

G

N

U

D

L

I

B



**GDNÄ**

GESELLSCHAFT DEUTSCHER  
NATURFORSCHER UND ÄRZTE E.V.

## **WITTENBERGER INITIATIVE**

VORSCHLÄGE ZUR  
ALLGEMEINBILDUNG  
DURCH  
NATURWISSENSCHAFTEN

IN ZUSAMMENARBEIT MIT DEM  
DEUTSCHEN VEREIN ZUR  
FÖRDERUNG DES MATHEMATISCHEN  
UND NATURWISSENSCHAFTLICHEN  
UNTERRICHTS (MNU)  
UND MIT UNTERSTÜTZUNG DER  
STIFTUNG LEUCOREA  
AN DER MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT  
HALLE-WITTENBERG

---

# **Die Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte e.V.**

## **Wer sie ist, was sie will**

Der Naturphilosoph und Arzt Lorenz Oken (1779-1851), der Goethe und Schelling nahestand, gründete im Jahre 1822 die Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (GDNÄ) mit dem Ziel, "die persönlichen Beziehungen zwischen Naturforschern und Ärzten zu pflegen und Naturwissenschaft und Medizin überall dort zu fördern, wo gemeinsame Interessen vorliegen". Unter den "Fahnen einer allgemeinen Wissenschaft" sollte die GDNÄ im politisch zerrissenen Deutschland jener Tage eine geistige Einheit schaffen und zugleich ein Zentrum bilden, das sich günstig auf das geistige und wissenschaftliche Klima in unserem Lande auswirken sollte.

Damit ist die GDNÄ eine der ältesten wissenschaftlichen Gesellschaften im deutschsprachigen Raum. Sie hat mit ihren zweijährigen Versammlungen die wissenschaftliche Entwicklung in Europa und der ganzen Welt bis ins 20. Jahrhundert hinein wesentlich beeinflusst, und führende Mathematiker, Naturforscher und Mediziner - z.B. Albert Einstein, Carl-Friedrich Gauß, Ernst Haeckel, Max Planck - gaben ihr das geistige Gepräge.

Heute umfasst die Gesellschaft über 5000 Mitglieder, von denen die meisten in der Forschung tätig sind. Aber auch Lehrer, Ärzte, Apotheker, interessierte Laien und Schüler und Studenten zählen zum Mitgliederkreis.

In einer Zeit fortschreitender Spezialisierung in Naturwissenschaften und Medizin kommt der GDNÄ die wichtige Aufgabe zu, dem drohenden Verlust der wissenschaftlichen Einheit entgegenzuwirken und in ihren Versammlungen - neben dem praktizierten Gedankenaustausch zwischen den Fächern - auch eine Brücke zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit zu schlagen. In diesem Zusammenhang versucht die GDNÄ auch, junge Menschen frühzeitig an Naturwissenschaften und Medizin heranzuführen, ihnen die Auswirkungen wissenschaftlicher Erkenntnisse auf das menschliche Leben bewusst zu machen und mit ihnen darüber zu diskutieren.

Dieser Linie folgend, hat sich die Gesellschaft in den letzten Jahren unter ihren Präsidenten Hubert Markl, Joachim Treusch, Detlev Ganten und Ernst-Ludwig Winnacker auch wieder verstärkt bildungspolitischen Fragen zugewandt. Die vorliegende Schrift ist das Ergebnis solcher Bemühungen, erarbeitet von einer interdisziplinär aus verschiedenen Fachrichtungen und der Schulpraxis zusammengesetzten Kommission.



**GDNÄ**

GESELLSCHAFT DEUTSCHER  
NATURFORSCHER UND ÄRZTE E.V.

# **Wittenberger Initiative**

## **Vorschläge zur Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften**

Herausgegeben  
von Prof. Dr. Gerhard Schaefer

in Zusammenarbeit mit  
Prof.Dr.H.J.Altенbach, OStD Wolfgang Asselborn,  
Prof.Dr.Dr.G.Berg, Prof.Dr.D.v.Engelhardt,  
Prof. Dr. K.H. Gehlhaar, R. Manitz-Schaefer,  
Dr.G.Sauer, Prof.Dr.G.Törner

Diese Schrift entstand in Kooperation mit dem Deutschen Verein zur Förderung des Mathematischen und Naturwissenschaftlichen Unterrichts (MNU). Die Herausgabe wurde von diesem Verein sowie von der Stiftung LEUCOREA an der Universität Halle-Wittenberg dankenswerterweise finanziell unterstützt. Eine letzte entscheidende Sitzung der GDNÄ-Rahmenplan-Kommission über den hier vorgestellten bildungspolitischen Ansatz fand am 22. 5. 2000 mit offiziellen Vertretern von neun Kultusministerien in der Stiftung LEUCOREA, Lutherstadt Wittenberg, statt. Aus Dankbarkeit gegenüber der Stiftung und aus historischen Gründen hat die Broschüre diesen Namen erhalten.

## Zusammensetzung der Kommission

---

Für diese Schrift zeichnet eine bildungspolitische Kommission der GDNÄ unter Leitung von Prof. Dr. G. Schaefer verantwortlich. Die Kommission ist interdisziplinär aus Vertretern verschiedener Fachgesellschaften, Institutionen und der Schulpraxis zusammengesetzt:

**Prof. Dr. Hans-Joachim Altenbach**, Universität Wuppertal, Vorsitzender der Fachgruppe Chemieunterricht in der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)

**OStD Wolfgang Asselborn**, Saarlouis, Schulleiter, Vorsitzender des Deutschen Vereins zur Förderung des Mathematischen und Naturwissenschaftlichen Unterrichts (MNU)

**Prof. Dr. Dr. Gunnar Berg**, Universität Halle-Wittenberg, FB Physik, stellvertr. Vorsitzender des Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultätentages (MNFT)

**Prof. Dr. Karl-Heinz Gehlhaar**, Universität Leipzig, stellvertretender Vorsitzender der Sektion Biologiedidaktik im Verband Deutscher Biologen (VDBiol)

**Prof. Dr. Dietrich v. Engelhardt**, Medizinische Universität zu Lübeck, Institut für Medizin- und Wissenschaftsgeschichte

**Frau Regina Manitz-Schaefer**, Leuchtenburg-Gymnasium Kahla / Thüringen, Fachberaterin für Biologie; Lehrerfortbildung, Lehrplanentwicklung

**Dr. Gerhard Sauer**, Hessisches Landesinstitut für Pädagogik, Weilburg/Lahn, Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG)

**Prof. Dr. Gerhard Schaefer**, Universität Hamburg, FB Erziehungswissenschaft, Beauftragter für Bildungsfragen der GDNÄ

**Prof. Dr. Günter Törner**, Universität Duisburg, Deutsche Mathematiker-Vereinigung (DMV)

Zeitweilige Mitarbeit:

**Prof. Dr. H. Hilger Ropers**, Max-Planck-Institut für Molekulare Genetik, Berlin (Medizin)

**Prof. Dr. Horst Bayrhuber**, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) an der Universität Kiel

## Inhaltsverzeichnis

---

Vorwort: „Bildung – alles, was man wissen muss“	4
GDNÄ-Thesen in Kurzfassung	8
Verfahren zur Auswahl von Grundbegriffen und -fertigkeiten	10
Gliederung der Grundbegriffe nach Zonen	12
Zone 1: Allgemein-wissenschaftliche Grundbegriffe und -fertigkeiten	12
Zone 2: Naturwissenschaftsgemeinsame Grundbegriffe und -fertigkeiten	14
Zone 3: Überlappungsbereich Chemie/ Biologie	16
Zone 4: Überlappungsbereich Physik/ Biologie	17
Zone 5: Überlappungsbereich Physik/ Chemie	17
Zone 6: Spezielle Grundbegriffe der Physik	18
Zone 7: Spezielle Grundbegriffe der Chemie	19
Zone 8: Spezielle Grundbegriffe der Biologie	20
Zusätzliche Begriffe der Geowissenschaften	22
Gliederung nach Schulfächern – Rolle der Fächer für Allgemeinbildung	24
Physik	25
Chemie	28
Biologie	30
Begriffsprofile der drei Fächer im Vergleich	33
Bildungspolitische Bewertung von Begriffen	36
Verfahren I: Allgemeinbildung	37
Verfahren II: Kompetenzen	42
Verfahren III: Vernetzung	49
Begriffsstrukturierung zu Themenbereichen	55
Ausblick: Konsequenzen für die Bildungspolitik	56

### „Bildung - alles, was man wissen muss“

Dass der Mensch sich nicht einfach aus seinen Genen heraus erklärt und entwickelt, sondern zur Menschwerdung einer „Bildung“ bedarf, weiß jeder. Das ist beim Sprechen, Schreiben, Lesen, Rechnen, Musizieren, Handwerken und vielen anderen Dingen des täglichen Lebens unmittelbar einsichtig.

Nicht so einsichtig dagegen scheint für viele Menschen die Notwendigkeit einer *naturwissenschaftlichen* Bildung zu sein. Es gibt zwar unentwegt gegenteilige Beteuerungen von Bildungspolitikern über die „ausreichende und durchgehende naturwissenschaftliche Komponente in ihrem Lehrplan“ oder über die „Gleichgewichtigkeit der Schulfächer“ (zumindest der drei großen Aufgabenfelder, von denen das mathematisch-naturwissenschaftliche ja eines ist). Jedoch: der zeitliche Umfang der naturwissenschaftlichen Fächer im Unterricht fast aller Bundesländer muss als völlig unzureichend bezeichnet werden. Die Stundentafeln entsprechen weder der ersten Beteuerung noch der zweiten: Auf 13 Schulfächer müssten bei 30 bis 32 Wochenstunden Unterricht mindestens je 2 Wochenstunden auf jedes Fach, also auch auf jede Naturwissenschaft, entfallen; und bei Gleichgewichtung der drei großen Aufgabenfelder müssten 10 Wochenstunden für das mathematisch-naturwissenschaftliche Feld zur Verfügung stehen, nach Abzug der 4 Stunden Mathematik also wieder je 2 Stunden *durchgehend* für jedes naturwissenschaftliche Fach.

Nun geht es aber ja gar nicht vorrangig um „Mengen“ von Unterricht und Stundendeputate, sondern viel mehr um den *Geist, der dahinter steht*, d. h. um die Glaubwürdigkeit der obigen Beteuerungen und die öffentliche Einschätzung der Wichtigkeit *aller* Fächer für Bildung, genauer gesagt: für die Allgemeinbildung unserer Bürger in einem naturwissenschaftlich-technisch geprägten Zeitalter. Da liegt nun allerdings vieles im Argen.

Der Wind bläst uns Naturwissenschaftlern mitten ins Gesicht, wenn Dietrich Schwanitz in seinem Bestseller von 1999 einen Menschen dann als gebildet bezeichnet, wenn er bei einer „Konversation mit kultivierten Leuten mithalten kann, ohne unangenehm aufzufallen“. Bildung würde dann also an Eloquenz gemessen und an dem, was „man“ so in der Öffentlichkeit als wichtig ansieht; (in Mathematik oder Physik in der Schule nur mangelhafte Leistungen gebracht zu haben, gehört in Deutschland fast schon zum guten Ton!). Diese Auffassung von Bil-

derung geht ignorant oder gar zynisch darüber hinweg, dass der Mensch ja *auch* im Umgang mit der Natur „mithalten“ können muss, ohne unangenehm aufzufallen. Wer aber lehrt ihn denn das richtige Verhalten gegenüber seiner natürlichen - nicht nur der sozialen - Umwelt, gegenüber seinem Körper, den zahlreichen technischen Geräten, den chemischen Stoffen, die ihn heutzutage ständig umgeben?

In dem genannten Bestseller wird ausführlich und hinreißend alles beschrieben, was „man wissen muss“: Sprache, Geschichte, Literatur, Kunst usw. Das sind zweifellos wichtige Dinge, aber wenn von insgesamt 527 Seiten sich nur 10 Seiten (1,9%!) explizit mit Naturwissenschaften befassen, dann stimmt etwas nicht.

Es gibt in unserer Gesellschaft – trotz Kant, Goethe, W.v.Humboldt, Kerschensteiner, Litt und vielen anderen Mahnern – eine offenbar nicht auszurottende Geringschätzung des Bildungswertes der Naturwissenschaften. Viele Mitbürger denken bei Physik wohl spontan an Brennweite, Galvanometer, Ampère, bei Chemie an Zyankali, pH-Wert, chemische Formeln und bei Biologie an Quallen, Blattränder, Calvin-Zyklus, und sie sehen darin eher Spezialbegriffe für Naturwissenschaftler als allgemeinbildende Begriffe, die sie selbst persönlich angehen. Wer denkt schon bei Physik, Chemie, Biologie an *Sprachvermögen, an Geschichte, an Denkweisen, Lernkompetenz, Ethik*, - also an Dinge, die jeder zweifellos zur „Allgemeinbildung“ zählen würde?

Und doch: Wenn man einmal die Scheuklappen fallen lässt und sich ernsthaft diese Fächer anschaut, wird man unschwer entdecken, dass ihre Wissenschaftssprachen (als *Weltsprachen*), ihre Geschichte (als bedeutender Teil der *Weltgeschichte*), ihre Art zu denken und zu lernen (das besondere Bemühen um Objektivität) und ihre eigene Ethik (wissenschaftliche Redlichkeit, Transparenz, Reproduzierbarkeit, auch gewissenhafte Technikfolgenabschätzung) heute unverzichtbare Bestandteile von Allgemeinbildung sind.

Diese Fächer tragen wesentlich zur Ausbildung einer internationalen, interdisziplinären und interprofessionellen *Flexibilität* bei, wie sie in Abb.1 skizziert ist. Schulabgänger von heute, die einer Zeit zunehmender Globalisierung und Beschleunigung technischer, wirtschaftlicher und politischer Entwicklungen und einem immer flexibleren, risikoreicheren Arbeitsmarkt entgegengehen, werden diese Flexibilität dringend benötigen.

Die hier vorgelegte Broschüre ist dazu gedacht, Bildungsplanern, Lehrplankommissionen, Schulbuchautoren, Lehrern und Lehrerinnen Anregungen zu geben, über einen „fachübergreifenden Fachunterricht“ (so das Fernziel der GDNÄ-Kommission) im Sinne einer allgemeinen Flexibilitätserhöhung unserer Staatsbürger nachzudenken. Mit dieser Initiative sollen zunächst nur **Perspektiven** und **Wege** aufgezeigt, jedoch noch keine abschließenden Ergebnisse präsentiert werden.

Insbesondere ist noch zu klären, wie der hier vorgestellte naturwissenschaftliche Wissenskern und die daran gebundenen Fertigkeiten auf die verschiedenen Schularten und Schulstufen zu verteilen ist.

Diese Fragen bedürfen eines weiteren Dialogs auf allen Ebenen des Bildungswesens; die Leser sind herzlich eingeladen, sich an dieser Diskussion zu beteiligen. Den Teilnehmern an den bisherigen gemeinsamen Veranstaltungen mit Vertretern der Kultusministerien, Mai 1998 und Mai 2000, sei hier noch einmal für ihre wertvollen Anregungen und Hinweise gedankt.

Hamburg, im Juli 2000

Die Rahmenplan-Kommission der GDNÄ

Herausforderungen im 21. Jahrhundert:  
*Globalisierung*: Wachsende Komplexität der menschlichen Umwelt  
*Akzeleration*: wachsende Geschwindigkeit ökologischer, ökonomischer und sozialer Veränderungen

pädagogische ↓ Konsequenz

**Flexibilitätstraining**

Internationale Flexibilität			Interdisziplinäre (+transdisziplinäre) Flexibilität			Interprofessionelle Flexibilität	
organische Flexibilität: Klima, Nahrung usw.	sprachliche Flexibilität:	soziale Flexibilität: Sitten und Gebräuche	Flexibilität des Lernens (Lernkompetenz)	Flexibilität des Denkens (Denkkompetenz)	Flexibilität in Wissen und Fertigkeiten (Sachkompetenz)	berufliche Grundhaltungen ("Tugenden"): Gründlichkeit, Zuverlässigkeit, Ehrlichkeit, Pünktlichkeit, Ausdauer, Fleiß, Lerneifer .....	berufliche Grundfertigkeiten ("Techniken"): Computer, Finanzwesen, Zeitplanung, Teamfähigkeit, instrumentelle Kompetenz ...
Fremdsprachen: insbes. En	klassische Sprachen: La, Gr	formale Sprachen: Ma, Ph, Ch, In	etymologisches Verständnis		Geisteswissenschaften ↓ Naturwissenschaften ↓ Sozialwissenschaften ↓ Strukturwissenschaften ↓ Wissenschaftstheorie ↓ Philosophie ↓		

Abb. 1: Komponenten eines zeitgemäßen Flexibilitätstrainings (nach Schaefer und Yoshioka 2000)

### **GDNÄ-Thesen in Kurzfassung**

Im Folgenden werden die „6 Thesen zur Bildungspolitik“, GDNÄ 1998, in Kurzfassung wiedergegeben. Vor ihrer endgültigen Abfassung wurden sie in einer Veranstaltung mit Vertretern fast aller Kultusministerien im Mai 1998 in Kassel eingehend diskutiert und fanden generell Zustimmung, obwohl auf ungeheure Schwierigkeiten bei der Realisierung von These 5 hingewiesen wurde.

In der vollständigen Fassung der Thesen hat die Kommission im Interesse eines allgemeinen Flexibilitäts-trainings nachdrücklich statt eines enzyklopädischen Wissens – das sich im Laufe eines Menschenlebens ohnehin zu schnell vermehrt – eine **vertiefte** Behandlung **weniger** Grundbegriffe und -fertigkeiten im Unterricht gefordert. Die in der vorliegenden Broschüre ausgearbeiteten Vorschläge sind die Fortsetzung dieser in den Thesen niedergelegten Gedanken.

#### **1.These: Bildung kann heute am ehesten mit „Lebenskompetenz“ umschrieben werden.**

In der Schule geht es dabei nicht mehr primär um gefächertes Wissen aus einzelnen Disziplinen, sondern verstärkt um die Entwicklung *allgemeiner Kompetenzen*, die zusammen Lebenskompetenz ausmachen.

Die Fächer erhalten die neue Aufgabe, durch das jeweils von ihnen vermittelte Sachwissen kooperativ solche allgemeinen Kompetenzen zu entwickeln.

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

Die Erstere hat ihre Bedeutung für das gesamte Leben, - auch für die etwa 92% (!), die außerhalb der Berufstätigkeit verbracht werden, also für Kindheit, Alter, Freizeit, Familie usw.

Die Letztere muß speziell „berufsfähig“ machen, das heißt in einer Zeit zunehmender Dynamik des Stellenmarktes: flexible und anpassungsfähige Grundqualifikationen für verschiedene Berufsrichtungen vermitteln.

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

Das kann er aber nur, wenn Biologie, Chemie und Physik als eigenständige Fächer nicht verschwinden, son-

## Die 6 GDNÄ-Thesen von 1998 zur Bildungspolitik

dern wenn sie ihre spezifische Sachkompetenz *selbst* in die Entwicklung der obengenannten allgemeinen Kompetenzen einbringen. Daraus folgt ein neuer Typ von Unterricht: „fachübergreifender Fachunterricht“.

### **4.These: Die Bildungsaufgabe des naturwissenschaftlichen Unterrichts sollte in drei verschiedenen Phasen vollzogen werden**

*Ungefächertes* Unterricht = Sachunterricht Natur in der Grundschule; *gefächertes* Unterricht in der S I und S II, jedoch als „fachübergreifender Fachunterricht“ (s.oben). Letzterer sollte als *koordinierter* Fachunterricht mit abgestimmten Lehrinhalten in den drei naturwissenschaftlichen Fächern konzipiert werden.

Dadurch werden sowohl die *Verzahnungen* zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern sichtbar als auch die *Unterschiede* bzgl. ihrer Begriffe und Methoden.

### **5.These: Der naturwissenschaftliche Unterricht braucht, um seine beiden Bildungsfunktionen erfüllen zu können, in jeder Klassenstufe mindestens 6 Wochenstunden**

Das bedeutet in S I und S II je 2 Wochenstunden durchgehend für alle drei Fächer bzw. in S II zwei naturwissenschaftliche „Kurse“ mit der Aufteilung 3+3 oder 4+2.

Die in Anbetracht der stürmisch anwachsenden technischen Scheinwelten so dringend notwendige Begegnung unserer Jugendlichen mit der *Natur* („Primärerfahrung“) sowie die Stärkung der Konkurrenzfähigkeit in einer globalisierten technischen Welt erfordern einen breiten, soliden Sockel naturwissenschaftlicher Bildung.

### **6.These: Die heute verstärkt geforderten allgemeinbildenden Aufgaben des naturwissenschaftlichen Unterrichts verlangen einen ganz neuen Lehrertyp**

Die Lehrer und Lehrerinnen müssen das eigene Fach sowohl in die Breite (zu Nachbarfächern hin) als auch in die Tiefe (Geschichte, Methodik, Wissenschaftstheorie) transzendieren können, indem sie Fachwissen auf allgemeine Kompetenzen hin funktionalisieren (s.S. 42 f.).

Es geht heute in der Lehrerbildung neben einem steigenden Anspruch an solides Fachwissen auch um steigende Erwartungen an *Allgemeinbildung*.

### **Verfahren zur Auswahl von Grundbegriffen und -fertigkeiten**

Bei der Lehrplan-Entwicklung auf nationaler oder regionaler Ebene ist es üblich, dass ein Kreis von Fachleuten (Lehrer, Wissenschaftler, evtl. auch Verwaltungsbeamte) Unterrichtsinhalte vorschlägt, die verbindlicher Bestandteil des Lehrplans werden sollen, weil sie nach ihrer Meinung für junge Menschen „wichtig“ sind. Die Wichtigkeit wird dann in der Regel daran gemessen, dass die Lerngegenstände zur täglichen Problemlösung beitragen (Schüler- und Gesellschaftsrelevanz) oder dass sie notwendig sind, um das betreffende Fach zu verstehen (Fachrelevanz).

Dieses Verfahren kann als „Experten-Konsens-Verfahren“ bezeichnet werden und genießt – insbesondere wenn der Konsensrahmen auf nationale oder gar internationale Ebene ausgedehnt wird – gemeinhin die Autorität, die ein rechtsverbindliches Dokument dieser Art nun einmal haben muss.

In der Rahmenplan-Kommission der GDNÄ saßen *verschiedene* Fachvertreter an einem Tisch. Ein „Rahmenplan für die naturwissenschaftlichen Fächer“ konnte nur angedacht werden, weil diese Fachleute fähig und gewillt waren, fachübergreifend zu denken, die besonderen Leistungen der Nachbarfächer zu würdigen und sie in einen umfassenden Bildungskalkül mit einzubauen.

Die Kommission ist dabei zunächst nicht „top-down“ von globalen Themen ausgegangen, sondern „bottom-up“ von einzelnen Grundbegriffen und -fertigkeiten, die ihr als Bausteine von Bildung notwendig schienen. Dabei werden hier mit „Begriffen“ natürlich nicht die Worte (Termini) allein gemeint, sondern die Verknüpfungen Wort + Inhalt.

Die Begriffe wurden dann zusätzlich noch einmal durch drei verschiedene Bewertungsverfahren pädagogisch gewichtet. Die sich dabei ergebenden „Spitzenbegriffe“ sind am Ende in Tabellen 14, 16 und 18 wiedergegeben. Sie können für die Arbeit in Lehrplankommissionen von Interesse sein.

Ein mögliches Verfahren für den Zusammenbau der so gewonnenen Einzelbegriffe zu Themen und Themenbereichen ist am Schluss dieser Broschüre an einem Beispiel illustriert (S.55). Es sollte schon jetzt in die Diskussion um einen Rahmenplan für die naturwissenschaftlichen Fächer mit einbezogen werden.

## Verfahren zur Begriffsauswahl

Die Erarbeitung eines koordinierten naturwissenschaftlichen Wissenskerns bestand also aus zwei Schritten:

1. Auswahl von Grundbegriffen und -fertigkeiten nach einem interdisziplinären Experten-Konsens-Verfahren.
2. Zusätzliche pädagogische Gewichtung der ausgewählten Begriffe und Fertigkeiten nach drei unterschiedlichen Bewertungskriterien: Allgemeinbildung, Kompetenz-Entwicklung, Vernetzungsgrad.

Das Rosettenschema in Abb.2 zeigt anschaulich die enge Verzahnung der drei Schulfächer Physik, Chemie und Biologie in ihren Überlappungsbereichen (Zonen 3, 4, 5), aber auch – und vor allem – in ihren gemeinsamen zentralen Kernen (Zonen 1, 2). Auch mit dem Bewertungsverfahren III (S. 49 bis 54) kommt diese Quervernetzung deutlich zum Ausdruck.

Die Pfeile weisen zudem auf die *spezifischen* Beiträge der drei naturwissenschaftlichen Fächer (Zonen 6, 7, 8) für die Allgemeinbildung hin und zeigen, dass sie als Einzelfächer unverzichtbar sind.

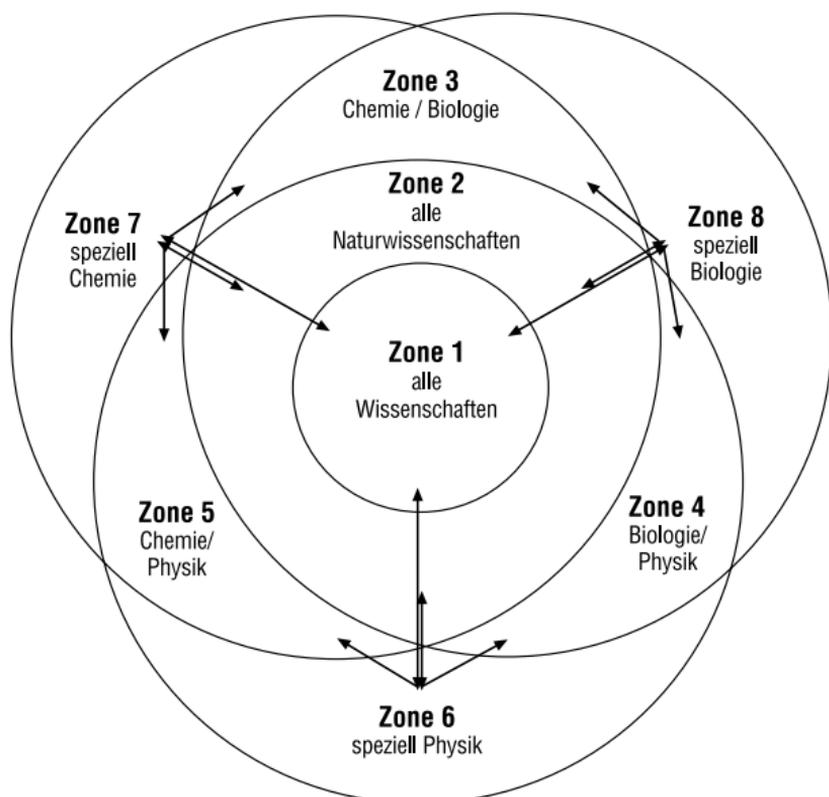


Abb.2: Rosettenschema von naturwissenschaftlichen Grundbegriffen und -fertigkeiten

## Zone 1: Allgemein-wissenschaftliche Grundbegriffe

### Gliederung der Grundbegriffe nach Zonen

Die in Tab. 1 aufgelisteten Grundbegriffe und -fertigkeiten des naturwissenschaftlichen Unterrichts sind Ergebnis einer Diskussion, bei der Grundlagenpapiere von G. Vollmer („Was ist Wissenschaft?“), G. Berg (Übergeordnete Lehr- und Lerninhalte; in „Modernisierung von Rahmenrichtlinien“) und G. Törner (Grundsatzpapier zu „Prozessen“ und „Produkten“ aus mathematischer Sicht) Pate gestanden haben.

Diese Begriffe und Fertigkeiten sind zwar grundlegend für alle Disziplinen der Geistes-, Natur- und Sozialwissenschaften (und damit aller Schulfächer), aber einige von ihnen werden besonders prägnant von den naturwissenschaftlichen Fächern vermittelt. Sie sind jeweils in der dritten Spalte der Liste (SP) mit P (Physik), C (Chemie) oder B (Biologie) angegeben.

Von den Schülern zu lernende *Grundfertigkeiten* sind im Unterschied zu den Grundbegriffen kursiv gesetzt.

Tabelle 1: Allgemeinwissenschaftliche Begriffe  
(\* Erläuterungen einzelner Begriffe S. 21)

Nr.	Begriff / Fertigkeit	SP	Nr.	Begriff / Fertigkeit	SP
1	<i>Ähnlichkeiten entdecken</i>	B	21	<i>erklären</i>	B BCP
2	<i>Alternativen entwickeln</i>		22	<i>erläutern</i>	
3	<i>analogisieren</i>		23	Ethik	
4	<i>analysieren</i>	C	24	<i>experimentieren</i>	
5	Ästhetik		25	<i>falsifizieren / verifizieren</i>	BCP
6	Bedeutung	B	26	<i>folgern</i>	PC
7	Begriff	BCP	27	<i>formalisieren</i>	
8	<i>begründen</i>		28	<i>formulieren</i>	
9	<i>beobachten</i>	BCP	29	Freiheit	
10	<i>beschreiben</i>	BCP	30	Funktion*	B
11	<i>beweisen</i>	BCP	31	Gegensatz	B BCP BCP
12	<i>bewerten</i>	B	32	Geisteswiss.	
13	Chaos	P	33	<i>generalisieren</i>	
14	Deduktion		34	Geschichte	
15	<i>definieren</i>	BCP	35	Gesetz	
16	<i>denken</i>		36	Gesundheit / Krankheit	
17	Determinismus	P	37	<i>herleiten</i>	BCP
18	<i>deuten</i>	B	38	Hypothese	BCP
19	Empirie	BCP	39	Induktion	
20	Entwicklung	B	40	<i>interpretieren</i>	

## und -fertigkeiten

Forts. Tabelle 1

41	Kausalität	BCP	73	Regel	B
42	<i>klassifizieren</i>	BC	74	Richtigkeit	
43	<i>kommunizieren</i>		75	<i>schätzen</i>	BCP
44	Komplex		76	Sinn	B
45	Konflikt		77	Sozialwissenschaften	
46	Kontrollexp.	BCP	78	Sprache*	
47	<i>kooperieren</i>		79	Struktur	BCP
48	Korrelation		80	Subjektivität	
49	Kriterium		81	Symbol	BCP
50	<i>kritisch betrachten</i>		82	Symmetrie	BCP
51	Kultur		83	Synthese	C
52	Leben	B	84	System	BCP
53	<i>lernen*</i>	B	85	Theorie	BCP
54	<i>logisch einordnen</i>		86	Tod	B
55	<i>mathematisieren</i>	CP	87	<i>übertragen (Transfer)</i>	
56	<i>messen</i>	BCP	88	Umwelt	BC
57	Methode		89	Ursache	BCP
58	Modell	BCP	90	<i>urteilen</i>	
59	<i>modifizieren /variieren</i>		91	Variabilität	BC
60	Nachhaltigkeit	BCP	92	Verantwortung	
61	Natur	BCP	93	<i>vergleichen</i>	
62	Naturwiss.	BCP	94	<i>verstehen</i>	
63	Nebenbedg.	BCP	95	Wahrheit	
64	Notwendigkeit		96	Wahrscheinlichkeit	BCP
65	Objektivität	BCP	97	Wirklichkeit	BCP
66	Ordnung		98	Wirkung	BCP
67	<i>sich orientieren</i>		99	Wissenschaft/-lichkeit	BCP
68	<i>plausibel machen</i>		100	<i>zählen</i>	BCP
69	Polarität*	B	101	Zeichen	BCP
70	<i>Problem lösen</i>	BCP	102	Zeit	BCP
71	Prozeß		103	Zufall	BP
72	Reduktion /-ismus	BCP	104	<i>Zusammenhänge aufdecken</i>	BCP

## Zone 2: Naturwissenschaftsgemeinsame

In Lehrplänen und Schulbüchern von Physik, Chemie und Biologie findet man außer den bekannten gemeinsamen Arbeitsmethoden auch Begriffe, die in allen drei Fächern eine dominierende Rolle spielen.

Viele dieser Begriffe tauchen schon in Zone 1 auf, zum Beispiel Leben, Nachhaltigkeit, Umwelt, Zeit, und es erhob sich die Frage, ob es genügt, sie allein in Zone 1 anzugeben, oder ob sie doch durch den naturwissenschaftlichen Unterricht eine so besondere Note erhalten, dass ihre erneute Auflistung in Zone 2 und eventuell anderen Zonen gerechtfertigt sei.

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

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

Schwerpunktfächer werden wieder in der Spalte „SP“ angegeben. Auch „G“ (Geographie) wird angezeigt.

Tabelle 2: Naturwissenschaftsgemeinsame Begriffe  
(\* Erläuterungen S. 21). G = Geographie

Nr.	Grundbegriff	SP	Nr.	Grundbegriff	SP
1	Absorption	P	11	Beschleunigg.	P
2	Adsorption	C	12	Coulombkraft	P
3	Aggregatzustand	C	13	Defin. bereich	CP
4	Amplitude	P	14	Def.gleichung	CP
5	Anion	C	15	Dezimalbezeichnung	P
6	Approximat.	BCP	16	Dichte	P
7	Arbeit	P	17	Diffusion	C
8	Atom	CP	18	Dipol	C
9	Atomkern*	P	19	Druck	P
10	Basis-Maßeinheiten*	P	20	Elektrolyse	C

# Grundbegriffe

Forts. Tab. 2

21	Elektronen- schale	CP	56	Mol	C
			57	Molekül	C
22	Element	C	58	Perioden- system	C
23	Elem.teilchen	P			
24	Energie/ Energiesätze	P	59	Photon	P
25	Entropie	P	60	Polarisation	P
26	Evolution	B	61	Potential	C
27	Feld	P	62	Quant	P
28	Formel(chem.)	C	63	Radioaktivität	P
29	Frequenz	P	64	Rohstoff	CG
30	Funktions- gleichung	P	65	Rückkopp- lung	BP
31	Gasgesetze	C	66	Schall	P
32	Geschwindig- keit	P	67	Schwingung	P
			68	Spannung (elektrische)	P
33	Gewicht	P			
34	Gleichgewicht	BCP	69	Steuerung	BP
35	Gravitation	P	70	Stoff	C
36	Größe	P	71	Streuung (von Meßwerten)	BCP
37	Größen- gleichung	P	72	Strom (elektrischer)	P
38	Gültigkeits- bereich	BCP	73	Stromstärke	P
39	Halbwertszeit	P	74	Teilchen	CP
40	Invarianz	P	75	Temperatur	P
41	Ion	CP	76	Trägheitskraft	P
42	Kation	C	77	Trägheits- moment	P
43	Konzentration	C			
44	Körper	BP	78	Unschärfe	P
45	Kraft	P	79	Vektor/ Skalar	P
			80	Volumen	P
46	Ladung	CP	81	Wärmemenge	P
47	Länge	P	82	Wechsel- wirkung	BCP
48	Leistung	P			
49	Licht	P	83	Welle, Wellen- länge	P
50	Linearität / Nichtlinearität	BP	84	Widerstand (elektrischer)	P
			85	Zeit (nat.wiss.)	P
51	Löslichkeit	C			
52	Lösung (mol.+koll.)	C			
53	Makromolekül	BC			
54	Masse	P			
55	Maßeinheit*	P			

## Zone 3: Überlappungsbereich Chemie/ Biologie

Tabelle 3: Biologie / Chemie

(\* Erläuterung zu einzelnen Begriffen S. 21)

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

## Zonen 4 und 5: Überlappungsbereiche P/B u.P/C

Tabelle 4: Physik / Biologie

Nr.	Grundbegriff	SP	Nr.	Grundbegriff	SP
1	Attraktor	P	16	Kapillarität	B
2	Auftriebskraft	P	17	Linse (opt.)	P
3	Beugung	P	18	Oberflächen- spannung	P
4	Biegungs- festigkeit	P	19	optische Instrumente	P
5	Brechung	P	20	Osmose	B
6	Brennweite	P	21	Reflexion	P
7	Bruchfestigkeit	P	22	Reibungskraft	P
8	deterministi- sches Chaos	P	23	Röntgen- strahlen	P
9	dissipative Struktur	P	24	Selbstähnlich- keit	P
10	Drehmoment	P	25	Strömungsge- schwindigkeit	P
11	Elastizität	P	26	Strömungs- widerstand	P
12	Erdbeschleuni- gung	P	27	thermische Ausdehnung	P
13	elektromagn. Strahlung	P	28	Viskosität	B
14	Hebelgesetz	P	29	Zentrifugalkraft	P
15	Interferenz	P			

Tabelle 5: Physik / Chemie

1	Akkumulator, Batterie, galv. Element usw.	C	11	Interferenz	P
			12	Isotop	CP
			13	Kinetik	CP
2	Beugung	P	14	Kristall/-isation	C
3	Brennstoffzelle	C	15	Reaktionsge- schwindigkeit	C
4	Dipol	P			
5	elektromagnet. Strahlung	P			
6	Enthalpie	C	16	Resonanz	P
7	Farbe	P	17	Röntgen- strahlen	P
8	Festkörper	CP			
9	Flüssigkeit	CP	18	Spektroskopie	CP
10	Gas	CP	19	Thermo- dynamik	CP

## Zone 6: Spezielle Grundbegriffe der Physik

Tabelle 6: Physik allein

(\* Erläuterungen zu einzelnen Begriffen S.21)

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

## Zone 7: Spezielle Grundbegriffe der Chemie

Tabelle 7: Chemie allein

(\* Erläuterungen zu einzelnen Begriffen S. 21)

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

## Zone 8: Spezielle Grundbegriffe der Biologie

Tabelle 8: Biologie allein

(\* Erläuterungen zu einzelnen Begriffen S. 21/22)

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

## Erläuterungen zu einzelnen Begriffen von Tab.1-8

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

### Tab.1

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

53 *lernen*: im pädagogischen und psychologischen Sinn

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

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

### Tab.2

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

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

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

### Tab.3

1 *Addition*: einschließlich Polyaddition

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

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

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

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

### Tab.6

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

### Tab.7

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

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

### Tab.8

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

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

4 *Assimilation*: einschließlich Autotrophie und Heterotrophie

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

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

11 *Dissimilation*: einschließlich Atmung und Gärung

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

13 *Entwicklung (org.)*: hauptsächlich Ontogenese

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

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

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

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

## Zusätzliche Begriffe der Geowissenschaften

- 41 Pflanze (Typus): a) und b) wie bei 6 (Bakterium). Zu b: mindestens Untergruppen „Blütenpflanzen“ und „Blütenlose“
- 43 Pilz (Typus): a) und b) wie bei 6 (Bakterium)
- 44 Polarität (biol.): gegenläufige Prozesse in lebenden Systemen mit Gleichgewichtsbildung (Äquilibration)
- 50 Reiz /-barkeit: inklusive Verhalten (Reiz-Reaktions-Folge)
- 56 Stoffwechsel: inklusive Betriebs- (Energie-)stoffwechsel
- 58 Tier (Typus): a) und b) wie bei 6 (Bakterium). Zu b: mindestens Untergruppen „Wirbeltiere“ und „Wirbellose“
- 60 Umwelt (belebte): biologische, soziale und bebaute Umwelt
- 63 Verwandlung/Konstanz: Metabolismus (Stoffwechsel), Metamorphosen und ihr Gegenteil (Fixierung, Speicherung)
- 64 Virus (Typus): a) und b) wie bei 6 (Bakterium)
- 68 Zweckmäßigkeit: Teleonomie, nicht Teleologie (Finalität).

## **Zusätzliche Begriffe der Geowissenschaften**

Die Arbeit der GDNÄ-Rahmenplan-Kommission war von Anfang an auf eine Koordinierung der drei naturwissenschaftlichen Schulfächer Physik, Chemie und Biologie angelegt. Mathematik als stärker geisteswissenschaftlich und Geographie als (heute) deutlich sozialwissenschaftlich geprägtes Fach standen in diesem Projekt nicht im Mittelpunkt der Betrachtungen.

Die Geowissenschaften Geologie und Mineralogie gehören ebenfalls zu den Naturwissenschaften, sind jedoch nicht eigene Unterrichtsfächer in der Schule. Ihre Inhalte sind aber von zunehmender gesellschaftlicher Bedeutung, so dass ihre wichtigsten Grundbegriffe von den in der Schule vertretenen Nachbarfächern übernommen werden müssen.

In den hier vorgestellten Begriffslisten der Physik, Chemie und Biologie sind bereits viele der für die Geowissenschaften grundlegenden Begriffe, wie z.B. Aggregatzustand, Beugung, chemische Gleichung, Fossil, usw., enthalten. Die übrigen, von diesen Fächern zu weit ab liegenden, Begriffe gehören zweifellos mehr in den Bereich der (physischen) *Geographie* und sollten von diesem Unterrichtsfach übernommen werden. Sie sind in Tab.9 zusammengefasst.

Die Tabelle geht auf eine umfangreichere Liste geowissenschaftlicher Grundbegriffe von Prof. Dr. Gregor Markl, Tübingen, zurück. In der Tabelle sind nur diejenigen Begriffe enthalten, die über den Begriffskanon von Physik, Chemie und Biologie eindeutig *hinausgehen* und daher unbedingt Gegenstand des Geographieunterrichtes werden müssen, wenn nicht an dieser Stelle eine empfindliche Lücke in der Allgemeinbildung unserer Schüler entstehen soll.

## Zusätzliche Begriffe der Geowissenschaften

Tabelle 9: Geowissenschaftliche Begriffe, die über den naturwissenschaftlichen Kern der Tabellen 1-8 hinausgehen

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

Wie auch die Geokonferenz 1999 in ihrem „Leipziger Memorandum“ betont, muss die Schulgeographie heute wieder stärker in die Pflicht genommen werden, neben ihrer sozialwissenschaftlichen Komponente die naturwissenschaftliche Komponente ernst zu nehmen. Grundbegriffe wie die in Tab.9 aufgelisteten sollten daher im Geographieunterricht verstärkt und mit Tiefgang behandelt werden.

Dazu gehört zweifellos eine Reform der Lehrerbildung (siehe S. 56), die den Geographielehrern und -lehrerinnen ein solides Fundament an naturwissenschaftlicher Bildung vermittelt. Die hier zu den Geowissenschaften gemachten Aussagen sollen dazu beitragen, die Diskussion über eine solche Reform anzuregen.

### **Gliederung der Grundbegriffe nach Schulfächern – Rolle der Fächer für Allgemeinbildung**

Die im Vorstehenden für den naturwissenschaftlichen Unterricht gesammelten Grundbegriffe und -fertigkeiten, die als Kern einer „naturwissenschaftlichen Grundbildung“ (scientific literacy) gedacht sind, könnten so missverstanden werden, als ob sie in einem Schulfach „Naturwissenschaften“ (oder schlimmer noch: „Naturwissenschaft“) vermittelbar wären. Schon während der großen Curriculum-Bewegung der 70er-Jahre - aber auch heute immer wieder, siehe den Modellversuch „PING“, Land Schleswig-Holstein mit IPN - wurde die Idee eines „integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts“ ernsthaft erwogen und wird trotz vieler gescheiterter Versuche immer wieder neu geboren.

Die Rahmenplan-Kommission der GDNÄ geht von der Überzeugung aus, dass das Scheitern der bisherigen Integrationsansätze *nicht* auf technische Probleme der Schulorganisation (zum Beispiel Studentafeln, Prüfungsbestimmungen, Lehrerausbildung usw.) zurückzuführen ist, sondern ganz entschieden damit zusammenhängt, dass die drei Fächer Biologie, Chemie und Physik (und das gleiche gilt für die Astronomie, die Geowissenschaften und andere Disziplinen) eben *nicht* aufgrund der so oft in Kreisen von Bildungspolitikern beschworenen „naturwissenschaftlichen Methode“ (Einzahl!) zusammengefasst werden können. Die Fächer sind nicht nur in ihrer *Begrifflichkeit* verschieden, sondern ganz wesentlich auch in ihrer *Methodik*, was das theoretische Rüstzeug, die praktische Forschung, die Objektbehandlung und die ethischen Aspekte betrifft.

Diese Verschiedenheit ist auch ein Grund dafür, dass die drei Fächer im Oberstufenunterricht des Gymnasiums einander nicht ersetzen können und daher eine „allgemeine Hochschulreife“ durch *ein* naturwissenschaftliches Fach (Abwahl zweier Fächer, - bisherige Oberstufen-Regelung) nicht erreicht werden kann.

Die vorliegende Broschüre geht deshalb von dem Konzept eines getrennten Fachunterrichts aus. Sie soll jedoch gleichzeitig ein realistisches Modell zur Entwicklung kohärenter, aufeinander abgestimmter Lehrplan-Inhalte der drei Fächer anbieten und Wege aufzeigen, wie *aus den Fächern heraus* über den Zaun geschaut werden kann, so dass am Ende ein „fachübergreifender Fachunterricht“ (das Konzept der GDNÄ) entsteht, der seine Fachgrenzen *transzendiert*, aber nicht ignoriert.

## Begriffsschwerpunkte im Fachunterricht **Physik**

Tabelle 10: Fachunterricht **Physik**, Abschnitte A u. B  
(angegeben sind die in den Zonen verwendeten Nummern)

Nr.	Grundbegriffe und -fertigkeiten	Nr.	Grundbegriffe und -fertigkeiten
<b>A) allgemein-wissenschaftlich (aus Zone 1)</b>			
7	Begriff	63	Nebenbedingung
9	<i>beobachten</i>	65	Objektivität
10	<i>beschreiben</i>	70	<i>Problem lösen</i>
11	<i>beweisen</i>	72	Reduktion/-ismus
15	<i>definieren</i>	75	<i>schätzen</i>
17	Determinismus	78	Sprache
19	Empirie	79	Struktur
24	<i>experimentieren</i>	81	Symbol
25	<i>falsifizieren / verifizieren</i>	82	Symmetrie
27	<i>formalisieren</i>	84	System
35	Gesetz	85	Theorie
37	<i>herleiten</i>	89	Ursache
38	Hypothese	96	Wahrscheinlichkeit
41	Kausalität	97	Wirklichkeit
46	Kontrollexperiment	98	Wirkung
55	<i>mathematisieren</i>	99	Wissenschaft / -lichkeit
56	<i>messen</i>		
58	Modell	100	<i>zählen</i>
60	Nachhaltigkeit	101	Zeichen
61	Natur	102	Zeit (naturwiss.)
		103	Zufall
62	Naturwissenschaft	104	<i>Zusammenhänge aufdecken</i>
<b>B) naturwissenschaftsgemeinsam (aus Zone 2)</b>			
1	Absorption	23	Elementarteilchen
4	Amplitude	24	Energie / -sätze
6	Approximation	25	Entropie
7	Arbeit	27	Feld
8	Atom	29	Frequenz
9	Atomkern	30	Funktionsgleichung
10	Basis-Maßeinheiten	32	Geschwindigkeit
11	Beschleunigung	33	Gewicht
12	Coulombkraft	34	Gleichgewicht
13	Definitionsbereich	35	Gravitation
14	Definitionsgleichung	36	Größe
15	Dezimalbezeichnung	37	Größengleichung
16	Dichte	38	Gültigkeitsbereich
19	Druck	39	Halbwertszeit
21	Elektronenschale	40	Invarianz

## Begriffsschwerpunkte im Fachunterricht **Physik**

Forts.Tab. 10 (Fachunterricht **Physik**), Abschnitte B u. C

41	Ion	72	Strom (elektr.)
44	Körper (Einzelmasse)	73	Stromstärke
45	Kraft	74	Teilchen
46	Ladung	75	Temperatur
47	Länge	76	Trägheitskraft
48	Leistung	77	Trägheitsmoment
49	Licht	78	Unschärfe
50	Linearität / Nicht-linearität	79	Vektor / Skalar
54	Masse	80	Volumen
55	Maßeinheit	81	Wärmemenge
59	Photon	82	Wechselwirkung
60	Polarisation	83	Welle / Wellenlänge
62	Quant	84	Widerstand (elektr.)
63	Radioaktivität	85	Zeit (nat.wiss.)
65	Rückkopplung		
66	Schall		
67	Schwingung		
68	Spannung (elektr.)		
69	Steuerung		
71	Streuung (von Meßwerten)		
<b>C) Überlappung Physik / Biologie (aus Zone 4)</b>			
1	Attraktor	17	Linse (optische)
2	Auftriebskraft	18	Oberflächen- spannung
3	Beugung (auch 5;2)	19	optische Instrumente
4	Biegefestigkeit	21	Reflexion (Welle)
5	Brechung (optische)	22	Reibungskraft
6	Brennweite	23	Röntgenstrahlen (auch 5;17)
7	Bruchfestigkeit	24	Selbstähnlichkeit
8	deterministisches Chaos	25	Strömungs- geschwindigkeit
9	dissipative Struktur	26	Strömungs- widerstand
10	Drehmoment	27	thermische Ausdehnung
11	Elastizität	29	Zentrifugalkraft
12	Erdbeschleunigung		
13	elektromagnetische Strahlung (auch 5;5)		
14	Hebelgesetz		
15	Interferenz (auch 5;11)		

## Begriffsschwerpunkte im Fachunterricht **Physik**

Forts.Tab. 10 (Fachunterricht **Physik**), Abschnitte D u. E

<b>D) Überlappung Physik / Chemie (aus Zone 5)</b>			
2	Beugung	11	Interferenz
4	Dipol	12	Isotop (auch 3;33)
5	elektromagnetische Strahlung	13	Kinetik
7	Farbe	16	Resonanz
8	Festkörper	17	Röntgenstrahlen
9	Flüssigkeit	18	Spektroskopie
10	Gas	19	Thermodynamik
<b>E) speziell Physik (Zone 6)</b>			
1	Antiteilchen	26	Lichtgeschwindigkeit
2	Bremsweg	27	Luftdruck
3	drahtlose Telegraphie	28	Magnetismus (Ferro-)
4	elektromagnetische Induktion	29	Massendefekt
5	el.magn. Spektrum	30	Netzebene
6	Elektromotor	31	Newtonsche Axiome
7	Elementarladung	32	Ohmsches Gesetz
8	Energie / Masse- Äquivalenz	33	optische Streuung
9	Energieniveau	34	Quantenzahl
10	Gammastrahlen	35	Relativitätstheorie
11	Galaxis	36	Ruheenergie
12	Generator	37	Satelliten
13	geschwindigkeits- abhängige Masse	38	Strahlengang
14	Gleichstrom	39	Stromkreis
15	helio- / geozentri- sches Weltbild	40	Unbestimmtheits- relation
16	Himmelskörper	41	Universum
17	Impuls	42	Urknall
18	Kapazität (elektr.)	43	Verformungsenergie
19	Keplersche Gesetze	44	Wärmeisolierung
20	Kernkraft	45	Wärmekraft- maschine
21	Kernumwandlung (Spaltung, Fusion)	46	Wechselstrom
22	Kraft im Magnetfeld	47	Zeitdilatation
23	Kraft / Wärme- Kopplung		
24	Laser		
25	lichtelektr. Effekt		

## Begriffsschwerpunkte im Fachunterricht **Chemie**

Tabelle 11: Fachunterricht **Chemie**, Abschnitte A u. B  
(angegeben sind die in den Zonen verwendeten Nummern)

Nr.	Grundbegriffe und -fertigkeiten	Nr.	Grundbegriffe und -fertigkeiten
<b>A) allgemein-wissenschaftlich (aus Zone 1)</b>			
4	<i>analysieren</i>	65	Objektivität
7	Begriff	70	<i>Problem lösen</i>
9	<i>beobachten</i>	72	Reduktion / -ismus
10	<i>beschreiben</i>	75	<i>schätzen</i>
11	<i>beweisen</i>	78	Sprache
15	<i>definieren</i>	79	Struktur
19	Empirie	81	Symbol
24	<i>experimentieren</i>	82	Symmetrie
25	<i>falsifizieren / verifizieren</i>	83	Synthese
27	<i>formalisieren</i>	84	System
35	Gesetz	85	Theorie
37	<i>herleiten</i>	88	Umwelt
38	Hypothese	89	Ursache
41	Kausalität	91	Variabilität
42	<i>klassifizieren</i>	96	Wahrscheinlichkeit
46	Kontrollexperiment	97	Wirklichkeit
55	<i>mathematisieren</i>	98	Wirkung
56	<i>messen</i>	99	Wissenschaft / -lichkeit
58	Modell		
60	Nachhaltigkeit	100	<i>zählen</i>
		101	Zeichen
61	Natur	102	Zeit
62	Naturwissenschaft	104	<i>Zusammenhänge</i>
63	Nebenbedingung		<i>aufdecken</i>
<b>B) naturwissenschaftsgemeinsam (aus Zone 2)</b>			
2	Adsorption	41	Ion
3	Aggregatzustand	42	Kation
5	Anion	43	Konzentration
6	Approximation	46	Ladung
8	Atom	51	Löslichkeit
13	Definitionsbereich	52	Lösung
14	Defin.gleichung	53	Makromolekül
17	Diffusion	56	Mol
18	Dipol	57	Molekül
20	Elektrolyse	58	Periodensystem
21	Elektronenschale	61	Potential (el.chem.)
22	Element	64	Rohstoff
28	Formel (chem.)	70	Stoff
31	Gasgesetze	71	Streuung (Meßwerte)
34	Gleichgew. (chem.)	74	Teilchen
38	Gültigkeitsbereich.	82	Wechselwirkung

## Begriffsschwerpunkte im Fachunterricht **Chemie**

Forts.Tab.11 (Fachunterricht **Chemie**), Abschnitte C,D,E

<b>C) Überlappung Chemie / Biologie (aus Zone 3)</b>			
1	Addition	36	Konfiguration
2	Aktivierungsenergie	38	Mineral
3	Akzeptor	39	Monosaccharid
4	Aliphat	40	Naturstoff
5	Alkohol	41	Öl
6	Aminosäure	42	organische Säure
7	anorganisch / organ.	43	Oxid /-ation
8	Aromat	44	Peptidbindung
9	Azidität / Basizität	45	pH-Wert
10	Bindungsenergie	46	Photolyse
11	Biochemie	47	Polymer /-isation
14	Disaccharid	48	Polysaccharid
15	Dissoziation	49	Protein
16	DNA / DNS	50	Puffer
17	Donator	51	Racemat
18	Elimination	52	Radikal
20	Ernährung	53	Reaktion (chem.)
21	Ester	54	Redoxreaktion
22	Farbstoff	55	Reduktion (chem.)
23	Fett	56	Rezeptor
24	Fettsäure	57	Salz
25	Funktionalität / funkt. Gruppe	58	Stärke
		59	Strukturformel
26	Gemisch	60	Substitution / -tuent
27	Gentechnik	61	Summenformel
29	Hydrolyse	62	Verbindung (chem.)
30	Indikator	63	Verseifen
31	Inhibitor	64	Vitamin
32	Isomerie	65	Wachs
33	Isotop	66	Wasserst.brücken- bindung
34	Kohlenhydrat		
35	Kohlenwasserstoff	67	Wertigkeit
<b>D) Überlappung Chemie / Physik (aus Zone 5)</b>			
1	Akkumulator	12	Isotop (auch 3;33)
3	Brennstoffzelle	13	Kinetik
6	Enthalpie	14	Kristall / -isation
8	Festkörper	15	Reaktionsgeschw.
9	Flüssigkeit	18	Spektroskopie
10	Gas	19	Thermodynamik
<b>E) speziell Chemie (Zone 7)</b>			
1	Aldehyd	6	Amin
2	Alkali-, Erdalkalimet.	7	Analyse
3	Alkan	8	Carbocyclus
4	Alken	9	Carbonylverbindung
5	Alkin	10	chemische Bindung

## Begriffsschwerpunkte Chemie, Biologie

Forts.Tab.11 (Fachunterricht **Chemie**), Forts.Abschnitt E

11	chem. Gleichung	31	Kondensation
12	chem. Reaktion	32	koordinative Bindung
13	chem. Gleichgewicht	33	Korrosion
14	chemietechnische Verfahren	34	kovalente Bindung
15	Chiralität	35	Lösung
16	Chromatographie	36	Massenwirkungs- gesetz
17	Delokalisation	37	Metall
18	Destillation, <i>destillieren</i>	38	Neutralisation
19	Edelgas	39	Nichtmetall
20	Elektronegativität	40	Nukleophilie / Elektrophilie
21	Erz	41	Oxidationszahl
22	Ether	42	Phenol
23	Extraktion / <i>extrahieren</i>	43	Protolyse
24	Halogen /-id	44	Reinstoff
25	Heterocyclus	45	Spannungsreihe
26	Hydroxid	46	Stöchiometrie
27	ionische Bindung	47	Titration, <i>titrieren</i>
28	Katalyse /-lyikator	48	Van-der-Waals- Bindung
29	Keton	49	Verhältnisformel
30	Komplexverbindung	50	Zwischenprodukt

## **Biologie**

Tabelle 12: Fachunterricht **Biologie**, Abschnitt A  
(angegeben sind die in den Zonen verwendeten Nummern)

Nr.	Grundbegriffe und -fertigkeiten	Nr.	Grundbegriffe und -fertigkeiten
<b>A) allgemein-wissenschaftlich (aus Zone 1)</b>			
1	<i>Ähnlichkeiten ent- decken</i>	20	Entwicklung
6	Bedeutung	23	Ethik
7	Begriff	24	<i>experimentieren</i>
9	<i>beobachten</i>	25	<i>falsifizieren / verifizieren</i>
10	<i>beschreiben</i>	30	Funktion
11	<i>beweisen</i>	35	Gesetz
12	<i>bewerten</i>	36	Gesundheit / Krankheit
15	<i>definieren</i>	37	<i>herleiten</i>
18	<i>deuten</i>	38	Hypothese
19	Empirie	41	Kausalität

## Begriffsschwerpunkte im Fachunterricht **Biologie**

Forts.Tab.12(Fachunterricht **Biologie**), Abschnitte A,B,C

42	<i>klassifizieren</i>	79	Struktur
46	Kontrollexperiment	81	Symbol
52	Leben (organ.)	82	Symmetrie
53	<i>lernen</i>	84	System
56	<i>messen</i>	85	Theorie
58	Modell	86	Tod (organ.)
60	Nachhaltigkeit	88	Umwelt (belebte)
61	Natur	89	Ursache
62	Naturwissenschaft	91	Variabilität
63	Nebenbedingung	96	Wahrscheinlichkeit
65	Objektivität	97	Wirklichkeit
69	Polarität (biol.)	98	Wirkung
70	<i>Problem lösen</i>	99	Wissenschaft /
72	Reduktion /-ismus		-lichkeit
73	Regel	100	<i>zählen</i>
		101	Zeichen
75	<i>schätzen</i>	102	Zeit
76	Sinn	103	Zufall
78	Sprache	104	<i>Zusammenhänge aufdecken</i>
<b>B) naturwissenschaftsgemeinsam (aus Zone 2)</b>			
6	Approximation	53	Makromolekül
26	Evolution	65	Rückkopplung
34	Gleichgewicht (biol.)	69	Steuerung (biol.)
38	Gültigkeitsbereich	71	Streuung (von Meßwerten)
44	Körper (Organismus)		
50	Linearität / Nichtlinearität	82	Wechselwirkung
<b>C) Überlappung Biologie / Chemie (aus Zone 3)</b>			
4	Aliphatisch	28	Hormon
6	Aminosäure	34	Kohlenhydrat
7	anorganisch / organ.	37	Membran
8	Aromatisch	38	Mineral
12	Biosynthese	39	Monosaccharid
13	Biotechnologie	40	Naturstoff
14	Disaccharid	42	organische Säure
16	DNA / RNA	44	Peptidbindung
19	Enzym	49	Protein
20	Ernährung	58	Stärke
23	Fett	64	Vitamin
24	Fettsäure	65	Wachs
27	Gentechnik	68	Zucker

## Begriffsschwerpunkte im Fachunterricht **Biologie**

Forts. Tab.12 (Fachunterricht **Biologie**), Abschnitte D,E

<b>D) Überlappung Physik / Biologie (Zone 4)</b>			
16	Kapillarität	28	Viskosität
20	Osmose		
<b>E) speziell Biologie (Zone 8)</b>			
1	Abgrenzung / Öffnung	36	Organ
2	Anpassung/Beharrung	37	Organismus
3	Art	38	Organsysteme
4	Assimilation	39	Parasitismus
5	Autonomie (Selbst-/ Fremdsteuerung)	40	Periodik (biol.), Biorhythmik
6	Bakterium (Typus)	41	Pflanze (Typus)
7	Bewegung/aktiveRuhe	42	Photosynthese
8	Bewertung/Entwertung	43	Pilz (Typus)
9	Biosphäre	44	Polarität (biol.)
10	Destruent	45	Population
11	Dissimilation	46	Probiose (Synökie)
12	Energie im biol.Kontext	47	Produzent
13	Entwicklung (organ.)	48	Reaktionsnorm
14	Enzym	49	Regulation
15	Evolution (biol.)	50	Reiz / -barkeit
16	Fortpflanzung, Vermehrung	51	Rekombination
17	Fossil	52	Rückkopplung
18	Gen	53	Selektion
19	Generation	54	Steuerung (biol.)
20	Gewebe	55	Stoffkreislauf in der Biosphäre
21	Gleichgewicht (biol.)	56	Stoffwechsel
22	Hormon	57	Symbiose
23	Immunreaktion	58	Tier (Typus)
24	Informationsspeiche- rung /-löschung	59	Tod (organ.)
25	Isolation (evolutive)	60	Umwelt (belebte)
26	Komplexität (biol.)	61	Variabilität / Uniformität
27	Konsument	62	Vererbung
28	Leben (organ.)	63	Verwandlung/ Kon- stanz (Fixierung)
29	Mensch	64	Virus (Typus)
30	Modifikation	65	Wachstum
31	Mutation	66	Zeichen / Bedeu- tung (semantisches Prinzip)
32	Nahrungsnetz /-kette	67	Zelle
33	Natur (belebte)	68	Zweckmäßigkeit (Teleonomie)
34	Ökosystem		
35	Ordnung / Chaos- Polarität		

### **Begriffsprofile der drei Fächer im Vergleich**

Vergleichen wir die Verteilung der Begriffsschwerpunkte von Physik, Chemie, Biologie, so treten überraschende Merkmale zutage, gemessen an der Zahl der Grundbegriffe aus den verschiedenen Zonen von Abb.2.

Zum Beispiel finden wir in der Begriffsliste des hier konzipierten Physikunterrichts (Tab.10) folgende Bilanz:

#### Physik

42 Grundbegriffe / -fertigkeiten aus Zone 1 (allgemeinwissenschaftlich, Abschnitt A),

64 aus Zone 2 (naturwissenschaftsgemeinsam, Abschnitt B)

26 aus Zone 4 (Physik / Biologie, Abschnitt C)

14 aus Zone 5 (Physik / Chemie, Abschnitt D)

47 aus Zone 6 (speziell Physik, Abschnitt E).

Es zeigt sich deutlich die *Grundlagenfunktion der Physik für alle Naturwissenschaften*, da ihr Begriffsanteil in Abschnitt B sogar höher ist als in ihrem eigenen speziellen Bereich, Abschnitt E. Auch ist der Beitrag der Physik zur Einübung wissenschaftlicher *Fertigkeiten* (siehe vor allem Abschnitt A) mit 14 naturwissenschaftlich bedeutsamen Praktiken besonders hervorzuheben.

Ferner ist auffallend, dass im Überlappungsfeld Physik / Biologie mehr gemeinsame Grundbegriffe genannt sind als im Überlappungsfeld Physik / Chemie (vgl. hierzu auch die verschiedenen *Umfänge* von Tabellen 4 und 5). Der Grund liegt offensichtlich in dem höheren Bedarf der Biologie als einer Wissenschaft hochkomplexer Systeme an physikalischen Stützbegriffen, während die Chemie mit weniger Begriffen dieser Art auskommt.

Das gleiche gilt für das Verhältnis zwischen Biologie und Chemie: Während der Chemieunterricht aus dem gemeinsamen Überlappungsfeld (Zone 3) 61 Grundbegriffe vertieft behandeln kann und muss, entfallen auf die Biologie aus dieser Zone nur 26. Das heißt: Biologie ist auf ein viel höheres Repertoire von Grundbegriffen aus der Chemie angewiesen, um Zone 3 überhaupt nutzen zu können, als umgekehrt die Chemie auf die Biologie.

Die Gesamtbilanz dieser beiden Fächer sieht folgendermaßen aus:

#### Chemie

45 Grundbegriffe/-fertigkeiten aus Zone 1 (Abschnitt A), darunter sogar 16 Grundfertigkeiten (*kursiv gedruckt*), wobei die 14 der Physik noch ergänzt sind durch „*analysieren*“ (chemische Analyse) und „*klas-*

## Bilanz: Begriffsschwerpunkte im Fächervergleich

*sifizieren*“, das in der Chemie wegen ihrer Fülle von Objekten (Stoffarten) eine besondere Rolle spielt und dort intensiv geübt werden kann

- 32 Grundbegriffe aus Zone 2 (Abschnitt B)
- 63 aus Zone 3 (Chemie / Biologie, Abschnitt C)
- 12 aus Zone 5 (Chemie / Physik, Abschnitt D)
- 50 aus Zone 7 (speziell Chemie, Abschnitt E).

### Biologie

- 56 Grundbegriffe/-fertigkeiten aus Zone 1 (Abschnitt A), darunter eine ähnliche Zahl von *Fertigkeiten* wie bei Physik und Chemie (hier: 17), allerdings „*mathematisieren*“ und „*formalisieren*“ (die im Biologieunterricht wegen der Variabilität der Objekte keine so große Rolle spielen) durch „*Ähnlichkeiten entdecken*“, „*deuten*“ und „*lernen*“ ersetzt bzw. ergänzt
- 11 Grundbegriffe aus Zone 2 (Abschnitt B)
- 26 aus Zone 3 (Biologie / Chemie, Abschnitt C)
- 3 aus Zone 4 (Biologie / Physik, Abschnitt D)
- 68 aus Zone 8 (speziell Biologie, Abschnitt E)

Aus der vergleichenden Analyse der drei Fächer lässt sich erkennen, dass die Häufigkeit der *allgemeinwissenschaftlichen* (auch zum Teil umgangssprachlichen) Begriffe aus Zone 1 von Physik (42) über die Chemie (45) zur Biologie hin (56) deutlich zunimmt. Gleichzeitig aber sinkt die Menge der grundlegenden *naturwissenschaftlichen* Begriffe und -fertigkeiten (Zone 2) in dieser Fächerfolge recht krass von 63 über 32 auf 11.

Der Vergleich unterstreicht sehr deutlich die besondere Bedeutung des Physikunterrichts für die Entwicklung eines soliden naturwissenschaftlichen *Kernes* von Allgemeinbildung.

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Beobachtung, dass der Anteil der *fachinternen* Schwerpunktbegriffe (Zonen 6, 7, 8 bzw. Abschnitte E der obigen Tabellen) in der Physik bei 47, der Chemie bei 50 und in der Biologie bei 68 liegt. Dieser Anstieg hängt offensichtlich damit zusammen, dass die Zahl der fachspezifischen, d.h. einem Fach allein zukommenden Grundbegriffe mit der Komplexität seines Objektbereiches zunimmt.

Der obige Zahlenvergleich wird in Abb.3 noch einmal illustriert. Die Abbildung zeigt drei offensichtlich *verschiedene*, aber zueinander *komplementäre* Begriffsprofile der Fächer Physik, Chemie und Biologie, soweit sie sich aus den Analysen der GDNÄ-Kommission ergeben.

Bilanz: Begriffsschwerpunkte im Fächervergleich

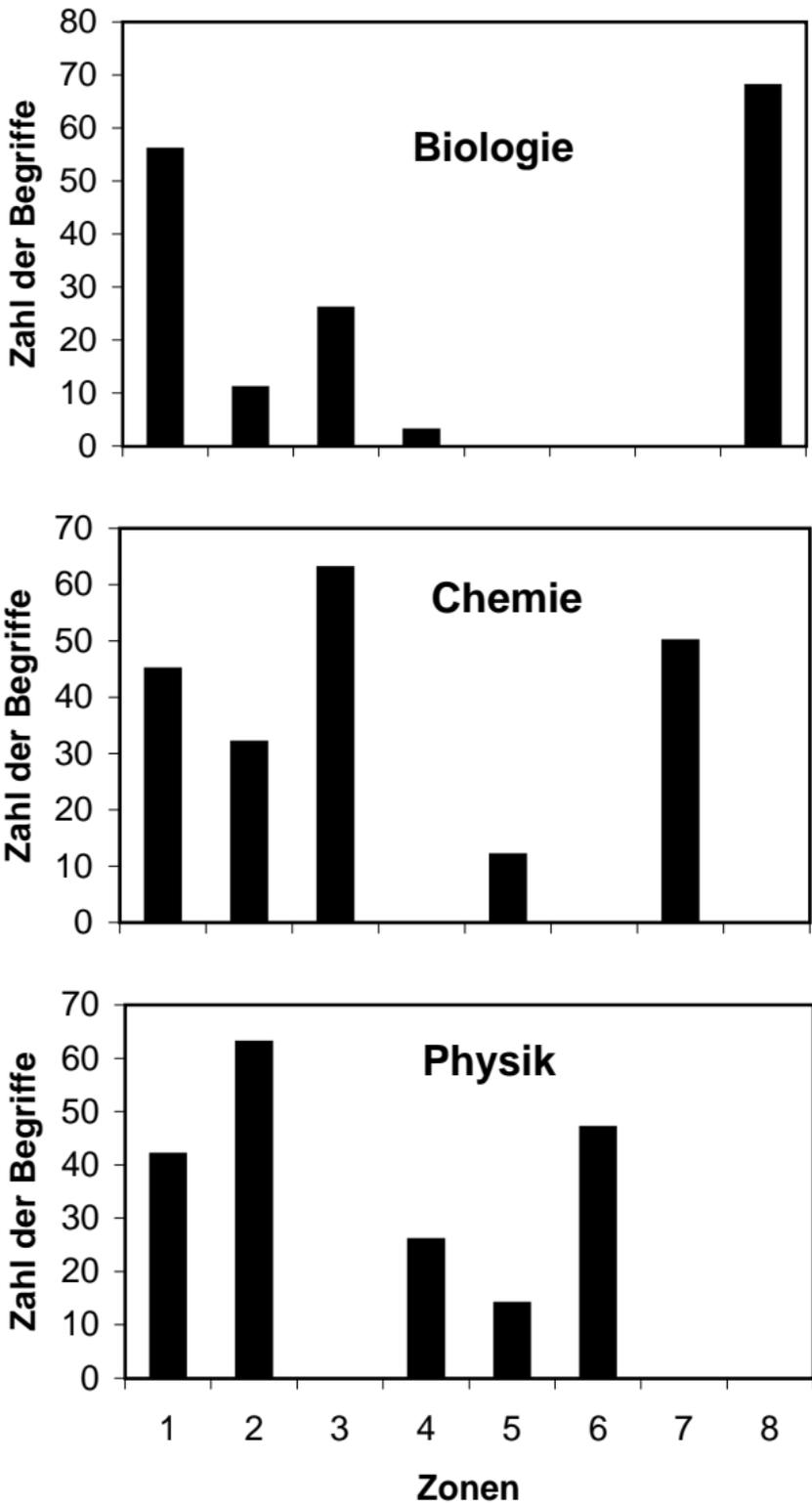


Abb.3: Verteilung von Grundbegriffen des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf die drei Fächer

### **Bildungspolitische Bewertung von Begriffen**

Die Auswahl der vorstehend genannten Grundbegriffe und -fertigkeiten erfolgte, wie schon eingangs beschrieben, nach dem Experten-Konsens-Verfahren. Die im Folgenden vorgestellten Bewertungsmethoden können als nachträgliche Überprüfung der Ergebnisse durch Anlegen dreier verschiedener „Meßblätter“ dienen und sollen helfen, die Entscheidungen des ersten Verfahrens zu objektivieren und transparenter zu machen. Die Wahl gerade dieser drei Methoden erfolgte im Hinblick auf die zur Zeit im Bildungswesen bevorzugten Bewertungskriterien „Allgemeinbildung“, „Kompetenzenvermittlung“ und „fächerübergreifendes, vernetztes Denken“.

Eine einfache pädagogische Faustregel zur Entscheidung „wichtig oder nicht?“ könnte etwa heißen: *Mindestens eines* dieser Bewertungsverfahren muss einen relativ hohen Wert erbringen, möglichst aber *alle drei*.

Nach diesem einfachen „Tripelkriterium“, das auch in der Lehrplanpraxis in ähnlicher Form verwendet wird (Schülerrelevanz, Gesellschaftsrelevanz und Fach- bzw. Wissenschaftsrelevanz), können die Resultate der Vorauswahl noch einmal überprüft, evtl. ergänzt oder auch eliminiert werden.

Die Dreifachbewertung wird zur Zeit für alle oben aufgeführten Grundbegriffe und -fertigkeiten vorgenommen, kann jedoch aus Platzgründen hier nicht in vollem Umfang wiedergegeben werden. Es werden in dieser Broschüre zunächst nur die drei Bewertungsverfahren selbst an konkreten Beispielen erläutert und dann die mit ihrer Hilfe *höchstbewerteten* Begriffe und Fertigkeiten aufgeführt. Die übrigen Daten können von Interessenten eingesehen oder angefordert werden.

Beim Verfahren III werden hier nur exemplarisch die *fachinternen* Vernetzungen innerhalb der Zonen 6, 7 und 8 sowie die *fachübergreifenden* mit den *allgemeinen* Zonen 1 und 2 vorgestellt. Allein schon diese ersten Quervernetzungen ergeben interessante Einsichten in die Struktur und Komplementarität der drei naturwissenschaftlichen Fächer. Sie zeigen dem, der das Verfahren anwendet, in aller Deutlichkeit, wie sehr die drei Fächer inhaltlich miteinander verzahnt sind und wie schwerwiegend es ist, wenn in der Oberstufe des Gymnasiums zwei dieser Fächer einfach „abgewählt“ werden. Ein in sich kohärentes Begriffssystem wird dabei zerrissen, und eine „vertiefte Behandlung weniger Grundbegriffe“, wie eingangs gefordert, unmöglich gemacht.

### Verfahren I

In der Pädagogik wie auch in der Biologie und Psychologie wird häufig zwischen passiven und aktiven, afferenten und efferenten, rezeptiven und projektiven Verhaltensweisen unterschieden, auch wenn diese beiden Seiten des Verhaltens niemals voneinander zu trennen sind. Die Kommission hat sich entschlossen, ein solch vereinfachtes, dichotomes Denkmuster dem ersten Bewertungsverfahren zugrunde zu legen (Abb.4):



Abb. 4: Zuordnung der 4 Bewertungskategorien „Allgemeinbildung“ zu obersten Bildungszielen

Die Kategorien bedeuten also:

**A:** Wahrnehmung und Verständnis von Einzelphänomenen der Welt (z.B. Basisbegriffe)

**B:** Wahrnehmung und Verständnis von größeren Zusammenhängen der Welt: allgemeines Welt- u. Selbstverständnis

**C:** Individuelle, persönliche Lebensgestaltung

**D:** Gesellschaftliche Lebensgestaltung.

Bei einfacher Gewichtung wäre die höchstmögliche Punktzahl pro Begriff 4, bei Zweifachgewichtung 8. Zwecks besserer Differenzierungsmöglichkeit und wegen der einfachen und doch relativ zuverlässigen Handhabung wurde die Zweifachgewichtung gewählt. Der prozentuale Bewertungsgrad ist dann jeweils auf diese Höchstzahl 8 bezogen.

## Bewertungsverfahren I: Allgemeinbildung

In Tab.13 wird veranschaulicht, wie im Einzelnen sowohl die Zuordnung von Begriffen zu Kategorien als auch die Zweifachgewichtung (unterstrichen / nicht unterstrichen) vorgenommen wurde.

Da bei maximal 8 Punkten die Differenzierungsmöglichkeiten begrenzt sind, werden bei diesem Verfahren nur solche Begriffe und Fertigkeiten als hochrangig betrachtet, die mindestens 5 von den 8 Punkten erreichen und damit über 60% liegen. Sie sind **fett** gedruckt und werden nachfolgend „Spitzenbegriffe“ genannt.

Die Beispiele sind den Fächertabellen 10 bis 12 entnommen und durch deren Nummern gekennzeichnet.

Tabelle 13: Bewertung von Begriffen nach Verfahren I

Lfd.Nr.	Begriff /Fertigkeit	Kategorien	$\Sigma$	%
<b>Physik:</b>				
10-A-35	Gesetz	<u>A</u> <u>B</u> <u>C</u> <u>D</u>	8	<b>100</b>
10-B-24	Energie /-sätze	<u>A</u> <u>B</u> <u>C</u> <u>D</u>	8	<b>100</b>
10-C-8	determin. Chaos	A <u>B</u> C D	5	<b>63</b>
10-D-18	Spektroskopie	A B D	3	38
10-E-6	Elektromotor	C D	3	38
<b>Chemie:</b>				
11-A-78	Sprache	<u>A</u> <u>B</u> <u>C</u> <u>D</u>	8	<b>100</b>
11-B-82	Wechselwirkung	A <u>B</u> <u>C</u> D	6	<b>75</b>
11-C-40	Naturstoff	B <u>C</u> <u>D</u>	6	<b>75</b>
11-D-9	Flüssigkeit	A C	4	50
11-E-13	chem.Gleichgew.	B	2	25
<b>Biologie:</b>				
12-A-52	Leben	<u>A</u> <u>B</u> <u>C</u> <u>D</u>	8	<b>100</b>
12-B-26	Evolution (allg.)	<u>A</u> <u>B</u> C D	6	<b>75</b>
12-C-23	Fett	A C D	4	50
12-D-28	Viskosität	A C	2	25
12-E-48	Reaktionsnorm	A B <u>C</u> <u>D</u>	6	<b>75</b>

Die Beispiele sind so ausgewählt, dass die auf S.33 bis 35 erläuterte Schwerpunktverteilung der Begriffe in den drei Fächern durch die rechte Spalte der obigen Tabelle unterstrichen wird. Während sich bei Physik und Chemie hochrangig allgemeinbildende Begriffe bevorzugt in Zonen 1 und 2 (Abschnitte A und B) finden, treten in der Biologie solche Begriffe gehäuft auch in der *fachspezifischen* Zone 8 (Abschnitt E) auf. Viele biologiespezifische Begriffe wie Gen, Ökosystem, Reaktionsnorm sind demnach von *unmittelbarem* allgemeinbildendem Wert, während in den Schwesterfächern die fachspezifischen Begriffe eher *mittelbar* – als Fundamentalbegriffe – zur Allgemeinbildung beitragen (s.auch S. 49f.).

## Spitzenbegriffe nach Verfahren I

In Tab.14 a-h sind die mit Verfahren I gefundenen Spitzenbegriffe dargestellt. Begriffe mit weniger als 60% wurden eliminiert.

Tabelle 14a: Spitzenbegriffe /-fertigkeiten aus Zone 1  
Bewertungsindex  $\geq 60\%$

Begriff / Fertigkeit	%	Begriff / Fertigkeit	%
<i>Ähnlichkeiten entdecken</i>	88	Modell	63
<i>analysieren</i>	100	Nachhaltigkeit	75
Ästhetik	75	Natur	100
Bedeutung	88	Naturwissenschaften	75
Begriff	75	Notwendigkeit	88
<i>begründen</i>	75	Objektivität	75
<i>beobachten</i>	63	Ordnung	100
beweisen	63	<i>(sich) orientieren</i>	75
<i>bewerten</i>	75	<i>plausibel machen</i>	75
Chaos	75	<i>Problem lösen</i>	75
Deduktion	88	Regel	100
<i>definieren</i>	88	Richtigkeit	75
<i>denken</i>	88	Sinn	100
<i>deuten</i>	63	Sprache	100
Empirie	75	Struktur	88
Entwicklung	75	Subjektivität	88
<i>erklären</i>	88	Symbol	88
<i>erläutern</i>	63	Symmetrie	63
Ethik	75	System	88
<i>formulieren</i>	63	Theorie	88
Freiheit	75	Tod	75
Gegensatz	63	<i>übertragen</i>	75
Geisteswissenschaften	63	Umwelt	88
<i>generalisieren</i>	88	Ursache	75
Geschichte	63	<i>urteilen</i>	88
Gesetz	100	Variabilität	100
Gesundheit / Krankheit	88	Verantwortung	100
<i>interpretieren</i>	63	<i>verstehen</i>	88
<i>klassifizieren</i>	75	Wahrheit	88
<i>kommunizieren</i>	75	Wirklichkeit	63
Komplex	63	Wirkung	63
Konflikt	88	Wissenschaft /-lichkeit	75
Kontrollexperiment	63	<i>zählen</i>	75
<i>kooperieren</i>	63	Zeichen	88
<i>kritisch betrachten</i>	75	Zeit	100
Kultur	100	Zufall	88
Leben	100		
<i>lernen</i>	88		
<i>logisch einordnen</i>	88		
<i>messen</i>	75		

## Spitzenbegriffe nach Verfahren I

Tabelle 14 b: Spitzenbegriffe /-fertigkeiten aus Zone 2  
Bewertungsindex  $\geq 60\%$

Begriff / Fertigkeit	%	Begriff / Fertigkeit	%
Aggregatzustand	63	Länge	88
Arbeit	88	Leistung	100
Atom	88	Licht	100
Atomkern	63	Masse	88
Basis-Maßeinheiten	100	Maßeinheit	100
Beschleunigung	63	Molekül	63
Dezimalbezeichnungen	88	Radioaktivität	100
Dichte	63	Rohstoff	63
Diffusion	63	Schall	63
Druck	75	Schwingung	88
Energie / -sätze	100	Spannung (elektr.)	63
Evolution	75	Steuerung	63
Formel (chem.)	75	Stoff	75
Frequenz	75	Strom (elektr.)	75
Geschwindigkeit	75	Temperatur	88
Gewicht	88	Trägheitskraft	63
Gleichgewicht (allg.)	75	Volumen	75
Gravitation	63	Wechselwirkung	75
Kraft	100	Welle / Wellenlänge	88
Ladung	63	Zeit (nat.wiss.)	100

Tabelle 14 c: Spitzenbegriffe aus Zone 3 (Ch / Bio)

Begriff	%	Begriff	%
Alkohol	63	Öl	75
DNA / DNS	63	Oxid / -ation	63
Ernährung	88	Polysaccharid	63
Gentechnik	75	Protein	100
Hormon	63	Salz	75
Kohlenhydrat	88	Verbindung (chem.)	63
Mineral	63	Zucker	63
Naturstoff	75		

Tabelle 14 d: Spitzenbegriffe aus Zone 4 (Ph / Bio)

Begriff	%	Begriff	%
deterministisch. Chaos	63	optische Instrumente	63
elektromagn. Strahlung	88		

Tabelle 14 e: Spitzenbegriffe aus Zone 5 (Ph / Ch)

Begriff	%	Begriff	%
Akkumulator, Batterie	75	Flüssigkeit	63
elektromagn. Strahlung	88	Gas	63
Farbe	75	Röntgenstrahlen	75

## Spitzenbegriffe nach Verfahren I

Tabelle 14 f: Spitzenbegriffe aus Zone 6 (Physik)

Begriff	%	Begriff	%
drahtlose Telegraphie	63	Kernumwandlung	88
elektromagn. Induktion	63	(Spaltung, Fusion)	
elektromagn. Spektrum	75	Laser	63
Elektromotor	63	Luftdruck	63
helio-/ geozentrisches Weltbild	75	Satelliten	63
		Universum	63
Kernkraft	88	Wärmekraftmaschine	75

Tabelle 14 g: Spitzenbegriffe aus Zone 7 (Chemie)

Begriff	%	Begriff	%
chemische Reaktion	63	Katalyse /-lysator	63
chemietechn. Verfahren	75	Korrosion	63
Chiralität, Spiegelbild- lichkeit	63	Metall	88
Erz	75		

Tabelle 14 h: Spitzenbegriffe aus Zone 8 (Biologie)

Begriff	%	Begriff	%
Abgrenzung / Öffnung	88	Pflanze (Typus)	88
Anpassung / Beharrung	88	Photosynthese	88
Art	63	Polarität (biol.)	88
Autonomie (Selbst-/ Fremdsteuerung)	100	Population	88
Bakterium (Typus)	63	Produzent	63
Bewegung /aktive Ruhe	75	Reaktionsnorm	75
Bewertung/ Entwertung	75	Regulation, Regelkreis	100
Energie im biol. Kontext	88	Reiz /-barkeit	75
Entwicklung (organ.)	100	Rückkopplung (biol.)	75
Fortpflanzung/Vermehr.	88	Selektion	88
Gen	63	Steuerung (biol.)	75
Gleichgewicht (biol.)	75	Stoffkreislauf	63
Hormon	75	Stoffwechsel	63
Immunreaktion	75	Tier (Typus)	88
Informationsspeiche- rung / -löschung	100	Tod (organ.)	88
Komplexität (biol.)	100	Umwelt (belebte)	100
Konsument	88	Variabilität / Uniformität	100
Leben (organ.)	100	Vererbung	88
Mensch	100	Verwandlung/ Konstanz	88
Nahrungsnetz / -kette	75	Virus (Typus)	63
Natur (belebte)	75	Wachstum	88
Ökosystem	100	Zeichen / Bedeutung	88
Ordnung / Chaos- Polarität	100	(semant. Prinzip)	
Organismus	88	Zweckmäßigkeit	100
Periodik, Biorhythmik	88		

### **Verfahren II**

Seit der bildungspolitischen Diskussion Mitte der 90er-Jahre um eine erneute Reform des Oberstufenunterrichts sind immer wieder „herausgehobene Kompetenzen“ im Gespräch, die die Kultusminister damals zu Schwerpunkten für den Oberstufenunterricht erklärt haben. Die drei herausgehobenen Kompetenzen betrafen in erster Linie den muttersprachlichen, den fremdsprachlichen und den mathematischen Unterricht. Eine „naturwissenschaftliche Kompetenz“ wurde einfach ignoriert.

Eine Arbeitsgruppe des VDBiol hat 1995/96 den von der KMK in Gang gesetzten Nachdenkprozeß über Kompetenzen aufgegriffen und ist zu einer Aufstellung von 12 Einzelkompetenzen gekommen, die alle auf einer zentralen „Sachkompetenz“ fußen (Abb.5, gegenüberliegende Seite). Die GDNÄ hat sich dieses Ansatzes angenommen und ihn dem Thesenpapier von 1998 zugrundegelegt (s.S.8/9). Wesentlich an diesem Ansatz ist die „doppelte Vehikelfunktion“ der Schulfächer: Die Fächer sind Vermittler einer Sachkompetenz, die nicht Endstation eines pädagogischen Prozesses bleiben darf, sondern selbst wieder Vehikel zur Entwicklung von 11 verschiedenen Einzelkompetenzen wird.

Diese doppelte Funktion der Fächer muss in der Lehrerausbildung eigens geübt werden, damit Fachwissen wirklich in den Kontext einer allgemeinen „Lebenskompetenz“ gestellt und zum Bestandteil von Allgemeinbildung gemacht wird (s.S.56). Das heißt konkret: Physik-Inhalte *auch* für die Entwicklung von Sprachkompetenz, Chemie-Inhalte *auch* für historische, Biologie-Inhalte *auch* für wissenschaftstheoretische Kompetenz usw.

Dieser Bewertungsansatz II erlaubt es, Begriffe und Inhalte einmal in ganz anderer Weise und differenzierter als im Verfahren I (12 Kategorien statt 4!) auf ihren Beitrag zur Allgemeinbildung hin zu untersuchen.

Dabei wird die Sachkompetenz nicht noch einmal in die Bewertung mit einbezogen, da sie bereits wesentliches Auswahlkriterium beim Experten-Konsens-Verfahren war. Sie kann aufgrund der bisherigen Erfahrung auf einen mittleren Wert von 30% der maximalen Punktzahl eingeschätzt werden. Setzt man den gleichen „Schwellenwert“ von 60% für bildungspolitische Relevanz wie bei Verfahren I, so können hier demnach solche Begriffe als „Spitzenbegriffe“ eingestuft werden, die bei Anlegen der 11 verbleibenden Kompetenzen einen Bewertungsindex von mindestens 30% der maximalen Punktzahl erreichen (Differenz der obigen Werte; s. S. 45).

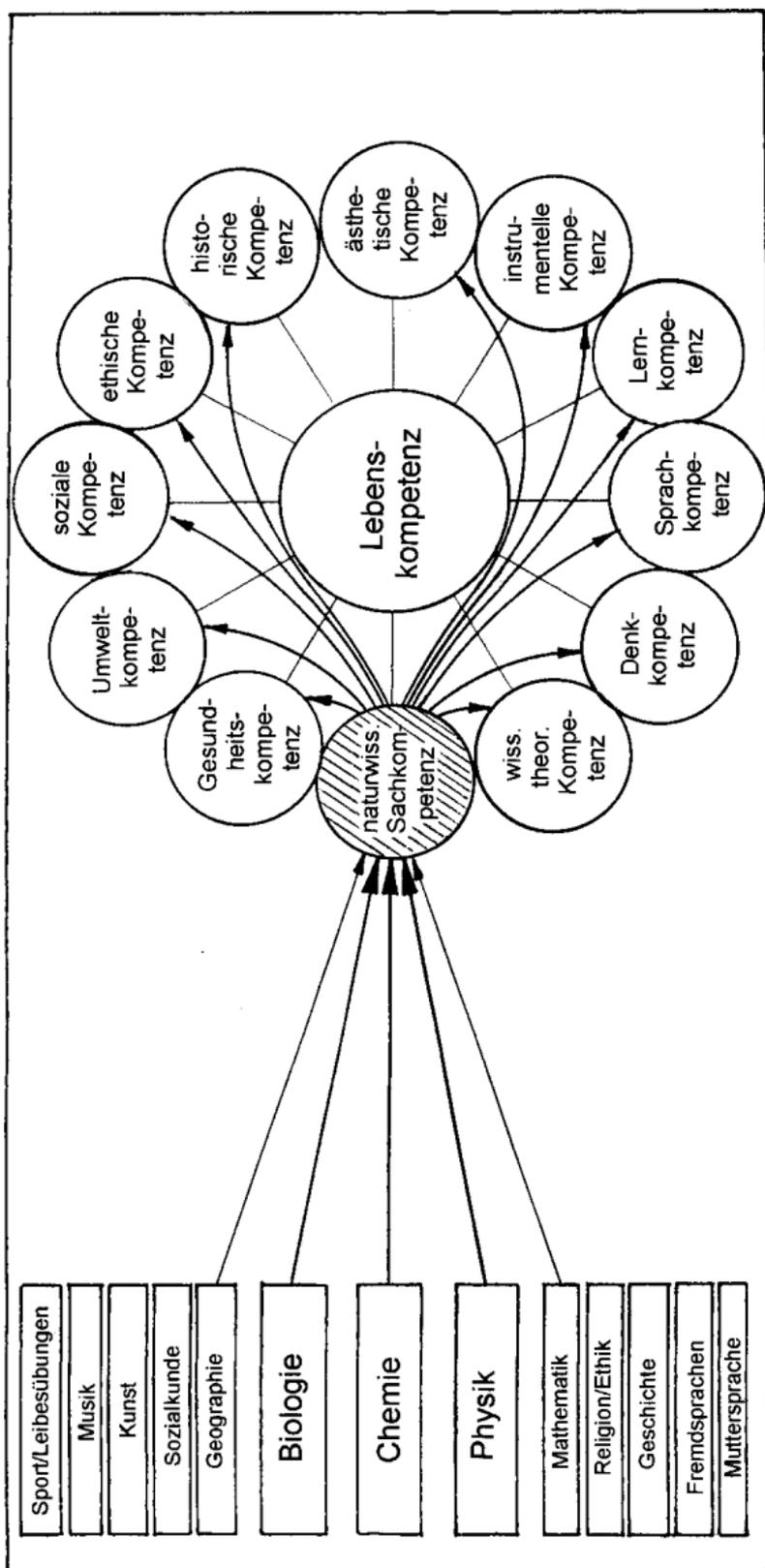


Abb. 5: Kompetenzen-Ansatz (nach Schaefer 1997)

## Bewertungsverfahren II: Kompetenzen-Ansatz

Kurze Charakterisierung der Kompetenzen:

1: Sachkompetenz: Beherrschung der wichtigen Grundbegriffe und -verfahrensweisen der Schulfächer sowie ihre Umsetzung in die anderen Kompetenzen; Freude an Sachinformation; Fähigkeit zur „Sachlichkeit“

2: Gesundheitskompetenz: Gesundheitsverständnis und -sensibilität; Methoden zur Gesunderhaltung; richtiger Umgang mit Krankheit und Sterben

3: Umweltkompetenz: Umweltverständnis, Umweltsensibilität; Beherrschung von Umweltpraktiken

4: Soziale Kompetenz: Kenntnis verschiedener Sozialstrukturen und sozialer Rollen; Fähigkeit zur Bewältigung von Rollenkonflikten; soziales Engagement

5: Ethische Kompetenz: Kenntnis verschiedener Normensysteme; Normenreflexion; Unterscheidung von Moral und Ethik; Verantwortungsbereitschaft

6: Historische Kompetenz: Kenntnis der menschlichen Geschichte innerhalb der Geschichte des Universums (Kosmogonie); Geschichte der Wissenschaften; Einordnung von Einzelfakten in historische Zusammenhänge

7: Ästhetische Kompetenz: Wahrnehmung und Bewertung von ästhetischen Aspekten der Welt; Einsicht in den Zusammenhang von Ästhetik und Erkenntnis; Freude am „Schönen“

8: Instrumentelle Kompetenz: Beherrschung instrumenteller, apparativer, aber auch intellektueller Praktiken; Fertigkeit im Umgang mit Stoffen und Materialien (mit der „materiellen Welt“)

9: Wissenschaftstheoretische Kompetenz: Verständnis für die verschiedenen Rollen von Wissenschaft(en), Technik, Kunst, Religion und für das „Wahrheitsproblem“; Durchschauen von Ideologien; Offenheit für philosophische Fragen

10: Sprachkompetenz: Verständnis und ausreichende Beherrschung der Muttersprache, des Englischen und evtl. einer weiteren Fremdsprache; Überblick über Grundlagen und Elemente von Formalsprachen und klassischen Sprachen (Latein, Griechisch); Verständnis für und Interesse an etymologischen Zusammenhängen

11: Denkkompetenz: Kennen und Verstehen verschiedener Varianten des Denkens; Beherrschen des inklusiven Denkens in komplexen Situationen (polares Denken); Fähigkeit zu logischem Schließen und klarem Urteil

12: Lernkompetenz: Beherrschung verschiedener Lerntechniken (assoziatives / systematisches Lernen; mind-mapping usw.); Gedächtnisschulung, aber auch Beherrschung von Methoden zur Gedächtnisentlastung.

## Bewertungsverfahren II: Kompetenzen-Ansatz

Da die Sachkompetenz, wie oben begründet, nicht noch einmal zur Bewertung herangezogen wird, werden hier nur die 11 verbleibenden Kompetenzen 2 bis 12 verwendet. Bei nur einfacher Bewertung käme pro Begriff eine Höchstpunktzahl von 11 heraus, bei Zweistufenbewertung 22. Die Kommission hat sich wieder – aus den gleichen Gründen wie beim Bewertungsverfahren I – für eine *Zweistufenbewertung* entschieden, so dass die in den folgenden Tabellen angegebenen Prozentzahlen auf 22 Punkte zu beziehen sind.

In Tab. 15 ist an einigen Beispielen das Verfahren selbst dargestellt. Die Begriffe stammen wieder aus den Fächertabellen 10 bis 12 und sind durch die in ihnen verwendeten Nummern gekennzeichnet. Wie oben schon begründet, können aufgrund der latenten Punktvergabe für Sachkompetenz hier schon solche Begriffe und Fertigkeiten als „Spitzenbegriffe“ erachtet werden, die 30% und mehr der maximalen Punktzahl erreichen. Sie sind in der Tabelle wieder **fett** gedruckt.

Tabelle 15: Bewertungsverfahren II

Nr.	Begriff	Kompetenzen	$\Sigma$	%
<b>Physik</b>				
10-A-35	Gesetz	<u>2</u> <u>3</u> <u>4</u> <u>5</u> <u>6</u> <u>7</u> <u>8</u> <u>9</u> <u>11</u> <u>12</u>	17	<b>77</b>
10-B-24	Energie	<u>2</u> <u>3</u> <u>4</u> <u>5</u> <u>6</u> <u>8</u> <u>9</u>	10	<b>45</b>
10-C-8	determin. Chaos	3 <u>4</u> <u>6</u> <u>7</u> <u>9</u> <u>11</u> <u>12</u>	8	<b>36</b>
10-D-9	Flüssigkeit	<u>2</u> <u>3</u> <u>8</u>	5	23
10-E-29	Massen- defekt	9	1	5
<b>Chemie</b>				
11-A-42	<i>klassifi- zieren</i>	<u>2</u> <u>3</u> <u>4</u> <u>5</u> <u>7</u> <u>9</u> <u>10</u> <u>11</u> <u>12</u>	12	<b>64</b>
11-B-58	Perioden- system	2 <u>3</u> <u>6</u> <u>9</u> <u>11</u> <u>12</u>	6	27
11-C-40	Naturstoff	<u>2</u> <u>3</u> <u>6</u> <u>8</u> <u>9</u>	8	<b>36</b>
11-D-10	Gas	<u>2</u> <u>3</u> <u>8</u>	6	27
11-E-37	Metall	<u>2</u> <u>3</u> <u>4</u> <u>6</u> <u>8</u>	10	<b>45</b>
<b>Biologie</b>				
12-A-103	Zufall	<u>2</u> <u>3</u> <u>4</u> <u>6</u> <u>7</u> <u>9</u> <u>10</u> <u>11</u> <u>12</u>	15	<b>68</b>
12-B-26	Evolution	<u>2</u> <u>3</u> <u>4</u> <u>5</u> <u>6</u> <u>7</u> <u>9</u>	14	<b>64</b>
12-C-27	Gentechnik	<u>2</u> <u>3</u> <u>4</u> <u>5</u> <u>6</u> <u>9</u>	11	<b>50</b>
12-D-20	Osmose	2 <u>3</u>	2	9
12-E-10	Destruent	<u>2</u> <u>3</u>	3	14

## Spitzenbegriffe nach Verfahren II

In Tab.16 a-h sind die nach Verfahren II ermittelten Spitzenbegriffe dargestellt, die einen Bewertungsindex von mindestens 30% erreichen.

Tabelle 16 a: Spitzenbegriffe/ -fertigkeiten aus Zone 1  
Bewertungsindex  $\geq 30\%$

Begriff / Fertigkeit	%	Begriff / Fertigkeit	%
<i>Ähnlichkeiten entdecken</i>	91	Gesundheit / Krankheit	64
<i>Alternativen entwickeln</i>	64	<i>herleiten</i>	68
<i>analogisieren</i>	59	Hypothese	50
<i>analysieren</i>	91	Induktion	41
Ästhetik	73	<i>interpretieren</i>	82
Bedeutung	73	Kausalität	59
Begriff	86	<i>klassifizieren</i>	64
<i>begründen</i>	73	<i>kommunizieren</i>	50
<i>beobachten</i>	55	Komplex	86
<i>beschreiben</i>	68	Konflikt	64
<i>beweisen</i>	64	Kontrollexperiment	55
<i>bewerten</i>	77	<i>kooperieren</i>	36
Chaos	59	Korrelation	50
Deduktion	50	Kriterium	36
<i>definieren</i>	82	<i>kritisch betrachten</i>	73
<i>denken</i>	86	Kultur	82
Determinismus	59	Leben	91
<i>deuten</i>	86	<i>lernen</i>	91
Empirie	73	<i>logisch einordnen</i>	82
Entwicklung	64	<i>mathematisieren</i>	41
<i>erklären</i>	77	<i>messen</i>	50
<i>erläutern</i>	68	Methode	82
Ethik	73	Modell	32
<i>experimentieren</i>	50	<i>modifizieren</i>	77
<i>falsifizieren / verifizieren</i>	50	Nachhaltigkeit	41
<i>folgern</i>	41	Natur	64
<i>formalisieren</i>	41	Naturwissenschaft	73
<i>formulieren</i>	55	Nebenbedingung	64
Freiheit	73	Notwendigkeit	55
Funktion	45	Objektivität	77
Gegensatz	82	Ordnung	82
Geisteswissenschaft	86	<i>(sich) orientieren</i>	50
<i>generalisieren</i>	86	<i>plausibel machen</i>	32
Geschichte	73	Polarität	86
Gesetz	77	<i>Problem lösen</i>	59

## Spitzenbegriffe nach Verfahren II

Forts. Tab.16 a (Zone 1)

Prozess	73	Ursache	73
Reduktion /-ismus	73	<i>urteilen</i>	77
Regel	77	Variabilität	91
Richtigkeit	68	Verantwortung	59
<i>schätzen</i>	50	<i>vergleichen</i>	91
Sinn	73	<i>verstehen</i>	91
Sozialwissenschaft	91	Wahrheit	86
Sprache	73	Wahrscheinlichkeit	55
Struktur	82	Wirklichkeit	68
Subjektivität	77	Wirkung	55
Symbol	55	Wissenschaft /	73
Synthese	55	-lichkeit	
System	55	<i>zählen</i>	73
Theorie	82	Zeichen	82
Tod	59	Zeit	64
		Zufall	68
<i>übertragen</i>	64	<i>Zusammenhänge</i>	91
Umwelt	55	<i>aufdecken</i>	

Tabelle 16 b : Spitzenbegriffe/ -fertigkeiten aus Zone 2  
Bewertungsindex  $\geq 30\%$

Begriff	%	Begriff	%
Arbeit	32	Kraft	45
Atom	41	Leistung	41
Basis-Maßeinheiten	36	Licht	50
Dezimalbezeichnung	41	Maßeinheit	50
Energie/-sätze	45	Radioaktivität	45
Entropie	64	Rückkopplung	32
Evolution (allg.)	59	Schall	36
Geschwindigkeit	32	Schwingung	41
Gleichgewicht (allg.)	41	Wechselwirkung	50
Größe	36	Zeit (nat.wiss.)	68

Tabelle 16 c: Spitzenbegriffe aus Zone 3 (Bio / Ch)  
Bewertungsindex  $\geq 30\%$

Begriff	%	Begriff	%
Alkohol	55	Hormon	36
Azidität / Basizität	32	Kohlenhydrat	45
Biotechnologie	41	Naturstoff	36
DNA / DNS	32	Öl	36
Ernährung	32	Protein	36
Farbstoff	32	Puffer	32
Fett	36	Salz	36
Gentechnik	50	Zucker	36

## Spitzenbegriffe nach Verfahren II

Tabelle 16 d: Spitzenbegriffe aus Zone 4 (Ph / Bio)  
Bewertungsindex  $\geq 30\%$

Begriff	%	Begriff	%
determinist. Chaos	36	elektromagn.Strahlg.	36

Tabelle 16 e: Spitzenbegriffe aus Zone 5 (Ph / Ch)  
Bewertungsindex  $\geq 30\%$

Begriff	%	Begriff	%
elektromagn.Strahlg.	36	Farbe	41

Tabelle 16 f: Spitzenbegriffe aus Zone 6 (Physik)  
Bewertungsindex  $\geq 30\%$

Begriff	%	Begriff	%
–	–	–	–

Tabelle 16 g: Spitzenbegriffe aus Zone 7 (Chemie)  
Bewertungsindex  $\geq 30\%$

Begriff	%	Begriff	%
Analyse (chem.)	41	Katalyse/-lyikator	32
chemietechnische Verfahren	55	Metall	45

Tabelle 16 h: Spitzenbegriffe aus Zone 8 (Biologie)  
Bewertungsindex  $\geq 30\%$

Begriff	%	Begriff	%
Abgrenzung/Öffnung	64	Parasitismus	32
Anpassung/ Beharrg. Art	64	Periodik (biol.)	32
Autonomie	32	Pflanze (Typus)	32
Bakterium	59	Polarität (biol.)	73
Bewegung/ akt.Ruhe	36	Population	32
Bewertung/Entwertg.	32	Reaktionsnorm	41
Entwicklung (organ.)	64	Regulation, Regelkr.	50
Evolution (biol.)	45	Reiz /-barkeit	45
Fortpflanzung/ Verm.	64	Rückkopplung	36
Gleichgewicht (biol.)	45	Selektion	50
Inform.speicherung / -löschung	36	Steuerung (biol.)	55
Komplexität (biol.)	73	Tier (Typus)	32
Leben (organ.)	77	Tod (organ.)	59
Mensch	59	Umwelt (belebte)	73
Modifikation	100	Variabilität / Uniformität	82
Mutation	36	Vererbung	45
Natur (belebte)	32	Verwandl./ Bewahr.	59
Ökosystem	55	Wachstum	59
Ordnung / Chaos	32	Zeichen/ Bedeutg.	77
Organismus	91	Zweckmäßigkeit	86
	36		

## Bewertungsverfahren III: Begriffsvernetzungen

Tabellen 16a-h zeigen deutlich den hohen Stellenwert der Begriffe und Fertigkeiten von Zone 1 für allgemeine Kompetenzenentwicklung: Von der Gesamtzahl von 104 Grundbegriffen/-fertigkeiten bleiben nach der Bewertung durch Verfahren II fast alle (103=99%) übrig. Bei Zone 2 sieht das – trotz ihres immer noch recht allgemeinen Charakters – schon anders aus: von 85 naturwissenschaftsgemeinsamen Grundbegriffen bleiben nur 20 in der engeren Wahl (24%). Genau so in Zone 3 (Ch/Bio): von 68 bleiben 16 (24%).

In Zonen 4 bis 7, die im wesentlichen von physikalischen und chemischen Grundbegriffen besetzt sind, ist die Auslese noch krasser: 2 von 29 (7%) in Zone 4 (Ph/Bio), 2 von 19 (11%) in Zone 5 (Ph/Ch), 0 von 47 (0%) in Zone 6 (Ph) und 4 von 50 (8%) in Zone 7 (Ch). Dagegen bleiben in Zone 8 (Bio) von 68 Grundbegriffen immerhin 41 (60%) erhalten.

Diese Diskrepanz kommt durch das angewendete breit gefächerte Kompetenzspektrum zustande, das Begriffe aus dem täglichen Leben – und damit aus dem gesellschaftlichen Bereich – besonders hoch bewertet. Biologie ist offensichtlich reicher an solchen Begriffen als Physik und Chemie (z.B. Gen, Gesundheit, Fortpflanzung, Population, Ökosystem).

Viele biologische Begriffe sind nun aber ohne Grundbegriffe der Physik und Chemie nicht verständlich. Sie bleiben ohne diese an der Oberfläche und führen leicht zu Fehlschlüssen. Daher wurde ein drittes Bewertungsverfahren hinzugezogen, mit dem die gegenseitige Abhängigkeit der drei Fächer voneinander auf der Begriffsebene dokumentiert werden kann.

### **Verfahren III**

Ein wichtiges Kriterium zur Aufnahme von Begriffen und Fertigkeiten in einen Grundkatalog naturwissenschaftlicher Bildung ist ihre Vernetzung mit anderen Begriffen a) des selben Faches (*fachinterne Vernetzung*) und b) anderer Fächer (*fachübergreifende Vernetzung*).

Diese Querverbindungen können rein assoziativer Art sein und spielen im täglichen Leben bei spontanen Problemlösungen eine erhebliche Rolle. Sie sind aber vor allem sachlogischer Art und sind unter diesem Blickwinkel in Form von Oberbegriffs-Unterbegriffs-Relationen, Teil-Ganzes-Relationen, Negationen, Kausalrelationen usw. für den Aufbau eines in sich stimmigen naturwissenschaftlichen Begriffsgebäudes unverzichtbar. Bei der Lehrplanarbeit stehen diese sachlogischen Relationen

## Bewertungsverfahren III: Begriffsvernetzungen

zwischen den Begriffen naturgemäß im Vordergrund. Sie sind auch hier Gegenstand der Bewertung. Ihre Anzahl innerhalb eines Bezugsrahmens, in Prozent ausgedrückt, kann als Maß für den „Vernetzungsgrad“ eines Begriffes innerhalb dieses Rahmens gelten.

Das Verfahren selbst wird in Tab. 17 anhand fachinterner Vernetzungen dargestellt.

Es hat sich herausgestellt, dass ein Vernetzungsgrad von 20% als vernünftiger Grenzwert angesehen werden kann, da dann unter 100 Begriffen eine Verknüpfung mit immerhin 20 anderen vorliegt. In Tab.17 sind daher alle Prozentzahlen  $\geq 20$  **fett** gedruckt.

Tabelle 17: Fachinterner Vernetzungsgrad von Begriffen

Nr.	Ausgangsbegriff	Anschlußbegriffe (lfd. Nummern innerhalb des Bezugsrahmens)	$\Sigma$	%
<b>Physik</b> (Tab.6: 47 Begriffe; maximale Punktzahl 2·46=92)				
6-17	Impuls	1 <u>2</u> <u>6</u> 8 10 12 13 17 <u>19</u> 21 26 <u>31</u> <u>35</u> 37 <u>40</u> <u>43</u>	22	<b>24</b>
6-39	Stromkreis	<u>4</u> <u>6</u> <u>12</u> <u>14</u> <u>18</u> <u>32</u> <u>46</u>	14	15
<b>Chemie</b> (Tab.7: 50 Begriffe; maximale Punktzahl 2·49=98)				
7-8	Carbocyclus	1 <u>10</u> <u>25</u> <u>31</u> <u>34</u> <u>39</u> <u>42</u>	13	13
7-13	chemisches Gleichgew.	<u>10</u> <u>11</u> <u>12</u> <u>20</u> <u>24</u> <u>27</u> <u>28</u> <u>32</u> <u>34</u> <u>36</u> <u>38</u> <u>40</u> <u>41</u> <u>49</u>	27	<b>28</b>
<b>Biologie</b> (Tab.8: 68 Begriffe;maximale Punktzahl 2· 67=134)				
8-25	Isolation	<u>1</u> <u>2</u> <u>3</u> 7 8 <u>15</u> 16 24 29 45 <u>53</u> 60 <u>61</u> 62	21	16
8-51	Rekombi- nation	<u>1</u> <u>2</u> <u>3</u> <u>6</u> <u>15</u> <u>16</u> <u>18</u> <u>19</u> <u>24</u> 25 26 <u>28</u> <u>29</u> <u>31</u> 35 37 41 43 45 <u>48</u> <u>53</u> 58 60 <u>61</u> <u>62</u> <u>63</u> <u>66</u> <u>67</u> <u>68</u>	48	<b>36</b>

Hiermit werden nun wieder Spitzenbegriffe ermittelt. Sie sind in Tabellen 18a-c aufgelistet. Die Darstellung beschränkt sich auf die Vernetzungen innerhalb der Zonen 6, 7, 8 sowie dieser Zonen mit den zentralen Bereichen 1 und 2. Da bei der Chemie außerdem ein spezifischer Schwerpunkt in Zone 3 (Che / Bio) liegt, werden in Tab.18 b auch diese Vernetzungszahlen mit eingefügt.

Alle drei Bewertungsverfahren sind je nach Wissen und Anwendungsbreite des Bewertenden von einer subjektiven Wichtung abhängig. Schwankungen in einer Größenordnung bis zu einem Drittel der ausgerechneten Werte können auftreten. Das bedeutet beim Verfahren III: Vernetzungsgrade von mehr als  $20+7=27\%$  (7 wäre der Fehlerspielraum) können als relativ sicher gelten.

## Spitzenbegriffe nach Verfahren III

Tabelle 18 a: Spitzenbegriffe aus Zone 6 (Physik)  
Vernetzungsgrade  $\geq 20\%$ : fett

Grundbegriff / -fertigkeit	Z.6	Z.2	Z.1
Antiteilchen	<b>32</b>	<b>25</b>	<b>22</b>
Bremsweg	9	<b>25</b>	<b>25</b>
drahtlose Telegraphie	12	<b>35</b>	10
elektromagnetische Induktion	16	<b>26</b>	<b>27</b>
elektromagnetisches Spektrum	<b>29</b>	<b>26</b>	18
Elektromotor	<b>21</b>	<b>35</b>	19
Elementarladung	<b>26</b>	<b>26</b>	19
Energie / Masse-Äquivalenz	<b>25</b>	<b>21</b>	15
Energieniveau	17	<b>21</b>	<b>21</b>
Gammastrahlen	<b>22</b>	<b>30</b>	16
Galaxis	<b>34</b>	<b>39</b>	<b>35</b>
Generator	<b>20</b>	<b>31</b>	<b>26</b>
geschwindigkeitsabhängige Masse	<b>21</b>	6	<b>22</b>
Gleichstrom	16	18	<b>25</b>
helio- / geozentrisches Weltbild	18	6	<b>52</b>
Himmelskörper	<b>34</b>	19	<b>67</b>
Impuls	<b>24</b>	16	<b>38</b>
Kapazität (elektr.)	11	19	<b>35</b>
Keplersche Gesetze	11	14	<b>38</b>
Kernkraft	10	<b>29</b>	<b>53</b>
Kernumwandlung	<b>34</b>	<b>36</b>	<b>45</b>
Kraft im Magnetfeld	15	<b>22</b>	<b>26</b>
Kraft / Wärme-Kopplung	11	<b>20</b>	<b>23</b>
Laser	15	<b>29</b>	<b>21</b>
lichtelektrischer Effekt	9	<b>25</b>	<b>24</b>
Lichtgeschwindigkeit	<b>30</b>	<b>21</b>	<b>25</b>
Luftdruck	2	<b>22</b>	<b>33</b>
Magnetismus (Ferro-)	13	18	<b>45</b>
Massendefekt	18	<b>22</b>	<b>32</b>
Newtonsche Axiome	<b>21</b>	13	<b>43</b>
Ohmsches Gesetz	8	18	<b>48</b>
optische Streuung	6	<b>20</b>	<b>34</b>
Quantenzahl	11	18	<b>28</b>
Relativitätstheorie	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>32</b>
Ruheenergie	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>26</b>
Satelliten	18	<b>42</b>	<b>23</b>
Strahlengang	11	<b>23</b>	<b>39</b>
Stromkreis	15	<b>39</b>	<b>44</b>
Unbestimmtheitsrelation	10	<b>24</b>	<b>33</b>
Universum	<b>43</b>	<b>55</b>	<b>54</b>

## Spitzenbegriffe nach Verfahren III

Forts.Tab.18a (Zone 6, Physik)

Urknall	<b>34</b>	<b>41</b>	<b>43</b>
Verformungsenergie	7	<b>28</b>	<b>32</b>
Wärmeisolierung	4	<b>24</b>	<b>52</b>
Wärmekraftmaschine	14	<b>32</b>	<b>46</b>
Wechselstrom	<b>21</b>	<b>27</b>	<b>36</b>
Zeitdilatation	13	14	<b>32</b>

Tabelle 18 b: Spitzenbegriffe aus Zone 7 (Chemie)  
Vernetzungsgrade  $\geq 20\%$ : fett

Grundbegriff / -fertigkeit	Z.7	Z.3	Z.2	Z.1
Aldehyd	<b>30</b>	<b>43</b>	17	18
Alkali-/Erdalkalimetall	<b>45</b>	<b>39</b>	<b>30</b>	<b>29</b>
Alkan	<b>35</b>	<b>35</b>	18	<b>25</b>
Alken	<b>34</b>	<b>35</b>	18	<b>25</b>
Alkin	<b>35</b>	<b>35</b>	18	<b>25</b>
Amin	<b>35</b>	<b>30</b>	16	14
Analyse (chem.)	<b>42</b>	<b>55</b>	<b>44</b>	<b>60</b>
Carbocyclus	13	<b>65</b>	16	<b>22</b>
Carbonylverbindung	<b>33</b>	<b>43</b>	18	<b>21</b>
chemische Bindung	<b>57</b>	<b>90</b>	<b>27</b>	<b>42</b>
chemische Gleichung	<b>36</b>	<b>71</b>	<b>23</b>	<b>34</b>
chemische Reaktion	<b>64</b>	<b>93</b>	<b>36</b>	<b>60</b>
chemisches Gleichgewicht	<b>28</b>	<b>72</b>	<b>25</b>	<b>43</b>
chemietechnische Verfahren	<b>56</b>	<b>65</b>	<b>41</b>	<b>51</b>
Chiralität	3	<b>26</b>	4	<b>20</b>
Chromatographie	<b>23</b>	<b>29</b>	16	<b>20</b>
Delokalisation	<b>26</b>	<b>36</b>	8	15
Destillation	<b>29</b>	16	<b>20</b>	<b>23</b>
Edelgas	10	9	<b>23</b>	<b>31</b>
Elektronegativität	<b>36</b>	<b>44</b>	17	<b>30</b>
Erz	18	15	<b>25</b>	19
Ether	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>24</b>
Extraktion	19	<b>55</b>	14	<b>31</b>
Halogen /-id	<b>36</b>	<b>40</b>	<b>26</b>	<b>32</b>
Heterocyclus	<b>28</b>	<b>30</b>	19	<b>30</b>
Hydroxid	<b>34</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>37</b>
ionische Bindung	<b>40</b>	<b>31</b>	<b>23</b>	<b>39</b>
Katalyse /-lysator	<b>21</b>	<b>34</b>	12	<b>38</b>
Keton	<b>26</b>	<b>28</b>	18	18
Komplexverbindung	<b>28</b>	18	<b>22</b>	<b>23</b>
Kondensation	19	<b>32</b>	11	18
koordinative Bindung	<b>30</b>	<b>23</b>	18	<b>21</b>
Korrosion	17	<b>21</b>	9	<b>26</b>
kovalente Bindung	<b>29</b>	<b>59</b>	13	<b>33</b>
Lösung	<b>23</b>	<b>48</b>	<b>24</b>	<b>31</b>

## Spitzenbegriffe nach Verfahren III

Forts.Tab.18b (Chemie)

Massenwirkungsgesetz	10	25	21	38
Metall	37	26	42	38
Neutralisation	23	26	11	24
Nichtmetall	35	100	31	33
Nukleo- / Elektrophilie	43	16	24	26
Oxidationszahl	31	43	12	31
Phenol	28	33	14	32
Reinstoff	23	37	14	24
Spannungsreihe	14	9	20	35
Stöchiometrie	21	51	15	47
Titration	19	29	17	29
Verhältnisformel	26	47	11	43
Zwischenprodukt	29	53	12	22

Die Begriffe „Protolyse“ und „Van-der-Waals-Bindung“ treten hier nicht mehr auf, da sie in allen vier Spalten nur Werte unter 20% erreichen.

Tabelle 18 c: Spitzenbegriffe aus Zone 8 (Biologie)  
Vernetzungsgrade  $\geq 20\%$ : fett

Grundbegriff / -fertigkeit	Z.8	Z.2	Z.1
Abgrenzung / Öffnung	53	42	67
Anpassung / Beharrung	68	31	68
Art	41	8	43
Assimilation	45	45	49
Autonomie (Selbst-/ Fremdsteuerung)	70	22	65
Bakterium (Typus)	54	26	31
aktive Bewegung / aktive Ruhe	43	44	54
Bewertung / Entwertung	63	42	71
Biosphäre	35	51	40
Destruent	41	38	45
Dissimilation	37	37	47
Energie im biologischen Kontext	57	36	53
Entwicklung (organ.)	50	21	67
Enzym	34	32	44
Evolution (biol.)	66	33	67
Fortpflanzung / Vermehrung	53	17	47
Fossil	22	27	53
Gen	46	21	41
Generation	13	8	35
Gewebe	25	26	42
Gleichgewicht (biol.)	45	28	57
Hormon	39	26	42
Immunreaktion	31	18	46
Informationsspeicherung/-löschung	52	34	70
Isolation (evolutive)	16	7	29

## Spitzenbegriffe nach Verfahren III

Forts.Tab.18 c (Biologie)

Komplexität (biol.)	41	25	63
Konsument	37	37	47
Leben (organ.)	61	35	72
Mensch	80	50	69
Modifikation	37	14	58
Mutation	40	14	38
Nahrungsnetz / -kette	36	27	52
Natur (belebte)	53	32	68
Ökosystem	54	36	52
Ordnung / Chaos-Polarität	87	46	71
Organ	49	25	38
Organismus	69	26	46
Organsysteme	35	26	37
Parasitismus	57	22	39
Periodik (biol.), Biorhythmik	44	16	42
Pflanze (Typus)	86	36	57
Photosynthese	43	39	51
Pilz (Typus)	45	23	49
Polarität (biol.)	32	25	38
Population	51	29	42
Probiose (Synökie)	35	18	34
Produzent	46	32	48
Reaktionsnorm	40	16	42
Regulation, Regelkreis	57	29	45
Reiz / -barkeit	34	33	43
Rekombination	36	11	40
Rückkopplung (biol.)	60	11	56
Selektion	54	21	46
Steuerung (biol.)	49	26	58
Stoffkreislauf	41	32	43
Stoffwechsel	57	37	49
Symbiose	43	18	40
Tier (Typus)	87	36	56
Tod (organ.)	47	18	26
Umwelt (belebte)	45	32	54
Variabilität / Uniformität	90	34	61
Vererbung	60	15	45
Verwandlung/ Konstanz	49	25	65
Virus (Typus)	37	20	40
Wachstum	67	28	49
Zeichen/ Bedeutung (semantisches Prinzip)	60	34	67
Zelle	61	34	42
Zweckmäßigkeit	84	28	66



### **Ausblick**

Die in dieser Broschüre aufgezeigten Wege führen notwendigerweise zu folgenden Konsequenzen:

#### **1. Lehrplangestaltung**

Die Lehrpläne für die drei naturwissenschaftlichen Fächer sollten in Zukunft stärker aufeinander abgestimmt werden, so dass sowohl der *gemeinsame Kern* (Zonen 1 und 2) und die *Überlappungsfelder* je zweier Fächer (Zonen 3, 4 und 5) als auch die die Fächer charakterisierende, sie *unterscheidende* Begriffs- und Methoden-Repertoire im Unterricht deutlich erkennbar werden.

#### **2. Studentafeln**

Um den hier skizzierten allgemeinbildenden Auftrag der drei naturwissenschaftlichen Fächer zu erfüllen, ist ein Umfang von durchgehend 6 Wochenstunden unverzichtbar. Das bedeutet für die Sekundarstufe I zwei Wochenstunden für jedes Fach, für die Sekundarstufe II im Falle von Kursunterricht die Belegung von mindestens zwei naturwissenschaftlichen Fächern, nach Möglichkeit aber die Beibehaltung aller drei Fächer.

#### **3. Lehrerbildung**

Die Verzahnung der drei naturwissenschaftlichen Fächer untereinander sowie ihre Anwendung auf die Entwicklung einer breiten Sachkompetenz, die Grundlage für alle anderen Kompetenzen werden kann, verlangt eine neuartige Aus- und Fortbildung von Lehrkräften. Sie muss über eine solide fachliche Komponente hinaus eine deutlich außerfachliche Erweiterung erfahren.

Insbesondere muss die Anwendung der fachlichen Inhalte auf außerfachliche Fähigkeiten in Studium und Fortbildung eigens gelehrt und geübt werden, weil sie nicht automatisch stattfindet.

Das Lehramtsstudium einer Naturwissenschaft in der bisherigen Form in Verbindung mit einem *nicht*-naturwissenschaftlichen Fach, wie heute oft praktiziert, verhindert einen wirklich „fachübergreifenden Fachunterricht“, da dann die naturwissenschaftliche Basis zu schmal ist. Das parallele Studium *zweier* naturwissenschaftlicher Fächer – bzw. eines Faches gekoppelt mit Mathematik – ist dringend geboten.

Die *allgemeinbildenden* Funktionen der Naturwissenschaften können in ihrer Tiefe und Breite nur von solchen Lehrkräften erfasst und weitervermittelt werden, die dies selbst einmal in Studium und Fortbildung erfahren haben. Eine entsprechende Studienreform und Reform der Lehrerfortbildung sind erforderlich.



**GESELLSCHAFT DEUTSCHER  
NATURFORSCHER UND ÄRZTE E.V.**

HAUPTSTRASSE 5 · D-53604 BAD HONNEF  
TEL 02224/98 07-13 · FAX 02224/98 07-89  
INTERNET: [WWW.GDNAE.DE](http://WWW.GDNAE.DE) · E-MAIL: [GDNAE@GDNAE.DE](mailto:GDNAE@GDNAE.DE)

---