsche Freie -Reaktions-E. Entropie Aktivierungs- energie (Z 3)	Katalyse	Bindungs- energie (Z 3)		galvanisches Element (Z5) Elektrolyse Batterie (Z 5) Akkumulator (Z 5)	
Gleichge- wichts- konzept	Konzentration (Stoffmengen-)		Gleichge- wicht (-sbe- einflussung)	Massenwir- kungsgesetz		
weitere un- verzichtba- re Grund- begriffe	(chemische) Verbindung Stoffklasse Säure/Base Reversibilität/ Irreversibilität		Gitter Energieträger Stabilität		Trennverfahren Elementaranalyse Recycling molekularer Stoff Maßanalyse	
Summe:	20	5	9	9	18	6

Mitsamt der 5 zusätzlichen EPA-„Konzepte“ (genau: 8 Grundbegriffe) **30 bzw. 33 Grundbegriffe von Rang 1**, zusammen **75 herausgehobene Grundbegriffe**, einschl. *fachübergreifender* Grundbegriffe aus den Zonen 2, 3, 5 und 8, zu denen die Chemie einen wesentlichen Beitrag leistet.



Anmerkungen zur Begriffstabelle Chemie

Wissenschaftsmethodologische Begriffe wie „Modell“, „System“ oder „Hypothese“ sind in der Zusammenstellung bewusst weggelassen. Da diese Begriffe übergeordneter Natur sind, kommen sie nicht *expressis verbis* in den Basiskonzepten nach EPA vor. Methodologische Begriffe sind dagegen in der Tabelle der Physik enthalten (vgl. Anmerkungen auf S.135), die bzgl. der naturwissenschaftlichen Methodik als fundamental gelten kann.

Allerdings stehen mit den Begriffen "Teilchen", "Atom", "chemische Bindung", "Reaktionsmechanismus" etc. Modellvorstellungen in der Tabelle, ohne sie übergeordnet begriffsbildend zu nutzen.

Weiterhin sind die Bereiche Energetik und Gleichgewicht ohne ein allgemeines Systemverständnis nicht vorstellbar. Sehr allgemeine Begriffe wie „System“, die auf wissenschaftstheoretische, wissenschaftsethische oder naturphilosophische Fragestellungen verweisen, sind ebenfalls bewusst nicht aufgenommen. Beispiele: „Natur“, „Naturwissenschaft“, „Ökologie“. Zwar sind sie auch für Chemie als Wissenschaft und für die erzieherische Komponente in der Allgemeinbildung bedeutsam, sie können jedoch den EPA-Basiskonzepten des Faches nicht zugeordnet werden (kritische Anfrage an die EPA!). Diese Grundbegriffe werden ausführlich im Fach Biologie behandelt, das viel ausgeprägter ein „System-Fach“ ist als die Chemie.

Zum Verständnis chemischer Vorgänge wurden allgemeingültige Ordnungs- und Beobachtungskriterien verwendet, die sich in den „Basiskonzepten“ der EPA widerspiegeln. Die Chemie beschreibt und interpretiert Natur unter dem Blickwinkel der fünf genannten EPA-Konzepte. Diese haben, im Vergleich zur Biologie, eine andere Qualität: Sie sind weniger allgemein, weniger umfassend, dafür direkter auf Fachwissenschaft und Chemieunterricht bezogen. Entsprechend erscheinen die Basiskonzepte für Chemie in Rangordnung 1 als weniger abstrakt, verglichen mit der Biologie.

Ein Vorteil des Verzichts auf hochabstrakte Begriffe und Metabegriffe im Chemieunterricht ist die größere Praxistauglichkeit und Adressatengerechtigkeit eines solchen Unterrichts. Hier hat allerdings die Biologie den Vorteil, auch hochkomplexe Begriffe anschaulich an lebendigen Systemen darstellen zu können, die den Schülern vertraut sind.

Mit den fünf EPA-Konzepten zusammen stehen 30 bzw. 33 Grundbegriffe an erster Stelle eines chemischen Wissens, das Anspruch auf Allgemeinbildung erheben will. Sie sind die „*conditio sine qua non*“ einer wirklichen *Allgemeinbildung* (siehe die im Beitrag a Campo erwähnten 20 – 30 „wirklich wichtigsten Grundbegriffe pro Fach“).

Das bedeutet natürlich nicht, dass ein Chemieunterricht auf diese etwa 30 Begriffe zusammenschumpfen sollte, und ganz besonders bedeutet es nicht eine zeitliche Kürzung dieses Unterrichts! Die von der GDNÄ-Kommission hier vorgeschlagene Reduzierung der Stofffülle auf 75 „herausgehobene Grundbegriffe“, und unter ihnen insbesondere auf etwa 30 Grundbegriffe von 1.Rang, erfolgt im Hinblick auf ein *vertieftes Verständnis* dieser Begriffe. Dieses kostet aber erhebliche Unterrichtszeit, so dass die Stundenzahlen für Chemie keinesfalls gekürzt, sondern nur *inhaltlich umgestaltet* werden sollten.

Was nun folgen muss, ist die angestrebte „vertiefte Behandlung“ dieser Begriffe im Unterricht. Das heißt: 1. Oberbegriffszuordnungen, 2. philosophische Methodenreflexion, 3. vielfache Quervernetzung mit anderen Begriffen und 4. Anwendung auf eine Fülle konkreter Lebenssituationen, so dass den Lernenden die Nützlichkeit dieser Begriffe offenbar wird.

Der Bildungswert des Faches Chemie ist natürlich nicht allein in den Basiskonzepten der EPA und solchen (hochvernetzten) Fachbegriffen zu suchen, die ein allgemeines Weltverständnis ermöglichen, sondern wesentlich auch in der Variation der naturwissenschaftlichen *Methode*, die in diesem Fach auf Stoffe und Stoffumwandlungen konzentriert wird.

Um eventuellen Missverständnissen vorzubeugen, sei am Schluss noch einmal darauf hingewiesen, dass mit dieser Begriffstafel nicht das grundlegende Wissens-Repertoire eines *Fachchemikers* umrissen werden soll, sondern es geht hier um die „chemische Grundlage von Allgemeinbildung“ für Jedermann, d.h. um den in Bildungsdebatten immer wieder beschworenen „Chemie-Unterricht für Nicht-Chemiker“.



4.4 Strukturierte Grundbegriffe für das Fach Biologie

Jürgen Langlet und Gerhard Schaefer

Tab. E 5

EPA-„Basis-Konzepte“	Rang 1		Rang 2		Rang 3	
	aus Zonen 1 und 2	aus Zone 8	aus Zonen 1 und 2	aus Zone 8	aus Zonen 1 und 2	aus Zone 8
Struktur und Funktion	Leben Tod Chaos Ordnung System Struktur Funktion	Leben (org.) <i>Ordnung/</i> <i>Chaos-Polarität</i> negentropisches Prinzip Zweckmäßigkeit	Sinn, Korrelation Kausalität Linearität/ Nichtlin. Wechselwirkung	<i>Ver-/Entflechtung</i> Komplexitätsprinzip	Symmetrie	
Stoff- und Energieumwandlung	Stoff Energie im biol. Kontext	<i>Be-/Entwertung</i> Valuationsprinzip		Stoffkreislauf -wechsel Photo-synthese (Assim.) Destruent Produzent Parasitismus Symbiose		Dissimilation Enzym Hormon Konsument Probiose Nahrungsnetz/-kette Generation
Reproduktion		Wachstum		Art Gen Reaktionsnorm Fortpfl./Vermehrung		
Steuerung und Regelung	Rückkopplung	<i>Selbst-/Fremdsteuerung</i> Autonomieprinzip		<i>Bewegung/aktive Ruhe</i> Mobil.prinzip Regelung/R.kreis Gleichgewicht Periodik (biol.)	Determinismus Gesundheit/ Krankheit	
Variabilität und Anpasstheit		<i>Variabilität/Uniformität</i> Variabil.prinzip <i>Anpassung/Beharrung</i> Adaptationsprinzip	Wahrscheinlichkeit Zufall	Mutation Selektion <i>Verwandlung/</i> <i>Konservierung</i> metamorphot.Prinzip		Modifikation Rekombination Isolation(biol)
Geschichte und Verwandtschaft	Entwicklung Geschichte	Evolution biol. Mensch Tier Pflanze(Typen)	Zeit (naturwissenschaftl.)	Ökosystem Population Bakterium Pilz (Typen)	Kultur Verantwortung Ethik Konflikt Nachhaltigkeit	Biosphäre Virus (Typ) Fossil
Information u. Kommunikation	Sprache		Zeichen Bedeutung	<i>Zeichen/Bedeutung</i> semant.Prinzip. <i>Inform.speicherung/-löschung</i> Reproduktionsprinzip		Immunreaktion Reiz/-barkeit
Kompartimentierung		Zelle Organismus		<i>Abgrenzung/</i> <i>Öffnung</i> Abgrenzungsprinzip		Gewebe Organ/ -system
weitere wichtige Grundbegriffe (Z.1 u.2)	Reduktionismus Gegensatz, Polarität Natur, Umwelt (belebte)					
Summe:	20	14	10	27	8	19

Mit 4 zusätzlichen EPA-Begriffen **38 Grundbegriffe bzw. Polaritäten von Rang 1**, insgesamt **100 herausgehobene Grundbegriffe bzw. Polaritäten**, einschl. der fachübergreifenden Grundbegriffe aus Zonen 1 und 2, zu denen die Biologie einen besonderen Beitrag leistet.
Die 11 „Lebenspolaritäten“ – eigentlich jeweils 2 Begriffe – sind nur einfach gezählt und kursiv hervorgehoben.



Anmerkungen zur Begriffstabelle Biologie

Bei Vergleich der Begriffstabelle Biologie mit denen von Physik und Chemie fällt als erstes auf, dass die fachspezifischen Spalten aus Zone 8 deutlich voller besetzt sind als die fachübergreifenden aus Zonen 1 und 2. Diese schon aus der „Wittenberger Initiative“ 2000 bekannte Eigentümlichkeit beruht auf der Tatsache, dass biologische Grundbegriffe aufgrund der höheren Komplexität lebender Systeme viel stärker mit der Vielfalt biologischer Einzelercheinungen, d.h. mit den *Auswirkungen* naturwissenschaftlicher Grundgesetze befasst sind als mit diesen Gesetzen selbst, die mehr in den Bereich von Physik und Chemie gehören.

Daher ist einerseits auch in den EPA Biologie die Zahl der „Basiskonzepte“ deutlich höher als in den beiden anderen Fächern (8 gegenüber 4 in Physik und 5 in Chemie) und andererseits die in den linken Spalten (aus Zonen 1 und 2) genannten Grundbegriffe ($20+10+8 = 38$) weniger zahlreich als die in den rechten Spalten (aus Zone 8: $14+27+19 = 60$).

Dennoch – auch in der Biologie-Tabelle kommen in den linken Spalten Grundbegriffe von herausragender allgemein-wissenschaftlicher Bedeutung vor wie Chaos, Ordnung, System, Struktur, Determinismus, Zufall bis hin zu Geschichte, Sprache, Sinn, Kultur, Ethik, die allerdings fast alle aus Zone 1 der GDNÄ-Rosette stammen und nicht aus Zone 2, in der Physik und Chemie ihren Schwerpunkt haben. Biologie weist eben einen stärkeren unmittelbaren Bezug zu anderen Bereichen der menschlichen Kultur außerhalb der Naturwissenschaften auf, da sie es mit „Leben“ in seiner ganzen Vielfalt zu tun hat.

Aufgrund dieser stärkeren Quervernetzung mit anderen, außernaturwissenschaftlichen Bereichen ist dann auch die Gesamtzahl der „herausgehobenen Grundbegriffe“ für das Schulfach Biologie mit 100 deutlich höher als für Chemie (75) oder Physik (67).

Eine solche Akzentverschiebung drückt sich besonders in der Formulierung von 11 übergreifenden „Lebenspolaritäten“ aus, die kursiv hervorgehoben sind. Einige Grundbegriffe, die diese Polaritäten konstituieren, treten auch schon in den EPA-Basiskonzepten vereinzelt bzw. verdeckt auf, z.B. „Struktur u. Funktion“ → negentropisches Prinzip; „Stoff- u. Energieumwandlung“ → metamorphotisches Prinzip; „Reproduktion“ → Reproduktionsprinzip; „Steuerung u. Regelung“ → Autonomieprinzip; „Variabilität u. Anpasstheit“ → Variabilitätsprinzip + Adaptationsprinzip; „Geschichte u. Verwandtschaft“ → metamorphotisches Prinzip; „Information u. Kommunikation“ → Reproduktionsprinzip + semantisches Prinzip; „Kompartimentierung“ → Begrenzungsprinzip.

Mit den 8 EPA-Konzepten (darin 4 zusätzliche Grundbegriffe, die über die GDNÄ-Rosette hinausgehen) stehen folglich zusammen 38 Grundbegriffe bzw. Polaritäten an erster Stelle eines biologischen Wissens, das Anspruch auf Allgemeinbildung erheben will. Sie sind die „*conditio sine qua non*“ einer wirklichen *Allgemeinbildung* (siehe die im Beitrag a Campo auf S. 121 erwähnten 20 – 30 „wirklich wichtigsten Grundbegriffe pro Fach“).

Das bedeutet natürlich nicht, dass ein Biologieunterricht auf diese 38 Begriffe zusammenschumpfen sollte, und ganz besonders bedeutet es nicht eine zeitliche Kürzung dieses Unterrichts! Die hier vorgenommene Reduzierung der Stoff-Fülle auf 100 „herausgehobene Grundbegriffe“, und unter ihnen auf 38 Grundbegriffe von erstem Rang, erfolgt im Hinblick auf ein *vertieftes Verständnis* dieser Begriffe. Dieses kostet aber erhebliche Unterrichtszeit, so dass die Stundenzahlen für Biologie keinesfalls gekürzt, sondern nach Vorstellung der GDNÄ-Kommission nur *inhaltlich umgestaltet* werden sollten.

Was nun folgen muss, ist die angestrebte „vertiefte Behandlung“ dieser Begriffe im Unterricht. Das heißt: 1. Oberbegriffszuordnungen, 2. philosophische Methodenreflexion, 3. vielfache Quervernetzung mit anderen Begriffen und 4. Anwendung auf eine Fülle konkreter Lebenssituationen, so dass den Lernenden die Nützlichkeit dieser Begriffe offenbar wird.

Um eventuellen Missverständnissen vorzubeugen, sei am Schluss noch einmal darauf hingewiesen, dass mit dieser Begriffstafel nicht das grundlegende Wissens-Repertoire eines *Fachbiologen* umrissen werden soll, sondern es geht hier um die „biologische Grundlage von Allgemeinbildung“ für Jedermann, d.h. um den in Bildungsdebatten immer wieder beschworenen „Biologie-Unterricht für Nicht-Biologen“.



5. Der pragmatisch-psychomotorische Teil des Bildungsbaums: Strukturierung und Hierarchisierung von *Grundfertigkeiten*

Jürgen Langlet und Gerhard Schaefer

In Zone 1 der Denkschrift sind außer den wissenschaftsübergreifenden Grundbegriffen auch 41 *Grundfertigkeiten* gesammelt worden, die nach Meinung der Kommission charakteristisch für wissenschaftliches Denken und Arbeiten sind. Auch sie sind zunächst nur alphabetisch aufgelistet und nicht weiter strukturiert oder hierarchisiert. Sie können als Repräsentanten einer allgemeinen „Wissenschaftlichkeit“ angesehen werden, weil sie die wissenschaftliche *Methodik* betreffen und diese wiederum Wissenschaft überhaupt konstituiert. (Dabei sehen wir zunächst einmal von der affektiven Basis der Methodik, den Haltungen, ab. Von ihnen wird weiter unten die Rede sein. Auch sie sind natürlich ein konstituierendes Moment von „Wissenschaftlichkeit“).

Natürlich war der Kommission bewusst, dass nicht alle hier gesammelten Fertigkeiten und Begriffe gleichwertig nebeneinander stehen können, sondern dass sie einer nachfolgenden Strukturierung und Gewichtung bedürfen, weil ihre Bedeutung im wissenschaftlichen Prozess unterschiedlich ist. Einige unter ihnen sind sogar so ähnlich oder gar gleich, dass sie zusammengefasst werden können, wie etwa *deuten* und *interpretieren*, *herleiten* und *folgern*.

Ferner war zu überlegen, ob nicht einige der als Substantive gefassten Grundbegriffe besser als *Verben* und damit als Fertigkeiten ausgewiesen werden sollten. Die inhaltliche Nähe der *Grundbegriffe* in Zone 1 zu den dort genannten *Fertigkeiten* ist ohnehin groß, da ja beide die Methodik des wissenschaftlichen Arbeitens betreffen. So wurde im Folgenden „modellieren“ in den Kanon der Fertigkeiten mit aufgenommen, indem das in Zone 1 genannte Substantiv „Modell“ als Verb formuliert wurde. Diese Fertigkeit spielt heute nicht nur im Mathematik-, sondern auch im naturwissenschaftlichen Unterricht eine zunehmende Rolle.

Folgende Fertigkeiten aus Zone 1 wurden nicht in die Strukturierung und Gewichtung mit aufgenommen, weil sie in dem hier betrachteten Zusammenhang so gut wie trivial sind und keiner eigenen Gewichtung bedürfen (die hier genannten Zahlen sind die laufenden Nummern in Tab.1 von S.109 der Denkschrift): 16 denken, 43 kommunizieren, 47 kooperieren, 53 lernen, 104 Zusammenhänge aufdecken.

Bei dem Versuch einer Strukturierung der Fertigkeiten sowie dem Bemühen, sie zu gewichten, hat sich herausgestellt, dass es sinnvoll ist, sie in drei unterschiedliche Gruppen bzw. Kategorien einzuteilen, die den Schwerpunkt ihrer Verwendung hervorheben: 1. Deskriptive Fertigkeiten, 2. kausalanalytische Fertigkeiten und 3. theoriebildende Fertigkeiten.

Natürlich ist eine solche Einteilung immer bis zu einem gewissen Grade künstlich, da ja alle Fertigkeiten bei genauer Betrachtung mit allen anderen vernetzt sind. Die drei Säulen der folgenden Tab. E 6 sind also, streng genommen, nicht disjunkt, sondern müssen als vielfach miteinander verzahnt gedacht werden. Dennoch bietet die Dreiteilung einen ersten Überblick über besondere Schwerpunkte der Fertigkeiten, und sie spiegelt auch in gewisser Weise die historische Entwicklung einer Wissenschaft wieder, die ja aus der anfänglich deskriptiven Sammlerphase über die kausale Analyse der Phänomene bis zur Theoriebildung fortschreitet.

Schließlich wurde versucht, in jeder der drei Kategorien eine Abstufung nach *Anspruchsniveau* vorzunehmen, so dass eine hierarchische Struktur entsteht (Tab. E 6). Als Kriterium der Abstufung wurde in Spalte 1 (deskriptive Fertigkeiten) der *Abstraktionsgrad*, in Spalte 2 (kausalanalytische Fertigkeiten) der *Komplexitätsgrad* und in Spalte 3 (theoriebezogene Fertigkeiten) das *Ausmaß der Theoriebildung* bzw. *Theoriebindung* gewählt. Wenn auch nicht alle Fertigkeiten trennscharf nach diesen Kriterien einzustufen waren, so ergab sich doch bei dieser Hierarchisierung ein der Erfahrung wissenschaftlichen Arbeitens entsprechendes Bild.

Die Kommission hat sich entschlossen, fünf von den 41 in Zone 1 aufgelisteten allgemeinwissenschaftlichen Fertigkeiten als für naturwissenschaftliches Arbeiten besonders charakte-



ristisch herauszuheben. Sie möchte diese den Lehrkräften der naturwissenschaftlichen Fächer in besonderer Weise ans Herz legen. Es sind dies die Fertigkeiten **beschreiben**, **messen**, **erklären**, **problemlösen** und **formalisieren**. Sie sind in Tab. E 6 durch Fettdruck hervorgehoben.

Insbesondere das *Messen* kann als eine so wesentliche Komponente des naturwissenschaftlichen Arbeitens betrachtet werden, dass es neben Lesen, Schreiben und Rechnen sogar als eigene „Kulturtechnik“ in unserer Industrienation bezeichnet und gefordert werden müsste.

Aber auch das exakte *Beschreiben* in einer eigens dazu geschaffenen präzisen Wissenschaftssprache, das kausale wie auch logische *Erklären* in einer den Naturwissenschaften eigentümlichen Rationalität, das über gezielte Fragen an die Natur und durch speziell entworfene Experimente erreichte objektive *Problemlösen* und die mit der *Formalisierung* der Sprache, z.B. mit Hilfe der Mathematik, erreichte Allgemeingültigkeit naturwissenschaftlicher Aussagen sind Fertigkeiten von so hohem Rang, dass wir durchaus berechtigt sind, die Naturwissenschaften als eine „Kultur sui generis“ des Homo sapiens zu bezeichnen.

Tab. E 6: Strukturierung und Gewichtung von 35 Fertigkeiten der Denkschrift in 1.Näherung (Anmerkungen zu den angegebenen Nummern siehe folgende Seiten)

Anspruchsniveau	Fertigkeit	Anm.	Anspruchsniveau	Fertigkeit	Anm.	Anspruchsniveau	Fertigkeit	Anm.
zunehmende Abstraktion ↑	formalisieren	10	zunehmende Komplexität ↑	problemlösen	20	zunehmende Theoriebildung bzw. Theoriebindung ↑	<i>bewerten</i>	34
	messen	9		<i>beweisen</i>	19		<i>verstehen</i>	33
	<i>zählen</i>	8		<i>falsifizieren/ verifizieren</i>	18		erklären	32
	<i>schätzen</i>	7		<i>Fehler analysieren</i>	17		<i>urteilen</i>	31
	<i>definieren (im Sinne von „sprachlich abgrenzen“)</i>	6		<i>experimentieren</i>	16		<i>mathematisieren</i>	30
	<i>generalisieren /klassifizieren</i>	5		<i>modifizieren/ variieren</i>	15		<i>modellieren</i>	29
	<i>Ähnlichkeiten entdecken</i>	4		<i>herleiten/ folgern</i>	14		<i>Alternativen entwickeln</i>	28
	<i>erläutern</i>	3		<i>deuten/ interpretieren</i>	13		<i>definieren (im Sinne von „logisch einordnen“)</i>	27
	beschreiben bzw. formulieren	2		<i>begründen</i>	12		<i>plausibel machen</i>	26
	<i>beobachten</i>	1		<i>analysieren</i>	11		<i>sich orientieren</i>	25
in erster Linie deskriptive Fertigkeiten			in erster Linie kausal-analytische Fertigkeiten			in erster Linie theoriebezogene Fertigkeiten		



Anmerkungen zu den Fertigkeiten in Tab. E 6

Spalte 1:

Zu 1: beobachten

Beobachten heißt „objektivierendes Wahrnehmen“. Es beschränkt sich nicht – wie das Wort nahelegen könnte – auf optische Wahrnehmungen, sondern gilt für alle Sinne wie z.B. auch für Hören, Tasten, Riechen usw. „Objektivierend“ heißt den Sachverhalt gezielt als solchen, möglichst ohne subjektive Beimengungen, feststellen, soweit dies mit Willen überhaupt möglich ist. Der Ausdruck „gezielt“ zeigt allerdings auch, dass hier wieder eine Verknüpfung mit den anderen Spalten der Abbildung in Betracht gezogen werden muss, z.B. mit analysieren, experimentieren oder problemlösen in Spalte 2 und kritisch betrachten, vergleichen oder sich orientieren in Spalte 3. Beobachten ist keine elementare Fertigkeit per se, sondern immer schon an einen Theorierahmen gebunden.

Zu 2: beschreiben

Beschreiben ist die verbale Wiedergabe, sozusagen die „Protokollierung“, des Beobachteten. Es muss sich streng auf das Beobachtete beschränken und darf keine persönlichen Stellungnahmen enthalten. Es setzt also Beobachten (Nr.1) voraus.

Zu 3: erläutern

Erläutern heißt „differenziertes Beschreiben“ mit einer Verdeutlichung der Einzelmerkmale von Objekten, Phänomenen, Vorgängen sowie ihrer gegenseitigen Beziehungen (des „Sachverhalts“). Es setzt also Beschreiben (Nr.2) voraus.

Zu 4: Ähnlichkeiten entdecken

Ähnlichkeiten entdecken ist Voraussetzung für Klassenbildung (folgende Fertigkeit) und steht daher unter ihr. Es setzt genaue Beobachtung und differenzierte Beschreibung (Nr.1, 2 und 3) voraus.

Zu 5: generalisieren/ klassifizieren

Die beiden Fertigkeiten werden hier als synonym verstanden und daher als Fertigkeitenpaar eingeordnet. Es geht um das Einordnen verschiedener Gegenstände der Erfahrung oder des Denkens in ein und dieselbe Klasse aufgrund bestimmter übereinstimmender Merkmale (Klassenmerkmale).

Zu 6: definieren (im Sinne von „sprachlich abgrenzen“)

Da der „Umfang“ von Begriffen sich auf Gegenstandsklassen bezieht, setzt Definieren Klassifizieren voraus und steht daher an übergeordneter Stelle.

Definieren heißt wörtlich „abgrenzen“. In Spalte 1 ist damit die *sprachliche* Abgrenzung eines Begriffes von Nachbarbegriffen gemeint. Allerdings kommt Definieren in der Tabelle ein zweites Mal in Spalte 3 vor, wo es um das *logische* Abgrenzen eines Begriffsinhalts von dem anderer Begriffe geht. Das setzt einen Theorierahmen voraus, weshalb die Einordnung auch in Spalte 3 gerechtfertigt ist.

Der Akzent liegt in Spalte 1 auf der verbalen Beschreibung eines Sachverhalts bzw. Begriffes, also auf der terminologischen Seite, während er in Spalte 3 auf der rein inhaltlichen Seite liegt.

Zu 7: schätzen

Es ist eine wichtige Übung, vor einer exakten Beobachtung bzw. Messung das Ergebnis im voraus ungefähr abzuschätzen, einmal um den eigenen Erwartungshorizont zu überprüfen und notfalls zu korrigieren (die subjektive Seite), zum andern um gravierende Beobachtungs- bzw. Messfehler rechtzeitig erkennen und entsprechend die Beobachtung bzw. Messung wiederholen zu können (die objektive Seite). Schätzen sollte dem Zählen möglichst immer vorausgehen.

Zu 8: zählen

Zählen heißt die Elemente einer Menge von (realen oder gedachten) Gegenständen auf die Menge der natürlichen Zahlen abzubilden, oder, was das Gleiche bedeutet, die Mächtigkeit der Menge zu bestimmen. Zählen ist Bestandteil von Messvorgängen; daher ist diese Fertigkeit Voraussetzung für jene und steht in der Spalte unter ihr.

Obwohl Zahlen selbst abstrakte, formale Gebilde sind, ist Zählen nicht einfach unter Formalisieren subsumiert, sondern auf eine tiefere Abstraktionsstufe gestellt worden, da der Vorgang des Zählens einfacher ist und ja schließlich auch konkrete, nicht formalisierte Gegenstände gezählt werden.

Zu 9: messen

Messen heißt Quantitäten vergleichen. Es geht dabei um das Vergleichen einer Naturgröße mit einer als „Maßeinheit“ festgelegten Grundgröße. Die Naturgröße erscheint dann als ein Vielfaches dieser Grundgröße, so dass die gemessene Größe das Produkt von Maßzahl und Maßeinheit ist.



Messen heißt also letzten Endes *vergleichen*. Diese Fertigkeit müsste also eigentlich ebenfalls in Spalte 1 stehen. Sie wurde aber in Spalte 3 eingeordnet, weil die Kriterien eines Vergleichs für Theoriebildung fundamental und auf einfacher Stufe selbst schon theoriegebunden sind.

Auch umgekehrt könnte gefragt werden, ob *Messen* nicht in der Spalte von *Vergleichen* stehen müsste, wenn beide begrifflich so eng verwandt sind. Der Grund für die Einordnung in Spalte 1 ist, dass *Messen* ja als ein „Feststellen auf höherer Anspruchsebene“ angesehen werden muss und in dieser Funktion einer (genaueren) *Deskription* von Sachverhalten dient.

An diesem Beispiel wird schon deutlich, wie sehr die drei Spalten doch miteinander verquickt sind.

Zu 10: formalisieren

Formalisieren heißt „formal beschreiben“. Es geht dabei um die Kennzeichnung konkreter Gegenstände oder Sachverhalte durch abstrakte Zeichen/Symbole bzw. ihrer kausalen oder logischen Zusammenhänge mit Hilfe von Formeln.

Spalte 2

Zu 11: analysieren

Analysieren ist die Zerlegung eines Sachverhaltes in seine Teile. Sie ist eine der grundlegendsten wissenschaftlichen Fertigkeiten und steht auf gleicher Höhe von und in enger Beziehung zu *beobachten* einerseits (Spalte 1) und *kritisch betrachten* andererseits (Spalte 3).

Zu 12: begründen

Begründen ist die logische (in der Naturwissenschaft zumeist kausale, im täglichen Leben jedoch häufiger finale) Rückführung eines Sachverhaltes auf einen „Grund“, der als „bewegende Ursache“ (*causa movens*) dafür angenommen wird.

Gemäß der Aristotelischen Unterscheidung zwischen einer „*causa efficiens*“ und einer „*causa finalis*“ sind sowohl kausale als auch finale Begründungen grundsätzlich möglich. Die ersteren bilden die Basis kausalanalytischer Gedankengänge der Naturwissenschaften und stehen daher in Spalte 2 weit unten. Die letzteren setzen ein zwecksetzendes Subjekt voraus und haben daher engere Bezüge zu theoriegebundenen Fertigkeiten wie *bewerten*, *verstehen* und *erklären* in Spalte 3.

Zu 13: deuten/ interpretieren

Deuten bzw. *interpretieren* muss aus 2 Schritten bestehen: 1. Einer genauen Beschreibung der zu interpretierenden Struktur (Text, Gemälde, Diagramm usw.) = syntaktischer Teil; 2. einer Deutung dieser Struktur als „Zeichen“ für einen von ihr dargestellten Sachverhalt = semantischer Teil.

Das Fertigkeitenpaar ist in Spalte 2 auf etwa gleiche Höhe wie *beschreiben/formulieren* von Spalte 1 gesetzt, aber die Unterbringung in zwei verschiedenen Spalten zeigt den fundamentalen Unterschied zwischen ihnen: Während *beschreiben/formulieren* gehalten ist, sich streng an objektiven Fakten zu orientieren, dürfen (und müssen sogar!) *deuten/interpretieren* der Phantasie des Betrachters einen größeren Spielraum gewähren. Dieser Unterschied sollte im Schulunterricht an geeigneten Demonstrationsobjekten immer wieder geübt werden.

Eine Querbeziehung zu *übertragen*, *modellieren*, *erklären* und *verstehen* in Spalte 3 ist augenfällig und zeigt erneut die Verbindung aller Fertigkeiten zu einem Ganzen im wissenschaftlichen Prozess.

Zu 14: herleiten/ folgern

Dieses Fertigkeitenpaar wird hier nicht nur im mathematischen Sinne *deduktiv* verstanden, sondern auch im naturwissenschaftlichen Sinne *induktiv* als (natürlich nicht zwingendes, nur hypothetisches) Ableiten einer Aussage aus empirischer Beobachtung. Insofern ist dieses Fertigkeitenpaar auch als Voraussetzung für die experimentelle Methode zu sehen und steht in Spalte 2 unter ihr.

Eine Verwandtschaft und Quervernetzung zu den Fertigkeiten *plausibel machen*, *erklären* und *verstehen* in Spalte 3 ist unübersehbar und unterstreicht noch einmal die Tatsache, dass die Spalten dieser Systematik nicht getrennt gedacht werden dürfen.

Zu 15: modifizieren/variieren

Modifizieren/variieren ist eine kreative Fertigkeit, die Phantasie voraussetzt. Da in der auf rationale Prozesse konzentrierten Systematik der Fertigkeiten von Tab. E 6 keine 4. Spalte (z.B. „kreative Fertigkeiten“) vorgesehen ist, wurde *modifizieren/variieren* als eine wichtige Komponente kausalanalytischen Arbeitens in Spalte 2 mit aufgenommen.

Im Unterschied zu dem darunter stehenden *herleiten/folgern*, das ausschließlich an logische Gesetze gebunden ist, ist dieses Fertigkeitenpaar nur an eine oder wenige Grundbedingungen logisch gebunden, im übrigen jedoch völlig frei (wie etwa im künstlerischen Schaffen ein „Thema mit Variationen“) und daher komplexer als jene.



Modifizieren/variieren klingt ähnlich wie *Alternativen entwickeln* in Spalte 3, wird hier jedoch elementarer und eher instrumentell (im Sinne von „Variationen im experimentellen Design“) verstanden.

Zu 16: experimentieren

Experimentieren ist eine komplexe kausalanalytische Fertigkeit, die zur Problemlösung dient und von der Analyse des Problems über die Formulierung einer rationalen und überprüfbar Hypothese, die deduktive Ableitung von nachprüfbar Konsequenzen aus der Hypothese, die Nachprüfung dieser Konsequenzen durch Planung, Durchführung, Beobachtung, Protokollierung und Auswertung eines Experimentes bis hin zur Bestätigung oder Verwerfung der Hypothese reicht.

Wie sich aus der Aufzählung dieser einzelnen Komponenten ergibt, ist diese Fertigkeit wieder vielfach mit deskriptiven Fertigkeiten aus Spalte 1 (z.B. *beobachten, beschreiben, schätzen, zählen, messen*) und theoriebezogenen Fertigkeiten aus Spalte 3 (*vergleichen, sich orientieren, Alternativen entwickeln, modellieren, urteilen, erklären, verstehen*) vernetzt. Daher ist *experimentieren* eine relativ hochkomplexe Fertigkeit.

Zu 17: Fehler analysieren

Fehleranalyse ist eine Fertigkeit, die in Zone 1 der GDNÄ-Begriffsrosette bisher nicht eigens benannt wurde, weil sie als integrierender Bestandteil von *experimentieren* gilt und für dieses selbstverständlich ist. Es geht dabei in erster Linie um das Ausschließen *zufälliger* Messfehler, um eventuell vorhandene „systematische Abweichungen“ als Grundlage einer neuen Erkenntnis herauszuarbeiten.

Zu 18: falsifizieren/ verifizieren

Die Methode, Hypothesen zu *falsifizieren* (das „hypothetiko-deduktive Verfahren“ nach Popper), gilt heute als die herrschende Erkenntnismethode der Naturwissenschaft. Mit ihr werden All-Aussagen überprüft, da sie durch ein einziges Gegenbeispiel zu Fall gebracht werden können.

Verifizieren dagegen wird häufig als unmöglich bezeichnet, da sich Naturwissenschaften bei ihrer Hypothesen-Formulierung häufig – bei der Formulierung deterministischer Gesetze sogar immer – solcher All-Aussagen bedienen. Jedoch werden ja auch Einzelereignisse experimentell überprüft und damit durchaus „verifiziert“ im Sinne von „bestätigt“. Das Gleiche gilt für stochastische Gesetze, deren Wahrscheinlichkeitsaussagen nicht durch ein Gegenbeispiel falsifiziert werden können.

Zu 19: beweisen

Beweisen ist das Nachprüfen der logischen Übereinstimmung einer Aussage entweder mit der sinnlich wahrnehmbaren Realität (empirischer Beweis) oder mit einer als allgemeingültig angenommenen Theorie (theoretischer Beweis). Insofern ist *beweisen* nahe verwandt mit *problemlösen* einerseits und *falsifizieren/ verifizieren* andererseits und von diesen nicht immer scharf zu unterscheiden.

Zu 20: problemlösen

Problemlösen ist die anspruchsvollste und komplexeste kausalanalytische Fertigkeit. Sie setzt nicht nur Fertigkeiten der Spalte 1 voraus, sondern auch die auf niederer Stufe stehenden Fertigkeiten derselben Spalte 2, z.B. *beweisen, falsifizieren/verifizieren, Fehler analysieren, experimentieren* usw. bis hinunter zu *analysieren*, ohne das allein schon das Erfassen eines Problems gar nicht möglich wäre.

Auch hier liegt eine wechselseitige Verknüpfung mit Fertigkeiten der Spalte 3 vor, da ja *problemlösen* eng mit *verstehen, erklären, urteilen, definieren, sich orientieren* usw. – und zwar in beiden Richtungen – verknüpft ist und daher selbst eine hohe Theoriekomponente enthält. Dennoch ist diese Fertigkeit in Spalte 2 eingeordnet worden, weil sie heute als Endpunkt kausalanalytischer Tätigkeit gilt.

Spalte 3

Zu 21: kritisch betrachten

Kritisch betrachten ist, ähnlich wie *analysieren* in Spalte 2, der Ausgangspunkt der Stufenleiter, und beide Fertigkeiten beruhen letztlich auf dem gleichen Vorgang des Auseinandertrennens (gr. *análysein* = auflösen; und gr. *krínein* = scheiden, trennen).

Der Vorgang einer „Diskontinuums-Betrachtung“ der Welt, einer Gliederung des Ganzen in Teile, um daraus ein rationales Verstehen des Ganzen ableiten zu können, ist die Basis jeder Wissenschaft. Vor allem die Naturwissenschaften haben sich diese Methode als „Systemdenken“ konsequent zu eigen gemacht, und so ist allein schon in dem Adjektiv „kritisch“ die ganze Methode wissenschaftlichen Denkens und Arbeitens und damit die Basis jeder naturwissenschaftlichen Theoriebildung enthalten.

Zu 22: vergleichen

Vergleichen ist eine fundamentale Fertigkeit am Anfang jeder Theoriebildung. Sie enthält als einfachstes, sozusagen „embryonales“ Element der Theoriebildung das *Kriterium* des Vergleichs. Aus ihm ergeben sich die zu vergleichenden Merkmale der Objekte.



Das erste Ergebnis von *vergleichen* ist zunächst die Feststellung der „Gleichheit“ oder „Ungleichheit“ der Merkmale, das zweite – im letzteren Falle – Art und Stärke der Unterschiede.

Zu 23: übertragen (Transfer)

Diese Fertigkeit bedeutet, Strukturen eines gegebenen Sachverhalts in einem anderen wieder zu entdecken. Sie ist Fertigkeit 4 sehr ähnlich, wird jedoch stärker mit Theoriebildung verknüpft.

Zu 24: analogisieren

Analogisieren heißt im biologischen Sinne die *Funktionsgleichheit* zweier Strukturen aufdecken, im Unterschied zu homologisieren, bei dem eine genetische *Ursprungsgleichheit* festgestellt wird.

Die Fertigkeit ist der vorausgehenden sehr ähnlich, geht aber meist einen Schritt weiter in Richtung einer Erwartung echter Funktionsähnlichkeit bzw. sogar Funktionsgleichheit. *Analogisieren* und *übertragen* sind heuristische Fertigkeiten bei der Theoriebildung und stehen daher in Spalte 3 unten.

Zu 25: sich orientieren

Auch diese Fertigkeit hat eine heuristische Funktion, und zwar für *urteilen*, *erklären* und *verstehen*.

Zu 26: plausibel machen

Diese Fertigkeit stellt eine schlichtere Stufe von *erklären* dar und arbeitet in der Regel mit weichen (weniger präzisen) Argumenten, wenn auch immer schon in einem theoretischen Bezugsrahmen. „Plausibilitätsbetrachtungen“ sind ein wichtiges Mittel wissenschaftlichen Denkens.

Zu 27: definieren (im Sinne von „logisch einordnen“)

Definieren wurde in Spalte 1 schon einmal im Sinne von „sprachlichem Abgrenzen“ genannt. Hier ist die *inhaltliche* Abgrenzung eines Sachverhaltes von benachbarten, ähnlichen (aber eben nicht gleichen) Sachverhalten aufgrund ihrer „*differentia specifica*“ gemeint. Sie ist Voraussetzung sowohl für Begriffs- als auch Theoriebildung.

Zu 28: Alternativen entwickeln

Diese Fertigkeit bedeutet, verschiedene Denkansätze zu einer vorgegebenen Thematik zu entwerfen, die zu einer höheren Theoriebildung beitragen können. Sie ist unbedingte Voraussetzung für die folgenden Fertigkeiten in dieser Spalte und verlangt, wie auch *modifizieren/variieren*, schöpferische Phantasie (bzgl. des Unterschieds siehe 15)

Zu 29: modellieren

Wie oben schon erwähnt, war die Fertigkeit *modellieren* bisher nicht in Zone 1 der GDNÄ-Rosette enthalten, sondern nur das Substantiv „Modell“. Sie ist hier in der Verbform mit aufgenommen worden, weil die Tätigkeit des Modellierens in der heutigen Didaktik des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts immer mehr an Bedeutung gewinnt.

Dabei wird *modellieren* (genau so wie Modell) nicht nur im Sinne einer Herstellung konkreter Realmodelle verstanden (materielle Modelle, aber auch Zeichnungen, Diagramme), sondern ganz bewusst auch abstrakt im Sinne von Gedankenmodellen, Vorstellungen, Theorien. Insofern wurde in dieser Spalte *modellieren* vor *mathematisieren*, jedoch nach *Alternativen entwickeln* eingeordnet.

Zu 30: mathematisieren

Mathematisieren ist eine abstrakte Form von *modellieren* und aufgrund des vorherrschenden Formalismus in der Beschreibung mit *formalisieren* (Spalte 1) verwandt. Allerdings enthält *mathematisieren* immer eine erhebliche Theoriekomponente, so dass die Einstufung in Spalte 3 auf hoher Ebene gerechtfertigt ist. Kants Äußerung, eine Wissenschaft sei in dem Maße als „exakte Wissenschaft“ anzusehen, als sie Mathematik enthalte, ist zweifellos unter den Aspekten „Theoriebildung“ und „Formalisierung“ zu verstehen, denn beide sind notwendige Voraussetzung für „Exaktheit“.

Zu 31: urteilen

Urteilen heißt über die Richtigkeit oder Falschheit einer Aussage betr. eines Sachverhalts im Rahmen einer als gültig angesehenen Theorie entscheiden. Je nach Art der Theorie (z.B. deterministisch oder probabilistisch) können Urteile kategorisch, hypothetisch oder disjunktiv (exklusiv) sein. Daher liegt es nahe, *urteilen* hier vor *erklären* und *verstehen* zu platzieren.

Zu 32: erklären

Erklären heißt nicht nur „differenziertes Beschreiben“ eines Sachverhalts wie etwa *erläutern*, mit dem es in der Umgangssprache häufig verwechselt wird (siehe Fertigkeit 3), sondern entweder Rückführung eines beobachteten Sachverhalts auf eine *Ursache* (kausale Erklärung) oder seine Einordnung in einen *Theorierahmen* (theoretische bzw. deduktive Erklärung).



Zu 33: verstehen

Verstehen wird im Unterricht wie im täglichen Leben üblicherweise in zweierlei Sinn gebraucht:

1. im rationalen, kalkulisierenden Sinn von Einordnung in einen objektiven Sachverhalt (rationales Verstehen);
2. im emotionalen, mitfühlenden Sinn eines Nachempfindens aufgrund ähnlicher eigener Lebenserfahrung („empathisches Verstehen“).

Beide Arten des Verstehens spielen im Unterricht eine wichtige Rolle, allerdings ist das vorrangige Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts – im Gegensatz etwa zu den Sprachen oder zum Kunstunterricht – die Förderung des *rationalen* Verstehens, da nur dieses eine objektivere Sicht der Welt erlaubt und damit einer umfassenderen, weltumspannenden Humanität dient.

Das schließt nicht aus – und erhöht sogar die methodische Sicherheit der Schüler –, dass etwa im Biologieunterricht von Zeit zu Zeit ein Methodenwechsel zwischen rationalem und empathischem Verstehen erlaubt ist, vor allem bei höher entwickelten Tieren, die uns evolutionär näher stehen. Dieser Wechsel sollte aber gezielt aus methodischen Gründen eingesetzt werden, um den Schülern die beiden Arten des „Verstehens“ vor Augen zu führen und ihnen zu helfen, im täglichen Leben Verwechslungen zu durchschauen und damit manche unfruchtbaren Diskussionen, zum Teil aber auch tragische Missverständnisse zu vermeiden.

Zu 34: bewerten

Bewerten wird hier als die anspruchsvollste Stufe der theoriebildenden Fertigkeiten angesehen, weil sie erst einmal anspruchsvolle rationale Stufen wie *verstehen*, *erklären*, *urteilen* usw. voraussetzt, darüber hinaus aber diese Fertigkeiten zusätzlich einem Werte-System zuordnet, das selbst wieder Gegenstand rationaler Theoriebildung sein muss.

Schließlich kommt zu den aus theoretischen Voraussetzungen sich häufig ergebenden gleichwertigen Alternativen noch die Notwendigkeit einer persönlichen Prioritätensetzung hinzu und damit eine subjektive Komponente, die diese Fertigkeit weiterhin kompliziert und ihr Anspruchsniveau steigert.