

# Naturwissenschaftliche Bildungsstandards

## Berufsbildende Mittlere Schulen

### Das Kompetenzmodell

*Arbeitsgruppe „Bildungsstandards in der Berufsbildung – Naturwissenschaften“  
(Erich Faissner, Johannes Jaklin, Andrea Kiss, Brigitte Koliander, Otto Lang, Hubert Weiglhofer, Rudolf Ziegelbecker, Christian Dorninger)*

# VORWORT DER STEUERGRUPPE

## 1 Vielfalt und Qualität der Berufsbildung

Die Bildungssysteme in den Mitgliedstaaten der EU weisen vor allem im Bereich der Berufsbildung eine beachtliche Vielfalt auf. Diese Vielfalt ist auch ein Erfolgsfaktor für eine immer mehr von innovativen Produkten geprägten Wirtschaft. Die Vielfalt der Bildungswege fördert unterschiedliche Denk- und Handlungsansätze und schafft ein Potential an Qualifikationen, das zu originellen Problemlösungen befähigt. Dieses Potential kann in einem europäischen Bildungs- und Arbeitsmarkt aber nur wirksam werden, wenn die vielfältigen Qualifikationen transparent gemacht und ihrem Wert entsprechend anerkannt werden. Die Anerkennung und Verwertbarkeit erworbener Qualifikationen beruht zu einem wesentlichen Teil auf dem Vertrauen in die Qualität der einzelnen Bildungsanbieter. Das Bekenntnis zu einer nachhaltigen Sicherung und Weiterentwicklung der Qualität von Bildungsprozessen, die im Besonderen eine transparente Darstellung von Lernergebnissen einschließt, steht daher auch im Mittelpunkt der großen bildungspolitischen Themen der Gegenwart, wie der Schaffung eines nationalen und europaweiten Qualifikationsrahmens (NQR bzw. EQF) sowie eines europäischen Leistungspunktesystems (ECVET)<sup>1</sup>.

## 2 Transparente Darstellung von Lernergebnissen

Die Bildungsstandards der österreichischen Berufsbildung verstehen sich als Beitrag zur transparenten Darstellung von Lernergebnissen; sie unterstützen die entsprechenden Initiativen auf der europäischen Ebene, in dem sie eine bessere Vergleichbarkeit und Bewertung von Bildungsabschlüssen ermöglichen. Bildungsstandards sind zugleich ein integraler Bestandteil der Qualitätsinitiative QIBB; sie setzen am Kernprozess „Unterricht“ an und beschreiben zentrale fachliche und fachübergreifende Ziele auf der Grundlage von so genannten Kompetenzmodellen. Besondere Bedeutung kommt dabei der nachhaltigen Sicherung von Lernergebnissen zu. Bildungsstandards tragen ferner zur Weiterentwicklung des Bildungssystems bei; durch Formulierung von gemeinsamen Zielvorstellungen wird die österreichweite Umsetzung von Ausbildungsprofilen unterstützt; Systemrückmeldungen in standardisierter Form geben die Möglichkeit, Auskunft über die Erreichung der vorgegebenen Lernergebnisse zu erhalten und in der Folge steuernd auf das System einzuwirken.

Es gehört zur guten Praxis in der Entwicklung von Bildungsstandards, von einem überschaubaren Kompetenzbegriff aus zu gehen. Zu diesem Zwecke wird der im Allgemeinen recht komplexe Kompetenzbegriff über ein sogenanntes Kompetenzmodell auf Grunddimensionen zurückgeführt. Zu den Grunddimensionen zählen die „Inhaltsdimension“ sowie die „Handlungsdimension“. Die Inhaltsdimension weist die für einen Gegenstand oder eine Fachrichtung relevanten Themenbereiche aus. Mit der Handlungsdimension wird die im jeweiligen Gegenstand oder in der jeweiligen Fachrichtung zu erbringende kognitive Leistung zum Ausdruck gebracht und z.B. durch die Stufen Wiedergeben, Verstehen, Anwenden, Analysieren und Entwickeln abgebildet. Ergänzend zur kognitiven Leistungsdimension finden auch persönliche und soziale Kompetenzen aus dem jeweiligen Berufsfeld Berücksichtigung, d.h. die verwendeten Kompetenzmodelle umfassen neben fachübergreifenden Wissen und Fertigkeiten auch personale Kompetenzen. Man gelangt so zu einem Kompetenzverständnis, das dem im Europäischen Qualifikationsrahmen verwendeten Ansatz grundsätzlich entspricht<sup>2</sup>.

## 3 Die Bildungsstandards für die Berufsbildung

---

<sup>1</sup> Nationaler Qualifikationsrahmen NQR, Europäischer Qualifikationsrahmen EQF, Europäisches System zur Übertragung, Akkumulierung und Anerkennung von Lernleistungen im Bereich der Berufsbildung ECVET.

<sup>2</sup> Indikatoren des EQF: Kenntnisse, Fertigkeiten, persönliche und fachliche Kompetenz (Selbstständigkeit und Verantwortung, Lernkompetenz, Kommunikationskompetenz und soziale Kompetenz, fachliche und berufliche Kompetenz)

Bei deren Erarbeitung von bundesweit gültigen Standards für die Berufsbildung wurde auf bereits bestehenden Entwicklungen aufgebaut. So orientierten sich die Bildungsstandards in Deutsch und Englisch am Europäischen Sprachenreferenzrahmen, die Bildungsstandards für Angewandter Mathematik lehnen sich an in der Fachdidaktik anerkannte Strukturen (u.a. aus dem Bereich der Allgemeinbildung) an. Im Bereich der fachübergreifenden Bildung wurde die Standardentwicklung auch für die Gebiete „Wirtschaft“, „Naturwissenschaften“ und „Informatik“ in Angriff genommen. Die große Herausforderung stellen aber die Standards für die berufliche Fachbildung dar. Anders als in den bisher angeführten Bereichen, die jeweils einem (z.B. Angewandte Mathematik) oder einigen Unterrichtsgegenständen (z.B. Naturwissenschaften) entsprechen, zielen die Standards für die berufliche Fachbildung auf das Berufsfeld eines Bildungsganges ab. Diese Standards haben daher die Kernbereiche aller fachbezogenen Unterrichtsgegenstände zu berücksichtigen, die in ihrer Gesamtheit auf die fachlichen Erfordernisse des Berufsfeldes abgestimmt sind, für das der Lehrplan ausbildet. Hier betreten wir Neuland, denn es gibt weder auf der nationalen noch auf der internationalen Ebene Ansätze, die auf die Situation der österreichischen Berufsbildung adaptiert werden könnten.

Auch in der beruflichen Fachbildung gelangen zweidimensionale Kompetenzmodelle zur Anwendung. Die inhaltlichen und kognitiven Anforderungen werden durch so genannte **Deskriptoren** zum Ausdruck gebracht, d.h. durch Umschreibungen der Anforderungen in Form von Zielen oder Themenvorgaben. Zusätzliche Erläuterungen und Klarstellungen vermitteln die beigefügten **prototypischen Aufgaben**. Diese haben den Charakter von Unterrichtsbeispielen. Das Kompetenzmodell, die Deskriptoren und die prototypischen Aufgaben sind die Instrumente, die für die Darstellung der **Standards in der Berufsbildung** verwendet werden.

## 1. Das Kompetenzmodell

Wie gut können Schülerinnen und Schüler an den berufsbildenden Sekundarstufen naturwissenschaftliche Phänomene beobachten, untersuchen, bewerten und anwenden? Sind sie in der Lage, populärwissenschaftliche Berichte zu verstehen und können sie diese von Meinungen ohne wissenschaftlichen Hintergrund unterscheiden? Darauf versuchen die Bildungsstandards in den Naturwissenschaften eine deutlichere Antwort zu geben, als dies bisher im berufsbildenden Schulwesen der Fall war. Die Formulierung eines Kompetenzmodells soll hier mehr Klarheit schaffen und Übersicht vermitteln.

In Anlehnung an die Definition von Weinert (2001, S. 27f.) verstehen wir unter Kompetenzen „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“.

Die SchülerInnen sollen:

- Fähigkeiten und Fertigkeiten nutzen
- auf Wissen zurückgreifen bzw. beschaffen
- Motivation aufbauen
- zentrale Zusammenhänge verstehen
- lösungsorientierte Handlungsdimensionen entwickeln
- Erfahrungen sammeln

### 1.1 Der Beitrag der Naturwissenschaften (BIO, CH, PH) zur Bildung

Unterrichtsgegenstände können heute nicht mehr nur dadurch gerechtfertigt werden, dass sie traditionell schon immer Bestandteil des Fächerkanons waren. Jedes Fach hat nachzuweisen, welchen Beitrag es zur Bildung der jungen Menschen liefert.

Die eingesetzte Arbeitsgruppe aus Lehrenden aller berufsbildenden Schulformen hat sich nach längerer Diskussion entschlossen, die Naturwissenschaften Physik, Chemie und Biologie integrativ zu betrachten, d.h. Gemeinsamkeiten in der Struktur zu betonen und interdisziplinäre Bezüge mitzudenken. Dies entspricht dem Trend vieler internationaler und europäischer Projekte (z.B. dem OECD – PISA – Framework Naturwissenschaften). Viele wichtige Forschungsgebiete sind heute prinzipiell disziplinübergreifend angelegt – von der europäischen Raumfahrt bis zum Klimawandel.

Dabei wurden zwei Schwierigkeiten bewusst in Kauf genommen: Die recht unterschiedlichen Lehrplanstrukturen der naturwissenschaftlichen Fächer im berufsbildenden mittleren Schulwesen führen dazu, dass gemeinsame Lehrinhalte für alle Schulformen nicht in allen Bereichen gefunden werden konnten; außerdem begünstigt die disziplinorientierte LehrerInnen-Ausbildung an den Universitäten die gewünschte Vernetzung der Fächer derzeit nicht.

Unsere Gesellschaft wird durch Naturwissenschaft und Technik in allen Bereichen geprägt. Durch ein Wechselspiel zwischen naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und technischen Anwendungen werden Fortschritte auf vielen Gebieten bewirkt, so z.B. in der Medizin, der Bio- und Gentechnologie, der Umwelt- und Energietechnik bzw. der Informationstechnologie.

Die Entwicklung der Naturwissenschaften und der Technologie birgt jedoch auch Risiken. Diese müssen erkannt werden; dazu ist grundlegendes Wissen in den naturwissenschaftlichen Fächern notwendig.

**Naturwissenschaftliche Bildung** ist ein wesentlicher Bestandteil der Allgemeinbildung. Sie ermöglicht eine aktive Teilnahme an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklung und naturwissenschaftliche Forschung.

**Ziele** der naturwissenschaftlichen Grundbildung sind:

- Phänomene erfahrbar zu machen,
- die Sprache und die Entwicklung der Naturwissenschaften zu verstehen,
- die Erkenntnisse der Naturwissenschaften zu kommunizieren und
- die erworbenen naturwissenschaftlichen Kompetenzen im Leben vorteilhaft für sich und andere zu verwenden.

Naturwissenschaftliche Grundbildung soll eine Orientierung für naturwissenschaftlich-technische Berufsfelder geben und Grundlagen für anschlussfähiges, berufsbezogenes Lernen schaffen.

Der **Beitrag des Fachbereiches Biologie** liegt in der Auseinandersetzung mit dem Lebendigen. „Lebendige Natur“ bildet sich in verschiedenen Systemen ab, so z. B. in der Zelle, im Organismus, im Ökosystem und der Biosphäre sowie in deren Wechselwirkungen.

In der angewandten Biologie ist z.B. das Erkennen des Lebensmittel- und Warencharakters biologischer Produkte für das umweltbewusste Denken im Alltag wichtig. Dies liefert die Grundlage für ein gesundheitsbewusstes und umweltverträgliches Handeln in individueller als auch in gesellschaftlicher Verantwortung. Für ein aktives Teilhaben fördert der Biologieunterricht die Kompetenzen Kommunizieren und die eigene Meinung zu vertreten.

Der **Fachbereich Chemie** liefert Erkenntnisse über den Aufbau und die Herstellung von Stoffen sowie für den sachgerechten Umgang mit ihnen. Sie untersucht und beschreibt die stoffliche Welt.

Durch den Chemieunterricht sollen die SchülerInnen Phänomene der Lebenswelt auf der Grundlage ihrer Kenntnisse über Stoffe und chemische Reaktionen erklären, persönliche Entscheidungen treffen und diese kommunizieren können.

Sie erkennen die Bedeutung der Wissenschaft Chemie, der chemischen Industrie und chemierelevanter Berufe für Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt. Sie sollen für eine nachhaltige Nutzung von Ressourcen sensibilisiert werden unter Berücksichtigung eines verantwortungsbewussten Umgangs mit Chemikalien und Gerätschaften aus Haushalt, Labor und Umwelt sowie des sicherheitsbewussten Experimentierens.

Der **Fachbereich Physik** stellt eine wichtige Grundlage für das Verstehen natürlicher und technischer Phänomene dar.

Er legt die Basis für die Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Themen und ihren gesellschaftlichen Zusammenhängen gelegt, ein Beitrag zu anderen Fächern geleistet und ein anschlussfähiges Orientierungswissen gegeben.

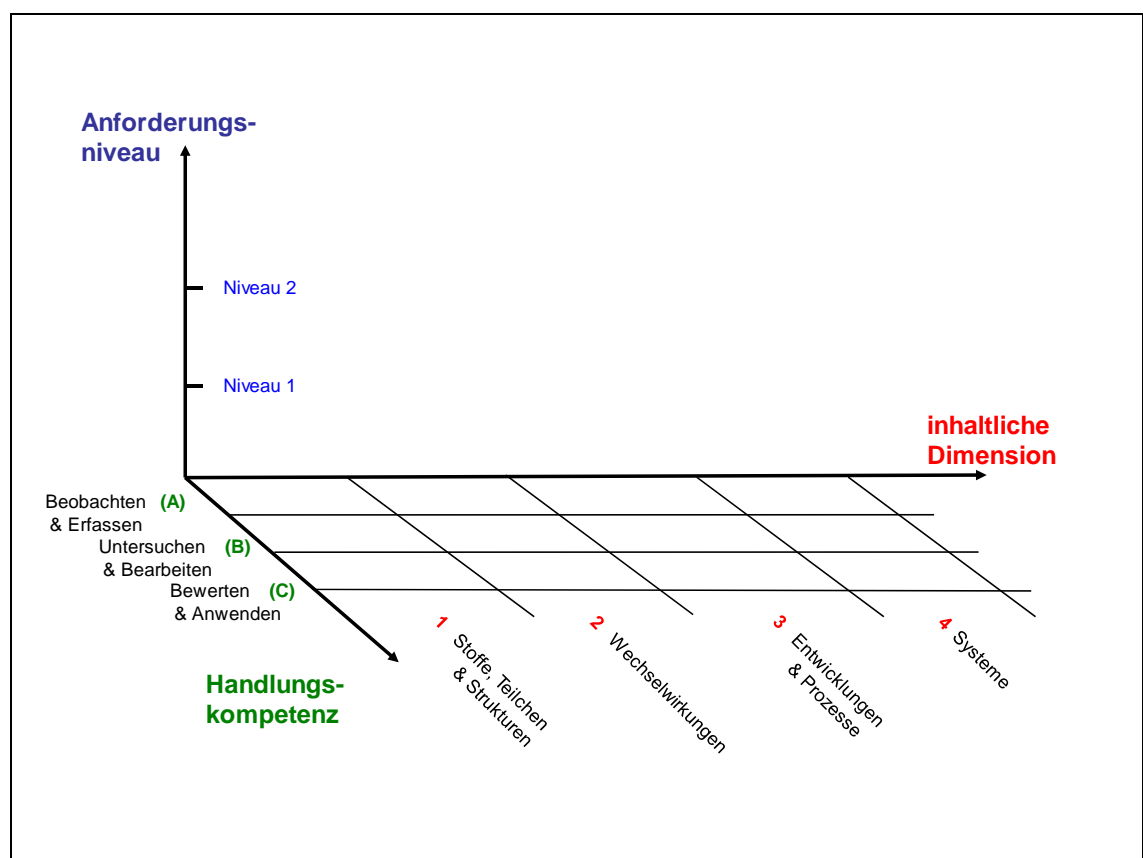
Der Physikunterricht fördert die für die Naturwissenschaften typischen Herangehensweisen an Aufgaben und Probleme und die Entwicklung einer spezifischen Weltansicht.

Außerdem befähigt er zur Kommunikation über grundlegende naturwissenschaftlich-technische Themen.

## 1.2 Das dreidimensionale Kompetenzmodell (NAWI)

Das Kompetenzmodell umfasst eine Handlungsdimension, eine Inhaltsdimension und beschreibt zwei unterschiedliche Niveaustufen auf diesen beiden Dimensionen.

Bei den beiden fachlichen Teildimensionen sind folgende Dimensionen zu unterscheiden:



- **Allgemeine naturwissenschaftliche Kompetenzen (naturwissenschaftliche Handlungskompetenz)**

Hierbei handelt es sich um ein dreistufiges Modell, das sich an der Vorgehensweise beim naturwissenschaftlichen Arbeiten orientiert. Durch die Unterteilung in Kompetenzklassen werden charakteristische Handlungsbereiche spezifiziert, die eine logische Abfolge erkennen lassen.

- **Inhaltsbezogene Dimension (aufgegliedert nach Biologie, Chemie und Physik)**

Aus der Heterogenität der drei naturwissenschaftlichen Disziplinen ergab sich die Notwendigkeit die Inhaltsebene in 3 Teilbereiche (nach den Fächern Biologie, Chemie und Physik) zu gliedern.

Die dritte Dimension beschreibt die unterschiedlichen Anspruchsniveaus:

- **Anforderungsniveau**

Durch die beiden Kompetenzstufen sollen kognitive Leistungen mit unterschiedlichem Anspruchsniveau spezifiziert werden. Das Erreichen einer Kompetenzstufe sagt etwas über die Fähigkeit aus, mit einfacheren oder komplexeren Sachverhalten umgehen zu können. Bei der fächerübergreifenden Behandlung von drei naturwissenschaftlichen Disziplinen geht es dabei auch um die Zuordnung von Fragestellungen zu einzelnen Fachgebieten.

### 1.2.1 Dimension Handlungskompetenz

Ausgangspunkt zur Bestimmung der Kompetenzbereiche ist die naturwissenschaftliche Arbeitsweise. Daraus ergeben sich die drei im Folgenden angeführten **allgemeinen naturwissenschaftlichen Kompetenzen**:

- |    |                            |
|----|----------------------------|
| A. | Beobachten und Erfassen    |
| B. | Untersuchen und Bearbeiten |
| C. | Bewerten und Anwenden      |

**Sie können wie folgt beschrieben werden:**

|          |                                      |  |
|----------|--------------------------------------|--|
| <b>A</b> | <b>Beobachten &amp; Erfassen:</b>    | Umfasst die Kompetenz, Vorgänge und Erscheinungsformen der Natur zu beobachten und sich in der entsprechenden Fachsprache auszudrücken. Dazu gehören das Zuordnen, Darstellen und Erläutern von Phänomenen mit Hilfe von naturwissenschaftlichen Begriffen.  |
| <b>B</b> | <b>Untersuchen &amp; Bearbeiten:</b> | Umfasst die Kompetenz, Vorgänge und Erscheinungsformen in Natur und Umwelt mit naturwissenschaftlichen Methoden zu betrachten und das Ergebnis auf seine Glaubwürdigkeit zu prüfen. Dazu gehören die Informationsbeschaffung und die Auswahl von Bearbeitungsmethoden (z. B. Experimente, Messungen und Berechnungen). |
| <b>C</b> | <b>Bewerten &amp; Anwenden:</b>      | Umfasst die Kompetenz, Daten, Fakten und Ergebnisse zu dokumentieren, zu präsentieren und anzuwenden. Ein wesentliches Ziel dabei ist, Motivation und Handlungsbereitschaft aufzubauen.  |

Die angeführten Kompetenzbereiche gehen von allgemeinen, fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Denkweisen aus und sind für jeden einzelnen naturwissenschaftlichen Fachbereich in typischer Weise umzusetzen.

### **1.2.2 Inhaltsdimension**

Die im jeweiligen naturwissenschaftlichen Fachbereich angegebenen Dimensionsklassen spiegeln einige wesentliche Inhaltsbereiche der Lehrpläne der verschiedenen berufsbildenden Schultypen wider. Da darüber hinaus das Erkennen von Zusammenhängen über die Grenzen des einzelnen Fachbereiches hinweg für die Entwicklung von naturwissenschaftlichen Kompetenzen notwendig ist, wurden für jeden Fachbereich dieselben vier Dimensionsklassen festgelegt. Dabei handelt es sich um grundlegende Basiskonzepte, durch die Phänomene naturwissenschaftlich beschrieben und geordnet werden können. Die Strukturierung und Systematisierung der Inhalte wird damit erleichtert und der Erwerb eines grundlegenden, vernetzten Wissens ermöglicht.

#### **Allgemeine inhaltliche Dimension:**

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1 | Stoffe, Teilchen und Strukturen |
| 2 | Wechselwirkungen                |
| 3 | Entwicklungen und Prozesse      |
| 4 | Systeme                         |

Zusätzlich war es notwendig, für die einzelnen naturwissenschaftlichen Fachbereiche unterschiedliche inhaltliche Dimensionen zu formulieren und innerhalb dieser „Teildimensionen“ eine inhaltliche - thematische Auswahlmöglichkeit zu schaffen, um den unterschiedlichen Ansprüchen der einzelnen Berufsbildenden Schultypen gerecht zu werden. Wesentlich erscheint es, durch die dargelegte Rahmenstruktur eine Zuordnung und Vernetzung der einzelnen Fachinhalte zu ermöglichen, auch wenn der inhaltliche Abdeckungsgrad je Schultype unterschiedlich sein wird.

#### **Inhaltliche Dimension Biologie:**

- |         |                                      |
|---------|--------------------------------------|
| 1.1-bio | Vom Molekül zur Zelle zum Organismus |
| 1.2-bio | Arbeitsweise der Biologie            |
| 2.1-bio | Stoffwechsel                         |
| 2.2-bio | Humanökologie                        |
| 3.1-bio | Vererbung und Evolution              |
| 3.2-bio | Bio- und Lebensmitteltechnologie     |
| 4.1-bio | Ökologie                             |

## Inhaltliche Dimension Chemie:

- 1.1-ch Aufbau der Materie
- 1.2-ch Arbeitsweise der Chemie
  
- 2.1-ch Chemische Bindungen
- 2.2-ch Chemische Reaktionen
  
- 3.1-ch Chemische Technologie
- 3.2-ch Chemie und Gesellschaft
  
- 4.1-ch Chemische Grundlagen der Ökologie

## Inhaltliche Dimension Physik:

- 1.1-ph Teilchenmodell
- 1.2-ph Arbeitsweise der Physik
  
- 2.1-ph Wechselwirkungsarten
- 2.2-ph Wellen und Materie
  
- 3.1-ph Physikalische Weltbilder
- 3.2-ph Physik und Gesellschaft
  
- 4.1-ph Erhaltungsgrößen in Systemen

### 1.2.2.1 Inhaltsdimension Biologie

Zu den inhaltlichen Dimensionen wurden „Teildimensionen“ formuliert (1.1-bio, etc.). Um eine inhaltlich - thematische Auswahlmöglichkeit zu schaffen, wurden dazu Beispiele angegeben.

|          |  |  |
|----------|--|--|
| <b>1</b> | <b>Stoffe, Teilchen und Strukturen</b> | <b>1.1-bio Vom Molekül zur Zelle zum Organismus</b><br>DNA; Viren, Zelle, Organe und Organsysteme bei Pflanzen und Tieren.<br><b>1.2-bio Arbeitsweisen der Biologie</b><br>Mikroskopie, Naturbeobachtungen, Messungen. |
| <b>2</b> | <b>Wechselwirkungen</b>                | <b>2.1-bio Stoffwechsel</b><br>Nährstoffe, Stoffwechsel; Fotosynthese und Atmung.<br><b>2.2-bio Humanökologie</b><br>Lernbiologie, Sexualität, Ergonomie, Ernährung, Drogen.   |
| <b>3</b> | <b>Entwicklungen und Prozesse</b>      | <b>3.1-bio Vererbung und Evolution</b><br>Vererbung; Mutation, Erbkrankheiten; Evolution.<br><b>3.2-bio Bio- und Lebensmitteltechnologie</b><br>Lebens- und Genussmittel.  |
| <b>4</b> | <b>Systeme</b>                         | <b>4.1-bio Ökologie</b><br>Ökosysteme, Stoffkreisläufe, ökologisches Wirtschaften, Umweltschutz.   |



### 1.2.2.2 Inhaltsdimension Chemie

Zu den inhaltlichen Dimensionen wurden „Teildimensionen“ formuliert (1.1-ch, etc.). Um eine inhaltlich - thematische Auswahlmöglichkeit zu schaffen, wurden dazu Beispiele angegeben.

|          |  |  |
|----------|--|--|
| <b>1</b> | <b>Stoffe, Teilchen und Strukturen</b> | <b>1.1-ch Aufbau der Materie</b><br>Atome, Atombau, Periodensystem; Moleküle; Reinstoff/Gemenge, Elemente/Verbindung, Aggregatzustände.<br><b>1.2-ch Arbeitsweisen der Chemie</b><br>Chemisch-physikalische Größen, Formelschreibweise; Sicherheit im Umgang mit gefährlichen Stoffen, einfache Experimente. |
| <b>2</b> | <b>Wechselwirkungen</b>                | <b>2.1-ch Chemische Bindungen</b><br>Atombindung, Ionenbindung, Metallbindung.<br><b>2.2-ch Chemische Reaktionen</b><br>Reaktionsgleichungen; Säuren und Basen; Redoxreaktionen.   |
| <b>3</b> | <b>Entwicklungen und Prozesse</b>      | <b>3.1-ch Chemische Technologie</b><br>anorganische Technologie (z.B. Metalle, Düngemittel)<br>organische Technologie (z.B. Petrochemie, Alkohole)<br><b>3.2-ch Chemie und Gesellschaft</b><br>Nutzen und Gefahren der Chemie.   |
| <b>4</b> | <b>Systeme</b>                         | <b>4.1-ch Chemische Grundlagen der Ökologie</b><br>Luft, Wasser, Boden; Klimawandel.   |

### 1.2.2.3 Inhaltsdimension Physik

Zu den inhaltlichen Kompetenzen wurden „Teilkompetenzen“ formuliert (1.1-ph, etc.). Um eine inhaltlich - thematische Auswahlmöglichkeit zu schaffen, wurden dazu Beispiele angegeben.

|          |  |  |
|----------|--|--|
| <b>1</b> | <b>Stoffe, Teilchen und Strukturen</b> | <b>1.1-ph Teilchenmodell</b><br>Aggregatzustände; Temperatur; Leitfähigkeit.<br><b>1.2-ph Arbeitsweise der Physik</b><br>Von der Beobachtung zur Theorie, internationales Einheitensystem, einfache Experimente.         |
| <b>2</b> | <b>Wechselwirkungen</b>                | <b>2.1-ph Wechselwirkungsarten</b><br>Kräfte in der Mechanik, elektrische und magnetische Kräfte; Schwerkraft.<br><b>2.2-ph Wellen und Materie</b><br>Schall und Licht, elektromagnetisches Spektrum, Teilchenstrahlung. |

|          |                                   |  |
|----------|-----------------------------------|--|
| <b>3</b> | <b>Entwicklungen und Prozesse</b> | <b>3.1-ph Physikalische Weltbilder</b><br>Entwicklung des naturwissenschaftlichen Weltbildes.<br><b>3.2-ph Physik und Gesellschaft</b><br>elektrischer Strom; Verarbeitung, Übertragung und Speicherung von Informationen, Physik und Verkehr. |
| <b>4</b> | <b>Systeme</b>                    | <b>4.1-ph Erhaltungsgrößen in Systemen</b><br>Energieformen, Energieumwandlung, Energiebereitstellung, Wirkungsgrad.   |

### 1.2.3 Dimension Anforderungsniveau:

Das Anforderungsniveau beschreibt Anforderungsstufen mit mehr oder weniger komplexen Denkprozessen. In diesem Modell werden zwei Anforderungsniveaus definiert:

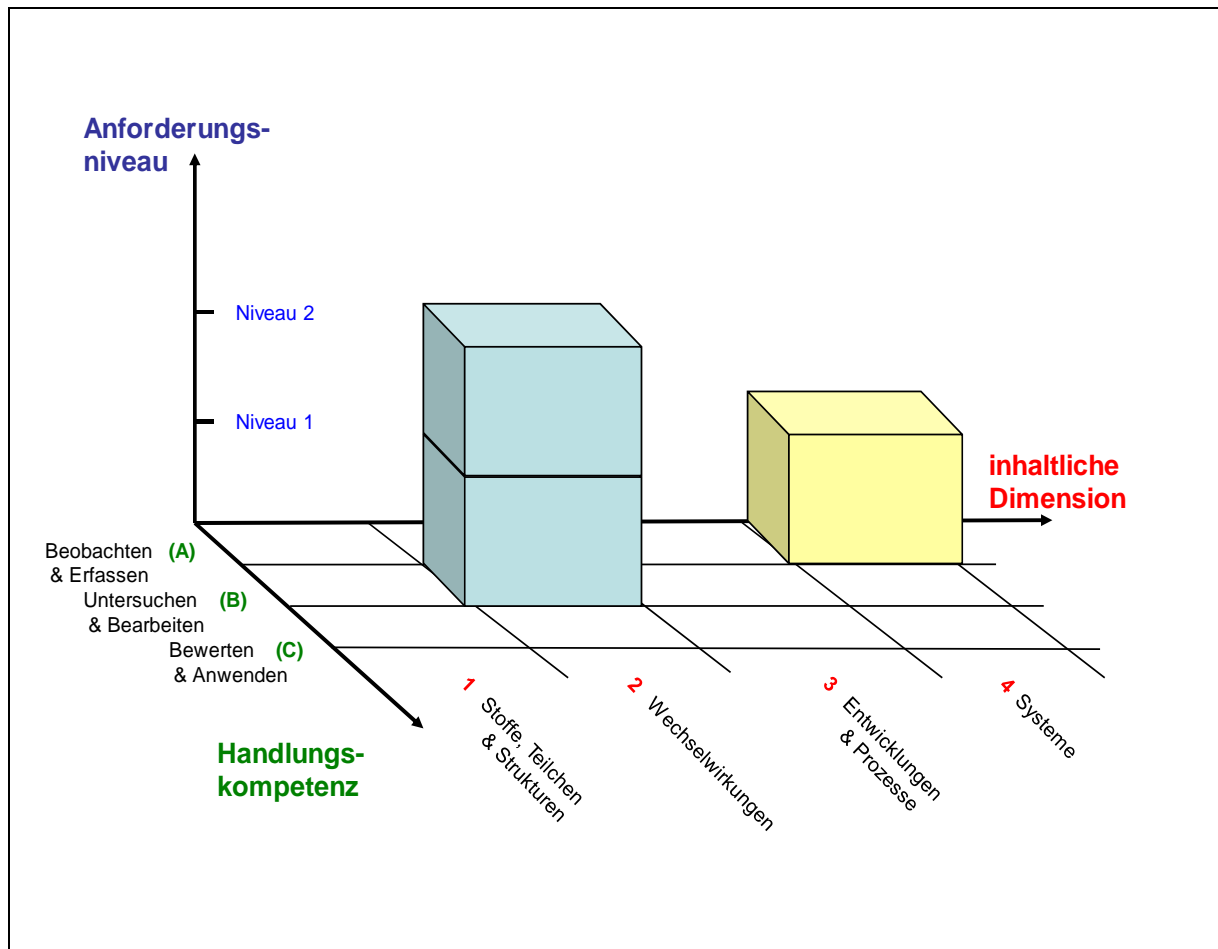
|  |   |
|--|---|
| Niveau 1:<br><br><b>Naturwissenschaftliche Erkenntnisse, Methoden und Anwendungen reproduzieren:</b>                     | Das Anforderungsniveau 1 umfasst die Fähigkeiten und Methoden, <ul style="list-style-type: none"> <li>- einfache naturwissenschaftliche Sachverhalte zu reproduzieren,</li> <li>- einfache naturwissenschaftliche Zusammenhänge wiederzugeben,</li> <li>- einfache Experimente und Arbeitsweisen nachzuvollziehen bzw. zu beschreiben,</li> <li>- Auswirkungen von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen zu nennen.</li> </ul>  |
| Niveau 2:<br><br><b>Naturwissenschaftliche Erkenntnisse und Methoden auf neue oder komplexere Sachverhalte anwenden:</b> | Das Anforderungsniveau 2 umfasst die Fähigkeiten und Methoden, <ul style="list-style-type: none"> <li>- einfache naturwissenschaftliche Sachverhalte zu erklären und zu bewerten,</li> <li>- grundlegende Phänomene in einen naturwissenschaftlichen Kontext einzuordnen,</li> <li>- Wissen selbstständig zu erwerben und auf naturwissenschaftliche Sachverhalte anzuwenden,</li> <li>- einfache Experimente zu planen, durchzuführen und zu dokumentieren,</li> <li>- wichtige Basiskonzepte anwenden zu können.</li> </ul> |

### 1.3 Die Vernetzung der Dimensionen

Naturwissenschaftliche Grundbildung zeigt sich erst dann, wenn allgemeine naturwissenschaftliche Kompetenzen und Inhaltsdimensionen vernetzt miteinander auftreten, das heißt, wenn Schülerinnen und Schüler in wechselnden Situationen allgemeine Handlungskompetenzen aktivieren und dabei auf Inhalte zurückgreifen können.

Je nach gestellter Aufgabe geschieht dies auf zwei unterschiedlichen Anforderungsniveaus.

Die Vernetzung der Handlungskompetenz und der inhaltlichen Dimension wird in der folgenden Grafik dargestellt. Die Realisierung einer solchen Verknüpfung in Form von Aufgaben kann in verschiedenen Anforderungsniveaus erfolgen.



Die Verknüpfung der Dimensionen wird in der Form von „Deskriptoren“, also verbalisierten Kompetenzanforderungen, dargestellt.

Zwecks besserer Lesbarkeit werden in den folgenden Kapiteln zunächst Standards für die naturwissenschaftlichen Handlungskompetenzen formuliert. Die Standards für die inhaltsbezogene Dimension sind schon ausführlich im Kapitel 1.2.2 beschrieben worden.

Die Vernetzung sowie die Zuordnung zu den Anforderungsniveaus erfolgt bei den prototypischen Aufgaben.

## 2 Deskriptoren für allgemeine naturwissenschaftliche Kompetenzen

Im Gegensatz zum Lehrplan, der in Form einer Inputsteuerung vorgibt, was SchülerInnen lernen sollen, beschreiben die Deskriptoren der Bildungsstandards, welche Kompetenzen SchülerInnen am Ende der BMS erworben haben sollen. Daher werden hier aus der Perspektive der Schülerin / des Schülers („Ich kann..“) Deskriptoren für die Handlungs- oder Methodenkompetenz angeführt:

## **2.1 Bereich A: Beobachten und erfassen**

- A.1 Ich kann Vorgänge und Erscheinungsformen der Natur beobachten und in der entsprechenden Fachsprache beschreiben.
- A.2 Ich kann Vorgänge und Erscheinungsformen der Natur darstellen und erläutern.
- A.3 Ich kann die Bedeutung naturwissenschaftlicher Vorgänge für Wirtschaft, Technik und Umwelt erfassen und beschreiben.

## **2.2 Bereich B: Untersuchen und bearbeiten**

- B.1 Ich kann aus unterschiedlichen Medien fachspezifische Informationen beschaffen.
- B.2 Ich kann mögliche naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden nennen und einfache Untersuchungen durchführen.
- B.3 Ich kann gewonnene Ergebnisse dokumentieren.

## **2.3 Bereich C: Bewerten und anwenden**

- C.1 Ich kann eine naturwissenschaftliche Aussage als solche erkennen.
- C.2 Ich kann positive und negative Auswirkungen von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen für mich sowie für Wirtschaft und Technik erkennen und diese beschreiben.
- C.3 Ich kann naturwissenschaftliches Wissen anwenden, präsentieren, sowie persönliche Standpunkte darlegen.

### 3 Kommentierte Aufgabenbeispiele

Auch im Bereich der prototypischen Aufgabenbeispiele erscheint es sinnvoll, eine Aufgliederung nach den drei Fachbereichen in

- ☺ kommentierte Aufgabenbeispiele Biologie,
- ☺ kommentierte Aufgabenbeispiele Chemie und
- ☺ kommentierte Aufgabenbeispiele Physik

durchzuführen.

Im Folgenden finden Sie exemplarische Beispiele aus allen naturwissenschaftlichen Fachbereichen.

# „Herz und Kreislauf“

## Material 1

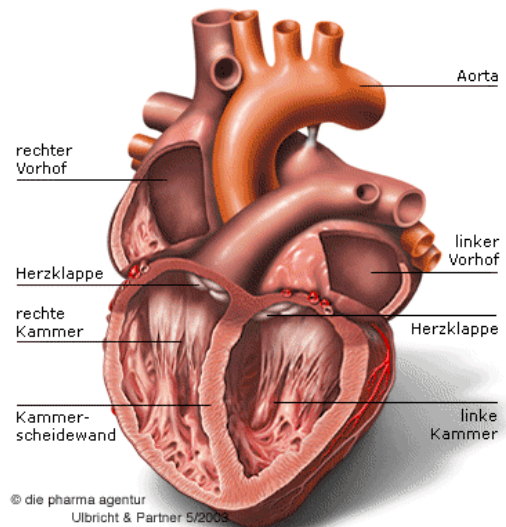
### Wie ist das Herz aufgebaut?

Das Herz ist der **Motor unseres Kreislaufs**. Es arbeitet wie eine Pumpe und hält unser Blut in Bewegung. Dabei werden auch Stoffe transportiert, die für unseren Körper notwendig sind.

Bei Erwachsenen ist das Herz etwa faustgroß. Es ist ein hohler Muskel und wird durch eine Scheidewand in eine linke und eine rechte Hälfte geteilt. Beide Hälften bestehen jeweils aus einem **kleineren Vorhof (Atrium)** und einer **größeren Kammer (Ventrikel)**.

Zwischen den Vorhöfen und Kammern sowie den Kammern und den großen Gefäßen befinden sich besondere Verschlusseinrichtungen, die **Herzklappen**. Sie sorgen dafür, dass das Blut nur in eine Richtung strömt und kein Rückfluss möglich ist.

Bildquelle: <http://www.herz.hexal.de/grundwissen/herz/index.ph>



### Wie ist das Kreislaufsystem aufgebaut?

Das Kreislaufsystem ist das **Transportsystem des Körpers**. Es transportiert mit dem Blut Sauerstoff und Nährstoffe in jede Körperzelle und entfernt dort die Stoffwechselprodukte. Das Blutkreislaufsystem kann in zwei Bereiche unterteilt werden, den **großen Körperkreislauf** und den **kleinen Lungenkreislauf**.

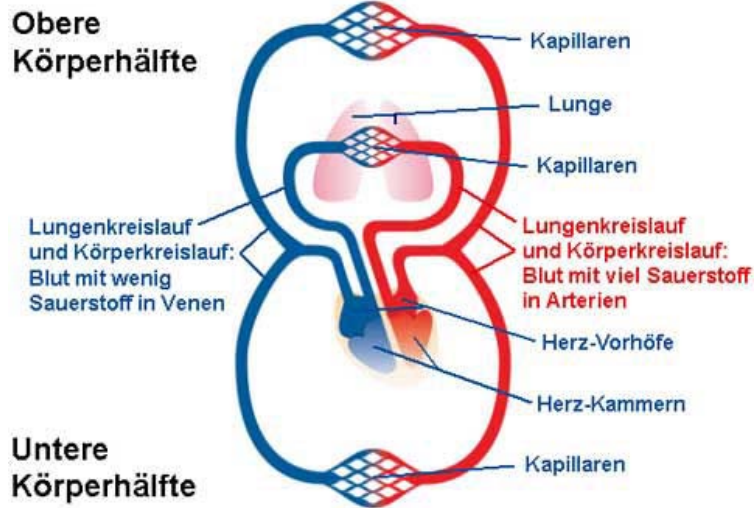
Gefäße, in denen das Blut aus dem Körper zum Herz transportiert wird, werden als **Venen** bezeichnet. Solche, die das Blut vom Herz zu den Organen leiten, heißen **Arterien**.

#### Der Lungenkreislauf:

Der **Lungenkreislauf** beginnt in der rechten Herzkammer. Sie pumpt das Blut über die **Lungenarterie** in die Lunge. In der Lunge wird Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) in die Ausatemungsluft abgegeben und Sauerstoff von der Einatemungsluft aufgenommen. Das sauerstoffreiche Blut gelangt dann über die **Lungenvene** in die linke Herzkammer. Hier beginnt der große Körperkreislauf.

#### Der Körperkreislauf:

Zuerst strömt das Blut aus der linken Herzkammer durch die **Aorta** (die Hauptschlagader) in die **Arterien**. Diese verzweigen sich nach und nach, wie die Äste eines Baumes, und werden immer dünner. In den kleinsten, haarfeinen Gefäßen, die auch als **Kapillaren** bezeichnet werden, werden Sauerstoff und Nährstoffe an das Körpergewebe abgegeben und Kohlendioxid und Abfallstoffe aufgenommen. Anschließend fließt das Blut über die **Venen** wieder zurück zur rechten Herzkammer.



[http://www.medienwerkstatt-online.de/lws\\_wissen/bilder/2261-1.jpg](http://www.medienwerkstatt-online.de/lws_wissen/bilder/2261-1.jpg)

## Aufgabenstellung

### Frage 1:

Wie viel Liter Blut fließen im Körper eines Erwachsenen?

### Frage 2:

Das Herz schlägt in Ruhe ca. 70 Mal in der Minute. Mit jedem Herzschlag werden 80 ml Blut befördert.

Was würden Sie schätzen? Kreuzen sie die zutreffende Antwort an!

**Die Blutmenge, die das Herz täglich befördert, entspricht etwa dem Volumen von...**



1 Haushaltseimer



1 Badewanne



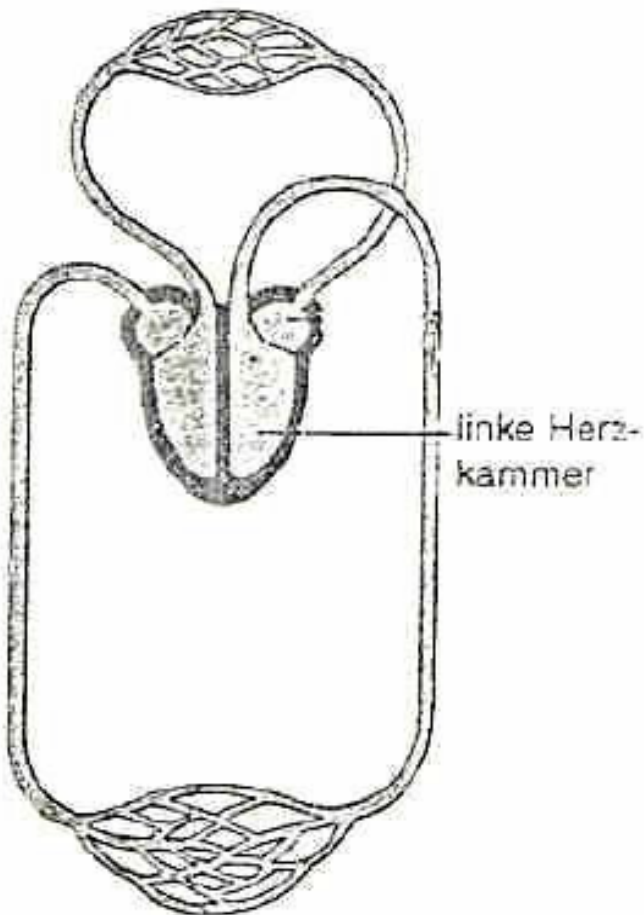
1 Tankwagen

**Frage 3:**

**a) Beschriften Sie untenstehende Skizze mit folgenden Begriffen:  
Körperkreislauf, Lungenkreislauf.**

**b) Zeichnen Sie mit Pfeilen die Fließrichtung des Blutes ein!**

**c) Wo fließt das arterielle, wo das venöse Blut? Zeichnen Sie das venöse Blut  
in einer anderen Farbe als das arterielle Blut ein und schreiben sie dazu,  
welche Farbe Sie wofür verwendet haben?**



Animation und Überprüfung:

<http://www.herz.hexal.de/grundwissen/herz/blutfluss.php>



## Material 2

[http://www.linus-geisler.de/im17/im2\\_382.html](http://www.linus-geisler.de/im17/im2_382.html)

**Fallbeispiel:** (akuter Herzinfarkt bei mehrfachen koronaren Risikofaktoren)

Der 53-jährige Verwaltungsangestellte leidet seit Jahren an einem mäßigen Bluthochdruck mit durchschnittlichen Blutdruck-Werten um 160/100 mmHg. Sein LDL-Cholesterin ist auf 195 mg/dl erhöht.

Er ist deutlich übergewichtig, raucht 15-20 Zigaretten täglich und betreibt keinen Sport.

Vor einem halben Jahr wurde er bei der Beförderung übergangen, eine Kränkung, die er in sich "hineinfrisst".

Seit einigen Tagen spürt er beim Treppensteigen einen leichten Druck hinter dem Brustbein, der allerdings bei Stehen bleiben sofort wieder verschwindet. Am Morgen des Aufnahmetages hilft er, das Auto des Nachbarn, das nicht anspringt, anzuschieben. Danach fühlt er sich "fix und fertig". Zwanzig Minuten später hat er das Gefühl, dass eine Zentnerlast seinen Brustkorb zusammenschnürt. Hinter dem Brustbein beginnt sich ein brennender Schmerz auszubreiten, der bis in den linken Arm und beidseits in den Unterkiefer ausstrahlt. Schweiß bricht am ganzen Körper aus, es tritt Brechreiz auf, später auch Erbrechen. Der Patient legt sich aufs Sofa, ohne dass dies Erleichterung bringt.

---

### Frage 4:

Stellen Sie sich vor, Sie kommen in dieser Situation zu dem Patienten:  
Welche Notfallmaßnahmen führen Sie durch?

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

## Material 3

### Was ist eine koronare Herzkrankheit?

Unter koronarer Herzkrankheit (kurz KHK) werden alle Krankheitsbilder zusammengefasst, die durch eine Mangel durchblutung des Herzmuskels hervorgerufen werden. Hierzu gehören neben Angina pectoris auch Herzinfarkt und der plötzliche Herztod.

Bedingt durch eine verminderte Durchblutung können die Sauerstoff- und Nährstoffbedürfnisse des Herzmuskels nicht erfüllt werden. Insbesondere bei körperlicher Anstrengung oder emotionalem Stress reicht die Versorgung dann nicht aus.

In den meisten Fällen ist eine Atherosklerose in den Herzkranzgefäßen die Ursache. Hier wird durch fetthaltige Ablagerungen, den so genannten „Plaques“, der Blutfluss teilweise oder vollständig blockiert.

---

### Frage 5:

Welche beeinflussbaren Risikofaktoren können Sie für das Auftreten eines Herzinfarktes anführen?

#### Beeinflussbare Risikofaktoren sind:

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

**Frage 6:**

Führen Sie zu jedem der in der Frage 5 angeführten Risikofaktoren eine Ziel führende Gegenmaßnahme an.

| Risikofaktor | Gegenmaßnahme(n) |
|--------------|------------------|
|              |                  |
|              |                  |
|              |                  |
|              |                  |
|              |                  |
|              |                  |
|              |                  |
|              |                  |
|              |                  |

**Zusätze zur Themenstellung „Herz und Kreislauf“**

**Zuordnung Kompetenzmodell**

| Fragen                           | Handlungs-kompetenz | Inhalts-dimension | Anforderungs-niveau |
|----------------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 1. Blutmenge im Körper           | A.1                 | 1.1-bio           | 1                   |
| 2. Pumpvolumen                   | A.1                 | 1.1-bio           | 1                   |
| 3. Blutkreislauf                 | A.1, B.1            | 1.1-bio           | 1                   |
| 4. Notfallmaßnahmen              | C.3                 | 1.1-bio           | 2                   |
| 5. beeinflussbare Risikofaktoren | C.3                 | 1.1-bio           | 1                   |
| 6. Präventive Gegenmaßnahmen     | C.3                 | 1.1-bio           | 2                   |

## „Tee als Indikator“

### Material

"Indikator" bedeutet so viel wie "Anzeiger".

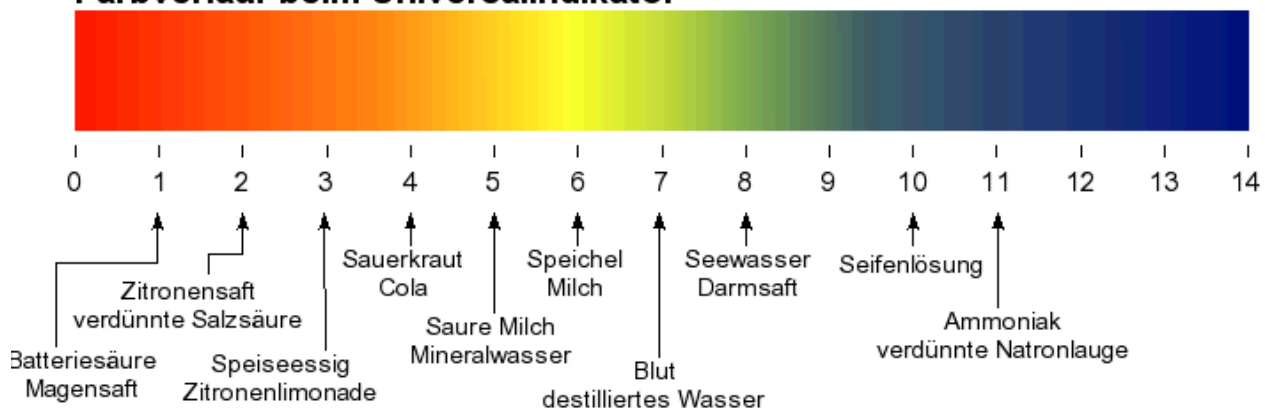
Indikatoren zeigen durch eine Farbänderung den Zustand bestimmter Lösungen an.

**Säure-Base-Indikatoren zeigen durch ihre Farbänderung an, ob eine Lösung sauer, neutral oder alkalisch (= basisch) reagiert.**

Durch geschickte Mischung verschiedener Indikatoren lassen sich so genannte "**Universalindikatoren**" zusammenstellen, die für unterschiedliche pH-Werte unterschiedliche Farben anzeigen.

### Beispiele für verschiedene pH-Werte

#### Farbverlauf beim Universalindikator

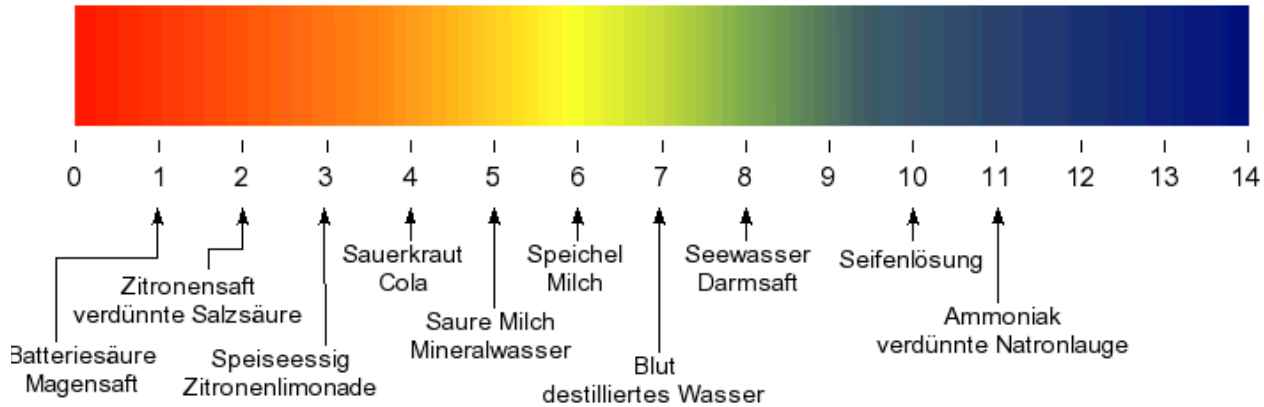


## Aufgabenstellung

### Frage 1: Fragen zum Farbverlauf

Beantworten Sie die folgenden Fragen zur Tabelle:

#### Farbverlauf beim Universalindikator



|   |  |
|---|--|
| Welchen pH- Wert zeigt der Universalindikator für unseren Speichel an?                |  |
| Einen pH- Wert von 11 zeigen welche Chemikalien an?                                   |  |
| Stoffe, die stark sauer reagieren, zeigen welche Farbe am Universalindikatorstreifen? |  |
| Stoffe, die stark alkalisch reagieren zeigen welche Farbe?                            |  |
| Welche Farbe hat der Universalindikator für neutrale Stoffe?                          |  |
| Reagiert Cola sauer, alkalisch oder neutral?  |  |

**Frage 2: Versuch,  
Versuchsbeschreibung**

**Auch Tee kann als Indikator verwendet werden.  
Führen Sie den folgenden Versuch durch!**

**Versuchsbeschreibung:  
Tee als Säure-Base-Indikator**

**Dauer:** 10 min

**Geräte:**

- Becherglas (250 ml)
- 2 Tropfpipetten
- Wasserkocher
- 3 Reagenzgläser

**Chemikalien:**

- 1 Beutel Schwarztee
- Wasser
- Zitronensaft
- Natriumcarbonat (Soda)

**Durchführung:**

**Vorbereitung eines Teeaufgusses:**

- Kochen Sie im Wasserkocher Wasser auf.
- Übergießen Sie einen Beutel Schwarztee mit etwa 100 ml kochendem Wasser.
- Lassen Sie den Tee drei Minuten lang ziehen und entfernen Sie dann den Teebeutel.

**Versuch:**

- Füllen Sie drei Reagenzgläser bis zur Hälfte mit dem vorbereiteten Tee.
- Geben Sie nun Zitronensaft tropfenweise in das eine Reagenzglas und
- tropfenweise Natriumcarbonatlösung in ein anderes Reagenzglas.

**Beschreiben Sie den Versuch in eigenen Worten und notieren Sie die Farben in der Tabelle:**

.....

.....

.....

|       | Tee | Zitronensäure | Natriumcarbonat |
|-------|-----|---------------|-----------------|
| Farbe |     |               |                 |

**Zuordnung Kompetenzmodell**

| Fragen                          | Handlungs-kompetenz | Inhalts-dimension | Anforderungs-niveau |
|---------------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| Frage 1: Fragen zum Farbverlauf | A.1                 | 2.2-ch            | 1                   |

|   |     |        |   |
|---|-----|--------|---|
| Frage 2: <b>Versuch,<br/>Versuchsbeschreibung</b> | B.2 | 2.2-ch | 2 |
|---|-----|--------|---|

## Kräfte und Wechselwirkungen

### Material



Der Begriff „Kraft“ ist im täglichen Leben in vielen Bereichen anzutreffen. Aber nicht alles, was wir umgangssprachlich als Kraft bezeichnen, ist im physikalischen Sinn eine Kraft!

Für einen Physiker gibt es zwei Bedingungen, von denen mindestens eine erfüllt sein muss.

Nur dann wirkt eine Kraft im physikalischen Sinn:

- physikalische Kräfte können Körper verformen,
- physikalische Kräfte können den Bewegungszustand eines Körpers verändern.

Während die Kraft **klassischen Physik** über ihre Ursachen und Wirkungen betrachtet wird und viele „Kräfte“ behandelt werden (Reibungskraft, Fliehkraft, Schwerkraft usw.), unterscheidet die **moderne Physik nur noch vier Grundkräfte** und nennt sie auch Wechselwirkungen:

- **Elektromagnetische Wechselwirkung**
- **Schwache Wechselwirkung**
- **Starke Wechselwirkung**
- **Gravitation.**

Alle Kräfte, die wir in der Welt beobachten, können auf diese vier Wechselwirkungen zurückgeführt werden!



## Aufgabenstellung

**Frage 1: Liegt eine Kraft im physikalischen Sinn vor?**

**Versuchen Sie in der folgenden Tabelle zu unterscheiden, ob es sich eine Kraft im physikalischen Sinn handelt oder nicht.**

**Verwenden Sie dazu die Erklärung auf der vorherigen Seite!**

| „Kraft“                              |  |
|--------------------------------------|--|
| Muskelkraft eines Fahrradfahrers     | <input type="radio"/> Kraft im physikalischen Sinn<br><input type="radio"/> keine Kraft im physikalischen Sinn |
| Sehkraft der Augen                   | <input type="radio"/> Kraft im physikalischen Sinn<br><input type="radio"/> keine Kraft im physikalischen Sinn |
| Anziehungskraft eines Magneten       | <input type="radio"/> Kraft im physikalischen Sinn<br><input type="radio"/> keine Kraft im physikalischen Sinn |
| Zugkraft einer Lokomotive            | <input type="radio"/> Kraft im physikalischen Sinn<br><input type="radio"/> keine Kraft im physikalischen Sinn |
| Leuchtkraft einer Lampe              | <input type="radio"/> Kraft im physikalischen Sinn<br><input type="radio"/> keine Kraft im physikalischen Sinn |
| Überzeugungskraft eines Redners      | <input type="radio"/> Kraft im physikalischen Sinn<br><input type="radio"/> keine Kraft im physikalischen Sinn |
| Gewichtskraft eines Steins           | <input type="radio"/> Kraft im physikalischen Sinn<br><input type="radio"/> keine Kraft im physikalischen Sinn |
| Anziehungskraft der Erde             | <input type="radio"/> Kraft im physikalischen Sinn<br><input type="radio"/> keine Kraft im physikalischen Sinn |
| Waschkraft eines Waschmittels        | <input type="radio"/> Kraft im physikalischen Sinn<br><input type="radio"/> keine Kraft im physikalischen Sinn |
| Brechkraft einer Lupe                | <input type="radio"/> Kraft im physikalischen Sinn<br><input type="radio"/> keine Kraft im physikalischen Sinn |
| Auftriebskraft eines Heißluftballons | <input type="radio"/> Kraft im physikalischen Sinn<br><input type="radio"/> keine Kraft im physikalischen Sinn |
| Wurfkraft eines Kugelstoßers         | <input type="radio"/> Kraft im physikalischen Sinn<br><input type="radio"/> keine Kraft im physikalischen Sinn |
| Spannkraft eines Bogens              | <input type="radio"/> Kraft im physikalischen Sinn<br><input type="radio"/> keine Kraft im physikalischen Sinn |

Quelle: <http://www.zum.de/dwu/depot/pme001fl.gif>

Frage 2: „Kraftarten“

Versuchen Sie die Kräfte ihrer Beschreibung zuzuordnen, indem Sie in der Tabelle zu den Zahlen den entsprechenden Buchstaben schreiben:

| Beschreibung  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Welche Kraft? |   |   |   |   |   |   |   |

| Beschreibung  | Welche Kraft?  |
|---|--|
| <p>1. Diese Kraft reicht über sehr große Entfernungen. Sie wirkt zwischen allen Körpern aufgrund ihrer Masse. Sie bestimmt die Form und Größe der Strukturen im Universum. Sie nimmt mit dem Quadrat der Entfernung ab und wirkt nur anziehend. Sir Isaac Newton bestimmte ihre Gesetzmäßigkeit.</p>                    | <p>A <br/>Magnetische Kraft</p>   |
| <p>2. Man verwendet das so genannte "Hooke'sche Gesetz" zum Messen ihrer Stärke. Hooke erkannte, dass eine Feder umso stärker gedehnt (bzw. gestaucht) wird, je stärker man an ihr zieht (bzw. auf sie drückt). Man kann also aus der Dehnung der Feder auf die wirkende Kraft schließen.</p>                           | <p>B <br/>Reibungskraft</p>       |
| <p>3. Diese Kraft wirkt zwischen allen elektrisch geladenen Körpern. Sie wirkt auch auf große Entfernungen. Elektrische Ladungen gleicher Art (positive oder negative) stoßen sich ab, entgegengesetzte Ladungen ziehen einander an. Sie wird, wenn es um Materie geht, insbesondere beim Atom sichtbar.</p>            | <p>C <br/>Federkraft</p>         |
| <p>4. Ist jene Gravitationskraft mit der ein Körper an der Erdoberfläche von der Erde angezogen wird. Sie ist vom Ort abhängig und wird ermittelt, indem man die Masse des Körpers mit der Erdbeschleunigung multipliziert.</p>   | <p>D <br/>Elektrische Kraft</p> |
| <p>5. Befindet sich ein Körper in einem Medium (z.B. einer Flüssigkeit), so wirkt auf ihn diese Kraft. Sie ist der Gewichtskraft entgegengesetzt gerichtet und ist gleich groß wie das Gewicht des vom Körper verdrängten Mediums. Archimedes soll „Heureka“ gerufen haben, als er diese Gesetzmäßigkeit entdeckte.</p> | <p>E <br/>Gewichtskraft</p>     |
| <p>6. Diese Kraft wirkt der Bewegung entgegen, sie ist eine bewegungshemmende Kraft. Sie spielt z.B. eine große Rolle bei der Fortbewegung und beim Bremsen - oft ist sie eine unerwünschte Kraft, die man zu "verhindern" versucht (z.B. durch Schmiermittel).</p>   | <p>F <br/>Auftriebskraft</p>    |
| <p>7. Diese Kraft war schon im griechischen Altertum bekannt: Bestimmte Materialien haben die Eigenschaft Eisen, Kobalt und Nickel anzuziehen. Wie die elektrische Kraft, kann auch diese Kraft abstoßend und anziehend sein.</p>   | <p>G <br/>Gravitation</p>       |

## Zuordnung Kompetenzmodell

| <b>Fragen</b> | <b>Handlungs-<br/>kompetenz</b> | <b>Inhalts-<br/>dimension</b> | <b>Anforderungs-<br/>niveau</b> |
|---------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Frage 1:      | A.1                             | 2.1-ph                        | 1                               |
| Frage 2:      | B.1                             | 2.1-ph                        | 2                               |

## 4 Anhang: Kompetenzmodelle in den Naturwissenschaften

Um die Überlegungen zum Kompetenzmodell gut abzusichern, werden Ansätze in unterschiedlichen Projektzusammenhängen aus fachdidaktischer Sicht im Überblick präsentiert.

Wie gut können Schüler/innen naturwissenschaftliche Phänomene untersuchen, beschreiben, erklären oder vorhersagen? Sind sie in der Lage, populärwissenschaftliche Berichte zu verstehen? Können sie Belege und Folgerungen interpretieren und von Meinungen ohne wissenschaftlichen Hintergrund unterscheiden?

Mit den folgenden Betrachtungen sollen Kompetenzmodelle von naturwissenschaftlichen Grundbildungen verglichen werden. Der Vergleich festigt einen Zugang zum gewählten Kompetenzmodell für die Bildungsstandards.

### Das PISA-Framework

Diese Fragen versucht PISA unter dem Titel „Scientific Literacy“ (Naturwissenschaftliche Grundkompetenz) zu beantworten. Die OECD hat als wirtschaftsvergleichende supranationale Institution Interesse daran, dass sich Jugendliche in einer naturwissenschaftlich geprägten Welt mit den ökologischen, ökonomischen und sozialen Einflüssen zurechtfinden und diese auch mitgestalten können. Die Aufgaben zielen also auf breites allgemeines Interesse ab, wo man mit den Ergebnissen und Berichten wissenschaftlicher Arbeit umgehen können soll und entsprechend journalistisch aufbereitete Botschaften und „Geschichten“ auf der Grundlage von Basiswissen einschätzen können soll. Sie haben nichts mit Spezialinteressen zu tun und benötigen kein Spezialwissen.

Im PISA-Framework wird die naturwissenschaftliche Grundkompetenz folgendermaßen beschrieben „Scientific literacy use scientific knowledge to identify questions and to draw evidence-based conclusions, understand and help make decisions of the natural world and the changes made to it through human activity...(OECD, 2003, S133). „Naturwissenschaftskompetenz ist die Fähigkeit, dieses Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, die die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen“.

Die Aufgaben stammen aus den Fachgebieten der Physik, Chemie, Biologie, Erdwissenschaften und Weltraumwissenschaften. In Österreich werden diese Belange in Gegenständen Physik, Chemie, Biologie und Umweltkunde sowie Geographie unterrichtet; nicht unbedingt in allen Schultypen und auch in den allgemein bildenden Lehrplänen mit Lücken.

Daher werden bei PISA ausgewählte Themen aus Physik, Chemie, Biologie sowie Erd- und Weltraumwissenschaften in längeren Texten in lebensnahe Probleme verpackt, zu deren Lösung naturwissenschaftliche Kenntnisse benötigt werden. Für die **Wahl der Inhalte** wurden als erste Beschreibung der gesamten Domäne folgende Kriterien erstellt:

- Relevanz und Nützlichkeit in alltäglichen Situationen
- Bedeutung für die Lebensverhältnisse im nächsten Jahrzehnt
- Verknüpfung mit ausgewählten naturwissenschaftlichen Prozessen.

Folgende Themen zum Testen von Grundkompetenzen werden angeführt (in der Klammer sind Unterbereiche ohne Anspruch der Vollständigkeit):

- Struktur und Eigenschaften von Materie (thermische und elektrische Eigenschaften);
- Atmosphärische Änderungen (Strahlung, Transmission, Druck);

- Chemische und physikalische Änderungen;
- Energieumwandlung (Energieerhaltung, Photosynthese);
- Kräfte und Bewegung (Kräfte im (Un)gleichgewicht, Kinematik, Dynamik);
- Formen und Funktionen (Zelle, Skelett, Anpassung);
- Humanbiologie (Gesundheit, Hygiene, Ernährung);
- Physiologische Änderungen (Hormone, Elektrolyse, Neuronen);
- Biodiversität (Arten, Gene, Evolution);
- Genetische Kontrolle (Dominanz, Vererbung);
- Ökosysteme (Nahrungsketten, Nachhaltigkeit);
- Die Erde im Universum (Sonnensystem, tägliche und saisonale Änderungen);
- Physische Geographie (Kontinentaldrift, Wetter).

Diese Themen werden als naturwissenschaftliches Wissen und als wesentliche Konzepte für eine Grundkompetenz festgelegt. Viele Bereiche fehlen – auf die exemplarische Behandlung wird immer wieder hingewiesen.

Da Wissen weniger im Vordergrund steht als das Verstehen dieser **naturwissenschaftlichen Prozesse** (zweite Beschreibungsform der Domäne), also das Beurteilen und Interpretieren von wissenschaftlichen Belegen, wurden folgende Prozesse ausgewählt:

- Beschreiben, Erklären und Vorhersagen von wissenschaftlichen Phänomenen;
- Verstehen von Untersuchungen
- Interpretieren von Belegen und Folgerungen.

Hauptaugenmerk wird weniger auf die Fähigkeit gelegt, naturwissenschaftliche Belege zu produzieren, sondern eben referierte Belege beurteilen und interpretieren und die Anlage von Untersuchungen verstehen zu können. Hier gibt es eine große Spannweite von Schwierigkeitsstufen; durch Kalibrierungen werden nur Fragenkategorien gewählt, die dem Niveau von 15-Jährigen Schüler/innen entsprechen.

Alle Aufgaben und Fragestellungen sind in einen realitätsnahen Kontext eingebettet (dritte Beschreibung der Domäne – **Situationen und Kontext**), der aus dem Unterricht, aber auch von Lernsituationen außerhalb der Schule angewendet werden soll. Folgende Situationen wurden in folgende Anwendungsgebiete integriert:

- Wissenschaft im Bereich Leben und Gesundheit: Gesundheit, Krankheit und Ernährung; Erhaltung der biologischen Arten, Wechselwirkung zwischen physikalischen und biologischen Systemen; zugehöriges PISA-Beispiel: Semmelweis Tagebuch)
- Wissenschaft im Bereich Erde und Umwelt: Umweltverschmutzung, Bodenbewirtschaftung und Erosion, Wetter und Klima; zugehörige PISA-Beispiele: Tageslicht, Klimaänderung)
- Wissenschaft im Bereich Technologie: Biotechnologie, Verwendung von Materialien, Vermeidung von Abfällen, Energienutzung, Transport; zugehörige PISA-Beispiele: Klonen, Mais).

Gerade für eine internationale Untersuchung ist die Wahrung der Balance, bei Fragestellungen kein Land und keinen Kulturkreis zu begünstigen, sehr wichtig.

## Bildungsstandards in Deutschland

Laut dem BRD-KMK-Beschluss über Bildungsstandards (16.12.2004) ermöglicht „naturwissenschaftliche Bildung dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklung und naturwissenschaftliche Forschung und ist deshalb wesentlicher Bestandteil von Allgemeinbildung. Dabei geht es bei naturwissenschaftlicher Grundbildung um die Zielsetzung, Phänomene erfahrbar zu machen, die Sprache und Historie von Naturwissenschaften zu verstehen, ihre Ergebnisse zu kommunizieren und sich mit ihren spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen auseinander zu setzen. Dazu gehört das theorie- und hypothesengeleitete

naturwissenschaftliche Arbeiten, das eine analytische und rationale Betrachtung der Welt ermöglicht. Darüber hinaus bietet naturwissenschaftliche Grundbildung eine Orientierung für entsprechende Berufsfelder und schafft Grundlagen für anschlussfähiges berufsbezogenes Lernen“; soweit der Text über Grundkompetenzen, der in der Folge nach den Fächern Biologie, Chemie und Physik gegliedert wird.

Als Kompetenzbereiche des Faches Biologie werden Fachwissen (Lebewesen, biologische Phänomene, begriffe, Prinzipien, Fakten kennen und den Basiskonzepten zuordnen), Erkenntnisgewinnung (Beobachten, Vergleichen, Experimentieren, Modelle nutzen und Arbeitstechniken anwenden), Kommunikation (Informationen erschließen und austauschen) und Bewertung (biologische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten) unterschieden. Als Basiskonzepte werden System, Struktur, Funktion und Entwicklung angeführt.

Die Handlungsdimension bezieht sich auf grundlegende Elemente der Erkenntnisgewinnung. Also auf experimentelles und theoretisches Arbeiten, auf Kommunikation und auf die Bewertung und Anwendung biologischer Sachverhalte in fachlichen und gesellschaftlichen Kontexten.

Als Kompetenzbereiche der Chemie wird bei derselben Einteilung wie oben auf chemische Phänomene und Sachverhalte in verschiedenen Kontexten Wert gelegt. Die Handlungsdimensionen sind gleich formuliert.

Die Kompetenzbereiche der Chemie und Physik taucht beim Fachwissen der Begriff „Gesetzmäßigkeiten“ deutlich auf; beim Fachwissen wird in der Physik zwischen den Kapiteln „Materie“, „Wechselwirkung“, „System“ und „Energie“ unterschieden. Die zentrale Stellung des Experimentes in beiden Fächern wird immer wieder betont.

Für die Chemie ist ein „Bildungsplan Gymnasium“ definiert, der neben den oben angeführten Darstellungen auf Wechselwirkungen zu Chemie als Kulturleistung und auch auf den Erwerb allgemeiner Kompetenzen wie Geduld, Genauigkeit, Sorgfalt und Ausdauer Bezug nimmt. Ein sehr hübscher Satz aus den Leitgedanken: „Für die Chemie ist das Denken auf zwei Ebene, der Ebene der Phänomene (Stoffe, Beobachtungen, Eigenschaften) und der Ebene der Modelle (Teilchen, Deutungen, Strukturen) typisch. (..) Um die teilweise komplexen Zusammenhänge zu vermitteln, bedarf es einer **guten Strukturierung** (des Lehrstoffes) und oftmals einer sorgfältig gewählten **didaktischen Reduktion**“ (Hervorhebungen durch den Autor).

## **Standards beim IMST <sup>(1)</sup> -Projekt**

Im Rahmen des österreichischen Entwicklungsprojektes Innovations in Math, Science and Technology Teaching“ wurde ein Grundbildungskonzept entwickelt, also ebenfalls eine Darstellung von grundlegenden Konzepten der Naturwissenschaften (und der Mathematik). Als Leitlinien für die Auswahl von Inhalten werden folgende Leitlinien angeführt: „Weltverständnis“, also fundamentale Ideen, Basiskonzepte und Grundvorstellungen;

„Kulturelles Erbe“, d.h. geschichtliche Zusammenhänge, Kulturerbe, gesellschaftlicher Hintergrund;

„Alltagsbewältigung“ meint die Bedeutung der Themen für sich und das Umfeld;

„Gesellschaftsrelevanz“ bedeutet Vorbereitung für öffentliche Diskussionen und Meinungsbildung;

„Wissenschaftsverständnis“ geht davon aus, Vorwissen für spätere Studien mit höherer Abstraktion und Modellbildung zu erlangen und

„Berufliche Orientierung und Studienfähigkeit“ soll der Orientierung in der Berufswelt, aber auch der Beschäftigungsfähigkeit dienen.

Alle diese Inhalte sollen methodisch von einem gemäßigt konstruktivistischen Ansatz ausgehen und am Vorwissen der Schüler/innen anknüpfen. Alltagsvorstellungen, Interessen und Gefühle fließen mit Unterstützung entsprechender Methoden (Brainstorming, Concept mapping) in die Aufbereitung der Inhalte ein. Es soll dabei anwendungsbezogen und authentisch, erfahrungsgeleitet, in unterschiedlichen Kontexten und im sozialen Umfeld gearbeitet werden. Instruktion kann unterstützend verwendet werden; hier spielen auch neue Medien ihre Rolle.

Krainer (2005) geht in seiner Stellungnahme zu den nationalen Bildungsstandards von einer neuen Prüfungskultur aus und sieht gerade in der Entkopplung von der derzeitigen Leistungsbeurteilung eine Chance auf Vielfalt und Verständigung zwischen den parallel laufenden Vereinbarungskulturen. Bildungsstandards können, wenn sie auf die Unterrichtsentwicklung belebend wirken, eine „Vision von Bildungsprozessen“ ausmachen.

### **Was sagt die „alte“ Reformpädagogik ?**

In seinem pädagogischen Büchlein „Verstehen lernen“ hat der leider 1988 verstorbene Martin Wagenschein der Projektkultur mit der Triade „Entdecken-Denken-Verstehen“ (oder genetisch-sokratisch-exemplarisch) ein Denkmal gesetzt.

Er zeigt am Beispiel des naturwissenschaftlichen Lernens eine „Annäherung an das genetische Lehren“. Verstehen heißt dabei selber einsehen, „wie es kommt“.

1. Regel: Nicht immer erst das Selbstverständliche, Einfache (und Langweilige) sondern oft erst etwas Erstaunliches, etwas Kompliziertes und Problematisches vor den Schülern ausbreiten; dann: in dem Erstaunlichen als produktives Denken ein Verständliches und Gewohntes erkennen lassen, auf dem es „beruht“ (einen „alten Bekannten“ wieder erkennen).
2. Regel: Erst das Naturphänomen, dann das Laborphänomen.
3. Regel: Erst „qualitativ“, dann „quantitativ“.
4. Regel: Erst das Phänomen aufnehmen, dann die Modellvorstellung oder Theorie erarbeiten;
5. Regel: Erst die Entdeckung, dann die Erfindung oder: erst der fertige (noch durchschaubare) Apparat, dann das „Ausgraben“ des „Natürlichen“ in ihm.
6. Regel: Erst den Einzelfall anwesend sein lassen und mit dem einfachsten, seiner Besonderheit zugewandten Denkmitteln verstehen; dann: ihn, falls nötig, nach allgemeinen Regulativen entscheiden.
7. Regel: Erst die Muttersprache, dann die Fachsprache anwenden (die Muttersprache ist die Sprache des Verstehens, die Fachsprache besiegelt das Ergebnis im letzten Arbeitsgang).
8. Regel: Nicht erst die Schnellen gewinnen, dann die Langsamen nachschleppen. Sondern: Erst die Langsamen, dann die Schnellen (Tutorprinzip).
9. Erst die Mädchen, dann die Burschen (die Mädchen dafür sorgen lassen, dass die Burschen die Abstraktion nicht abspalten statt sie anwachsen zu lassen).

Es wäre schön, wenn diese didaktische und pädagogische Weisheit auch bei der Umsetzung der Bildungsstandards in prototypische Beispiele im Hinterkopf bliebe.

### **Aktuelle Fragestellungen**

Einer der Motoren didaktischer Entwicklungen in den Naturwissenschaften ist die Umsetzung **gemäßigt konstruktivistischer Ideen**. Aus der Perspektive naturwissenschaftsdidaktischer Lehr-Lernforschung votieren Duit und Möller (2000) für eine "inklusive konstruktivistische Sicht

von Lernen" und einen moderat konstruktivistischen Ansatz, der klassische Lerntheorien des Konzeptwechsels (conceptual change) mit sozial-konstruktivistischen Positionen (z.B. kollaborative Wissenskonstruktion in kooperativen Lerngruppen) und Theorien der situierten Kognition verknüpft.

Nach Möller (2000) lässt sich der Lernprozess in einem moderat konstruktivistisch orientierten Unterricht durch folgende Lernformen kennzeichnen:

Eigenaktives konstruktives Lernen, situatives Lernen, soziales und kooperatives Lernen, selbstgesteuertes und unterstütztes Lernen.

Dabei spielen nicht nur kognitive Aspekte, sondern auch die Vorerfahrungen („Präkonzepte“) und Interessen der Lernenden, emotionale Kontexte und die persönliche Identifikation mit den Lerninhalten eine Rolle. Inhaltlich muss sich der Unterricht an komplexen, lebens- und berufsnahen, ganzheitlich zu betrachtenden Problembereichen orientieren.

Wesentlich ist auch der **Umgang mit Prüfungsvorgängen** in den Naturwissenschaften, der durch ein Projekt des Programms „IMST (=Innovationen machen Schulen top) besonders befördert wurde (Koenne et al. 2008). Das Programm Prüfungskultur geht davon aus, dass die Art der Leistungsfeststellung wesentlich bestimmt, wie und welche Inhalte von den Schüler/innen behalten werden. Innovativer Unterricht muss auch auf die Prüfungskultur einwirken, um die Bildungsziele der Gegenwart erfüllen zu können. Die bestehende Prüfungskultur soll reflektiert und alternative Prüfungsmodelle sollen diskutiert werden. Das Programm vernetzt Lehrer/innen, die sich mit Prüfungskultur beschäftigten. Das Projekt Prüfungskultur und die Fortbildungsveranstaltungen werden wissenschaftlich begleitet und evaluiert.

In mehrtägigen Seminaren werden interessierte Lehrer/innen zur Reflexion der bestehenden Prüfungskultur motiviert. Sie setzen sich mit Bildungszielen auseinander, diskutieren Kompetenz-Modelle (z. B. PISA-Framework) und erproben neue und alternative Prüfungsformen. Adressat/innen sind Lehrer/innen in naturwissenschaftlichen Fächern und Mathematik.

### **Was zeigt dieser Vergleich?**

Auch unterschiedliche Vorstellungen von Grundkompetenzen laufen in den Naturwissenschaften immer auf ähnliche Deutungsmuster bezüglich Inhalt und Methoden hinaus. Die inhaltliche und methodische Dimension des praktizierten Kompetenzmodells sind gut abgesichert, die Dimension der Anforderungsniveaus bildet sich eher implizit ab (PISA-Framework: Spannweite der Schwierigkeitsstufen; Bildungsplan Gymnasium: Denken auf „zwei Ebenen in der Chemie“; IMST: unterschiedlich „konstruktivistisch“ ausgeprägte Lernszenarien; Wagenschein: Kompliziertes und Einfaches; „erst qualitativ, dann quantitativ“).

Das PISA-Framework zeigt einen modernen polyglotten Ansatz, der auch in unterschiedlichen Lebens- und Lernkulturen bestehen muss. Er wirkt dort am stärksten, wo ein klares Gerüst Ausgangspunkt für messbare Aufgabenbeispiele sein muss.

Die moderne lebensweltlichen Zugänge des PISA-Frameworks lassen die anderen Ansätze inhaltlich alt oder zumindest strikt (fach)kanonisiert aussehen. Am Framework wird man also nicht vorbeikommen, wenn man Bildungsstandards für die Naturwissenschaften finden will.

Nicht zuletzt zeigen der PISA-Framework-Ansatz und das genetische Lernen von Martin Wagenschein eine Betrachtung der Naturwissenschaften in ihrer Gesamtheit mit all den interdisziplinären Bezügen, die auch die heutige Arbeits- und Forschungswelt eindeutig prägen. Dass dies noch lange keine gemeinsamen Fächer in den Lehrplänen bedeutet, ist eine Sache. Ein andere aber auch, dass eine Darstellung und gemeinsame Erarbeitung ohne fächerübergreifende Bezüge und eine gemeinsame Nomenklatur heute nicht mehr möglich sein soll. Das Naturwissenschafts-Bildungsstandardprojekt wird diese fächerübergreifende Anlage in jeder Hinsicht ernst nehmen, aber keine „Fächerzusammenlegungen“ propagieren.

Ob die Ausgangssituation immer in einer langen, fast essayistischen Darstellung beschrieben werden muss (und damit den geduldigen „Lesern“ entgegenkommt), oder auch in kurzen Faktendarstellungen oder qualitativen inhaltlichen Bezügen (Proportionen, reziproke Verläufe,



Abschätzung von Größenordnungen, u.a.) verlaufen kann, soll offen gelassen werden. Exemplarische Beispiele zu den Bildungsstandards können eine „österreichische Färbung“ haben, d.h. auch biologisches, chemisches und physikalischen Grundwissen im Kernstoffbereich voraussetzen, ohne vorher eine ganze Geschichte erzählen zu müssen. Jedenfalls ergibt sich aus den inhaltlichen Darstellungen fast zwanglos ein graphisch darstellbares Modell der gewünschten Kompetenzen von Schüler/innen. Dies wird, mit einem gemeinsamen Gerüst für alle drei Naturwissenschaften, mit einer hohen Stringenz umzusetzen sein.

### **Literaturnachweise:**

Weinert, F.E.: Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert, F.E. (Hrsg.): Leistungsmessung in Schulen. Weinheim und Basel 2001, S. 17-31

Literaturbezüge für den Anhang:

OECD, Schülerleistungen im internationalen Vergleich – naturwissenschaftliche Grundbildung, OECD-Publikation, 2003.

Ständige Konferenz der Kultusminister in der BRD, Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss, Beschluss der KMK, 16.12.2004

Bildungsstandards für Chemie, Bildungsplan Gymnasium, KMK - Bonn 2003.

IMST-S1, ein dynamisches Konzept für die mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung – Handreichung für die Praxis, Klagenfurt, 25.8.2003

Krainer K., Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards, in: Journal für Schulentwicklung 4/2004, Innsbruck.

Wagenschein M., Verstehen lernen, Weinheim und Basel 1968, Beltz-Verlag.

Duit, R. , Konzeptwechsel und Lernen in den Naturwissenschaften in einem mehrperspektivischen Ansatz. In: Duit, R. & Rhöneck, C.v. (Hrsg.): Ergebnisse fachdidaktischer und psychologischer Lehr-Lern-Forschung. Kiel: IPN, S. 77-103, 2000.

Möller, K.: Lehr-Lernprozessforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts. In: Duit, R. & Rhöneck, C.v. (Hrsg.): Ergebnisse fachdidaktischer und psychologischer Lehr-Lern-Forschung. Kiel: IPN, S. 131-156, 2000.

Koenne C. et al, Prüfungskultur –Leistung und Bewertung (in) der Schule, IUS-Klagenfurt, 2008.