

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



**Arbeiten mit den Bildungsstandards  
im Fach Biologie  
fachspezifisch und fachübergreifend,  
dimensioniert und niveauvoll**

**Empfehlungen für die Umsetzung der KMK-Standards  
Biologie S I**

## Förderverein MNU

**Deutscher Verein zur Förderung des  
mathematischen und naturwissen-  
schaftlichen Unterrichts e.V.**

<http://www.mnu.de>

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

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

### Vorstand

Ehrevorsitzender: OStD i.R. A. KLEIN,  
Residenz am Festspielhaus,  
Josef-Wulff-Str. 75, 45657 Recklinghausen.  
Tel. 02361 9171-195

1. Vorsitzender: OStD A. A CAMPO,  
Kammannstr. 13, 58097 Hagen.  
Tel. 02331 880388, Fax 880395  
aCampo@mnu.de

2. Vorsitzende: OStD SABINE THOMAS, geb. SCHMALSTIEG,  
Peckhauser Str. 55, 40822 Mettmann.  
Tel. 02104 139649  
Sabine.Thomas@mnu.de

Geschäftsführer: OStD KARSTEN RECKLEBEN,  
Walter-Frahm-Stieg 30, 22041 Hamburg.  
Tel./Fax 040 6570162  
Karsten.Reckleben@mnu.de

### Beisitzer

Mathematik: StD HANS-JÜRGEN ELSCHENBROICH,  
Kirchstr. 26, 41352 Korschenbroich.  
Tel. 02182 855199  
Hans-Juergen.Elschenbroich@mnu.de

Physik: StD Dr. WOLFGANG PHILIPP,  
Danziger Str. 6, 72622 Nürtingen.  
Tel. 07022 949691  
Wolfgang.Philipp@mnu.de

Chemie: ROBERT STEPHANI,  
Weiherstraße 33, 67659 Kaiserslautern.  
Tel. 06301 37891  
Robert.Stephani@mnu.de

Biologie: StD JÜRGEN LANGLET,  
Am Hang 17, 21403 Wendisch Evern.  
Tel. 04131 58404  
Juergen.Langlet@mnu.de

Informatik: StD D. POHLMANN,  
Friedrich-Naumann-Weg 22, 25337 Elmshorn.  
Tel. 04121 470635, Fax 437081  
Dietrich.Pohlmann@mnu.de

Information: NORBERT FINCK,  
Wensenbalken 53, 22359 Hamburg.  
Tel. 040 6914357,  
Norbert.Finck@mnu.de

MNU-Haupt-  
Schriftleiter: Prof. Dr. BERND RALLE,  
Kebbestr. 29, 44267 Dortmund.  
Tel. 0231 4755867, Fax 0231 4755868  
Bernd.Ralle@mnu.de

Satz, Druck, Binearbeiten:  
Appel & Klinger Druck und Medien GmbH, Kronach  
Mittelstraße 9, 96317 Kronach, Tel. 09261 96243-0  
[www.ak-druck-medien.de](http://www.ak-druck-medien.de); E-Mail: [info@ak-druck-medien.de](mailto:info@ak-druck-medien.de)

## Bildungsverlag EINS

**Sieglarer Straße 2, 53842 Troisdorf  
Telefon/Redaktion 02131 1248864  
Telefon/Anzeigen 02131 1248864  
Telefax 02131 1248862  
Seeberger@mnu.de**

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

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

### Herausgeber

#### Hauptschriftleiter

Prof. Dr. BERND RALLE, Kebbestr. 29, 44267 Dortmund,  
Tel. 0231 4755867, Fax 0231 4755868

dienstl.: Universität Dortmund, FB Chemie, Didaktik d. Chemie,  
44221 Dortmund, Bernd.Ralle@mnu.de

#### Fachschriftleiter Mathematik

OStD GERT STARKE, Wittenbrook 14a, 24159 Kiel,  
Tel. 0431 362312, Fax 0431 36608, Gert.Starke@mnu.de

OStR THOMAS VOGT, Backesgasse 4, 55595 Hargesheim,  
Tel. 0671 4820322, Thomas.Vogt@mnu.de

#### Fachschriftleiter Physik

OStD HERWIG KRÜGER, Untereisselner Str. 33, 24226 Heikendorf,  
Tel. 0431 241538, Fax 0431 241538, Herwig.Krueger@mnu.de

Prof. Dr. DIETER SCHUMACHER, Physikalische Grundpraktika,  
Heinrich-Heine-Universität, 40225 Düsseldorf,  
Tel. 0211 81-13102, Fax 0211 81-13105, Dieter.Schumacher@mnu.de

#### Fachschriftleiter Chemie

StR WOLFGANG KIRSCH, Irgentalweg 20a, 66119 Saarbrücken,  
Tel. 0681 853265, Fax 0681 8761486, Wolfgang.Kirsch@mnu.de

Prof. Dr. INSA MELLE, Universität Dortmund,  
FB Chemie, Didaktik d. Chemie, 44221 Dortmund,  
Tel. 0231 7552933, Fax 0231 7552932, Insa.Melle@mnu.de

#### Fachschriftleiter Biologie

Prof. Dr. DITTMAR GRAF, Universität Dortmund,  
Fachbereich 3 (Chemie), Fachgruppe Biologie, Didaktik d. Biologie,  
Otto-Hahn-Str. 6, 44221 Dortmund,  
Tel. 0231 755-6527, Dittmar.Graf@mnu.de

OStD ERWIN SCHORR, Albert-Schweitzer-Gymnasium,  
Karcherstr. 2, 66763 Dillingen,  
Tel. 06831 976547, Fax 06831 976089, Erwin.Schorr@mnu.de

Copyright/Fotokopien

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

# Arbeiten mit den Bildungsstandards im Fach Biologie fachspezifisch und fachübergreifend, dimensioniert und niveauvoll

## Empfehlungen für die Umsetzung der KMK-Standards Biologie S I



Der deutsche Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V. hat die bundesweite Entwicklung von output- und kompetenzorientierten Standards in den naturwissenschaftlichen Fächern von Beginn an durch eigene Empfehlungen<sup>1</sup> unterstützt.

Nach der Veröffentlichung von Standards durch die KMK für die drei Hauptfächer Deutsch, Englisch und Mathematik liegen seit dem Ende des Jahres 2004 ebensolche für die drei naturwissenschaftlichen Schulfächer, Biologie, Chemie und Physik vor. Damit sind unter den sechs Fächern, für die bundesweite Standards gelten, vier vom Förderverein MNU vertretene.

Traditionell hat der Förderverein MNU in regelmäßigen Abständen fachspezifische Empfehlungen mit Vertretern aller Bundesländer erarbeitet, die geholfen haben, in der föderalistischen Schulstruktur der Bundesrepublik Deutschland die Arbeit in den einzelnen Fächern zu vereinheitlichen. Mit den letzten Empfehlungen im Fach Biologie aus dem Jahre 2001<sup>2</sup> wurden wegweisende Schritte im Hinblick auf Kompetenzen, kumulatives Lernen und Vermittlungsmethoden ausformuliert. Dieser Paradigmenwechsel fand in der Folge Eingang in Lehr- und Rahmenpläne der Bundesländer und in Schulbücher.

Durch die Entwicklung von bundeseinheitlichen Standards wurde die Wendung von der Input- zur Output-

utorientierung endgültig und konsequent vollzogen. Deren Umsetzung bleibt Ländersache. In der aktuellen Situation verfolgt MNU das Ziel und den Anspruch – zuerst im Fach Biologie –, die in den Bundesländern begonnene Arbeit an den länderspezifischen Ausformungen der Standards durch angebotsorientierte Umsetzungshilfen zu fördern, nicht zuletzt auch mit dem Ziel, dass die Fachgruppe bzw. die Lehrkraft vor Ort sich auf den Weg macht, den Unterricht im Fach Biologie nach Kompetenzen und Standards zu strukturieren und durch Selbstevaluation zu verbessern.



Die vorliegenden Empfehlungen wurden auf einer Arbeitstagung vom 11. bis zum 15. April 2005 in der Reinhardswaldschule bei Kassel erarbeitet, zu der Expertinnen und Experten aus den Bundesländern, aus der Fachpraxis und Fachdidaktik, vom vdbiol und von der GDNÄ, eingeladen waren, und einvernehmlich von allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern verabschiedet. Durch diese Empfehlungen sollen den Intentionen der Bildungsstandards zur Akzeptanz und zur Umsetzung verholfen werden, damit das eigentliche Ziel der Umsteuerung und Qualitätsverbesserung im Fach Biologie erreicht werden kann. Die Offenheit der Bildungsstandards wird allgemein gelobt. Sie bedürfen der Konkretisierung und Differenzierung in Bezug auf die Basiskonzepte, Standards und Niveaunkonkretisierungen.

Hagen, Wendisch Evern, im Dezember 2005

ARNOLD A CAMPO  
Bundesvorsitzender  
aCampo@mnu.de

JÜRGEN LANGLET  
Vorstandsamt Biologie  
Juergen.Langlet@mnu.de

<sup>1</sup> Lernen und Können im naturwissenschaftlichen Unterricht. Denkanstöße und Empfehlungen zur Entwicklung von Bildungs-Standards in den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik (Sekundarbereich I). MNU 56/5, 2003, Beihefter

<sup>2</sup> Biologieunterricht und Bildung. Die besondere Bedeutung des Faches Biologie zur Kompetenzentwicklung bei Schülerinnen und Schülern. Empfehlungen zur Gestaltung von Lehrplänen bzw. Richtlinien für den Biologieunterricht. MNU 54/4 (2001) Beihefter

# 1 Die KMK-Standards sind veröffentlicht: Was nun?

Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Bildungsabschluss<sup>3</sup> sind gedacht als ein wesentlicher Faktor der Steuerung eines Schulsystems, das auf vermehrte Eigenständigkeit der Akteure setzt. Kompetenz- und Standard-orientierte Bildung steht und fällt mit passenden Modellen für Kompetenzen. Als Mindest-, Regel- oder Maximal-Standards wird festgelegt, was Schülerinnen und Schüler am Ende eines bestimmten Bildungsabschnitts können sollen. Diese Empfehlungen beschränken sich auf die Kompetenzbereiche Wissen und Erkenntnisgewinnung. Die Bearbeitung des Kompetenzbereichs Kommunikation wird einer fachübergreifenden Tagung überlassen. Für den Kompetenzbereich Bewertung sind parallel neun Dimensionen inklusive Niveauelementarisierungen veröffentlicht worden.<sup>4</sup> Auf der Tagung wurden in den Kompetenzbereichen Fachwissen und Erkenntnisgewinnung die einzelnen Kompetenzen elementarisiert bzw. dimensioniert, in verschiedene Niveaus differenziert und Beispielaufgaben den Niveaus zugeordnet – ein beispielhaftes Ablaufdiagramm für den Kompetenzbereich Fachwissen: (siehe Abb. 1)

Die Dimensionen der Kompetenzbereiche werden weiterhin in qualitativ unterschiedliche Niveaus differenziert. Diese Niveauelementarisierung verbindet die umschreibenden Niveaueinteilungen einer Scientific Literacy<sup>5</sup> mit den ersten Ansätzen einer Theorie

des bedeutungsvollen Verstehens<sup>6</sup> mit den Niveaus: Ausgangsvorstellungen – Kennen – Anwenden – Reflexion und Verstehen – Metareflexion und erweitert damit die gängigen Anforderungsbereiche, z. B. aus den EPA<sup>7</sup>.

Neu ist in diesem Vorgehen die ausdrückliche Aufnahme der Ausgangssituation in die angestrebte Kompetenzentwicklung, sodass ausgehend von den jeweiligen Alltagsvorstellungen der Schülerinnen und Schüler (Kompetenzniveau A) die intendierten Veränderungen in Richtung wissenschaftlicher Vorstellungen über mehrere Jahre und Kompetenzniveaus differenziert werden (Kompetenzniveaus I bis III). Eine Reflexions- und Bewertungsebene (R) wird besonders ausgewiesen. Das Kompetenzniveau II entspricht dem Regelniveau, das in allen Schulformen von der Mehrheit der Schülerinnen und Schüler erreicht werden sollte. Die darüber hinausgehenden Kompetenzniveaus sind als Angebot zu werten, das mit unterschiedlichen Lerntempi und Lernwegen angesteuert werden kann. Die weiterführenden Angaben sind daher auch als Anreiz für differenzierte Lernangebote zu sehen.

Bei der Darstellung von Kompetenzmodellen ergibt sich ein Problem. Denn die üblichen Stufendarstellungen suggerieren eine Entwicklung, die von den Schülerinnen und Schülern hierarchisch durchlaufen werden; zudem beinhalten sie eine Abwertung der niederen Stufen. Deswegen wäre eine Darstellung in Form eines Tortendiagramms<sup>8</sup> angemessener, das allerdings zur Erläuterung zwecks besserer Lesbarkeit wiederum in eine Kastenform ummodelliert wird:

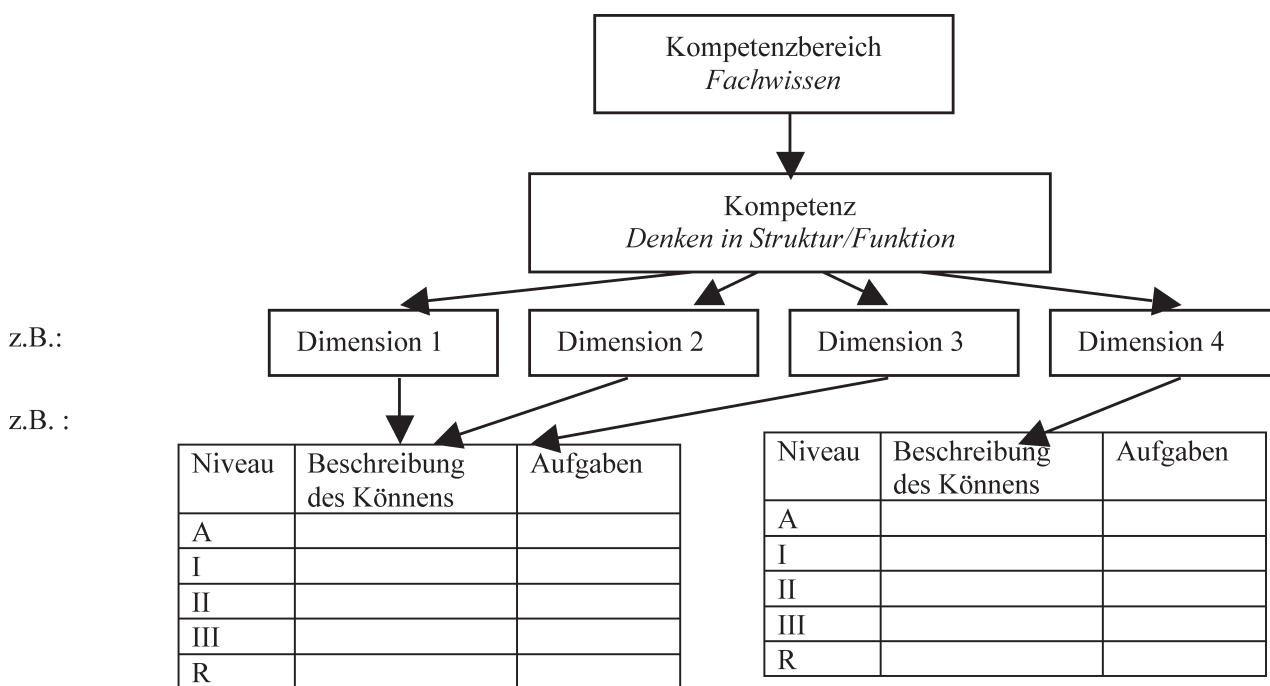


Abb. 1. Dimensionierung und Niveauelementarisierung – beispielhaft an einer Basiskompetenz im Kompetenzbereich Fachwissen

<sup>3</sup> [http://www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/Biologie\\_MSA\\_16-12-04.pdf](http://www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/Biologie_MSA_16-12-04.pdf)  
<sup>4</sup> C : HÖSSLE et al Neun Dimensionen der Ethischen Urteilskompetenz. Dimensionierung und Niveauelementarisierung. ZfDN ●●● (2005) ●●●.  
<sup>5</sup> R.W. BYBEE: Scientific Literacy – Mythos oder Realität? In: W. GRÄBER et al. (Hrsg.): Scientific Literacy, ●●● (2002), S. 21–43

<sup>6</sup> vgl. j: LANGLET: Arbeiten mit den Bildungsstandards im Fach Biologie, fachspezifisch und fachübergreifend, elementarisiert und niveauelementarisiert. Tagung von Vertretern der Bundesländer wie Experten aus der Fachdidaktik und aus der Schulpraxis zur Erstellung von Empfehlungen für die Umsetzung der KMK-Standards Biologie S I (2005).  
<sup>7</sup> Einheitliche Prüfungsanforderungen (EPA) für das Fach Biologie. 5.2.2004. <http://www.kmk.org/doc/beschl/EPA-Biologie.doc>  
<sup>8</sup> siehe S. XIX

Niveau	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Bewertung <sup>10</sup>
<b>A Ausgangsvorstellungen<sup>11</sup></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Beschreibung biologischer (naturwissenschaftlicher) Phänomene mit einem Alltagsverständnis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzen des Alltagswissens zur Beschreibung biologischer Phänomene</li> <li>Reproduktion unterrichtlich erworbenen (Basis)Wissens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzen intuitiver Problemlösungsstrategien und Logiken</li> <li>Reproduktion der Schritte des wissenschaftlichen (problem lösenden) Vorgehens und anderer Fertigkeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nicht-Kennen, Nicht-Erkennen, Nicht-Anwenden</li> <li>Kennen, Erkennen, unreflektierte Anwendung</li> </ul>
<b>I Nominale Scientific Literacy</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kenntnis und Definition biologischer (naturwissenschaftlicher) Begriffe und ›Fakten‹</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anwendung des unterrichtlich erworbenen Wissens auf unbekannte Phänomene</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anwendung der Schritte des wissenschaftlichen (problem lösenden) Vorgehens und anderer Fertigkeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einfache (Erst-) Begründung und Anwendung</li> </ul>
<b>II Funktionale Scientific Literacy</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kalkülhafte Anwendung unterrichtlich erworbenen Wissens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verständnis der fachinternen Basiskonzepte und entsprechende Anwendung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verständnis der spezifischen Modi der Welterschließung der Biologie im Vergleich zu denen der anderen Naturwissenschaften</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Komplexere Begründung</li> <li>Verstehen der Anwendung <ul style="list-style-type: none"> <li>Begründung der Begründung</li> <li>Erweiterung des Kontextes</li> </ul> </li> </ul>
<b>III Konzeptionelle und prozedurale Scientific Literacy</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Verständnis der grundlegenden biologischen und naturwissenschaftlichen Begriffe und Prozesse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verständnis der fachübergreifenden Basiskonzepte im sozialen und wissenschaftlichen Kontext</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wissenschaftstheoretisches Verständnis der naturwissenschaftlichen Modi der Welterschließung im Vergleich mit denen anderer Wissenschaften</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verstehen der Bedeutung einer Teilkompetenz</li> <li>Metareflexion</li> </ul>
<b>R Multidimensionale Scientific Literacy</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Verständnis der fachübergreifenden biologischen und naturwissenschaftlichen Begriffe und Prozesse (Metareflexion) im sozialen und wissenschaftlichen Kontext</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zunehmende Begründungs-, Reflexions- und Verstehens-Komplexität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zunehmende Begründungs-, Reflexions- und Verstehens-Komplexität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zunehmende Begründungs-, Reflexions- und Verstehens-Komplexität</li> </ul>
<b>Kriterien</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zunehmende Begründungs-, Reflexions- und Verstehens-Komplexität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zunehmende Begründungs-, Reflexions- und Verstehens-Komplexität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zunehmende Begründungs-, Reflexions- und Verstehens-Komplexität</li> </ul>

Tab. 1. Kompetenzmodell und Niveau-Schema der drei Kompetenzbereiche Fachwissen, Erkenntnisgewinnung und Bewertung<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Nahezu alle Kommunikationsstandards gehen in den aufgeführten Kompetenzbereichen auf (wie z. B. Ki: kommunizieren und argumentieren in verschiedenen Sozialformen (KMK 2004, 19)).

<sup>10</sup> C. HÖSSLER et al Neun Dimensionen der Ethischen Urteilskompetenz. Dimensionierung und Niveauekonkretisierung. ZfDN ●●● (2005) ●●●●.

<sup>11</sup> verändert nach M. HAMMANN: Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. MNU 57 (2004) Nr. 4, Tab. 1, S. 197, der wiederum nach [5]



Im Folgenden werden für die Kompetenzbereiche Fachwissen und Erkenntnisgewinnung in Kompetenzen ausformulierte Standards mit entsprechenden Testaufgaben vorgestellt.

## 2 Kompetenzbereich Fachwissen

Die Idee des kumulativen (besser: vernetzenden) Lernens im Fach Biologie (und in anderen Fächern) hat sich durchgesetzt – wozu die Veröffentlichung von Erschließungsfeldern<sup>12</sup> wesentlich beigetragen hat. Nahezu jeder Lehrplan etc. und jedes neu aufgelegte Schulbuch beziehen sich Grundlegend auf die Erschließungsfelder. Dabei wurde im Laufe der Zeit der didaktisch intentionale Begriff »Erschließungsfeld« durch sog. Basiskonzepte<sup>13</sup> oder Prinzipien ersetzt. Basiskonzepte repräsentieren biologisches Wissen in kondensierter Form. Mit der Orientierung an Basiskonzepten werden Fachinhalte des Biologieunterrichts strukturiert und miteinander knüpft. In verschiedenen Jahrgängen werden unterschiedliche Themen auf die Basiskonzepte ausgerichtet, sodass die Basiskonzepte in verschiedenen Kontexten immer wieder systematisch aufgegriffen werden und somit kumulatives Lernen ermöglicht wird.

Die drei komplexen Basiskonzepte der KMK-Bildungsstandards Struktur und Funktion, Entwicklung und System werden daselbst eingehend erläutert. Darin finden sich die bekannten vdbiol-Erschließungsfelder und die Basiskonzepte der EPA Biologie<sup>14</sup> wieder: (siehe Abb. 2)

Die Basiskonzepte bzw. Erschließungsfelder im Bereich Fachwissen lassen sich in primär Biologie-unspezifische und Biologie-spezifische gliedern.

Biologie-unspezifische Basiskonzepte	
System	Kompartimentierung
Struktur und Funktion	Struktur und Funktion
	Regelung und Steuerung
	Stoff- und Energieumwandlung
	Information und Kommunikation
<i>KMK-Bildungsstandards</i>	<i>EPA-Biologie</i>

Biologie-spezifische Basiskonzepte	
Entwicklung	Reproduktion
	Variabilität und Angepasstheit
	Geschichte und Verwandtschaft
<i>KMK-Bildungsstandards</i>	<i>EPA-Biologie</i>

Während die Biologie-spezifischen Basiskonzepte die Wissenschaft und das Fach Biologie gegenüber anderen abgrenzen und auszeichnen, sind die Biologie-unspezifischen Basiskonzepte ihrem Ursprung nach in anderen Wissenschaften und Fächern (zumeist in der Physik und Chemie) beheimatet. Sie werden erst durch die Vorsilbe »Bio-« (Biosystem, Bioenergie usw.) zu biologischen Termini, wobei sie gleichfalls einen höheren biologischen Komplexitätsanspruch repräsentieren.<sup>15</sup>

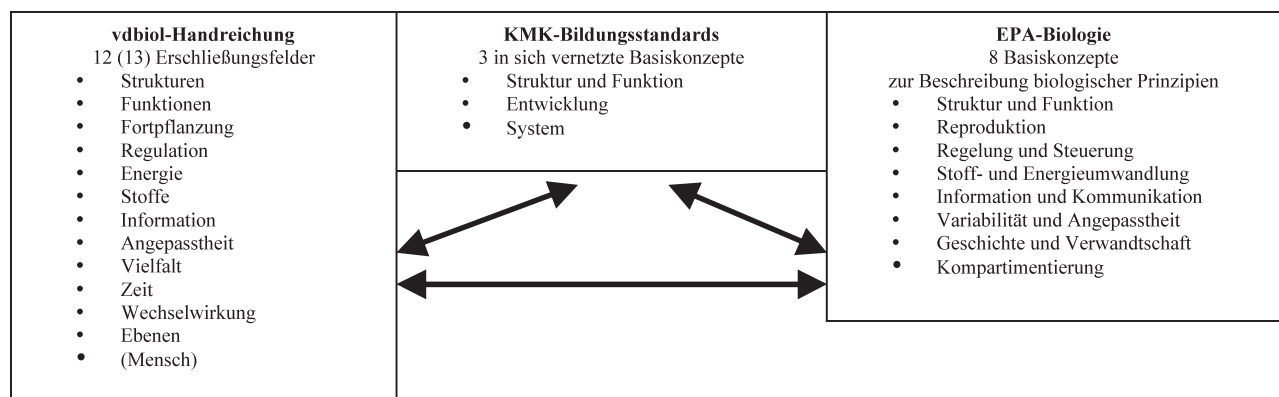


Abb. 2. Basiskonzepte und Erschließungsfelder

<sup>12</sup> R. BAALMANN; R. DIECKMANN; TH. FREIMAN; J. LANGLET; K.-P. OHLY; TH. SAATHOFF; A. SANDMANN; H. VOGT; V. WOLFF; J. ZABEL; H.-D. LICHTNER: Weniger (Additives) ist mehr (Systematisches). Kumulatives Lernen. vdbiol Handreichung für den Biologieunterricht in den Jahrgängen 5–10. München; in der Folge auch in: Biologieunterricht und Bildung. Die besondere Bedeutung des Faches Biologie zur Kompetenzentwicklung bei Schülerinnen und Schülern. Empfehlungen zur Gestaltung von Lehrplänen bzw. Richtlinien für den Biologieunterricht. MNU 54 (2001) Nr. 4, Beihefter

<sup>13</sup> Bei dem Begriff Konzept handelt es sich um eine falsche Eindeutigkeit des angelsächsischen »concepts«, womit eigentlich »Begriffe« gemeint sind (mdl. Mitteilung von G. SCHAEFER).

<sup>14</sup> vgl. Anm. 7

<sup>15</sup> G. SCHAEFER (2005): Naturwissenschaftliche Fächer oder ein Fach »Naturwissenschaft«. Die Rolle von Fachkompetenz für die Entwicklung allgemeiner Kompetenzen. In: H. FRITSCH et al. (Hrsg.): Materie in Raum und Zeit. Verhandlungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte. Stuttgart

## 2.1 Biologieunspezifische Basiskonzepte

Von den Biologie-unspezifischen Basiskonzepten wurde auf der Tagung das zentrale Konzept »Stoff- und Energieumwandlung« ausgearbeitet [Arbeitsgruppe I]. Beide Begriffe sind eng miteinander verknüpft. Sie sind für Lebewesen als offene Systeme fundamental. Gleichfalls bilden sie im Unterricht der Sekundarstufe I die Grundlage des Verstehens der Biologie als Begreifen des Lebendigen. Die Dimensionen des Basiskonzepts Stoff- und Energieumwandlung sind folgende:

- Kenntnis und Anwendung der Stoffgruppen, deren Zusammensetzung und Umwandlung auf der Grundlage der Teilchenvorstellungen
- Kenntnis und Anwendung des Stoff- und Energiezusammenhangs in Organismen und in Zellen
- Kenntnis und Anwendung von Assimilation und Dissimilation
- Kenntnis und Anwendung der Stoffaufnahme, -verdauung und -abgabe

Die zugehörigen Standards werden exemplarisch am folgenden Aufgabenbeispiel niveaunkonkretisiert:

### Santorio Santorius – Der Mann auf der Waage<sup>16</sup> (1561–1636)

Der italienische Wissenschaftler Santorius war Professor für theoretische Medizin in Padua.

Um herauszufinden, wie sich das Gewicht des menschlichen Körpers verändert, führte er schon vor nahezu 400 Jahren folgende Versuche durch: Er baute eine große Waage, an die er einen Stuhl hängte. Santorius nahm seine Mahlzeiten in diesem Stuhl ein (siehe Abb.): Wenn er etwas aß, sank der Stuhl nach unten, im Laufe des Tages bewegte er sich jedoch wieder auf die ursprüngliche Höhe zurück.

Santorius vermutete, dass zwischen der Aufnahme und dem Verbrauch von Nahrung und dem Körpergewicht ein Zusammenhang besteht. Er dachte sich, dass man durch den an der Waage aufgehängten Stuhl die eigene Ernährung kontrollieren könne – wenn der Stuhl wieder auf die normale Höhe abgesunken sei, müsse man eben aufhören zu essen.

Um genauere Ergebnisse zu bekommen, verbrachte er sogar über 30 Jahre einen Großteil seines Lebens auf der Waage. Er konstruierte eine große Plattform, die an einer Waage hing. Hier aß und arbeitete er, auf ihr stand auch sein Bett. Auf diese Weise konnte er sein Körpergewicht ständig und recht genau erfassen. Außerdem rechnete er zusammen, welche Mengen an Getränken und Nahrung er im Laufe des Tages zu sich nahm und wie viel Kot und Urin er wieder von sich gab. Was stellte er bei seinem täglichen Wiegen alles fest?

Im Laufe des Tages ergaben sich Schwankungen in seinem Körpergewicht.



Wenn er am Tag 4 Kilo Nahrung zu sich nahm, so gab er nur 2 ½ Kilo wieder ab.

Nach diesen Beobachtungen hätte er nach zehn Tagen (40 Kilo Aufnahme, 25 Kilo Abgabe) eigentlich um 15 Kilo schwerer sein müssen. Da er jedoch nicht zunahm, zog er den Schluss, dass die fehlende Menge von 15 Kilo (1½ Kilo täglich) durch »unmerkliche Ausdünstungen« dem Körper verloren gehen müssten.

## 2.2 Biologie-spezifische Basiskonzepte

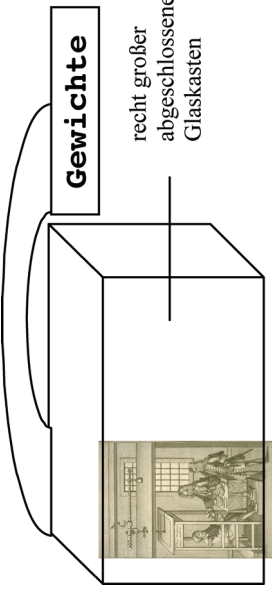
Als biologiespezifisch werden diejenigen Basiskonzepte angesehen, die im weitesten Sinne die Evolution betreffen. In den KMK-Bildungsstandards ist dazu das Basiskonzept Entwicklung formuliert.

Die Arbeitsgruppe [Arbeitsgruppe II] entschied sich, für die Umsetzung der KMK-Standards die konkretere Definition und Formulierung der Basiskonzepte der Einheitlichen Prüfungsanforderungen für das Abitur (EPA 2004) zugrunde zu legen. Auf Evolution bezogen sind dies die EPA-Basiskonzepte:

- Reproduktion,
- Variabilität und Anpasstheit
- Geschichte und Verwandtschaft.

Aus der Orientierung an den biologiespezifischen Basiskonzepten folgt zwingend, dass der Unterricht zur Evolution bereits auf unteren Klassenstufen einsetzt. Damit soll erreicht werden, dass das Verständnis der

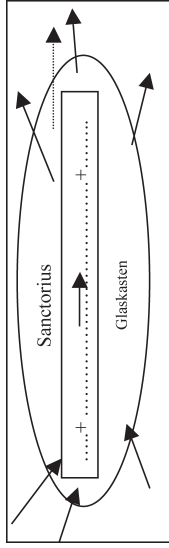
<sup>16</sup> verändert nach Sir MICHAEL FOSTER (1970): Lectures on the history of physiology during the sixteenth, seventeenth, and eighteenth century. Dover Publications Inc., New York

Niveau	Standards: Schülerinnen und Schüler ...	Aufgaben
A	<p>sind der Meinung, dass Nahrung das ist, was gegessen wird, und dass man Energie hat.</p>	
I	<ul style="list-style-type: none"> <li>nennen die aufgenommenen und abgegebenen Stoffe und Atemgase (Wortgleichung) und beschreiben, dass im Körper aus Nahrungsstoffen und Sauerstoff Energie bereitgestellt wird, die in Bewegung und Wachstum umgesetzt wird,</li> <li>beschreiben den Weg der Nahrung(ssstoffe) im Körper: Nahrungsaufnahme, Transport im Verdauungssystem, Zerlegung, Stoffumwandlung, Stoffausscheidung, Aufnahme ins Blut, Transport zu und Aufnahme in Körperzellen</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Stelle den Weg der Nahrung in dem Körper des Wissenschaftlers in einem Fließschema dar. (alternativ: Ergänze das folgende Fließschema.) [Aus Platzgründen kann dieses hier wie andere unten nicht angegeben werden.</li> <li>a) Professor Sanctorius nimmt täglich 4 kg feste Speisen und Getränke zu sich. Nenne und begründe die in Frage kommenden Lebensmittel.</li> <li>Ordne den Feldern in dem Ernährungskreis passende Nährstoffe/Lebensmittel zu und begründe deine Zuordnung.</li> <li>Kreuze Stoffe an, die Nährstoffe sind:  <input type="checkbox"/> Eiweiße <input type="checkbox"/> Wasser <input type="checkbox"/> Kochsalz <input type="checkbox"/> Traubenzucker <input type="checkbox"/> Stärke <input type="checkbox"/> Zellulose <input type="checkbox"/> Kohlenhydrate <input type="checkbox"/> Vitamin C <input type="checkbox"/> Fette</li> <li>Ordne den im Schema mit 2 – 4 bezeichneten Stellen ein Organ zu und benenne die in 1–4 ablaufenden Vorgänge.  <u>Mensch</u></li> <li>a) Beschreibe, wie im Körper Energie aus Nährstoffen bereitgestellt wird.  b) Beschreibe den Vorgang der Energiegewinnung im Körper mit Hilfe einer Wortgleichung.  c) alternativ: Ergänze das folgende Schema.  _____ + _____ → _____ + _____ + _____  Erkläre die Bedeutung dieses Vorgangs.</li> </ol>
II	<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben Stoffumwandlungen (verbal und schematisch) bei der Verdauung und die Energiebereitstellung im Körper und begründen damit die Körpergewichtsveränderungen</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Kreuze an, welche Fragestellungen dem geschilderten Experiment zu Grunde liegen. <ol style="list-style-type: none"> <li>Stimmen Stoffaufnahme und Stoffabgabe im Laufe eines Tages überein?</li> <li>In welchen funktionalen Beziehungen stehen Stoffaufnahme, Stoffumwandlung und Stoffabgabe zueinander?</li> <li>Kann man die Veränderung des Körpergewichtes mit Hilfe der Stoffaufnahme, Stoffumwandlung und Stoffabgabe erklären?</li> <li>Wie stark schwitzt der Mensch?</li> </ol> </li> <li>Erstelle ein Concept-map mit Hilfe der folgenden Begriffe und Satzteile:  Lunge, Kohlenstoffdioxid, Körperzellen, Wasser, Traubenzucker, Sauerstoff, Stärke, Blut, Verdauungsorgane, Energie, Urin, Wissenschaftler <i>so wie</i> geht über in, hierdurch lebt und arbeitet, produziert, reagiert mit, reagiert zu, spalten zu, stellen bereit, Teil wird abgestrahlt, transportiert zu, wird aufgenommen, wird aufgenommen ins, wird aufgenommen in, wird ausgedehnt, wird ausgedehnt, wird eingatmet, wird eingatmet, wird gegessen, wird transportiert zur, wird umgewandelt in.  Einzelne Begriffe und Satzteile werden zur Hilfestellung vorgegeben.</li> </ol>
III	<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben – auf der Teilenebene – Stoffumwandlungen (verbal und schematisch) bei der Verdauung und die Energiebereitstellung im Körper und begründen die Körpergewichtsveränderungen bilanzierend Systembezogen</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Ein Gedankenexperiment: Stelle dir folgende Versuchserweiterung vor, die genau arbeiten soll:  <b>Zusatzinformationen:</b>  Nahrung und Getränke sind ausreichend im Glaskasten vorhanden. Der Glaskasten hat keine Verbindung nach außen. Es wird der gesamte Glaskasten gewogen.  <b>Aufgabe:</b>  Formuliere (mind. 3) Vermutungen über mögliche Versuchsbeobachtungen bzw. -ergebnisse und begründe diese!</li> </ol> 



9. Prüfe den im letzten Satz des Textes von Sanctotrius gezogenen Schluss auf Richtigkeit. Formuliere den Gedanken, der dem Schluss zu Grunde liegt, als Naturgesetz.

10. Ergänze das Schema, indem du die stofflichen Zuflüsse und Abflüsse einträgst.



11. Stelle die Stoffumwandlung dar (s. Schema) und erlaüttere deren biologischen Sinn!

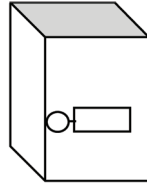
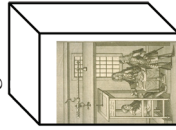
12. Ein Physiker interessiert sich sehr für das historische Experiment und das gedankliche Experiment. Warum? Er nimmt es ganz genau und möchte bilanzieren. Wie ändern sich die Massen in den verschiedenen Systemen? Kreuze zutreffende Aussagen an und begründe deine Entscheidung

I. System Sanctotrius:

Seine Masse bleibt konstant;  er nimmt an Masse zu;  er nimmt an Masse ab

II. System Glaskasten:

Die Masse des Glaskastens bleibt konstant;  Die Masse des Glaskastens nimmt ab;  Die Masse des Glaskastens nimmt zu.  
 13. Vergleiche folgende Versuchsanordnungen, indem du Gemeinsamkeiten und Unterschiede erläuterst.



IV  
 begründen die Funktionalität von Strukturen und Prozessen als biologisches Prinzip am Beispiel von Stoff- und Energieumwandlung

14. Überlege und erlaüttere, von welchen Faktoren die Körpermasse – außer von der Nahrungszufuhr -abhängig sein könnte und entwirf dazu einen Versuchsaufbau.

15. Wozu laufen im Körper des Menschen Stoffumwandlungen ab? Kreuze bei jeder Antwort an, ob sie richtig oder falsch ist. Es können auch mehrere Antworten richtig sein. Begründe deine Kreuze!

	richtig	falsch
Stoffumwandlungen laufen in der Natur immer ab und haben keinen besonderen Zweck.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stoffumwandlungen laufen im menschlichen Körper ab, weil die körpereigenen Stoffe labil sind und von selbst zerfallen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stoffumwandlungen laufen im menschlichen Körper ab, weil der Körper warm ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stoffumwandlungen laufen im menschlichen Körper ab, weil Enzyme sie steuern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stoffumwandlungen im menschlichen Körper ermöglichen das Wachstum des Menschen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stoffumwandlungen im menschlichen Körper verlangsamen in erster Linie das Altern des Menschen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die durch Stoffumwandlungen bereitgestellte Energie im menschlichen Körper gleicht die Energieabgabe durch Urin und Kot aus.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stoffumwandlungen im menschlichen Körper gleichen in erster Linie die Energieabgabe durch Wärme aus.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die durch Stoffumwandlungen bereitgestellte Energie im menschlichen Körper vermindert die im Körper auftretende Unordnung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stoffumwandlungen im menschlichen Körper bauen ausschließlich körpereigene Stoffe auf.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tab. 2. Dimensionierung und Niveaunkretisierung des Basiskonzepts Stoff- und Energieumwandlung

Evolution in der Klasse 5 angebahnt und in den fortlaufenden Jahrgängen bis zur Klasse 10 vertieft wird. Die folgende Aufstellung erprobt den Einsatz des Basiskonzeptes **Variabilität und Anpasstheit** im Verlaufe des Sekundarbereichs I. Die Kompetenzen, biolo-gische Probleme evolutionär zu verstehen und zu erklären werden dabei gezielt und schrittweise aufbauend eingeübt (vgl. Tab. 3, S. XI–XII). Es wird jeweils angegeben, in welcher Klassenstufe die Kompetenzen erreicht werden sollen. Auf höheren Klassenstufen werden sie selbstverständlich weiter gesichert und eingeübt. Darüber hinaus erfordern die Unterschiede innerhalb der Lerngruppen binnendifferenzierende Maßnahmen.

### Beispielaufgaben zur Ebene der Anpassungsprozesse<sup>17</sup>

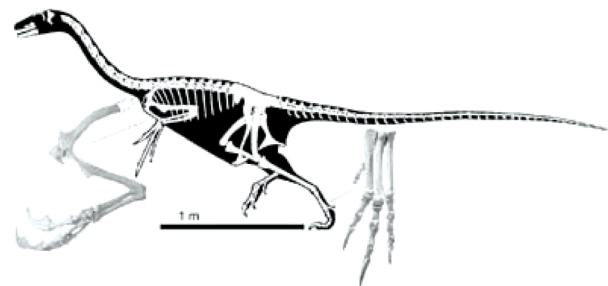
#### Nahrungswechsel bei Sauriern

Kürzlich konnten im US-Bundesstaat Utah ca. 1700 Knochen einer bis dahin unbekannt Saurierart geborgen werden. Die neu entdeckte Art erhielt den Namen *Falcarius utahensis* und erregte weltweit Aufsehen. Biologen nehmen an, dass diese Tiere einen Nahrungswechsel vollzogen haben und das Bindeglied zwischen den ursprünglichen kleineren Fleisch fressenden Dinosauriern und den späteren großen Pflanzen fressenden Sauriern darstellen.

Die Tiere waren etwa vier Meter lang und erreichten aufrecht stehend eine Höhe von 1,4 m. Ihre Vorder-

gliedmaßen endeten in 10 cm langen gebogenen und scharfen Krallen. Die Hintergliedmaßen scheinen im Vergleich mit ihren Vorfahren kleiner und dicker gewesen zu sein. Dennoch waren ihre Oberschenkelknochen noch länger als die Schienbeine, ein Hinweis auf die Fähigkeit schnell laufen zu können. Der Hals der Tiere war relativ lang gezogen. Ihr Gebiss enthielt viele gleichartige blattförmige und messerscharfe Zähne, Reißzähne fehlten dagegen. Das breite Becken der Tiere bot möglicherweise Platz für einen großen Magen bzw. einen langen Darm.

»Mit *Falcarius* haben wir einen fossilen Beweis für die Ernährungsumstellung von Sauriern vom Fleisch- zum Pflanzenfresser«, beschrieb ein Biologe die Bedeutung der neu entdeckten Fossilien.



[Abb. nach [http://pharyngula.org/index/weblog/comments/falcarius\\_utahensis/](http://pharyngula.org/index/weblog/comments/falcarius_utahensis/)]

1. Ordne die im Text genannten Baumerkmale von *Falcarius* in die nachfolgende Tabelle ein.

Lösungsbeispiel

Anpassung an Fleischnahrung	Anpassung an pflanzliche Nahrung
<ul style="list-style-type: none"> <li>• lange gebogene und scharfe Krallen</li> <li>• Verhältnis von Oberschenkelknochen und Schiene → relativ schnelles Laufen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gleichartige blattförmige Zähne</li> <li>• Fehlen von Reißzähnen</li> <li>• kleinere und dickere Hintergliedmaßen als bei den ausschließlich Fleisch fressenden Vorfahren</li> <li>• breites Becken → großer Magen, langer Darm</li> <li>• langer Hals → Erreichen von Blättern</li> </ul>

2. Einige Tiere unter den Vorfahren von *Falcarius* hatten zufällig einen längeren Darm.

a) Wie hat sich dies vermutlich auf die mögliche Ernährungsweise dieser Tiere ausgewirkt?

Wie kam es dazu, dass nach einer längeren Zeit eine ganze Gruppe von Tieren mit längeren Därmen entstand?

**Organismisch-physiologische Ebene: Kompetenzniveau I.1:** ... ordnen vorgegebene Merkmale oder Prozesse vorgegebenen Funktionen zu und beziehen diese Merkmale auf die Lebensweise (Anpasstheit).

**Ebene der Anpassungsprozesse, Kompetenzniveau II.2:** ... leiten größere Überlebens- und Fortpflanzungschancen aus dem Grad der Anpasstheit an bestimmte Lebensbedingungen ab (Selektion).

3. *Falcarius* lebte in der frühen Kreidezeit vor ca. 125 Mio. Jahren, zu einer Zeit also, als die Blütenpflanzen sich stark verbreiteten. Entscheide, welche der

<sup>17</sup> Es kann hier nur eine Aufgabe wiedergegeben werden, weitere finden sich in U. KATTMANN, A. JANSSEN-BARTELS, M. MÜLLER: Warum gibt es Säugetiere? Kompetenzentwicklung in der Naturgeschichte. Unterricht Biologie, 24 (2005) 307/8, S. 18–23 und in U. KATTMANN, A. JANSSEN-BARTELS, M. MÜLLER: Die Entstehung von Giraffe und Okapi. Unterricht Biologie, 24 (2005) 310, S. 12–17.

Aus fachlicher Sicht sind folgende Aspekte wesentlich:

- stammesgeschichtliche Angepasstheit entsteht durch Selektion;
- der Vorgang der Anpassung bezieht sich auf die jeweiligen Lebensbedingungen eines Organismus (Umweltfaktoren und Lebensweise);
- Evolution von Angepasstheit setzt voraus, dass Lebewesen Nachkommen produzieren, die anders sind als sie selbst;
- stammesgeschichtliche Anpassung findet dadurch statt, dass sich Lebewesen mit unterschiedlichen Merkmalen verschieden stark vermehren;
- Angepasstheit ist immer ein Kompromiss, der partielle Unangepasstheit enthält;
- Angepasstheit von Populationen schließt Variation ein.

**Kompetenzstufe: Jahrgänge 5/6 – Organismisch-morphologische Ebene**

**Fachliche Inhalte: Säugetiere in ihrem Lebensraum**

**Kompetenzniveau:** Schülerinnen und Schüler ...

A: verfügen über die Alltagsvorstellungen, alles sei wunderbar angepasst und jeder könne sich perfekt durch Absicht und Übung anpassen.

I: ordnen vorgegebene Körpermerkmale (z. B. des Maulwurfs) vorgegebenen Merkmalen der Lebensweise zu und bezeichnen das Phänomen als Angepasstheit.

II.1: beschreiben Körpermerkmale eines Organismus (z. B. der Fledermaus) selbstständig als angepasst.

II.2: leiten die Lebensweise eines Organismus (z. B. der Spitzmaus) anhand der Körpermerkmale ab.

III.1: beurteilen Beispiele scheinbarer Widersprüche aufgrund unterschiedlicher Entstehungsgeschichte (z. B. Wale ohne Kiemen, Fledermaus ohne Federn).

III.2: beurteilen Beispiele von Unangepasstheit oder eingeschränkter

Angepasstheit aufgrund des Wechsels der Umweltbedingungen oder der Lebensweise (z. B. Rückenprobleme von Menschen, Maulwurf in offenem Gelände, Fledermaus in der Kulturlandschaft).

R.1: beurteilen mit der Bedeutung von Andersartigkeit (z. B. Gespräch zwischen einem Maulwurf und einer Spitzmaus).

R.2: beurteilen den Stellenwert von abweichenden Erscheinungen in der Natur und wie Menschen darauf reagieren (z. B. Carl von Linnés Einstufung von abweichenden Blütenformen als »Monster«, Folgen veränderter Merkmale bei Wild- und Nutztieren, Farbe oder Ausfall des Haarkleids).

**Kompetenzstufe: Jahrgänge 5/6 – Ebene Anpassungsprozesse (Anbahnung)**

**Fachliche Inhalte: Züchtung**

**Kompetenzniveau:** Schülerinnen und Schüler ...

A: verfügen über die Alltagsvorstellung, der Züchter modelliere die Rassen und Sorten ohne Weiteres zielgerichtet nach seinem Willen und seiner Vorstellung.

I.1: unterscheiden verschiedene Rassen von Haustieren oder Nutzpflanzen anhand herausgezüchteter Merkmale.

I.2: benennen Zuchtziele bei Haustieren und Nutzpflanzen.

I.3: beschreiben, dass in jeder neuen Generation Individuen mit von den Eltern abweichenden Merkmalen (neue Varianten) auftreten.

II.1: vergleichen die Merkmalskombinationen der Nachkommen mit den Zuchtzielen.

II.2: begründen die Auswahlentscheidungen des Züchters als Kompromisse.

II.3: erfassen die Zeitdimension von Züchtung, indem sie die Annäherung an die Zuchtziele als Ergebnis der wiederholten Auswahl über mehrere Generationen (z. B. anhand von Simulationen) beschreiben und erklären.

III.1: erörtern die Auswirkungen einer Änderung der Zuchtziele (z. B. Umzüchtung des Oldenburger Pferdes).

III.2: wägen die Folgen der Züchtung auf ein einziges Merkmal ab (z. B.

Milch- oder Fleischleistung bei Kühen, Eier- oder Fleischleistung bei Hühnern, Haltbarkeit oder Geschmack bei Tomaten).

R.1: beurteilen naive und unrealistische Ansprüche an Züchtung (z. B. anhand der Schwierigkeiten bei der Züchtung von Nutztieren und -pflanzen).

R.2: setzen sich mit Zuchtzielen bei heutigen Haus- und Nutztieren auseinander (z. B. Qualzüchtungen).

### Kompetenzstufe Jahrgänge 7/8 – *organismisch-physiologische Ebene*

#### Fachliche Inhalte: Physiologie

##### Kompetenzniveau: Schülerinnen und Schüler ...

A: verfügen über die Alltagsvorstellung, alles im Körper sei wunderbar geregelt und der Körper wisse, was für ihn gut sei.

I.1: ordnen vorgegebene Merkmale oder Prozesse (z. B. Chlorophyll und Chloroplasten oder Vorgänge im Auge) vorgegebenen Funktionen (Photosynthese, Sehen) zu und beziehen diese Merkmale auf die Lebensweise (Angepasstheit).

I.2: ordnen Kombination, Konzentration und räumliche Verteilung von Merkmalen oder Prozessen (z. B. der Verdauungsenzyme des Menschen) der Lebensweise (z. B. Ernährungsweise des Allesfressers) zu.

II.1: beschreiben die unterschiedliche Ausprägung von Merkmalen (z. B. bei Licht- und Schattenblättern) anhand von Untersuchungen (z. B. Quer-schnitten) selbstständig als physiologisch angepasst.

II.2: leiten Funktionen (z. B. des menschlichen Dünndarms oder der Lunge) aus Merkmalen ab und interpretieren diese Zusammenhänge als Beispiele für Angepasstheit.

III.1: erörtern scheinbare Widersprüche zwischen nebeneinander anzutreffenden Lebensweisen (z. B. C-Autotrophie und N-Heterotrophie bei fleischfressenden Pflanzen).

III.2: beurteilen Beispiele von Unangepasstheit oder eingeschränkter Angepasstheit (z. B. Verdauung beim Menschen im Vergleich zur Cellulose-Verdauung durch Symbionten bei Wiederkäuern oder Lage der Sinneszellen in der Netzhaut des Wirbeltier-Auges an der vom Lichteinfall abgewandten Seite).

R.1: setzen sich mit Andersartigkeit auseinander (z. B. unterschiedliche Ernährungsformen wie Vegetarismus oder Speisevorschriften in unterschiedlichen Kulturen; Fehlsichtigkeit).

R.2: setzen sich mit Abweichungen von Angepasstheit durch veränderte Lebensweisen in modernen Gesellschaften auseinander (z. B. Laktose-intoleranz in Mitteleuropa, Diabetes Typ II).

### Kompetenzstufe Jahrgänge 9/10 – *Ebene Anpassungsprozesse*

#### Fachliche Inhalte: Klassische Genetik/Evolution

##### Kompetenzniveau: Schülerinnen und Schüler ...

A: verfügen über die Alltagsvorstellung, dass sich Lebewesen aktiv den jeweiligen Umweltbedingungen anpassen.

I.1: unterscheiden an vorgegebenen Beispielen (z. B. Sonnenbräune / permanente Hautpigmentierung) genetisch bedingte oder umweltbedingte Formen von Variabilität.

I.2: nennen bei Beschreibungen der Anpassungsprozesse das ungerichtete Auftreten von neuen Varianten in jeder neuen Generation.

I.3: beschreiben unterschiedliche Überlebens- und Fortpflanzungsstraten bei verschiedenen Varianten.

II.1: führen das Auftreten neuer oder das Vorhandensein unterschiedlicher Varianten (z. B. Birkenspanner oder Sichelzellanämie) auf genetische Ursachen zurück (Mutation und Rekombination).

II.2: leiten größere Überlebens- und Fortpflanzungschancen aus dem Grad der Angepasstheit an bestimmte Lebensbedingungen (z. B. dunkle Birkenspanner / Luftverschmutzung oder Sichelzell-Merkmal / Malaria) ab (Selektion).

III.1: lösen den scheinbaren Widerspruch zwischen der Häufigkeit des Sichelzell-Merkmals und dem frühen Tod der Sichelzellanämie-Kranken.

III.2: treffen eine Voraussage über die erwartete Häufigkeit der unterschiedlichen Varianten bei gegebenen Lebensbedingungen (z. B. Birkenspanner bei Rückgang der Luftverschmutzung / Sichelzellanämie bei erfolgreicher Bekämpfung der Malaria).

R.1: beurteilen den evolutionären Wert von Anderssein (z. B. Notwendigkeit von Mutationen gegenüber dem Vorteil von Konstanz).

R.2: beurteilen Vor- und Nachteile von Einförmigkeit / Reduktion von Variabilität (z. B. vegetative Vermehrung, Inzucht, Klonieren).

Tab. 3. Kompetenzen zum Basiskonzept Variabilität und Angepasstheit



folgenden Aussagen die Beziehung zwischen dem Nahrungswechsel einiger Saurier und dem Auftreten der Blütenpflanzen am *besten* beschreibt. Begründe deine Entscheidungen.

- a. Die Ausbreitung der Blütenpflanzen bedeutete ein verbessertes Nahrungsangebot für Tiere, die pflanzliche Nahrung verwerten konnten.
- b. Die Aufnahme pflanzlicher Nahrung führte bei einigen Sauriern zu entsprechenden Anpassungen an die neue Nahrung.
- c. Zwischen beiden Ereignissen ist kein Zusammenhang zu vermuten.

#### **Ebene der Anpassungsprozesse, Kompetenzniveau II.2: s. oben**

4. Die Hintergliedmaßen von *Falcarius* sind kleiner und dicker als die seiner Vorfahren. Entscheide, welche der folgenden Aussagen die Entstehung dieser Veränderung am besten erklärt. Begründe deine Entscheidung.
  - a. Eine Ursache der Veränderung sind Modifikationen.
  - b. Eine Ursache der Veränderung sind Mutationen.
  - c. Aufrecht stehen bei relativ hohem Körpergewicht führte zu einer Stauchung der Knochen. Diese Veränderung wurde an die Nachkommen vererbt.
  - d. Die Tiere haben sich an veränderte Lebensbedingungen angepasst.

#### **Ebene der Anpassungsprozesse, Kompetenzniveau II.1: ... führen das Auftreten neuer oder das Vorhandensein unterschiedlicher Varianten auf genetische Ursachen zurück (Mutation und Rekombination).**

5. Formuliere eine fiktive Diskussion zwischen Lamarck und Darwin zu den Ursachen der beschriebenen Umstellung der Ernährung bei einigen Sauriern.

#### **Ebene der Anpassungsprozesse, Kompetenzniveau II.2 (s. oben).**

6. Begründe, warum Biologen aus fossilen Skeletteilen auf die Ernährungsweise eines Tieres schließen können.

**organismisch-physiologische Ebene, Kompetenzniveau II, 2:** ... leiten Funktionen aus Merkmalen ab und interpretieren diese Zusammenhänge als Beispiele für Anpassbarkeit.

**Ebene der Anpassungsprozesse, Kompetenzniveau III, 2:** ... treffen eine Voraussage über die erwartete Häufigkeit der Varianten bei gegebenen Lebensbedingungen.

### **3 Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung**

Wissenschaftsmethodische Kompetenzen gehören zum Kern der naturwissenschaftlichen Bildung. Sie werden in der Sekundarstufe I als fachgemäße Denk-

und Arbeitsweisen, in der Sekundarstufe II als Wissenschaftspropädeutik im Unterricht vermittelt. In den Bildungsstandards der KMK sind sie als Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung beschrieben. Die Grundlegende naturwissenschaftliche Methode haben die Fächer Biologie, Chemie und Physik gemeinsam<sup>18</sup>. Neben den Gemeinsamkeiten der Erkenntnisgewinnung der Naturwissenschaften hat die Biologie jedoch bestimmte, ihrem Gegenstand entsprechend, eigene Ausprägungen von Erkenntnismethoden entwickelt, wie z. B. mikroskopische Untersuchungen, Genanalyse und Verhaltensbeobachtung. Diese Methoden zeichnen sich insbesondere dadurch aus, dass sie der hohen Komplexität sowie dem Umstand, dass es sich um lebende Systeme handelt, Rechnung tragen. Dies bedeutet, dass diese nur bedingt einer experimentellen Veränderung unterzogen werden können. Im Biologieunterricht bietet sich damit die besondere Gelegenheit, die Grenzen der naturwissenschaftlichen Methode in ihrer Anwendung auf Lebewesen zu erarbeiten, und zwar in wissenschaftspropädeutischer und ethischer Hinsicht.

Wie zum Kompetenzbereich »Basiswissen« existiert auch zum Kompetenzbereich »Erkenntnisgewinnung« eine Vielfalt von Ansätzen und Ausformungen. Diese deutet sich bereits in den Oberbegriffen an: Modi der Welterschließung<sup>19</sup>, Denk- und Arbeitsweisen, Erkenntnisgewinnung, Methoden. Auch hier zeigt sich trotz aller Differenzierungen eine hohe Einheitlichkeit. Zu beachten ist allerdings, dass einige Ansätze primär *den Weg* (welchen auch immer) der wissenschaftlichen Erkenntnis beschreiben, die anderen dagegen eher die – vom Unterrichtsskript unabhängigen – Kompetenzen fokussieren. Im Sinne der Kompetenzorientierung ist sicher Letzteren der Vorzug zu geben.

Die in den Bildungsstandards formulierten Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung können zu drei basalen Kompetenzen der Wissenschaftsmethodik im Biologieunterricht zusammengefasst werden (Abb. 3)<sup>20</sup>.

Entsprechend dem komplexen und mehrdimensionalen Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung lassen sich unterschiedliche Kriterien für eine Differenzierung in Kompetenzniveaus angeben (Tab. 4) [Arbeitsgruppe III]. So müssen manuelle Fertigkeiten beim Mikroskopieren anders differenziert werden als das Verständnis kriteriengeleiteten Vergleichens und wiederum anders als der Umgang mit Theorien und Modellen. Die aufgelisteten Kriterien werden hier als heuristisches Instrument verstanden, das seinen theoretischen Wert in der fachdidaktischen Forschung, seine Praktikabilität in der Unterrichtspraxis erweisen muss und letztendlich der Weiterentwicklung bedarf.

<sup>18</sup> vgl. Anm. 1

<sup>19</sup> Dieser an H. BLUMENBERG angelehnte Begriff wurde (wie auch der Begriff der Denk- und Arbeitsweisen) erstmalig auf die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung bezogen in: Lernen und Können im naturwissenschaftlichen Unterricht. Denkanstöße und Empfehlungen zur Entwicklung von Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik (Sekundarbereich I). MNU 56/5, 2003, Beihefter

<sup>20</sup> MAYER/BRÜMMER/TEICHERT (2005): Manuskript

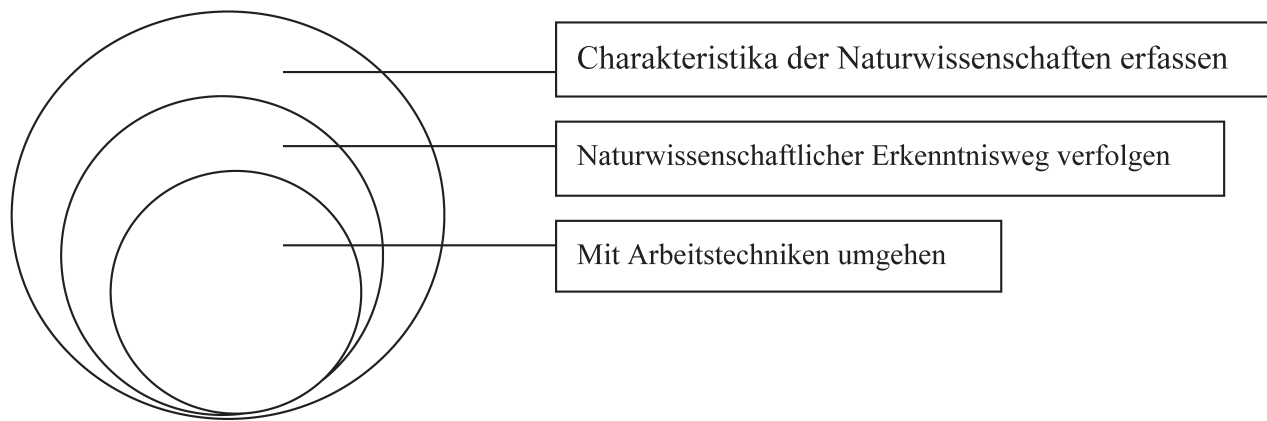


Abb. 3. Ebenen der Wissenschaftsmethodik

**Aufgabe<sup>22</sup>:** Kompetenz Experimentieren/  
Differenzierung nach Offenheit – Sachlogisches Vorgehen

Anmerkung: Aufträge 1–4 werden nicht alle sofort, sondern erst sukzessive nach der Bearbeitung der vorgehenden Teilaufgabe ausgegeben.

In einem Versuch (A) wurde die Kohlenstoffdioxid-Abgabe der Haut eines Menschen gemessen. Dabei wurde festgestellt, dass der Handrücken einer jungen Frau (100 cm<sup>2</sup>) bei Raumtemperatur 1,2 ml Kohlenstoffdioxid in einer Stunde abgibt.

<sup>22</sup> Auch hier ist nur Platz für eine Aufgabe; weitere Aufgabenbeispiele sind bei Jürgen Mayer zu erhalten.

1. Überlege, welche Faktoren die Kohlenstoffdioxid-Abgabe beeinflussen könnten. Formuliere dazu deine Hypothesen.
2. Wähle eine deiner Hypothesen aus. Plane für diese Hypothese einen Versuch B, der dir als Ergänzung zum Versuch A hilft, deine Hypothese zu untermauern oder zu widerlegen.

Anmerkung: Schüler ohne Hypothese erhalten zusätzlich die Infokarte 1a. Bei der Untersuchung der Hypothesen auf den Infokarten 1e–k wird das Experiment komplexer, weil die Kontrolle bei der Planung berücksichtigt werden muss.

Infokarte 1a: Hypothese: Das Geschlecht beeinflusst die Kohlenstoffdioxid-Abgabe der Haut.

Material für den Lehrer zur Erstellung von Infokarten 1b – k	
Variablen	Lehrerinfo
das Alter (b)	alt < jung
die Hautstelle (c, spezieller siehe h)	sonst < Hand, Fußsohle, Stirn, Wange
die Temperatur (d)	niedrig < hoch
die Jahreszeit (e)	wohl kein Einfluss
das Licht (f)	wohl keinen Einfluss
der Partialdruck P <sub>CO<sub>2</sub></sub> (g)	CO <sub>2</sub> -Gehalt der Luft über 9 % (P <sub>CO<sub>2</sub></sub> = 71–74) führt zu CO <sub>2</sub> -Aufnahme der Haut
die Anzahl der Schweißdrüsen auf der Haut (h, allgemeiner siehe c) die Gesundheit der Haut (z. B. Schuppenflechte, Verbrennungen) (i)	Unklar
die Luftfeuchtigkeit (k)	

Anmerkung: Nach der Planung bekommen die Schüler Infokarte 2 (bzw. analoge Infokarten b–k).

Infokarte 2a: Es wird die Hypothese aufgestellt, das Geschlecht beeinflusse die Kohlenstoffdioxid-Abgabe der Haut. Zusätzlich zu dem Versuch A wird Versuch B durchgeführt und liefert folgendes Ergebnis.

Versuch	Hautstelle	Alter	Geschlecht	Temperatur	Ergebnis
A	Handrücken	jung	Frau	Raumtemperatur	1,2 ml CO <sub>2</sub> /100 cm <sup>2</sup> h
B	Handrücken	jung	Mann	Raumtemperatur	0,9 ml CO <sub>2</sub> /100 cm <sup>2</sup> h

Kompetenzdimensionen	Kompetenzen	Kompetenzdifferenzierung
<b>Charakteristika der Naturwissenschaft erfassen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundzüge und Grenzen der Naturwissenschaft beurteilen E7/8<sup>21</sup> (Technik, Historie)</li> <li>• mit Theorien und Modellen umgehen E13</li> </ul>	<p><b>Vorstellungen</b> (V1 Alltagsvorstellungen – V2 naturwissenschaftsorientierte Vorstellungen – V3 naturwissenschaftliche Vorstellungen)</p> <p><b>Offenheit</b> (O1 Vorgaben nachvollziehen – O2 aus Vorgaben Schlussfolgerungen ableiten – O3 vorgegebene Fragen/Hypothesen überprüfen – O4 offene Fragestellungen bearbeiten)</p> <p><b>Reflexionsgrad</b> (R1 Fehler erkennen – R2 Schlussfolgerungen auf Daten beziehen – R3 Methoden und Ergebnisse kritisch reflektieren)</p> <p><b>Selbstständigkeit</b> (S1 vorgegebene Methode nachvollziehen – S2 Methode nach Anleitung anwenden – S3 selbstständig anwenden – S4 selbstständig auswählen)</p> <p><b>Modellieren</b> (M1 Modelle anwenden – M2 Modelle konstruieren – M3 Grenzen der Modellierung reflektieren)</p> <p><b>Sachlogisches Vorgehen</b> (SV1 probieren – SV2 teilweise systematisch – SV3 weitgehend systematisch – SV4 systematisch)</p> <p><b>Methodenverständnis</b> (MV1 Arbeitstechnik und Methode kennen – MV2 anwenden – MV3 begründet auswählen – MV4 variieren)</p> <p><b>Manuelle Fertigkeiten</b> (MF1 Nachmachen – MF2 Präzisieren – MF3 Handlungen sequenziell verfolgen – MF4 Handlungen automatisieren)</p>
<b>Naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg verfolgen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• naturwissenschaftliche Fragen/Hypothesen formulieren E7</li> <li>• Untersuchungen planen und durchführen E6</li> <li>• empirische Daten interpretieren E6</li> <li>• Betrachten, Beobachten, Untersuchen E5, Experimentieren E6</li> <li>• kriteriengeleitetes Vergleichen E2/3, Bestimmen E4</li> <li>• mit naturwissenschaftlichen Modellen Erkenntnisse gewinnen E9, E10</li> </ul>	
<b>Mit Arbeitstechniken umgehen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mikroskopieren E1, Präparieren</li> <li>• chemische Nachweismethoden durchführen E5</li> <li>• physikalische Messungen durchführen E5</li> </ul>	

Tab. 4. Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung

<sup>21</sup> Die Indizes beziehen sich auf die entsprechenden Standards in den KMK-Bildungsstandards (vgl. Anm. 3).

3. Beschreibe die Versuchsdurchführung des Versuchs B und begründe, welchen Schluss das Experiment zulässt.

Anmerkung: Infokarten 1b-d müssen dem Schüler zusätzlich gegeben werden.

Infokarte 3: Das Experiment zeigt, dass die Haut der Hand des jungen Mannes bei Raumtemperatur weniger Kohlenstoffdioxid abgibt als die Haut der jungen Frau. Solange sich das Ergebnis dieses Experiment immer wiederholt, auch beim Vergleich beider Geschlechter an anderen Hautstellen, bei jungen und alten Männern und Frauen und bei verschiedenen Temperaturen bei beiden Geschlechtern, kann behauptet werden, dass die Haut des Mannes weniger Kohlenstoffdioxid abgibt als die Haut der Frau.

4. Beschreibe die Schritte beim Experimentieren.

Erwartungshorizont	O1	O2	O3	O4
1. wenigstens eine Hypothese, einen Versuchsvorschlag auf der Grundlage seiner eigenen Hypothese (Auftrag 2) und kann anhand einer Infokarte (analog Infokarte 2, Lehrerinformationen nutzen) einen angemessenen Schluss ziehen.				X
2. sachgerechte Planung der eigenen Versuche mit Konstanthaltung aller weiteren Variablen, bei 1e-k zusätzlich Kontrollversuch.			X	
3. Aus den Ergebnissen ableiten, dass die Haut des Mannes weniger Kohlenstoffdioxid abgibt als die der Frau.		X		
4. sachrichtiges Beschreiben der Schritte Frage – Hypothese – Durchführung – Ergebnis – Schluss	X			

Erwartungshorizont	SV1	SV2	SV3	SV4
1. wenigstens eine Hypothese der Infokarten 1a-1k oder Bezugsgröße Zeit (z. B. halbe Stunde messen) oder Bezugsgröße Hautfläche (z. B. 50 cm <sup>2</sup> ) variiert	X			
2. wenigstens ein Hypothese der Infokarten 1a-1d, zuzüglich wenigstens eine Hypothese der Infokarten 1e-1k		X		
3. nicht alle Hypothesen der Infokarten 1a-1d			X	
4. die Hypothesen der Infokarten 1a-1d				X

#### Aufgabe: Nachweis von Gasen

Kompetenz chemische Nachweismethoden durchführen  
Differenzierung nach Methodenverständnis und Selbstständigkeit

Problemstellung:

In einem Standzylinder befinden sich gequollene Bohnensamen. Der Zylinder wird einen Tag im Dunkeln stehen gelassen.

Hypothese: Im Glas ist Sauerstoff oder Kohlenstoffdioxid entstanden.

Aufgabe 1: Schlage ein Verfahren vor, um das Gas im Zylinder zu identifizieren!

F1 Arbeitstechnik kennen

- Schüler kann die Glimmspanprobe beschreiben.
- Er kennt den Unterschied: Sauerstoff: Glimmspan flammt auf vs. Kohlenstoffdioxid: brennender Span erlischt.

F2 Arbeitstechnik begründet auswählen

- Der Schüler wählt die Glimmspanprobe als geeignete Methode zur Überprüfung der Hypothese aus.

F3 Arbeitstechnik variieren

- Der Schüler kann weitere Methoden beschreiben, um die Anwesenheit von Sauerstoff oder Kohlenstoffdioxid zu überprüfen.

Aufgabe 2: Führe das Experiment durch!

MF1 Der Schüler kann das Experiment nach einer bilderten Arbeitsanleitung oder nach einem Demonstrationsexperiment des Lehrers durchführen.

MF2 Der Schüler kann das Experiment selbstständig durchführen.

MF3 hier nicht möglich, da Experiment zu einfach (keine Reihenfolge zu beachten, die man falsch machen könnte)

Für diese Kompetenzstufe müsste man ein komplexeres Experiment auswählen, z. B. Nachweis von Stärke im Blatt, weil dort die Reihenfolge zu beachten ist.

## 4 Zum theoretischen Hintergrund von Standards, Kompetenz(modellen) und Niveau-konkretisierungen

Bildungsstandards zielen auf »die bei Individuen verfügbaren oder von ihnen erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können«<sup>23</sup> Diese Kompetenz-Definition wird

<sup>23</sup> F. E. WEINERT: Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. WEINERT (Hrsg.). Leistungsmessung in Schulen. – Basel (2001) S. 17–31



seit der Diskussion um Kompetenzen und Standards in allen deutschen Veröffentlichungen (so auch in den KMK-Bildungsstandards) verwendet, obwohl sie noch nirgendwo angemessen und vollständig umgesetzt wurde. Eine solche allgemeine Problemlösungskompetenz entzieht sich wie andere allgemeine Kompetenzen (z. B. Methoden-, Personal- und Sozialkompetenz) der Forderung nach definierter Validität. Vielmehr bedingt deren Allgemeinheit, das haben Forschung und Praxis gezeigt, eine präambelhafte Unverbindlichkeit und damit Wirkungslosigkeit.

Nur eine Konkretisierung wie z. B. die folgende kann erreichen, dass Kompetenzen und Standards von der Basis, den Schulen und den Lehrkräften, angenommen werden: »Kompetenzen sind einer Person zugeschriebene Fähigkeiten, die in Form von erfüllbaren Standards beschrieben werden und damit evaluierbar sind. Um dies zu erreichen, sind Dimensionen und Tätigkeitsoperatoren im Kerncurriculum anzugeben.« – graphisch in Form einer Matrix dargestellt:

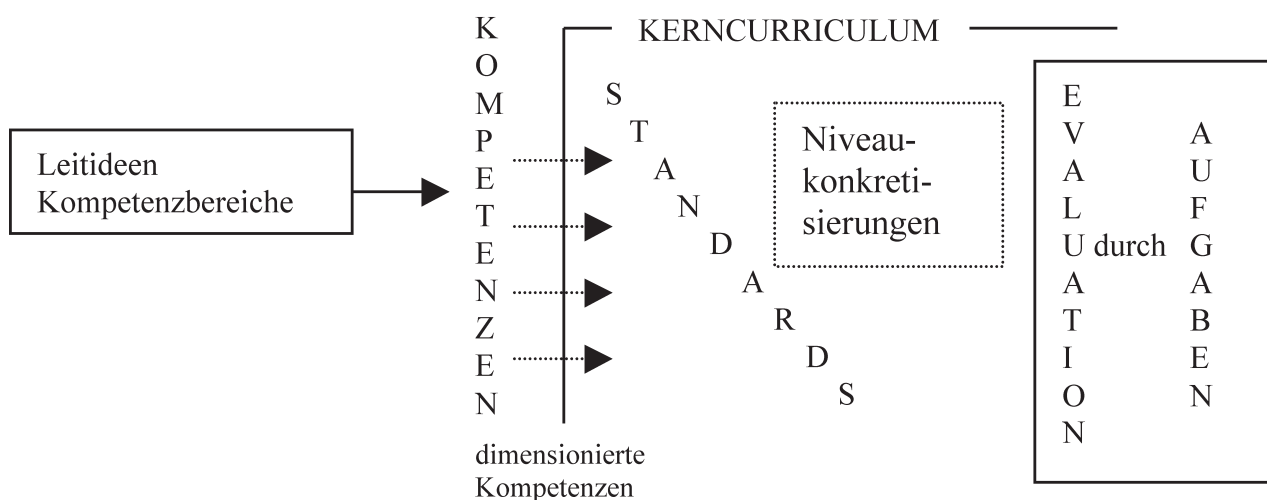


Abb. 4. Von bildungstheoretischen Leitideen zur Evaluation der geforderten Kompetenzen

Die bildungstheoretischen Leitideen fließen in Kompetenzbereiche ein: Die Welt kennen, sich erschließen, kommunizieren und bewerten können sind die vier Kompetenzbereiche der KMK-Standards. Die Bereiche müssen in einzelne erwünschte Kompetenzen differenziert, in ihren Dimensionen analysiert, in Form von Standards bezogen auf ein Kerncurriculum operationalisiert und Niveaus zugeordnet werden. Kompetenzen müssen sich als Leistungen in konkreten Anforderungen zeigen<sup>24</sup>, nur dann sind sie mit geeigneten Aufgaben zu evaluieren. Es steht also das tatsächliche Können der Lernenden im Fokus. Die Lehrkraft will wissen, welchen Erkenntnisfortschritt die Schülerinnen und Schüler tatsächlich im Unterricht erworben haben: Das Können erkennen!

### Kompetenzmodell und Niveaunkonkretisierung<sup>25</sup>

»Kompetenzentwicklungsmodelle besitzen dabei eine Schlüsselrolle. Sie helfen, die unterrichtlichen Förderung von Kompetenzen über Jahrgangsstufen hinweg derart zu planen, dass bestehende Kompetenzniveaus aufgegriffen und systematisch weiter entwickelt werden können (kumu-

lative Förderung von Kompetenzen). Zudem bieten Kompetenzentwicklungsmodelle durch ihre konkreten Hinweise auf Möglichkeiten der Operationalisierung von Kompetenzniveaus Orientierung hinsichtlich des Rückmeldens und Prüfens von Kompetenzzuwachs.«<sup>26</sup>

Derartige Kompetenzmodelle werden also in erster Linie als Beschreibungen der Kompetenzen und Niveaus verstanden. Je konkreter diese ausfallen, desto genauer können die unterrichtliche Förderung und das Erreichen von bestimmten Niveaus in Aufgaben überprüft werden.

Dagegen unterliegen Test an großen Populationen, die sog. Vergleichsarbeiten, wie sie z. B. das IQB<sup>27</sup> plant, statistischen Gütekriterien (Raschmodell), sodass die Aufgaben weniger konkret an den Unterricht angebunden sein werden. Zudem sollen beim IQB Aufgaben kreiert werden, die »sich post hoc in einem Kompetenzmodell verorten«<sup>28</sup> lassen. Dieses Verfahren wurde bereits bei PISA gewählt: Kompetenzstufen wurden im Nachhinein anhand der Beantwortung der Aufgaben durch die Testklientel festgelegt. Dabei wurde die

<sup>24</sup> E. KLIEME et al. Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards – Eine Expertise. Berlin (2003)

<sup>25</sup> Der Begriff »Niveaunkonkretisierung« stammt aus den Bildungsstandards des Landes Baden-Württemberg

<sup>26</sup> M. HAMMANN: Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. MNU 57 (2004) Nr. 4, 196–203.

<sup>27</sup> Institut für Qualitätsentwicklung im Bildungswesen, das allerdings erst in einigen Jahren damit beginnen kann, Aufgaben und Tests für die drei Naturwissenschaften zu entwickeln (so der Leiter, O. KÖLLER, am 7.3.2005, nicht gehaltener Vortrag in Bielefeld).

<sup>28</sup> vgl. Anm. 26

Skala mit der Stufeneinteilung nach Bybee<sup>29</sup> analogisiert, nach der die Alltagsvorstellungen zunehmend durch naturwissenschaftliches Verständnis ergänzt werden<sup>30</sup>.

Dieses Vorgehen offenbart das zentrale Problem bei der Aufstellung von Kompetenzmodellen mit einem Dilemma und bestimmten Konsequenzen:

- Es existieren kaum empirische Ergebnisse (außer Hammann [26]), wie sich Kompetenzen entwickeln bzw. welche Leistungen Menschen mit welchen Kompetenzen vollbringen können. So ist zwar die alte Unterteilung von Piaget<sup>31</sup> in konkret- bzw. abstrakt-operationales Denken immer noch anerkannt; es hat sich aber gezeigt, dass Kinder bei entsprechender Förderung und auf der Grundlage gefestigten inhaltlichen Wissens sehr viel früher zur Abstraktion befähigt sind.
1. Deshalb sollte man vorerst sehr behutsam im Hinblick auf Entwicklungsmodelle vorgehen.
  2. Andererseits kann aus den oben genannten Gründen auf Kompetenzmodelle als Hilfen für die konkrete Arbeit in den Schulen nicht verzichtet werden.
  3. Insofern sind die in den beiden Kompetenzbereichen Wissen und Erkenntnisgewinnung analytisch gewonnenen Dimensionen (s. o.) und die nun folgenden Niveaueinteilungen vorerst hypothetisch. Allerdings werden sie getragen durch den Sachverstand und die vieljährige Praxiserfahrung der Experten.
  4. Zudem sollten sie – wenn schon kaum evidenzbasiert – theoriegeleitet sein.
  5. Die Akzeptanz derartiger Modelle in der Praxis wird dadurch bestimmt, ob die Lehrkräfte die bisherigen Anforderungsbereiche mehr oder weniger wiederfinden.
  6. Die oben vorgeschlagenen und abzustimmenden hypothetischen Niveaueinteilungen werden aber heuristische Wirkung in der schulischen Praxis und in der fachdidaktischen Forschung entfalten. Dabei werden sie selbst einer andauernden Revision und Entwicklung unterliegen.

<sup>29</sup> vgl. Anm. 5

<sup>30</sup> Dieses Vorgehen wird kritisiert, da es u. a. das Verhältnis von Alltagsvorstellungen und wissenschaftlichen Vorstellungen nicht angemessen berücksichtigt, vgl. U. KATTMANN: Vom Blatt zum Planeten. Scientific Literacy und kumulatives Lernen im Biologieunterricht und darüber hinaus. In B. MOSCHNER et al. (Hrsg.): PISA 2000 als Herausforderung. Baltmannsweiler (2003).

<sup>31</sup> W. GRÄBER, H. STORCK: Die Entwicklungspsychologie Jean Piagets als Mahnerin und Helferin des Lehrers im naturwissenschaftlichen Unterricht. MNU 37/4, S. 193–201; MNU 37/5, S. 257–269, 1984

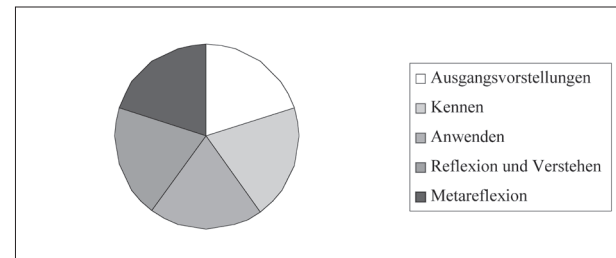


Abb. 5. Niveauschema der Dimensionen horizontal

## 5 Ausblick

Das ehrgeizige Ziel der Bildungspolitik, mit Hilfe von Kompetenz-orientierten Standards die Qualitätsentwicklung von Schule und (naturwissenschaftlichem) Unterricht im Hinblick auf eine international zu verbessernde Leistungsfähigkeit des Bildungssystems zu fördern und gleichzeitig die bundesweite Vergleichbarkeit und Anschlussfähigkeit schulischer Abschlüsse in den Bundesländern zu erhöhen, erfordert gewaltige Anstrengungen von allen Beteiligten. Mit den Bildungsstandards ist ein Fundament gelegt, auf dem das »neue Haus« errichtet werden kann. Die tragenden Balken aus den Bildungsstandards für das Fach Biologie auszurichten, sie miteinander zu verknüpfen und ihre charakteristische Struktur herauszuschälen und zu feilen – diese Aufgabe hat die MNU-Arbeits-tagung erfolgreich bewältigt und veröffentlicht ihre Ergebnisse in diesen Empfehlungen.

Es hat sich gezeigt, dass der Prozess des »Herunterbrechens« der Bildungsstandards sehr anspruchsvoll und zeitaufwändig ist. Auch wenn wir meinen, mit diesen Empfehlungen eine gute Vorarbeit geleistet zu haben, kommt auf die Standard-Kommissionen in den Bundesländern und den einzelnen Fachgruppen in den Schulen immer noch eine gewaltige Arbeit zu. Deshalb fordern wir die Kultusministerien dringend auf, den mit dieser Aufgabe beauftragten Arbeitsgruppen und Lehrkräften ausreichend Zeit, Muße und Hilfen zu bieten. Diese Arbeit kann nicht im Nebengeschäft erledigt werden! Die Kompetenz des Fördervereins MNU bieten wir auch den einzelnen Bundesländern an.

Es ist zu fragen, inwieweit die Lehrkräfte auf die konkrete Umsetzung der Bildungsstandards vorbereitet sind. Oder noch deutlicher: Reicht die bisherige Lehrerbildung in allen drei Phasen aus, den hohen Anspruch der Bildungsstandards zu gewährleisten und die Wendung hin zum Lernen und Können für die Schülerinnen und Schüler Gewinn bringend zu bewerkstelligen?

Für die Fachdidaktik öffnet sich ein breites Forschungsfeld. In allen Kompetenzbereichen sind die Dimensionen der jeweiligen Kompetenzen auf der Grundlage dieses ersten Vorschlags zu erforschen. Weiterhin sind die bislang heuristischen Kompetenzmodelle auf ihre Anwendbarkeit zu überprüfen, um daraus empirisch gesicherte Kompetenzentwicklungsmodelle zu erstellen.

## Teilnehmerinnen und Teilnehmer

OStD ARNOLD A CAMPO, Hagen  
(Tagungsleitung)  
StR' Dr. BARBARA BEETZ, Halle/Saale  
(Vertreterin Sachsen-Anhalt) [Arbeitsgruppe I]  
StD Dr. HORST BICKEL, Düsseldorf  
(Vertreter Nordrhein-Westfalen) [Arbeitsgruppe III]  
StD' GABRIELE BÖCK, Murrhardt  
(Vertreterin Baden-Württemberg) [Arbeitsgruppe III]  
StD' GABRIELE BORLINGHAUS, Speyer  
[Arbeitsgruppe I]  
StD THOMAS FREIMAN, Bayreuth  
[Leitung Arbeitsgruppe I]  
StD Dr. PETER GILBERT, Karlsruhe  
[Leitung Arbeitsgruppe I]  
MR' HEIKE GÖTTE, Düsseldorf  
(Vertreterin Nordrhein-Westfalen) [Arbeitsgruppe III]  
Fachleiterin ELKE HILBIG, Eisenach  
(Vertreterin Thüringen) [Arbeitsgruppe I]  
StD HERBERT JELINEK, Hamburg  
(Vertreter Hamburg) [Arbeitsgruppe III]  
Prof. Dr. ULRICH KATTMANN,  
Universität Oldenburg [Leitung Arbeitsgruppe II]  
Prof. Dr. DIRK KRÜGER, FU Berlin  
[Leitung Arbeitsgruppe III]  
StD JÜRGEN LANGLET, Lüneburg  
(Tagungsleitung)  
Prof. Dr. JÜRGEN MAYER, Universität Gießen  
[Leitung Arbeitsgruppe III]  
MARLIES MÜLLER, Rostock  
(Vertreterin Mecklenburg-Vorpommern)  
[Arbeitsgruppe III]

Prof. Dr. PATRICIA NEVERS, Universität Hamburg  
[Arbeitsgruppe II]  
StD Dr. WOLFGANG PHILIPP, Esslingen  
(Vertreter Physik) [Arbeitsgruppe I]  
RL REINHOLD REHBACH, Vaterstetten  
(Vertreter Bayern) [Arbeitsgruppe I]  
StR BERND REICHLING, Berlin  
(Vertreter Berlin) [Arbeitsgruppe II]  
OStD' Dr. RENATE RICHTER, Ganderkesee  
(Vorsitzende der EPA-Kommission Biologie)  
StR WOLFGANG RUPPERT,  
Universität Frankfurt/Main [Leitung Gruppe II]  
StD Dr. PETER SABEL, Westerbürg  
(Vertreter Rheinland-Pfalz) [Arbeitsgruppe I]  
Prof. Dr. GERHARD SCHAEFER, Asendorf  
(Vertreter GDNÄ-Bildungskommission)  
[Arbeitsgruppe I]  
Dir. e. GS. CHRISTA SCHILHABEL-TIMPE,  
Frankfurt/Main (Vertreterin Hessen)  
[Arbeitsgruppe I]  
StD RUDOLF SCHMIDT, Trier  
(Vertreter Chemie) [Arbeitsgruppe I]  
KATHRIN SCHOLZ, Radebeul  
(Vertreterin Sachsen) [Arbeitsgruppe I]  
OStR' ELISABETH STÖCKL, München  
[Arbeitsgruppe III]  
StD JÜRGEN WEILER, Dreieich  
(Vertreter Hessen) [Arbeitsgruppe I]  
StR' UTE WIELIGMANN, Leer  
(Vertreterin Niedersachsen) [Arbeitsgruppe I]  
Fachbetreuer VOLKER WOLFF, Halberstadt  
[Arbeitsgruppe II]

