

# Gemeinsamer Referenzrahmen für Naturwissenschaften (GeRRN)

Wie Bildung bezogen auf Naturwissenschaften aussehen sollte.  
Ein Vorschlag.

*2. überarbeitete Auflage 2017*

*BIRGIT EISNER, ULRICH KATTMANN, MATTHIAS KREMER, JÜRGEN LANGLET,  
DIETER PLAPPERT, BERND RALLE*



VERBAND ZUR FÖRDERUNG  
DES MINT-UNTERRICHTS  
BUNDESVERBAND

# V

Vorbemerkungen

# L

Literatur

# A

Autoren

## 01

Ziele und Referenzniveaus

## 02

Referenzniveaus für prozessbezogene naturwissenschaftliche Kompetenzen

## 03

Referenzniveaus für inhaltsbezogene naturwissenschaftliche Kompetenzen

## 04

Inhaltsbezogene naturwissenschaftliche Kompetenzen

### 04.1

*Fächerübergreifend*

- NOS: Kulturelle Bedeutung der Naturwissenschaften
- Mensch, Natur, Technik: Klimaproblematik

### 04.2

*Biologie*

- Evolution: Naturgeschichte naturwissenschaftlich erklären
- Organismus: Was Gesundheit und Krankheit bedeuten
- Mensch – Natur – Beziehungen: Umwelt gestalten und bewahren

### 04.3

*Chemie*

- Materie: Wie Eigenschaften, Aufbau und Verwendung von Stoffen zusammenhängen
- Chemische Reaktionen: Was die Aussage „ein neuer Stoff wird gebildet“ bedeutet

### 04.4

*Physik*

- Materie: Vom ganz Großen und ganz Kleinen
- Theorie: Die Natur berechenbar machen
- Energie: Die Versorgung mit elektrischer Energie im Alltag

## 05

Bildung stärken: Lernen und Lehren der Naturwissenschaften verändern

### 05.1

*Sachlage und bisherige Versuche zur Abhilfe*

### 05.2

*Konsequenzen*

### 05.3

*Diskussion der Bildungsinhalte auf der Basis des GeRRN*

### 05.4

*Blick nach vorn: Schlussfolgerungen für das Lernen und Lehren der Naturwissenschaften*

# Vorbemerkungen

Diese überarbeitete Fassung des Gemeinsamen *Referenzrahmens* für Naturwissenschaften (GeRRN) ist nach dem MNU-Bundeskongress 2017 in Aachen entstanden, bei dem die 1. Auflage des Referenzrahmens öffentlich vorgestellt und diskutiert wurde. Seit 2014 wird der Prozess zur Entwicklung eines Referenzrahmens für die Bildung im Bereich der Naturwissenschaften aktiv vom MNU – Verband zur Förderung des MINT-Unterrichts vorangetrieben. Der Beteiligung von MNU-Mitgliedern und Vertretern befreundeter Verbände aus dem In- und Ausland ist bei der Erstellung dieses Referenzrahmens viel zu verdanken. Insbesondere ist den zahlreichen Verbänden und Einzelpersonen zu danken, die uns Rückmeldungen zur ersten Ausgabe des Referenzrahmens gegeben haben. Diese sind in dieser überarbeiteten Fassung berücksichtigt worden.

Der Vorstand des MNU bedankt sich besonders bei folgenden Personen für ihre Beiträge:

- Dem ehemaligen Bundesvorsitzenden JÜRGEN LANGLET, der die Idee zum GeRRN entwickelt und vorangetrieben hat, sowie dem MNU-Referenten für die Fächer MATTHIAS KREMER, ohne dessen unermüdliches Wirken das Ziel in Gestalt des GeRRN nicht so schnell erreicht worden wäre.
- Der Autorengruppe BIRGIT EISNER, ULRICH KATTMANN, MATTHIAS KREMER, JÜRGEN LANGLET, DIETER PLAPPERT, BERND RALLE, die die erste Fassung erstellt und überarbeitet, sowie mit dem Aufruf „Bildung stärken: Naturwissenschaftlichen Unterricht verändern“ (EISNER et al. MNU 3/2017) verknüpft hat.
- Den Mitarbeitern der Fachgruppen, die die mühevollen Vorarbeit geleistet haben, die für den GeRRN besonders wichtigen Kompetenzen ihrer Fächer auszuwählen und Niveaustufen zuzuordnen:

Biologie: JÜRGEN LANGLET, JOACHIM BECKER, MATHIAS EBEL, SVEN OSTERHAGE, JULIA SCHWANNEWEDEL, WALTRAUD SUWELACK, HEIKE WEILE, JÖRG ZABEL  
Chemie: MATTHIAS KREMER, ULRICH BEE, ANKE DOMROSE, ROBERT STEPHANI, JUDITH WAMBACH-LAICHER  
Physik: BIRGIT EISNER, GERWALD HECKMANN, PETER HEERING, LUTZ KASPER, RAINER KUNZE, ELKE RIEDL, UTE SCHLOBINSKI-VOIGT.

In zwei Richtungen möge nun der vorliegende Vorschlag eines Referenzrahmens wirken: Die Ideen sollen zum einen europaweit diskutiert, modifiziert, angepasst und so gestaltet werden, dass die auf Naturwissenschaften bezogene Bildung in Europa einen höheren Stellenwert bekommt, zu unser aller Vorteil. Zum anderen erscheint es in gleicher Weise sinnvoll und notwendig wie für die Naturwissenschaften auch für die Fächer Mathematik, Technik und Informatik, die der MNU ebenfalls vertritt, einen Referenzrahmen zu erstellen.

Mit großer Freude bemerken wir erste Bestrebungen in den entsprechenden Fachverbänden, die Idee des MNU aufzugreifen, und sehen einer regen Zusammenarbeit mit den befreundeten Verbänden beim Erstellen eines gemeinsamen dann tatsächlich europäischen Referenzrahmens für alle MINT-Fachbereiche erwartungsvoll entgegen.

Düsseldorf, 15. Oktober 2017

Für den Vorstand des MNU

GERWALD HECKMANN  
Vorsitzender

## 01

# Ziele und Referenzniveaus

Dass zur Bildung eines Menschen auch Kenntnisse, Fähigkeiten und Einstellungen zu Natur und Naturwissenschaften gehören, ist heute Konsens – nicht nur, weil die Naturwissenschaften ein Kulturgut darstellen, das wie z. B. Musik, Literatur oder Philosophie zur Allgemeinbildung und damit zur sinngebenden Alltagsgestaltung gehört, und weil wir in Zukunft zahlreiche Probleme zu lösen haben werden, für die eine ausreichende Anzahl an qualifizierten Wissenschaftlern benötigt wird. Vielmehr gilt dies auch deswegen, weil politische Entscheidungen über technische Fragen anstehen, die in demokratischen Staaten von möglichst vielen Bürgerinnen und Bürgern auf der Basis naturwissenschaftlicher Grundkenntnisse geteilt und verstanden werden müssen, um von ihnen mitgetragen zu werden.

Die Europäische Kommission hat daher 2007 einen europäischen Referenzrahmen (Europäische Kommission, 2007) veröffentlicht, in dem als eine von acht Schlüsselkompetenzen die „grundlegende naturwissenschaftlich-technische Kompetenz“ beschrieben wird. Naturwissenschaftliche Kompetenz ist danach „die Fähigkeit und Bereitschaft, die natürliche Welt anhand des vorhandenen Wissens und bestimmter Methoden zu erklären, um Fragen zu stellen und auf Belegen beruhende Schlussfolgerungen zu ziehen.“ Sie sei, heißt es im Weiteren, mit dem Verstehen von durch menschliche Tätigkeiten ausgelösten Veränderungen und Verantwortungsbewusstsein als Bürger verbunden. Als Kenntnisse werden die Grundprinzipien der natürlichen Welt, grundlegende wissenschaftliche Konzepte, Grundsätze und Methoden, Technik, technische Produkte und Verfahren genannt. Die zur naturwissenschaftlichen Kompetenz gehörenden Fähigkeiten und Einstellungen werden in ähnlich allgemeiner Form beschrieben. Welches sind aber nun eigentlich die Grundprinzipien, die wissenschaftlichen Konzepte, die Grundsätze und Methoden, die zur Fähigkeit, die Welt zu erklären gehören? Und anschließend stellt sich die Frage nach dem Weg: Wie kann das Lehren im Bereich der Naturwissenschaften die innere Motivation des lebenslangen Lernens fördern? Versucht man darüber einen Konsens herzustellen, wird schnell klar, dass Meinungen dazu auseinandergehen und nur ein gesellschaftlicher Aushandlungsprozess zu einem wünschenswerten Ergebnis führt. Diesen möglichst europaweit in Gang zu bringen, ist ein Anliegen dieser Schrift.

Eine weitere Frage drängt sich beim Referenzrahmen der europäischen Kommission auf: Jede Person hat eine eigene Eindringtiefe in das Verständnis naturwissenschaftlicher Sachverhalte. Um eine Aussage treffen zu können, wie die auf Naturwissenschaft bezogene Bildung aussehen sollte, muss die Möglichkeit bestehen, einen Bildungsaspekt auf verschiedenen Niveaustufen anzugeben. An dieser Stelle hilft der bewährte „Gemeinsame europäische Referenzrahmen für Sprachen“ (Goethe-Institut 2002) weiter. Dort sind Niveaustufen vorgegeben, an denen sich der GeRRN orientiert, um so gegebenenfalls als eine Grundlage zur Ermittlung des Bildungsstandes dienen zu können. Einen vollständigen Kanon aller naturwissenschaftlichen Bildungsinhalte erstellen zu wollen, wäre jedoch vermessen und nicht zielführend. Anhand einiger exemplarisch ausgewählter fachlicher und überfachlicher Themengebiete sowie prozessbezogener Kompetenzen zeigt dieser Vorschlag stattdessen auf, wie die unterschiedlichen Niveaustufen inhaltlich beschrieben werden können.

Auf den ersten Blick könnte der GeRRN wie ein Bildungsplan für verschiedene Schularten verstanden werden. Dies soll er aber gerade *nicht* sein. Mit dem GeRRN wird ein neuer Ansatz gewählt: Er gibt nicht wie ein Lehrplan vor, was im Unterricht gelernt und welche Kompetenzen erworben werden sollen, sondern hält fest, was nach unserer (zu diskutierenden) Setzung an naturwissenschaftlichen Kompetenzen in unserer Gesellschaft vorliegen soll, gestuft nach fünf verschiedenen Niveaustufen.

Es liegt auf der Hand, dass daraus eine Aufgabe für Schulen und andere Bildungseinrichtungen erwächst: Wie kann dieser Bildungsstand erreicht werden? Auch hier wird verfahren wie beim Referenzrahmen für die Sprachen, der den Untertitel führt „Lernen, lehren, beurteilen“ (Goethe-Institut 2002). Im Kapitel 05 „Bildung stärken: Lernen und Lehren in den Naturwissenschaften verändern“ werden grundlegende Aussagen zum Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen<sup>1</sup> gemacht.

Im GeRRN werden exemplarisch Inhalte und Kompetenzen zu wenigen ausgewählten zentralen Fach-Konzepten formuliert und mithilfe von Beispielen erläutert. Zugeordnete Alltagsvorstellungen beleuchten die Aufgabe, die Vorstellungen auf gewissen Niveaustufen zu tragfähigeren Konzepten zu revidieren.

<sup>1</sup> Unter „Kompetenzen“ werden in dieser Schrift Fähigkeiten mit kognitiven, emotionalen und Handlungsaspekten verstanden.

Der GeRRN hat somit eine Doppelrolle: Er ist ein Mittel zu Beschreibung und Ermittlung der Niveaustufe der auf Naturwissenschaft bezogenen Bildung eines Menschen und liefert Beiträge für Bildungseinrichtungen zur Formulierung von Bildungsstandards und Curricula sowie Perspektiven zum Lernen und Lehren im Bereich der Naturwissenschaften.

Mithilfe des GeRRN sollen folgende Ziele verfolgt werden:

- Stärkung der Naturwissenschaften als Kulturgut der Menschheit in Schule und Gesellschaft;
- In sich stimmige, altersgerechte Entwicklung der naturwissenschaftlichen Bildung jedes Menschen von Anfang an bis zum Ende seiner Ausbildung und Befähigung zu lebenslangem selbstständigen Erweitern der eigenen Kompetenzen;
- Stärkere Akzeptanz und Nachhaltigkeit der Naturwissenschaften bei den Schülern durch altersgemäße, nicht überzogene Anforderungen;
- Entscheidendes Kriterium bei der Auswahl von Lerngegenständen sollte nicht deren Rolle im bisher gängigen Schulunterricht sein, sondern vielmehr die Frage, ob und warum das zu Lernende tatsächlich für einen Menschen dieses Bildungsniveaus jetzt und in seinem zukünftigen (schulischen und außerschulischen) Leben einen Mehrwert darstellt.
- Stärkung einer Entwicklung zur nachhaltigen Bedeutung der naturwissenschaftlichen Bildung durch Sicherung und spiralcurriculare Vertiefung des jeweils erreichten Niveaus.

### Gemeinsame Referenzniveaus

Die analog zum Referenzrahmen für Sprachen definierten Referenzniveaus sind im Einzelnen in Tabelle 1 zusammengestellt. Dabei gibt es zwei wesentliche Unterschiede gegenüber den Sprachen:

Die Referenzniveaus der C-Stufe entsprechen der naturwissenschaftlichen Bildung eines Experten, sind also der Ausbildungsstufe Bachelor (C1) oder Master (C2) in einem naturwissenschaftlichen Fach zuzuordnen. Die inhaltliche Beschreibung dieser Niveaus ist sicherlich eine reizvolle Aufgabe, fällt aber in die Zuständigkeit von Hochschulvertretern und wird im Rahmen dieses GeRRN nicht weiter verfolgt.

Gegenüber dem Referenzrahmen für Sprachen wurde ein zusätzliches Niveau B1+ eingefügt. Es hat sich nämlich herausgestellt, dass zahlreiche abstraktere Aspekte in den Naturwissenschaften zum Tragen kommen, die über die Niveaustufe B1 hinausgehen. B1+ beschreibt daher Kompetenzen, die für das Erreichen des Referenzniveaus B2 eines gut gebildeten Nicht-Naturwissenschaftlers vorauszusetzen sind, ohne dabei dessen Tiefe schon zu erreichen. Ein Beispiel sind etwa Kenntnisse über Atome und Moleküle (vgl. O4.2 Chemie. Materie: Wie Eigenschaften, Aufbau und Verwendung von Stoffen zusammenhängen).

Elementare auf Naturwissenschaften bezogene Bildung		Allgemeinbildung auf Naturwissenschaften bezogen		
A1	A2	B1	B1+	B2
Erleben von und Beschäftigen mit Phänomenen in Natur und Technik	Sachgerechtes Wahrnehmen und persönliches Deuten beim Beschäftigen mit Phänomenen in Natur und Technik	Kennen und Anwenden von grundlegenden naturwissenschaftlichen Konzepten	Zentrale Konzepte und Ideen der Naturwissenschaften kennen sowie eigenständig anwenden und reflektieren	Zentrale Konzepte und Theorien der Naturwissenschaften kennen, eigenständig reflektieren und bewerten

Tab. 1. Referenzniveaus der auf Naturwissenschaften bezogenen Bildung

Die unterste Zeile von Tabelle 1 enthält Aussagen über die auf dem jeweiligen Niveau zu erwartenden Tätigkeiten, Fähigkeiten oder die Eindringtiefe einer Person dieses Bildungsniveaus.

Die Bildung eines Menschen entwickelt sich oftmals unabhängig von seinem Schulabschluss weiter. Trotzdem kann ein lockerer Zusammenhang zwischen Schulstufen und Referenzniveaus hergestellt werden. So sollte ein Unterricht in einem naturwissenschaftlichen Fach, der zum Abitur führt, so gestaltet sein, dass auch noch nach Jahren die Kompetenzen der Niveaustufe B2 des GeRRN vorhanden sind. Da das Vergessen von Fachbegriffen und

Namen im Laufe der Zeit selbstverständlich ist, können Kompetenzen im GeRRN nur allgemein formuliert sein und beziehen sich eher auf Konzepte als auf Details.

In ähnlicher Weise wie zwischen Abitur und B2 kann die Beziehung zwischen A1 und der Bildung in Elternhaus und Kita, also vor Eintritt in die Grundschule, zwischen A2 und Klasse 6 (vor Beginn des Unterrichts in Physik und Chemie) und B1 und dem mittleren Schulabschluss hergestellt werden. Erwirbt ein Schüler die Berechtigung zum Besuch eines Kurses, der zum Abitur führt, sollte er die Kompetenzen für das Niveau B1+ dauerhaft erworben haben.

## 02

# Referenzniveaus für prozessbezogene naturwissenschaftliche Kompetenzen

Referenzniveaus (Niveaustufen) sollen einen zu erwartenden Endzustand beschreiben. Damit ist keinerlei Aussage über die Vorgänge des Unterrichtens oder der informellen Bildung (außerhalb des Schulunterrichts) getroffen. Trotzdem können die in Tabelle 2 zusammengestellten Niveaus prozessbezogener Kompetenzen für den Unterrichtsprozess selbst wichtige Impulse liefern. Damit lebendige Begriffe statt leerer Worthülsen verwendet werden können, ist es sinnvoll, im Lernprozess an alle zuvor liegenden Stufen anzuknüpfen, bzw. falls zuvor noch nicht geschehen, diese erstmalig zu durchlaufen, d. h., auch auf dem diagnostizierten Ausgangszustand folgerichtig und unabhängig vom Alter, aber abhängig von seiner Entwicklung aufzubauen. So werden die Voraussetzungen geschaffen, um von einer Oberflächen- zu einer Tiefenstruktur des

Wissens und zu einem echten Verständnis der naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zu kommen. Je nach kognitiver Möglichkeit des Lernenden werden nur einzelne Stufen durchlaufen. In den ersten sechs Jahren der Schule/des regulären Schulbesuchs (also Grundschule und ggf. Beginn der weiterführenden Schule) werden Schüler in der Regel nur zur Stufe des sachlichen Beschreibens geführt. Haben die Lernenden die formal-operationale Phase<sup>3</sup> erreicht, sollte es möglich sein, in der Kursstufe des Gymnasiums, insbesondere beim Hochschulstudium, alle Stufen zu durchlaufen. Diese an PLAPPERT (2011) angelehnten Überlegungen werden in Kapitel 05 genauer vorgestellt. In Tabelle 2 sind die entsprechenden Kompetenzen für die fünf Niveaustufen (s. Tab. 1) formuliert.

<sup>2</sup> „Erklären“ bedeutet keineswegs, jede Warum-Frage bis ins Letzte eindeutig beantworten zu können. Gemeint ist mit diesem Operator, Ursachen eines Sachverhalts im Rahmen einer Theorie darzulegen.

<sup>3</sup> Diese auf PIAGET zurückgehenden Begriffe sind unabhängig von seiner Theorie weiterhin brauchbar (vgl. HATTIE 2014), um die bei Lernenden zu beobachtenden Phänomene zu beschreiben.

<b>A1</b>	<p><b>Erleben von und Beschäftigen mit Phänomenen in Natur und Technik</b></p> <p>Herstellen einer persönlichen Beziehung durch Erfahrungen mit Phänomenen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Man kann in Muße „spielerisch forschen“, sich in elementarer, persönlicher Alltagssprache ungeordnet, kindlich, ohne Fachbegriffe ausdrücken und Fragen zu Phänomenen in Natur und Technik stellen, sowie eigene Erklärungen finden.</i></li> </ul> <p>Entspricht etwa dem Stand vor dem Eintritt in die Schule.</p>
<b>A2</b>	<p><b>Sachgerechtes Wahrnehmen und persönliches Deuten beim Beschäftigen mit Phänomenen in Natur und Technik</b></p> <p>Herstellen einer persönlichen Beziehung zu und sachgemäßes Beschreiben von Phänomenen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Man kann einfache Phänomene und Zusammenhänge qualitativ untersuchen, objektiv in Alltagssprache beschreiben und erste Fachbegriffe sachgerecht verwenden.</i></li> </ul> <p>Entspricht dem Stand Ende der Primarstufe.</p>
<b>B1</b>	<p><b>Kennen und Anwenden von grundlegenden naturwissenschaftlichen Konzepten</b></p> <p>Herstellen einer persönlichen Beziehung und sachgemäßes Beschreiben von Phänomenen und Zusammenhängen als Grundlage der Naturwissenschaften:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Man kann Phänomene und einfache Zusammenhänge untersuchen, zunehmend mit qualitativen Fachbegriffen und elementaren tragfähigen Modellen sinnvoll umgehen, sowie elementare persönliche Bewertungen naturwissenschaftlicher Sachverhalte abgeben.</i></li> </ul> <p>Entspricht dem Stand Ende der Sekundarstufe I.</p>
<b>B1+</b>	<p><b>Zentrale Konzepte und Ideen der Naturwissenschaften kennen sowie eigenständig anwenden und reflektieren</b></p> <p>Herstellen einer persönlichen Beziehung, sachliches und naturwissenschaftliches Beschreiben und Begründen von Phänomenen und Zusammenhängen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Man kann Zusammenhänge selbstständig qualitativ und auch quantitativ untersuchen, mit zentralen Fachbegriffen und Konzepten sachgerecht umgehen, auch auf der Modellebene, dabei kritisch über Grenzen der Modellbildung reflektieren und persönliche Bewertungen einfacher Zusammenhänge begründen.</i></li> </ul> <p>Entspricht dem Stand Ende der Sekundarstufe I mit Zugangsberechtigung zu naturwissenschaftlichen Kursen der gymnasialen Oberstufe.</p>
<b>B2</b>	<p><b>Zentrale Konzepte und Theorien der Naturwissenschaften kennen, reflektieren und bewerten</b></p> <p>Herstellen einer persönlichen Beziehung, sachgemäßes und vertieftes naturwissenschaftliches Beschreiben und Erklären<sup>2</sup>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Man kann Zusammenhänge mit zunehmender Komplexität und Selbstständigkeit untersuchen und erforschen, mit Fachbegriffen und Konzepten qualitativ und quantitativ mit zunehmender Schärfe und Komplexität umgehen, ist kritikfähig gegenüber Aussagen zu naturwissenschaftlichen Sachverhalten und versteht erkenntnis-theoretische Erwägungen.</i></li> <li>• <i>Man kann persönliche Bewertung von Zusammenhängen mit zunehmender Komplexität vornehmen und adressatengerecht formulieren.</i></li> </ul> <p>Entspricht dem Stand der Sekundarstufe II (Hochschulzugang für naturwissenschaftliches Fach).</p>

Tab. 2. Gemeinsame Referenzniveaus für prozessbezogene naturwissenschaftliche Kompetenzen.

## 03

# Referenzniveaus für inhaltsbezogene naturwissenschaftliche Kompetenzen

Der Versuch, einen Kanon aller naturwissenschaftlichen Fähigkeiten und Kenntnisse zu erstellen, wäre weder sinnvoll noch überhaupt möglich. Im GeRRN wird deshalb eine übersichtliche Darstellung anhand einiger weniger zentraler Theorien oder Konzepte eines Faches gewählt. Die dort genannten Kompetenzen werden erläutert durch Beispiele, die das zugrundeliegende Fachwissen sowie die Anbindung an die Lebenswelt und damit wichtige Kontexte ins Spiel bringen. Auf diese Weise wird in den folgenden Tabellen das „Drei-Säulen-Modell der naturwissenschaftlichen Grundbildung“ aufgegriffen, wie es die Abbildung 1 zeigt.

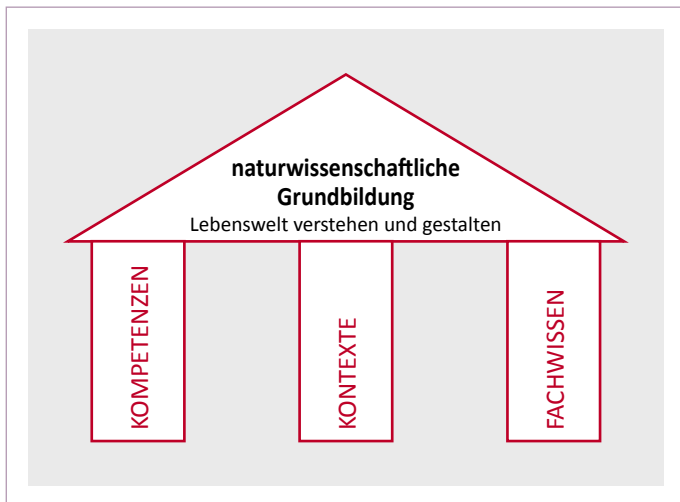


Abb. 1. Drei-Säulen-Modell der naturwissenschaftlichen Grundbildung (Rheinland-Pfalz 2014)

Eine weitere, davon abgetrennte Spalte der folgenden GeRRN-Tabellen enthält exemplarisch Alltagsvorstellungen. Sie sind weitestgehend unabhängig von Niveaustufen, da sie über die Stufen hinweg verfügbar bleiben, verdeutlichen jedoch, wie wichtig die formulierten Kompetenzen sind: Sie geben an, mit welchen Vorstellungen und Denkgewohnheiten in dem genannten Kontext im Unterricht gerechnet werden muss, um daran im Unterricht

anschließen zu können. Diese Vorstellungen werden erst dann revidiert, wenn die betreffende Niveaustufe erreicht ist (BARKE, 2006; DUIT, 2009; HAMMANN & ASSHOFF, 2014; KATTMANN, 2015). „Revidieren“ heißt, dass der Sachverhalt neu angeschaut wird, das heißt, eine neue Sichtweise erreicht wird.

Auch wenn die Naturwissenschaften immer gemeinsam genannt werden, hat doch jedes Fach eine eigene „Brille“, durch die die Welt und ihre Vorgänge betrachtet werden (MNU, 2004). Aus diesem Grund sind die folgenden Tabellen nach Fächern getrennt. Als wichtige fächerübergreifende Kontexte wurden jedoch in Kapitel 04.1 zwei Themenbereiche den fachbezogenen Tabellen vorangestellt: Wissen über die Natur der Naturwissenschaften (Nature of Science, NOS), d. h. ihre kulturelle Bedeutung. Sie gehört ebenso zur Allgemeinbildung wie der zweite fachübergreifende Bereich, der über die Naturwissenschaften hinaus von hoher Zukunftsbedeutung für Mensch, Natur und Technik ist: die Klimaproblematik.

Die fachbezogenen Kompetenzen sind wie folgt unterteilt:

#### 04.2 Biologie

Evolution:

Naturgeschichte naturwissenschaftlich erklären

Organismus:

Was Gesundheit und Krankheit bedeuten

Mensch – Natur – Beziehungen:

Umwelt gestalten und bewahren

#### 04.3 Chemie

Materie:

Wie Eigenschaften, Aufbau und Verwendung von Stoffen zusammenhängen

Chemische Reaktionen:

Was die Aussage „ein neuer Stoff wird gebildet“ bedeutet

#### 04.4 Physik

Materie:

Vom ganz Großen und ganz Kleinen

Theorie:

Die Natur berechenbar machen

Energie:

Die Versorgung mit elektrischer Energie im Alltag



Wie man an dieser Übersicht erkennt, wird in den folgenden Tabellen exemplarisch dargestellt, wie dauerhafte, auf naturwissenschaftliche Inhalte bezogene Kompetenzen auf verschiedenen Niveaustufen aussehen sollten. Die für den Unterricht bedeutsamen Kompetenzen des Bereichs Erkenntnisgewinnung, insbesondere die experimentellen

Kompetenzen, können bei dieser Betrachtungsweise naturgemäß nicht auftauchen, da Erwachsene in der Regel kaum Gelegenheit zum Experimentieren haben. Wissen über Experimentieren oder kleine, im Alltag mögliche Experimente werden aber im Folgenden aufgeführt.

# 04 Inhaltsbezogene naturwissenschaftliche Kompetenzen

## 04.1 Fächerübergreifend. NOS: Kulturelle Bedeutung der Naturwissenschaften

Ein Blick in die Menschheitsgeschichte zeigt, dass die Entwicklung von Gesellschaftsformen eng verzahnt ist mit der Entwicklung von Naturwissenschaft und Technik. Die Erkenntnis, dass die Weiterentwicklung unserer hochtechnisierten Welt mit allen Chancen und Risiken zwangsläufig zu einer Veränderung des sozialen Umfeldes führen wird, ermöglicht es jungen Menschen, verantwortungsbewusst und zukunftsorientiert zu handeln.

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert <sup>4</sup> werden
Ein Mensch der Niveaustufe ...			
A1	kann an Beispielen aus seiner Lebenswelt Veränderungen von der Vergangenheit zu heute erzählen, die auf Naturwissenschaft und Technik zurückgehen.	Auf dieser Stufe herrschen Alltagsvorstellungen vor, die Naturwissenschaften stehen dahinter: Fortbewegung mit Pferdekutschen im Vergleich mit dem Automobil; Kochen am Feuer bzw. Elektroherd; Früher wurden andere Lebensmittel erzeugt und gegessen als heute. Früher gab es kein Plastik, noch früher kein Messer aus Metall sondern aus Stein, ...	Technischer Fortschritt ist immer gut. Technischer Fortschritt zerstört die Umwelt. Technische Fortschritte sind ausschließlich Zufallsentdeckungen.
A2	kann phantasievoll mögliche Veränderungen in der Zukunft darstellen.	Ernährung, Mobilität, elektr. Energie, Heizung, sonst. Konsum; Pflanzen- und Tierzüchtung; Medizinische Apparate; Kleidung, Kunstdünger, Medikamente.	

<sup>4</sup> „Revidieren“ soll mehr bedeuten als „erneuern“: Die eigenen Vorstellungen werden immer wieder betrachtet, mithilfe der inzwischen erworbenen Kompetenzen neu bewertet und sukzessive verändert.

B 1	<p>kann an einfachen Beispielen darstellen, wie naturwissenschaftliches Wissen historisch entwickelt worden ist.</p>	<p>Übergang vom geo- zum heliozentrischen Weltbild;                  Von der Urzeugung zur Vermehrung der Lebewesen;                  Atomvorstellung;                  Vorstellungen von der Verbrennung.</p>	<p>Naturwissenschaftliche Aussagen treffen immer zu.</p>
	<p>kann Beispiele für die Entwicklung der technischen Nutzung naturwissenschaftlicher Gesetze beschreiben.</p>	<p>Industrielle Revolution – Entwicklung der Dampfmaschine, Entwicklung von Transportsystemen, Nutzung der elektrischen Energie (Beleuchtung, Antrieb);                  Impfung;                  einfache Beispiele für Gentechnik;                  Metallherstellung aus Erzen;                  Erdölauftrennung für Treibstoffe.</p>	<p>Naturwissenschaft und Technik sind dasselbe.</p>
	<p>kann die Lebensläufe ausgewählter Forscherinnen und Forscher im historischen Kontext skizzieren.</p>	<p>Persönlichkeiten, die weitanschaulich wichtige naturwissenschaftliche Phänomene beschrieben und erklärt haben, z. NEWTON, DARWIN, LAVOISIER, EINSTEIN, ALFRED WEGENER.</p>	
	<p>kann an einem Beispiel darlegen, dass naturwissenschaftliche Beschreibungen oft vereinfachen.</p>	<p>Planetarbewegung im Sonnensystem;                  Verbrennungen an Luft, wobei Nebenprodukte wie Stickstoffoxide ausgeblendet werden.</p>	<p>Naturwissenschaft beschreibt die Wirklichkeit, wie sie ist.</p>

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Ein Mensch der Niveaustufe ...			
B1+	kann exemplarisch beschreiben, wie naturwissenschaftliche Gesetze technisch genutzt werden.	<p>Elektromagnetische Induktion zur Bereitstellung von elektrischer Energie; Verdoppelung der DNA durch PCR; Katalysator im Auto mit Dosierung der Luftzufuhr; MRT.</p> <p>Die Entdeckung RÖNTGENS im Kontext des technischen Fortschritts des 19. Jahrhunderts; Leistungen des Lehrers OHM für die Weiterentwicklung der Elektrizitätslehre; DARWINs Evolutionstheorie in den Kontext von Konstanzlehre und Evolutionsspekulationen; Entdeckung der Kernspaltung durch OTTO HAHN und LISE MEITNER und die Entwicklung der Atombombe im Zweiten Weltkrieg; Entdeckung des Penicillins (ALEXANDER FLEMING).</p> <p>Veränderungen der Weltbilder von ARISTOTELES, PTOLEMÄUS, KOPERNIKUS und KEPLER bis hin zur modernen Kosmologie; Atommodelle; Theorie der Katalyse; Vorstellungen vom Gen; Plattentektonik.</p>	<p>Naturwissenschaft ist unabhängig von historischen und gesellschaftlichen Bedingungen.</p> <p>Naturwissenschaftliche Aussagen sind zeitlos gültig.</p>

<p>B2</p> <p>kann an ausgewählten Beispielen darstellen, wie naturwissenschaftliche Theorien historisch entwickelt worden sind.</p>	<p>Historische Entwicklung von antiken Lichtvorstellungen, über Teilchenmodelle (NEWTON) und Strahlenmodell des Lichts, über die Wellennatur bis zum quantenphysikalischen Photonenvorstellung;</p> <p>Identifikation des genetischen Materials von den Proteinen zur DNA und epigenetischer Beeinflussung;</p> <p>Die Entwicklung der Oxidationstheorie durch LAVOISIER;</p> <p>Begriff „Säure“ von der sauren Lösung über bestimmte Stoffe bis zum Protonendonator.</p> <p>Voranreiben der handwerklich-technischen Entwicklung der Vakuumpumpen durch Forschungen im 17. Jhd. und dessen Einfluss auf die Formulierung der Gasgesetze;</p> <p>Erkenntnisse der Cytologie und Mikrobiologie durch Entwicklung des Licht- und Elektronenmikroskope;</p> <p>Oxidation und Reduktion bei der Metallherstellung.</p> <p>Kritisch-rationale Beschränkung der Naturwissenschaft auf Hypothesen, die durch Beobachtung und Experiment überprüft werden können;</p> <p>Die Naturwissenschaft ist als ein spezifischer Zugang zu einem Weltverständnis zu begreifen. Exakte Aussagen gelten nur unter bestimmten Bedingungen (Wenn-dann-Aussagen).</p> <p>Jede erfolgreiche Forscherpersönlichkeit gehört zu einem großen Team aus Leitungspersonen, Assistierenden und vielen weiteren Personen;</p> <p>Kooperation von Personen aus verschiedenen Disziplinen.</p> <p>Vorläufigkeit des modernen Weltbildes.</p> <p>Beispiele: Entwicklung der Theorien zur Natur des Lichts, Theorien zur Vererbung, Phlogiston- vs. Oxidationstheorie, Entdeckung des Nanobereichs als weitere Dimension zwischen Stoff- und Teilchenebene.</p> <p>Die Entwicklung der Naturwissenschaften hat eine über Jahrtausende lange Entwicklung in unterschiedlichen Kulturräumen.</p>
<p>kann exemplarisch beschreiben, wie naturwissenschaftliche und technische Erkenntnisse sich gegenseitig beeinflussen.</p>	<p>Naturwissenschaftliche Erkenntnisse beeinflussen technische Fortschritt, umgekehrt gilt das nicht.</p>
<p>kann die Wege der Erkenntnisgewinnung in der Naturwissenschaft, ihren hypothetischen Charakter und ihre Grenzen prinzipiell darstellen.</p>	<p>Naturwissenschaftliche Theorien sind gesichertes Wissen.</p> <p>Die Naturwissenschaften sind die einzige Erkenntnisquelle.</p>
<p>kann soziale Strukturen, die innerhalb historischer und aktueller naturwissenschaftlicher Forschung existieren, skizzieren.</p>	<p>Forscher arbeiten wie Einsiedler.</p>
<p>kann erklären, dass naturwissenschaftliches Wissen vorläufig ist.</p>	<p>Heutige Vorstellungen zu naturwissenschaftlichen Sachverhalten müssen in Zukunft nicht mehr revidiert werden.</p>
<p>kann die Naturwissenschaft als Kulturen übergreifende Errungenschaft einordnen und bewerten.</p>	<p>Naturwissenschaften sind eine Errungenschaft der westlichen Welt.</p>

## 04.1 Fächerübergreifend. Mensch, Natur, Technik: Klimaproblematik

Der menschliche Einfluss auf die Entwicklung des Klimas der Erde ist eine für das Überleben der Menschheit zentrale Frage. Alle heute Heranwachsende werden in ihrem Leben existenziell betroffen davon sein, ob es gelingt, die in den Klimarahmenkonventionen festgelegten Ziele zu erreichen. Um angemessene persönliche und gesellschaftliche Entscheidungen treffen zu können, ist neben ökonomischem und soziologischem Wissen besonders ein fundiertes naturwissenschaftliches Wissen und eine entsprechende Handlungskompetenz notwendig. Nur so kann verantwortungsvoll eingesetzte Kreativität zu weitsichtigen intelligenten Lösungen führen.

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Ein Mensch der Niveaustufe ...			
A1	kann die Schönheit und die jahreszeitliche Entwicklung der Natur erleben und kommunizieren.	Beziehung zur als erhaltenswert erlebten Natur wird aufgebaut beim Spielen, bei Spaziergängen und Wanderungen in der Natur, bei Anpflanzungen im Beet.	Lebensmittel sind selbstverständlich vorhanden. Eigenes Verhalten und globale Entwicklungen hängen miteinander nicht zusammen.
	kann einfache Herstellungsprozesse von Lebensmitteln in eigenen Worten erläutern.	Brot- oder Kuchenbacken, Getreide mahlen, Marmelade herstellen.	
	kann sich so verhalten, dass er achtsam mit natürlichen und menschengemachten Ressourcen und Energie umgeht.	Beleuchtung, Heizung und Lüftung; sinnvoll eingesetzten, achtsamer Umgang mit Lebensmitteln.	
A2	kann grundlegende Zusammenhänge der Lebensmittelherstellung, der Mobilität, der Heizung von Häusern, der Nutzung elektrischer Energie und des sonstigen Konsums in sachlich korrekter Alltagssprache beschreiben.	Energieeinsatz bei Herstellungsprozessen von Konsumgütern, z. B.: Obst- und Gemüsebau, Milch-, Käse-, Nudel-, Zucker-, Salz-, Speiseöl-Herstellung. Verschiedene Heizungstypen. Verschiedene Möglichkeiten der Bereitstellung elektr. Energie..	Schnelles Autofahren verbraucht weniger Treibstoff, da die Fahrdauer kürzer ist.
	kann sich ressourcensparend verhalten und dieses Verhalten in angemessener Alltagssprache erklären.	Sinnvoller Umgang mit Lebensmitteln, intelligentes Heizen, sparsame Nutzung elektrischer Energie, gezieltes Einkaufen.	
	kann Lebensmittel bzw. andere Produkte des täglichen Bedarfs nach Rezept ressourcensparend selbst herstellen	Kuchen, Brot, Nudeln, einfache Gerichte, Marmelade, Saft, Seife.	

<p>B 1</p>	<p>kann wesentliche in der persönlichen Lebenswelt vorkommende Pflanzen und Tiere benennen. kann den Treibhauseffekt qualitativ erläutern.</p>	<p>Strahlungsgleichgewicht Sonne-Erde, unterschiedliche Wirkung von sichtbarem Licht und thermische Strahlung, zentrale Treibhausgase.</p>
	<p>kann die wichtigen Bestandteile der Luft in ungefähren Größenordnungen angeben.</p>	<p>Stickstoff (ca. 80 %), Sauerstoff (ca. 20 %), Kohlenstoffdioxid (ca. 0,04 %), Wasser (ca. 3–4 %) Begriff: relative Luftfeuchtigkeit</p>
	<p>kann die Ursachen und Wirkungen des anthropogenen Anteils beschreiben.</p>	<p>Kohlenstoffkreislauf, Wirkungsverhältnis der wichtigsten Treibhausgase, Zunahme der Treibhausgase in der Vergangenheit, zentrale Voraussagen der Klimamodelle.</p>
	<p>kann wichtige gesellschaftliche und persönliche Maßnahmen zur Verminderung des anthropogenen Anteils benennen und begründen. kann das 2-Grad-Ziel erläutern.</p>	<p>An Beispielen zur Ernährung, Mobilität, Heizung, Versorgung mit elektr. Energie, sonstigen Konsums. Ausstoß von Kohlenstoffdioxid und anderen klimaschädlichen Gasen reduzieren und mehr Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre entfernen hin zum Fließgleichgewicht</p>
		<p>Strahlung wird von der Erde reflektiert und an der oberen Grenz- bzw. Ozonschicht zurückreflektiert. Strahlung kommt durch das Ozonloch herein und findet den Ausgang nicht mehr, da sie von der Grenzschicht reflektiert wird. So genannter Treibhauseffekt wird mit Treibhaus analogisiert, wo Glasscheiben den Wärmeaustausch verhindern. Kohlenstoffdioxid oder Sauerstoff als dominanter Anteil der Luft „künstliches“ Kohlenstoffdioxid geht nicht in den Kreislauf ein, sondern verbleibt in der Atmosphäre. Nur Reduzieren des Kohlenstoffdioxidausstoßes ist wichtig. Kohlenstoffdioxid ist einziges klimaschädliches Gas.</p>

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Ein Mensch der Niveaustufe ...			
B1+	kann die Funktionsweise thermischer Kraftwerke und ihren energetischen Wirkungsgrad erklären. kann eigene Energie-Wende-Projekte planen, umsetzen und evaluieren. kann den Treibhauseffekt mit ersten quantitativen Betrachtungen vertieft darstellen. kann wichtige gesellschaftliche und persönliche Maßnahmen zur Verminderung des anthropogenen Anteils quantitativ begründen.	Kohle-, Atom-, Solarkraftwerke.  Quantitative Abschätzung der Wirkungsverhältnisse der wichtigsten Treibhausgase, Voraussagen von Klimamodelle und des Zusammenhangs von Temperaturanstieg und Auswirkungen für das Leben auf der Erde. Vergleich von Energieflussbildern für pflanzliche und tierische Ernährung, quantitativer Vergleich verschiedener Maßnahmen zur Wärmedämmung von Häusern.	Verwechslung und Vermischung mit stratosphärischer Ozonproblematik
B2	kann die Bedeutung der Entropieproduktion bzw. Energieentwertung für die effiziente Energienutzung quantitativ mit Alternativen darstellen. kann quantitativ belegte Maßnahmen für das Land, die Stadt und für sich selbst konzipieren und mit ökologischen, ökonomischen und soziologischen Kriterien bewerten. kann den Systemgedanken am Beispiel des Treibhauseffekts und seinem anthropogenen Anteil erläutern. kann mit fundierten Fachbegriffen die natürliche Klimaentwicklung und den menschlichen Einfluss auf das Klima differenziert mit zentralen quantitativen Angaben darstellen. kann mit fundierten Fachbegriffen globale und persönliche Maßnahmen zur Reduzierung des anthropogenen Treibhauseffekts darstellen. kann an einem geeigneten Beispiel die Wechselwirkung von ökologischer, ökonomischer und sozialer Auswirkung einer Maßnahme beschreiben und eine persönliche Entscheidung begründen. kann begründete Vorschläge darstellen, wie die Akzeptanz von Klimaschutzmaßnahmen in der Politik, der Wirtschaft sowie in der Bevölkerung erhöht werden kann.	Wärmepumpe: Heizung mit minimaler Entropieerzeugung, Elektromotor im Vergleich zum Verbrennungsmotor minimale Entropieerzeugung. Ökologischer Fußabdruck  Beispiel für Systeme: Elektrischer Stromkreis und Wasserstromkreis: Lokale Änderungen wirken sich immer auf das ganze System aus. Bericht auf gegenwärtigem wissenschaftlichem Stand, Weltklimarat. Klimarahmenkonventionen, globale Rechenmodelle.  Umweltpsychologie	Vorstellungen aus „Fake-News“ und alternativen Erklärungsmodellen



## 04.2 Biologie. Evolution: Naturgeschichte naturwissenschaftlich erklären

Ein Erwachsener sollte eine naturgeschichtliche Sicht der Natur besitzen, Vielfalt positiv sehen sowie die universelle Gültigkeit der Evolutions- und Selektionstheorie begründen können.

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Ein Mensch der Niveaustufe ...			
A1	kann Lebewesen aus der Erdgeschichte nennen.	z. B. Dinosaurier	
A2	kann die Rolle des Züchters bei der Züchtung (Zuchtwahl) erläutern und die Ergebnisse beschreiben. kann Geschichte und Verwandtschaft von Lebewesen beschreiben.	Variationen, Haustiere  z. B. Wirbeltiere, vom Wasser aufs Land	Unter- und Überschätzung menschlichen Einflusses.  sprunghafte Veränderungen und bruchstückhafte Abfolge, z. B. Bakterien-Dinosaurier-Mensch.
B1	kann Vererbung an einfachen Beispielen erläutern. kann Geschichte der Lebewesen als Abstammung von gemeinsamen Vorfahren beschreiben. kann Verwandtschaft durch Abstammung erklären. kann den Wandel und die Anpasstheit von Populationen durch Evolutionfaktoren erklären. kann Abstammungslinien ausgehend von gemeinsamen Vorfahren als Verzweigung, d. h. als Anpassung an verschiedene Lebensbedingungen erläutern. kann begründen, dass der Rassenbegriff beim Menschen überholt ist. kann beschreiben, wie die Erde im Laufe ihrer Geschichte durch Lebewesen umgestaltet wurde.	phänomenologisches Auftreten von Merkmalen z. B. Menschenaffen einschließlich Mensch  Variation und Selektion z. B. Entstehung Giraffe und Okapi  z. B. Hominiden, Wirbeltiere  Größere Unterschiede (Vielfalt) innerhalb der Gruppen, gleitende Übergänge der Merkmale  z. B. Anreicherung von Sauerstoff, Bioplanet Erde	Heute lebende Arten sind Vorfahren der weiter entwickelten Arten. Affen sind Vorfahren des Menschen. Verwandtschaft heißt Ähnlichkeit. Lebewesen passen sich absichtsvoll/zielgerichtet an die Umwelt an. Evolution bedeutet Höherentwicklung.  Es gibt Menschenrassen. Menschenrassen sind in ihrem Wesen verschieden. Lebewesen werden passiv an ihre Umwelt angepasst. Mutationen sind immer schädlich.  Anpassung erfolgt absichtsvoll und zielgerichtet. Lebewesen sind perfekt angepasst.
B1+	kann Mutationen und Rekombination als Ursachen von Variabilität nennen. kann Anpasstheit als Ergebnis von Mutation, Rekombination und Selektion erläutern. kann erklären, dass Anpasstheit nie vollkommen ist. kann Artbildung als Ergebnis der Evolution erläutern. kann genetische Argumente gegen Rassismus anführen.	Unterschiede zwischen Menschengruppen bestehen nur in der Häufigkeit der Allele.	

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen
Ein Mensch der Niveaustufe ...		
B2	<p>kann molekularbiologische Daten als Belege für die Evolution interpretieren.</p> <p>kann verschiedene Artbegriffe gegeneinander abwägen und Artbildung anhand genetischer Isolation von Populationen definieren.</p> <p>kann erklären, inwiefern Co-Evolution eine Quelle fortwährender Evolution ist.</p> <p>kann Evolutionstheorie auf verschiedene Bereiche der Biologie anwenden.</p> <p>kann die Rolle von Theorien in den Naturwissenschaften reflektieren.</p> <p>kann verschiedene Evolutionstheorien vergleichen und sie von nicht-naturwissenschaftlichen Konzepten unterscheiden.</p>	<p>Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden</p> <p>Art ist ein einheitlicher Typus von Lebewesen: Alle Individuen sind gleich. Arten verändern sich wie ein Individuum: Alle Artangehörigen verändern sich gleichzeitig und gleichartig.</p> <p>Bei konstanter Umwelt findet keine Evolution statt.</p> <p>„Theorien“ sind unverbindliche Denkmöglichkeiten.</p> <p>Evolution ist „nur“ eine Theorie.</p>

## 04.2 Biologie. Organismus: Was Gesundheit und Krankheit bedeuten

Ein Erwachsener sollte Wissen (Zellbiologie, Physiologie, Genetik) und Haltungen besitzen, um seine Gesundheit zu erhalten und zu fördern, sowie mit Krankheit und Behinderung umzugehen.

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen
Ein Mensch der Niveaustufe ...		
A1	kann sich spielerisch bewegen, spielerisch lernen, mit anderen gemeinsam essen und spielerisch körperliche Phänomene erfahren.	z. B. Atmung, Herzschlag, Sinneswahrnehmungen
	kann über Krankheit und Tod reden.	
A2	kann gesunde Lebensführung auf Organe des Körpers beziehen und die Lage der Organe im Körper angeben.	z. B. Lunge, Herz, Gehirn
	kann Zusammenhänge zwischen körperlichen Tätigkeiten und Aktivität von Organen herstellen.	
	kann Verdauung (als Nahrungsverarbeitung) im Darm und Ausscheidung beschreiben, auch die Beteiligung von Mikroben.	z. B. Atmung, Kreislauf (Frequenzen)
	kann die menschliche Entwicklung beschreiben.	
	kann beschreiben, dass alle Lebewesen aus Zellen bestehen.	Eizelle → Erwachsener
	kann erläutern, dass Wachstum auf Zellteilungen und Zellvergrößerung beruht.	
	kann das eigene Lernen mit Lernhilfen organisieren.	einfacher Zellzyklus
kann angeben, wie man sich vor Infektionskrankheiten schützen kann.		

Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden

Nahrung bleibt im Körper, Verdauung erfolgt im Körper, Mikroben sind hierbei unbedeutend.

Körper sind kontinuierlich aufgebaute Materie.  
Wachstum erfolgt (allein) durch Teilung der Zellen.  
Lernen heißt, sich anzustrengen.  
Impfen ist schädlich.

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Ein Mensch der Niveaustufe ...			
B1	kann Funktionszusammenhänge mit Hilfe von einfachen Modellen erläutern.	z. B. Bewegung (Antagonisten), Kreislauf, Gasaustausch, Nährstoff/Zuckerverarbeitung (Wortgleichung mit Sauerstoff), energetische Betrachtung von Stoffwechselprozessen (Fotosynthese, Zellatmung).	Das Blut fließt in mehreren Kreisläufen, das Herz reinigt das Blut und belädt es mit Sauerstoff. Ausatemungsluft ist schlechte/verbrauchte Luft. Atmung heißt (nur) Gase aufnehmen und abgeben. Nährstoffe liefern Energie (ohne Sauerstoff oder andere chemische Umsetzung).
	kann wesentliche Bestandteile von Zellen und deren Funktion beschreiben.		Zellen sind leer.
	kann die Weitergabe genetischen Materials bei der Mitose erläutern.	Verteilung der schon verdoppelten Chromosomen	unheimlicher Krebs
	kann die chemische Rolle von Enzymen im Stoffwechsel modellhaft beschreiben.	Krebs als ungehemmte Zellteilung	Enzyme sind Akteure, spalten und bauen auf.
	kann den weiblichen Zyklus beschreiben und Verhütungsmöglichkeiten beurteilen.		durchgehende weibliche Fruchtbarkeit
	kann biologische und soziale Risiken und Chancen der Fortpflanzungstechnik bewerten.	Künstliche Befruchtung, Samenspende, Leihmütter, Klonen	Gen und Merkmal sind dasselbe.
	kann die Ebenen von Genotyp und Phänotyp unterscheiden.		
	kann die Ausprägung von Merkmalen durch Gene und Umwelt erläutern.	Weg vom Gen zum Merkmal im einfachem physiologischen Zusammenhang (Gen → Enzym → Merkmal)	
	kann das Zusammenspiel von Sinnen und Nervensystem und den Unterschied zwischen Reiz und Erregung erläutern.		Reize (z. B. Gerüche, Bilder) werden durch die Nerven zum Gehirn geleitet.
	kann den Unterschied und Zusammenhang von Reiz und Sinneswahrnehmung erläutern.	Reiz (Licht, Wärme, Druck u. a.) als Auslöser von Erregung (elektrischer Impulse), die ausgehend von den Rezeptoren über Nerven zum Gehirn bzw. zum Rückenmark und weiter zum Zielorgan geleitet wird.	Ein Ton kommt aus der Stimmgabel. Licht hat eine Farbe.
	kann den Einfluss von Drogen auf den Körper beurteilen.		
	kann unter Kenntnis der Mikroben Schutzmöglichkeiten vor Infektionen erklären.		Alle Mikroben sind gefährlich.
	kann begründen und akzeptieren, dass Krankheit und Behinderung Teile menschlichen Lebens sind.	Abbau physischer, psychischer und sozialer Barrieren gegen Kranke und Behinderte	Krankheit und Behinderung sind anomal.

<p>B1+</p> <p>kann Vorteile und Grenzen von Funktionsmodellen erläutern</p> <p>kann Wechselwirkungen mit Hilfe von Regelkreisen beschreiben.</p> <p>kann spezifische Zellen in Geweben/Organen beschreiben.</p> <p>kann Mitose und Meiose vergleichend beschreiben und deren Funktionen erläutern.</p>	<p>z. B. Modelle zu Atmung, Blutkreislauf, Muskelbewegung, Reiz/Erregung</p> <p>keine einzelnen Stadien</p> <p>auf Sarkomer-Ebene</p> <p>Synapse</p> <p>Wahrnehmung, z. B. Farben, Töne, Bedeutung und Sinn entstehen im Gehirn.</p> <p>z. B. Homöostase bei der Temperaturregulation.</p> <p>Rolle der physiologischen und Umwelt-Faktoren bei der Genregulation</p>	<p>Alle Zellen sind gleich.</p> <p>Lernen erfolgt nach dem Trichtermodell.</p> <p>Information wird von außen aufgenommen, nicht erzeugt, sondern weitergegeben.</p> <p>Gene bestimmen (allein) die Merkmale, enthalten Information.</p> <p>Dominante Gene „herrschen“ über rezessive.</p> <p>Grüne Gentechnik ist „böse“, rote ist gut.</p> <p>Verschlechterung des „Erbguts“ durch Vermehrung der „Erbkranken“</p> <p>Gesundheit ist ein Idealzustand, der Krankheit und Behinderung ausschließt.</p>
<p>B2</p> <p>kann Energetik und Motorik der Muskelbewegung erläutern.</p> <p>kann die Rolle von ATP im Körper erklären.</p> <p>kann die Chemie des Lernens erläutern.</p> <p>kann die Konstruktionsleistung des Gehirns erläutern.</p> <p>kann das Zusammenspiel von Nerven- und Hormonsystem an Beispielen erläutern.</p> <p>kann Zelltypen und Funktionsweise durch Genregulation und Kompartimentierung erläutern.</p> <p>kann die Replikation, Ablauf und Regulation der Proteinbiosynthese sowie die Rolle der Proteine als chemische Prozesse erläutern.</p> <p>kann Faktoren der Merkmalsausbildung nennen, auch der epigenetischen.</p> <p>kann Möglichkeiten der Familienplanung beschreiben und bewerten.</p> <p>kann Klonen erläutern und bewerten.</p> <p>kann Chancen und Risiken gentechnischer Verfahren erläutern und bewerten.</p> <p>kann begründen, warum Eugenik untauglich und daher wissenschaftlich und gesellschaftlich abzulehnen ist.</p> <p>kann Definitionen von Gesundheit, Krankheit und Behinderung kritisch bewerten.</p>	<p>keine einzelnen Stadien</p> <p>auf Sarkomer-Ebene</p> <p>Synapse</p> <p>Wahrnehmung, z. B. Farben, Töne, Bedeutung und Sinn entstehen im Gehirn.</p> <p>z. B. Homöostase bei der Temperaturregulation.</p> <p>Rolle der physiologischen und Umwelt-Faktoren bei der Genregulation</p>	<p>Alle Zellen sind gleich.</p> <p>Lernen erfolgt nach dem Trichtermodell.</p> <p>Information wird von außen aufgenommen, nicht erzeugt, sondern weitergegeben.</p> <p>Gene bestimmen (allein) die Merkmale, enthalten Information.</p> <p>Dominante Gene „herrschen“ über rezessive.</p> <p>Grüne Gentechnik ist „böse“, rote ist gut.</p> <p>Verschlechterung des „Erbguts“ durch Vermehrung der „Erbkranken“</p> <p>Gesundheit ist ein Idealzustand, der Krankheit und Behinderung ausschließt.</p>

### 04.2 Biologie. Mensch – Natur – Beziehungen: Umwelt gestalten und bewahren

Ein Erwachsener sollte menschliches Wirken in biologischen Zusammenhängen beurteilen und bewerten können.

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen
Ein Mensch der Niveaustufe ...		
A1	kann Säugetierarten nennen und Merkmale der Säugetiere angeben.	
	kann Tiere beobachten und tierisches Verhalten deuten. kann angeben, dass es kleine, nicht sichtbare Lebewesen gibt.	Da emotionale Beziehungen erhalten bleiben sollen, sind auch anthropomorphe Vorstellungen zu akzeptieren.
A2	kann einheimische Pflanzen- und Tierarten in ihrem Bau und Lebensäußerungen beschreiben und systematische Gruppen unterscheiden.	
	kann Grundzüge der Fotosynthese angeben. kann einheimische Pflanzen- und Tierarten in ihrem Bau und Lebensäußerungen beschreiben und systematische Gruppen unterscheiden.	Licht als Energiequelle, Pflanzen stellen Nährstoffe selbst her.

Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden

Pflanzen leben nicht so richtig und sind daher nicht interessant.

Die Pflanze ernährt sich aus dem Boden.

Pflanzen leben nicht so richtig und sind daher nicht interessant.

<p>B1</p>	<p>kann Fotosynthese und Zellatmung vergleichend beschreiben. kann Lebewesen in ökologische Kategorien ordnen.</p>	<p>energetischer Zusammenhang von Wasserspaltung und Wasserbildung Produzenten, Konsumenten, Destruenten</p>	<p>Pflanzen atmen nicht (keine Zellatmung bei Pflanzen). Destruenten sind bedeutungslos, da Zersetzungsprozesse ohne sie stattfinden.</p>
<p>kann (Wechsel-)Beziehungen in Ökosystemen beschreiben. kann dynamische Vorgänge in Ökosystemen beschreiben und erläutern, warum es kein „biologisches Gleichgewicht“ gibt.“ kann Grundzüge von bewahrendem und gestaltendem Naturschutz angeben. kann erläutern, dass der Mensch in der Natur eine Doppelrolle als Teil und Gegenüber spielt.</p>	<p>Einfache Sukzessionen, Mosaikzyklen im Wald Bayerischer Wald, Lüneburger Heide, Wattenmeer (Salzwiesen) Bebauen und Pflegen eines Gartens</p>	<p>Die Natur strebt ein Gleichgewicht als Idealzustand an. Der Mensch steht außerhalb der Natur. Er greift als „Störenfried“ in die Natur ein und zerstört das natürliche Gleichgewicht. Mikroben sind unbedeutend oder schädlich. „Zersetzung“ erfolgt ohne Lebewesen.</p>	<p>Die Natur strebt ein Gleichgewicht als Idealzustand an. Der Mensch steht außerhalb der Natur. Er greift als „Störenfried“ in die Natur ein und zerstört das natürliche Gleichgewicht. Mikroben sind unbedeutend oder schädlich. „Zersetzung“ erfolgt ohne Lebewesen.</p>
<p>B1+</p>	<p>kann grundlegende taxonomische Gruppen nennen. kann Motive und Kriterien des bewahrenden und des gestaltenden Naturschutzes bewerten</p>	<p>Unterscheiden der großen Gruppen der Lebewesen (Eukaryoten, Prokaryoten). „Natur Natur sein lassen“ vs. Pflege von Naturschutzgebieten (z. B. gegen Verbuschung von Heide und Moor). Unterscheidung der Notwendigkeit von Eingriffen in unterschiedlichen Gebieten. u. a. Räuber-Beute-Beziehungen (Beute reguliert die Räuber) Definition als Beziehungsgefüge: Art-Umwelt ökologische und organismische Ebene Nutzung so genannter „erneuerbarer Energien“, Ökosystemmanagement mit Hilfe von Computermodellen.</p>	<p>Die Natur muss vor dem Menschen geschützt werden. Gleichgewichte sind stabile Idealzustände. Räuber reguliert die Beute. Nische ist ein Raum oder Ort. Energie kreist in Systemen genauso wie Stoffe. Technik ist naturfeindlich. „Natürlich“ ist gut.</p>
<p>B2</p>	<p>kann die Dynamik von Ökosystemen beschreiben. kann erläutern, was unter einer ökologischen Nische verstanden wird. kann Energieflüsse und Stofftransport (u. a. Kreisläufe) in und zwischen Systemen erläutern. kann Wechselwirkungen in komplexen Systemen erklären. kann bewerten, wie Technik zum Umweltschutz beitragen kann. kann den naturalistischen Fehlschluss beurteilen.</p>	<p>u. a. Räuber-Beute-Beziehungen (Beute reguliert die Räuber) Definition als Beziehungsgefüge: Art-Umwelt ökologische und organismische Ebene Nutzung so genannter „erneuerbarer Energien“, Ökosystemmanagement mit Hilfe von Computermodellen.</p>	<p>Gleichgewichte sind stabile Idealzustände. Räuber reguliert die Beute. Nische ist ein Raum oder Ort. Energie kreist in Systemen genauso wie Stoffe. Technik ist naturfeindlich. „Natürlich“ ist gut.</p>

### 04.3 Chemie. Materie: Wie Eigenschaften, Aufbau und Verwendung von Stoffen zusammenhängen

Ein Erwachsener sollte Wissen über seine stoffliche Umwelt haben, um sich darin zurechtzufinden und um bestimmte Eigenschaften von Stoffen nutzen oder möglichen Schaden durch Stoffe von sich und der Umwelt abzuwenden zu können.

Vorbemerkung: Anstelle des Terminus „kleine Teilchen“ wird heute auch häufig etwas präziser von „Bausteinen der Stoffe“ oder von „Stoffteilchen“ gesprochen. Da sich diese Bezeichnung, durch die die Beziehung zwischen Stoff- und Teilchenebene hergestellt wird, aber noch nicht durchgesetzt hat, bleiben wir bei der herkömmlichen Formulierung.

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Ein Mensch der Niveaustufe ...			
A1	kann Phänomene mit festen und flüssigen Stoffen in persönlicher Alltagssprache ohne Fachausdrücke ungeordnet ausdrücken.	Z. B.: Etwas ist biegsam, klebrig, wässrig. Spielen mit verschiedenen Materialien, kochen und backen.	
	kann eigene Beschreibungen zu Beobachtungen bei Stoffen finden.	Z. B.: Es gibt kalte und warme Stoffe, Sand kann nicht schwimmen, Wasser mag Zucker.	
A2	kann Phänomene bei festen und flüssigen Stoffen und bei Luft sachgerecht mit ersten Fachbegriffen beschreiben.	Durch Sieben kann man Gegenstände verschiedener Größe sortieren, durch Filtrieren Flüssigkeiten von Feststoffen trennen.	Gase werden mit Luft gleichgesetzt. Luft und anderen Gasen wird keine Masse zugeschrieben. Luft wird als „nichts“ betrachtet.
	kann Flüssigkeitspaare nennen, die sich beim Mischen ineinander lösen bzw. nach einiger Zeit sich wieder entmischen.	Löslich: Wasser und Spiritus Entmischung: Wasser und Benzin.	
	kann zeigen, dass Luft Raum einnimmt, und nicht nichts ist.	Erklären von Wind als bewegter Luft.	
	kann Materialien passend für bestimmte Anwendungen auswählen.	Bau eines Drachens oder eines Bootes (zusätzlich technische Kompetenzen verlangt).	
	kann die Kennzeichnung von Gefahrstoffen deuten.	Einen vorgegebenen Lösungsvorschlag für Malerfarben begründen.	



<p>Flüchtige Stoffe, die verdunsten, hören auf zu existieren („lösen sich in nichts auf“).  Sauerstoff ist der größte Bestandteil der Luft.</p>	<p>Metall, Salz, flüchtiger Stoff, Reinstoff; Gemisch, Lösung.</p>	<p>kann einen Stoff aufgrund seiner Eigenschaften einer Stoffklasse zuordnen.</p>
<p>Stoffe sind kontinuierlich aufgebaut.</p>	<p>Ungefähreres Volumenverhältnis von Stickstoff, Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid in Luft; Rolle dieser Gase im menschlichen Körper und bei der Photosynthese.  Seife ist sowohl in Wasser als auch in Fett löslich und stabilisiert so das Wasser-Fett-Gemisch, das sich sonst entmischen würde.  Wechsel des Aggregatzustandes deuten; stärkere Anziehung zwischen kleinen Teilchen als Ursache für höhere Siedetemperatur angeben.  Wasser-Moleküle werden aus Wasserstoff- und Sauerstoff-Atomen gebildet, die miteinander verbunden werden.</p>	<p>kann die Zusammensetzung und Bedeutung des Stoffes „Luft“ erläutern.  kann die Wirkung von Tensiden auf der Stoffebene verständlich machen.  kann einfache stoffliche Phänomene mit der Vorstellung verknüpfen, dass Stoffe aus kleinen Teilchen bestehen.  kann zwischen Molekül und Atom unterscheiden.</p>
<p>Teilchen werden als kleine Stoffportionen gedeutet, ihnen werden also Stoffeigenschaften zugeschrieben.</p>	<p>Radioaktive Strahlung durch Kennzerfall begründen.  Atome im Gitter (Metalle), Ionen im Gitter (Salze), Moleküle (flüchtige Stoffe).  Elemente (kleine Teilchen oder Gitter aus Atomen einer einzigen Art), Verbindungen (kleine Teilchen oder Gitter aus Atomen verschiedener Arten).  Geringes Vorhandensein eines „unlöslichen“ Stoffes in einem Lösungsmittel (Benzin im Grundwasser), Wirkung eines Emulgators.  Molekülformeln interpretieren.</p>	<p>kann Radioaktivität dem Atomkern zuordnen.  kann Stoffklassen die Art ihrer kleinen Teilchen zuordnen.  kann Löslichkeitsphänomene mithilfe der Teilchenstrukturen erläutern.  kann chemische Formeln als abstrakte Beschreibung kleiner Teilchen erläutern.</p>
<p>Es gibt völlig unlösliche Stoffe.</p>	<p>Alle existierenden kleinen Teilchen von Stoffen sind aus Atomen des PSE zusammengesetzt. Atomhülle wird aus bestimmten Anzahlen von Elektronen jeweils gleicher Energie gebildet.</p>	<p>kann das Periodensystem (PSE) als Tabelle der Atomarten angeben mit der Struktur der Atomhülle als Ordnungsprinzip.</p>
<p>H<sub>2</sub>O ist nur eine andere Bezeichnung für Wasser, Elementsymbole sind Abkürzungen von Elementnamen.  Elektronen sind kleine Objekte. Elektronen können sich vor einer Messung schon irgendwo befinden. Elektronen kreisen in verschiedenen Abständen um den Atomkern.</p>	<p>Gefahrenpotenzial von Schadstoffen verschiedener Konzentration in Nahrung, Wasser oder Luft.</p>	<p>kann zu Aussagen über stoffliche Gefahren naturwissenschaftliche Fragen formulieren.</p>

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen
Ein Mensch der Niveaustufe ...		
B2	kann Natur- und Kunststoffen Makromoleküle als kleine Teilchen zuordnen und ihre Funktion beschreiben.	Funktionen von Proteinen im menschlichen Körper; Einsatz von Kunststoffen zur Gewichts- und Kostenersparnis.
	kann Stoffeigenschaften als Folge von chemischen Bindungen und Wechselwirkungen zwischen kleinen Teilchen erläutern.	Hohe Temperaturbeständigkeit von Stoffen mit Gitterstruktur oder mit großen, vernetzten Molekülen.
	kann verschiedene Darstellungsformen von Molekülstrukturen interpretieren.	Strukturformeln, Halbstrukturformeln, Molekülmodelle.
	kann Ordnungsschemata für Stoffe der organischen Chemie nachvollziehen.	Ordnung nach funktionellen Gruppen.
	kann Aussagen über Gefahren und Nutzen von Stoffen beurteilen.	Bedeutung der Aussage „ist krebserregend“ erfassen.
		<p><b>Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden</b></p> <p>Teilchen haben selbst die Eigenschaft der Stoffe. Die gleiche Portion beliebiger Stoffe zeigt bei gleicher Zufuhr thermischer Energie immer dieselbe Temperaturänderung.</p> <p>krebserregende Stoffe erzeugen in jedem Fall Krebs bei Kontakt mit ihnen.</p>

### 04.3 Chemie. Chemische Reaktionen: Was die Aussage „ein neuer Stoff wird gebildet“ bedeutet

Ein Erwachsener sollte wissen, dass beim Erhitzen oder Mischen von Stoffen nicht in jedem Fall eine chemische Reaktion abläuft. Er soll chemische Reaktionen als solche Vorgänge erkennen, bei denen ein neuer Reinstoff gebildet und bei denen Energie von einer Form (z. B. chemisch) in eine andere Form (z. B. elektrisch) umgewandelt wird. Er sollte wissen, dass sich bei chemischen Reaktionen niemals die Gesamtmasse aller beteiligten Stoffe ändert, auch wenn darunter Gase sind.

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden	
Ein Mensch der Niveaustufe ...				
A1	kann Vorgänge beschreiben, bei denen stoffliche Veränderungen geschehen.	Brennen einer Wunderkerze, Auflösen einer Brausetablette, Eis- und Schneeschmelze, Auflösen von Zucker in Wasser. Keine bewusste Unterscheidung zwischen chemischen Reaktionen und Zustandsänderungen eines Stoffes.	Stoffliche Veränderungen sind nichts Alltägliches.	
	kann einfache Reaktionen starten und durch einen Eigenschaftenvergleich von Edukt und Produkt eine stoffliche Veränderung angeben.	Brausetablette in Wasser geben, Gas als neuen Stoff nennen, Kerze entzünden, Wachs als Stoff bezeichnen, der weniger wird.		Stoffe bleiben immer erhalten.
	kann thermische Energie und Licht liefernde Vorgänge beschreiben.	Verbrennung, Wärmekissen.		
A2	kann Vorgänge mit stofflichen Veränderungen nutzen und dabei mögliche Gefahren berücksichtigen.	ein Lagerfeuer aufbauen, es anzünden und mit Wasser löschen, keine theoretischen Begründungen.	Chemie gibt es nur im Labor.	
	kann Stoffumwandlungen im Alltag beobachten und erläutern.	Stoffliche Veränderung z. B. durch Farbänderungen beim Braten, Geruchsänderung bei der Benzinverbrennung im Auto erkennbar.		
	kann Vorgänge nach unterschiedlicher Temperaturänderung unterscheiden.	Abkühlung beim Lösen von Brausetabletten, Erwärmung beim „Löschen“ von Branntkalk mit Wasser.		

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Ein Mensch der Niveaustufe ...			
B1	kann die Bedeutung von Brennstoff, Sauerstoff, Entzündungstemperatur für die Entstehung eines Feuers und zur Erklärung der Maßnahmen zum Löschen eines Brandes nennen. kann Voraussetzungen und Gefahren einer unvollständigen Verbrennung erklären. kann aus Informationen zum Brennstoff Rückschlüsse auf Produkte der Verbrennung ziehen. kann die chemische Reaktion als Bildung von neuen kleinen Teilchen (Produktteilchen) aus den Eduktteilchen erklären. kann das Gesetz zur Erhaltung der Masse anwenden. kann ein Beispiel einer Reaktion angeben, bei der die Umgebung abkühlt. kann erläutern, dass Energieumsatz immer an einen Vorgang und die Bedingungen gebunden ist, nicht an einen Stoff allein. kann technische Einrichtungen nennen, bei denen chemische Reaktionen zum Zwecke der Energielieferung ablaufen und die dabei genutzten Energieformen unterscheiden. kann an einer vorgegebenen einfachen Reaktionsgleichung (Reaktionssymbol) erkennen, dass eine chemische Reaktion beschrieben wird	Alle drei Voraussetzungen müssen zur Entstehung eines Brandes vorliegen. Thermische Energie kann nur aus dem System Brennstoff und Sauerstoff genutzt werden. Bei Feuer in geschlossenen Räumen entsteht wegen Luftmangels ein giftiges Gas. z. B. bei Benzin: Kohlenstoffdioxid und Wasser, bei Wasserstoff: nur Wasser.  Berechnung des Kohlenstoffdioxidausstoßes eines Verbrennungsmotors nachvollziehen. Auflösen einer Brausetablette in einem offenen System.  Batterien, Akkus (elektrische Energie); Verbrennungsanlagen (thermische Energie); Raketenantrieb, Sprengstoffe (mechanische Energie). Formeln und Symbole erklären: Ausgangsstoff(e), Reaktionspfeil und Endstoff(e).	Energie ist im Brennstoff enthalten und wird von diesem bei der Verbrennung abgegeben.  Verbrennen führt zur Vernichtung eines Stoffes, ohne dass dabei ein neuer Stoff entsteht. Ausgangsstoffe sind in Produkten noch enthalten (wie in einem Gemisch). Wenn Gase entstehen, wird das Reaktionsgemisch leichter. Chemische Reaktionen liefern immer Energie. Kohle, Erdöl und Erdgas sind Energie.

<p>Wenn ein hergestelltes Gemisch reagiert, bleibt in keinem Fall etwas davon übrig.</p>	<p>Das Mischungsverhältnis kann beliebig gewählt werden, während bei einer chemischen Reaktion alle daran beteiligten Stoffportionen in festen Massenverhältnissen stehen, unabhängig von den zusammengegebenen Mengen.</p>	<p>B1+ kann mithilfe des Gesetzes der festen Massenverhältnisse chemische Reaktionen von Gemischbildungen unterscheiden.</p>
<p>Reaktionsgleichungen und Formeln sind dasselbe.</p>	<p>Bindungen werden gelöst und neu geknüpft, was i. d. R. mit Änderung der kleinen Teilchen und der Struktur aber Erhaltung der Masse einhergeht.</p>	<p>kann chemische Reaktionen auf der Ebene der kleinen Teilchen der beteiligten Stoffe erklären.</p>
<p>Stoffe und Atome bleiben in den Produkten (unverändert) erhalten.</p>	<p>Photosynthese Gleichung: Bildung von zwei Stoffen (Sauerstoff und Glucose) aus Kohlenstoffdioxid und Wasser mit bestimmten Anzahlverhältnissen.</p>	<p>kann an einer einfachen Reaktionsgleichung den Vorgang erkennen und nachvollziehen.</p>
	<p>Bei der Verbrennung von Magnesium wird das Sauerstoff-Atom zum Sauerstoff-Ion (= Oxid-Ion), die Atomart bleibt erhalten, das Atom wird nicht vollständig vernichtet.</p>	<p>kann die chemische Reaktion als Bildung von neuen kleinen Teilchen aus den Edukteilchen erklären und dabei berücksichtigen, dass bei chemischen Reaktionen Atome weder vollständig vernichtet noch neu erschaffen werden.</p>
	<p>Autokatalysator zur schnelleren Reaktion von Abgasbestandteilen zu weniger giftigen Stoffen.</p>	<p>kann die Wirkung eines Katalysators beschreiben.</p>
	<p>Laden von Akkus, Altern von Akkus Elektrolyse</p>	<p>kann technische Systeme nennen, die die zum Ablauf benötigte Energie nicht in Form von thermischer, sondern elektrischer Energie aufnehmen, wobei immer auch thermische Energie in die Umgebung entweicht.</p>
	<p>Brennstoffzelle, Kraftwerk</p>	<p>kann technische Systeme nennen, in denen Reaktionen ablaufen, die elektrische und thermische Energie abgeben.</p>
<p>Zum Herstellen von chemischen Bindungen benötigt man Energie. Diese steckt dann in den Bindungen und kann durch ihre Spaltung genutzt werden. Chemische Bindungen gibt es nur in Molekülen.</p>	<p>Reagieren Wasserstoff und Sauerstoff miteinander zu Wasser; wird zur Spaltung der chemischen Bindungen in den Wasserstoff- und Sauerstoff-Molekülen Energie benötigt, bei der Bildung der Bindungen zwischen H- und O-Atomen in den Wasser-Molekülen wird Energie abgegeben. Der zweite Betrag überwiegt in diesem Fall.</p>	<p>kann darlegen, dass zur Spaltung einer chemischen Bindung immer Energie benötigt, bei ihrer Herstellung immer Energie abgegeben wird.</p>
	<p>Einfluss von Temperatur und Konzentration (Druck), Oberflächen, Stoffverteilungen.</p>	<p>kann die Ursachen für unterschiedliche Geschwindigkeiten chemischer Reaktionen erläutern.</p>

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen
Ein Mensch der Niveaustufe ...		
B2	<p>kann einfache chemische Reaktionen allgemein als Akzeptor-Donator-Vorgänge zwischen Teilchen der beteiligten Stoffe deuten.</p> <p>kann einfache Reaktionsgleichungen zur Beschreibung von chemischen Reaktionen erstellen.</p> <p>kann chemische Gleichgewichte und Möglichkeiten ihrer Beeinflussung an Beispielen erläutern.</p> <p>kann Vorgänge bei galvanischen Zellen und Elektrolysen als Redoxprozesse mit Energieumwandlung erklären.</p> <p>kann erläutern, dass die bei einer Reaktion gelieferte Energie je nach Reaktionsführung elektrisch oder thermisch sein kann.</p> <p>kann das Konzept zur Synthese von Makromolekülen erläutern.</p> <p>kann beim Vergleich mehrerer Synthesevarianten unterscheiden, bei welcher möglichst viele Atome der Ausgangsstoffe im gewünschten Produkt enthalten sind, und damit einen Aspekt der nachhaltigen Chemie erläutern.</p> <p>kann die Grundprinzipien ausgewählter chemisch-technischer Verfahren und Synthesen darlegen (z. B. Haber-Bosch-Verfahren; Erdölaufbereitung)</p>	<p>Säure-Base-Reaktionen, Redox-Reaktionen.</p> <p>Zusammensetzung des Inhalts einer Flasche Sekt vor, beim und nach dem Öffnen.</p> <p>Prinzip der Bereitstellung von elektrischer Energie in einer Batterie.</p> <p>Galvanische Elemente gegenüber der „Ein-Topf-Reaktion“ derselben Stoffe.</p> <p>Aus Molekülen einer (oder einiger weniger) Sorte(n), die jeweils zwei oder mehr reaktive Stellen haben, entstehen durch Knüpfen chemischer Bindungen sehr große Moleküle (Makromoleküle).</p> <p>Gebildete Abfall-Produkte werden minimiert (Konzept der Atomökonomie).</p> <p>Ausgangsstoff zur Düngemittelproduktion (Ammoniak) kann damit aus leicht zugänglichen Stoffen wie Luft und Wasser/Erdgas großtechnisch – mit großem Energieeinsatz – produziert werden.</p> <p>Erdöl muss für verschiedene Verwendungen chemisch aufbereitet und verändert werden.</p>
		<p>Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden</p> <p>Reaktionen laufen immer vollständig ab oder gar nicht.</p>

### 04.4 Physik. Materie: Vom ganz Großen und ganz Kleinen

Durch physikalisches Experimentieren und Nachdenken kann der Blick zum ganz Großen, z. B. Kosmologie, und zum ganz Kleinen, z. B. Quarks, geweitet werden. Die dabei gewonnenen Ergebnisse haben das Verständnis der Welt zentral erweitert, z. B. durch die Gedanken der Relativitätstheorie und der Quantenphysik. Erkenntnistheoretische Fragen und die Methoden der Erkenntnisgewinnung spielen eine wichtige Rolle für den Aufbau eines fundierten persönlichen Weltbildes.

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Ein Mensch der Niveaustufe ...			
A1	kann spielerisch und neugierig die Lebenswelt beobachten und erkunden.	Staudämme bauen, Hütten bauen, kreativ mit einfachen Handwerkszeugen umgehen, ...	
	kann Beobachtungen in der eigenen Sprache darstellen.	immer wenn sich Blätter bewegen, weht Wind: mein Schatten läuft immer hinter mir her; ...	
	kann eigene Ordnungssysteme erfinden.	in der Natur Gefundenes nach eigenen Gesichtspunkten sortieren.	
A2	kann subjektive Theorien zu eigenen Beobachtungen erzählen.	Steine sinken im Wasser, weil das Wasser sie ansaugt, oder Blasen steigen im Wasser hoch, weil die Luft über dem Wasser sie anzieht.	
	kann in Experimenten zeigen, wie sich Gegenstände durch äußere Einwirkungen verändern.	Thermisches Ausdehnen und Zusammenziehen, Kompressibilität von Gasen, Flüssigkeiten und festen Stoffen, Magnetisierung, elektrische Leitfähigkeit, Aggregatzustandsänderung.	
B1	kann durch äußere Einwirkungen hervorgerufene Phänomene in seiner Lebenswelt aufzeigen und in sachgerechter Alltagssprache beschreiben.	Luftmatratze in der Sonne, Dehnungsfugen, Brückenlager; Sprengwirkung von gefrorenem Eis, Kompass, ...	Gegenstände verhalten sich „menschlich“.
	kann mit typischen Einheiten für Basisgrößen im Alltag umgehen.	Dichte, Masse, Volumen	Atome sind wirklich Kügelchen.
	kann angeben, dass Atome und andere Teilchen quantenphysikalisch beschrieben werden können.	Quantenphysikalisches Atommodell als Bild	Die Kernenergie ist eine „saubere“ Energie.
	kann Phänomene nennen, die erst aufgrund der Fortschritte in der Atom- und Kernphysik entdeckt wurden.	Radioaktivität, Kernfusion, Kernkraftwerk, Röntgengerät	

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen
Ein Mensch der Niveaustufe ...		
B1+	kann Methoden bzw. Forschungseinrichtungen aufzeigen, durch die die Erkenntnisse der Physik über die Struktur der Materie möglich wurden.  kann historische und erkenntnistheoretische Überlegungen zum Strukturmodell von Materie darstellen.  kann qualitative Bilanzen mit der Masse-Energie-Äquivalenz aufstellen.  kann Rückschlüsse auf den Aufbau des Kosmos und die dort ablaufenden Vorgänge nachvollziehen.	Teilchenbeschleuniger; Spektralanalyse.  Historische Entwicklung von Modellen und Vorstellungen, zukünftige Modellentwicklung, Zusammenhang von Modell und Wirklichkeit.  Kernfusion als Energielieferant der Sonne, Kernenergie  Berechnung von Planetenbahnen, Sternentwicklungen
B2	kann Methoden mit vertieften physikalischen Konzepten erläutern, durch die die Erkenntnisse der Physik über die Struktur der Materie möglich wurden.  kann das quantenphysikalische Atommodell mit tiefergehenden physikalischen Fachbegriffen und Vorstellungen sachgerecht darstellen.  kann die Grundzüge der Quantenphysik und der Relativitätstheorie mit tiefergehenden physikalischen Fachbegriffen und Vorstellungen sachgerecht darstellen.  kann historische und erkenntnistheoretische Überlegungen darstellen.	Prinzipieller Aufbau von Kernforschungsreaktoren bzw. Fusionsreaktoren, Auswerten von Lichtspektren, Doppelspaltexperimente mit Licht, Elektronen und Molekülen  Antreffwahrscheinlichkeiten von Elektronen, Eigenschwingungen vergleichbar den Chladnischen Klangfiguren, nichtkontinuierliche Übergänge  Grundzüge der Quantenphysik und der Relativitätstheorie, Standardteilchenmodell.  Unterschiedliche kosmologische Weltmodelle, verschiedene Interpretationen der Quantenphysik.
Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden		Teilchenphysik ist nur für die Physiker selbst interessant und hat keine Bedeutung für den technischen Fortschritt.  Masse bleibt immer erhalten.  Der Kosmos ist ewig – statisch.  Elektronen sind wie sehr kleine „Objekte“, sie befinden sich unabhängig vom Messprozess an einer bestimmten Stelle.  In der Physik gibt es nichts mehr zu erforschen/zu entdecken.



## 04.4 Physik. Theorie: Die Natur berechenbar machen

Durch ihre Mathematisierbarkeit wurde die Mechanik historisch betrachtet zum Prototyp einer modernen Naturwissenschaft. Durch die Erweiterung der klassischen Mechanik durch die Relativitätstheorie und Quantenmechanik haben die für unser Weltverständnis grundlegenden Begriffe Raum, Zeit, Determinismus eine neue Bedeutung bekommen. Durch die Chaosforschung treten die Grenzen der Berechenbarkeit von Naturscheinungen besonders in den Fokus.

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Ein Mensch der Niveaustufe ...			
A1	kann sich in Raum und Zeit bewegen.	Klettern, Radfahren	
	kann Schaukeln und Wippen.	Schneller und langsamer schwingen, Gleichgewicht herstellen.	
	kann die Bewegung von Gegenständen gezielt beeinflussen.	Kugelbahn, Ball werfen oder schießen	
	kann in eigener Sprache die Erfahrungen beim Bewegen beschreiben.		
A2	kann das Gleichgewicht auf einer Wippe mit einer einfachen Form des Hebelgesetzes beschreiben.	Hebel bei Alltagsgegenständen: Zange, Schere, Wagenheber, keine Formeln verwenden	
	kann einfache Sachrechenaufgaben mit gleichmäßigen Bewegungen durchführen.	Wegstrecke, Geschwindigkeit (als eigenständige Größe betrachtet)	
B1	kann mithilfe einer Formelsammlung geeignete mechanische Erscheinungen mit den physikalischen Größen Geschwindigkeit, Kraft, Impuls, Energie beschreiben und in einfachen Beispielen berechnen.	Kraft bzw. Impulsaufnahme als Ursache von Geschwindigkeitsänderung, Zusammenspiel von Kräften bei Bewegungen.	Kraft ist etwas, das man hat.
	kann Flaschenzug, Fahrrad- und Autogangschaltung als Beispiele für „Kraftwandler“ beschreiben.		Energie kann eingespart werden.
	kann die Beschleunigung von Raketen und das Fliegen von Vögeln und Flugzeugen mit Hilfe des Rückstoßes erklären.		Raketen stoßen sich vom Boden ab.
	kann am Beispiel von Stößen qualitativ die Impuls- und Energieerhaltung erläutern.	Änderung der Geschwindigkeiten der bei einem Zusammenstoß beteiligten Fahrzeuge	
	Verhaltensregeln für die Sicherheit im Verkehr mit physikalischen Gesetzmäßigkeiten in Beziehung setzen.		

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen
Ein Mensch der Niveaustufe ...		
B1+	kann komplexere Bewegungsvorgänge kinematisch analysieren.	Videoanalyse, Bewegungsgleichungen
	kann mithilfe einer Formelsammlung komplexere Bewegungsvorgänge auch Stöße berechnen. kann an ausgewählten chaotischen Vorgängen die Grenzen der Berechenbarkeit von Naturscheinungen aufzeigen.	Energieerhaltung, Impulserhaltung Luft- und Wasserströmungen, Wetter, Würfel
B2	kann in seiner Lebenswelt berechenbare und nichtberechenbare Vorgänge benennen.	Planetenbewegung, reibungsfreier Fall, Wettervorhersage, persönliches Krankheitsrisiko
	kann mechanische Schwingungsphänomene analysieren und mithilfe einer Formelsammlung berechnen. kann Grundzüge der Relativitätstheorie und Quantenmechanik an Beispielen beschreiben.	
	kann nachvollziehen, welche Auswirkungen die Relativitätstheorie und die Quantenmechanik auf Frage der Vorhersagbarkeit bzw. Berechenbarkeit von physikalischen Ereignissen haben.	Tunneleffekt, modernes Bild des Atomaufbaus, Unschärferelation

Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden

Alles ist berechenbar, wenn man nur genug weiß.

Raum und Zeit sind fest vorgegebene Rahmenbedingungen. Elektronen, Atome, Moleküle kann man sich wie sehr kleine Kügelchen vorstellen.

Die Welt kann in Subjekt und Objekt klar getrennt werden („cartesischer Schnitt“).

## 04.4 Physik. Energie: Die Versorgung mit elektrischer Energie im Alltag

Ohne eine sichere Versorgung mit elektrischer Energie ist Leben nicht mehr zu denken. Um am gesellschaftlichen Diskurs zur Energiewende teilhaben und um eigene Entscheidungen verantwortungsvoll treffen zu können, ist ein fundiertes physikalisches Wissen in diesem Bereich unabdingbar.

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Ein Mensch der Niveaustufe ...			
A1	kann mit Flüssigkeiten im Alltag sachgerecht umgehen.	Staudamm bauen, Bäche bauen, Wasser durch Rohre, Trichter u. ä. leiten.	
	kann sachgerecht mit elektrischen Geräten und Einrichtungen des täglichen Lebens umgehen.	Elektrische Beleuchtung, elektrische Geräte mit Stecker anschließen, Taschenlampe, Batterien wechseln.	
	kann sich so verhalten, dass mit „Strom“ sparsam umgegangen wird.		
	kann die Gefährlichkeit im Umgang mit Strom in kindlicher Sprache darstellen.		
A2	kann Experimente mit einfachen Stromkreisen durchführen.	Motoren, Solarzellen, Schalter, Batterien.	
	kann den Aufbau einer Fahrradbeleuchtung beschreiben.	Wechselspiel Dynamo, Verkabelung, Lampe/LED	
	kann die Stromversorgung im Haus beschreiben.	Modellschaltung mit einfachen Bauteilen.	
	kann die Gefahren beim Umgang mit elektrischen Experimenten beschreiben.	Verwendung von Batterien, isolierten Kabel, aber keine Steckdose.	
	kann Beispiele für elektrische Energiespeicher erläutern.	Smartphone, Standlicht beim Fahrrad, E-Bike, Elektroauto	
	kann darstellen, dass es neben Energienutzern auch Energieversorger geben muss.	Batterie, Solarzelle, Dynamo, Kraftwerke	

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen	
Ein Mensch der Niveaustufe ...			
B1	kann elektrische Stromkreise als System erkennen und beschreiben.		
	kann die physikalischen Größen elektrische Stromstärke, elektrische Spannung, elektrische Energie und elektrische Leistung unterscheiden und interpretieren.	kann die wesentlichen Einheiten A, V, J, W angeben	
	kann mit einem Energiekosten-Messer (Leistungsmessgerät) zielgerichtet umgehen.		
	kann die Energieeffizienz verschiedener Beleuchtungstechniken vergleichen.		
	kann die Bedeutung von Generatoren und Transformatoren für die Versorgung mit elektrischer Energie erläutern.		
	kann die Versorgung mit und Speicherung von elektrischer Energie und die dafür notwendigen Energiewandlungsprozesse beschreiben.		
	kann unterschiedliche Energiequellen für die Versorgung mit elektrischer Energie zu Hause und global benennen und vergleichen.	thermische Kraftwerke, Solaranlagen, Windkraftwerke, Biogaskraftwerke, ...	
	B1+	kann bei verzweigten elektrischen Schaltungen die Aufteilung von elektrischer Stromstärke und Spannung erläutern und mithilfe einer Formelsammlung einfache Berechnungen durchführen.	
		kann elektrostatische Phänomene in seiner Lebenswelt physikalisch beschreiben.	Teppichboden, Blitz
		kann elektrische Ladungsträger unterscheiden.	Elektronen, Ionen
	kann verschiedene Systeme zur Versorgung mit elektrischer Energie und Mobilität auch quantitativ vergleichen und bewerten.	Verschiedene Energieszenarien, PKW mit Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen, Elektroantrieb	
Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden			
Das Ganze ist nur die Summe der Einzelteile.			
Strom wird verbraucht.			
Im Haushalt wird der elektrische Stromverbrauch gemessen.			
Bei gleicher Energiequelle fließt immer gleich viel Strom.			

B2	kann elektrische Energieübertragungssysteme vertiefend beschreiben.	Elektrisches und magnetisches Feld als Energiespeicher, Elektromagnetische Wellen zur Energieübertragung
	kann Gefahren, die mit der elektromagnetischen Energieübertragung verbunden sind, sachgerecht einordnen.	Elektrosmog
	kann elektrische Energieversorgungssysteme mit geeigneten physikalischen auch quantitativen Gesetzmäßigkeiten sachgerecht beschreiben und bewerten.	Aufbau der elektrischen Energieversorgungssysteme, Netzstabilität, Probleme der nicht immer verfügbaren so genannten regenerativen Energieträger, Speichersysteme.

Elektrische Energie steckt in der elektrischen Ladung, sie wird von Teilchen wie in einem „Rucksack“ getragen.

# 05

## Bildung stärken: Lernen und Lehren der Naturwissenschaften verändern

Dieses Kapitel des GeRRN soll einen Anstoß zu einem Perspektivwechsel geben, um das Lernen und Lehren im Bereich Naturwissenschaften wirkungsvoller zu gestalten. Aufgegriffen und gebündelt werden einerseits bekannte Vorschläge zur Unterrichtsgestaltung; es werden aber auch bisherige Denkwege verlassen, um der Bildung im Bereich Naturwissenschaften die Geltung zu verschaffen, die zum Verstehen der heutigen naturwissenschaftlich geprägten Welt und zur Lösung zukünftiger Aufgaben notwendig ist. Es geht also um die nachhaltige Umsetzung der Ziele, die in den Kapiteln 02 bis 04 dieses Vorschlags eines Gemeinsamen Referenzrahmens für die Naturwissenschaften (GeRRN) aufgeführt sind. Dabei werden alle Schularten und andere Bildungseinrichtungen in den Blick genommen.

### 05.1 Sachlage und bisherige Versuche zur Abhilfe

#### Zur Sachlage

Seit vielen Jahrzehnten wird national und international nicht nur in Fachkreisen beklagt, dass Lernende ihr anfängliches Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen und am naturwissenschaftlich-technischen Arbeiten im Laufe ihrer Schullaufbahn weitestgehend verlieren. Nach 7 bis 10 Schuljahren gehören die Fächer Chemie und Physik zu den unbeliebtesten, obwohl im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule bei den Kindern durchweg eine hohe motivationale Zuwendung zu den Unterrichtsthemen zu verzeichnen ist.

Man muss daher davon ausgehen, dass im Bereich der Sekundarstufe entsprechend der Lehrplanvorgaben Herausforderungen an die Lernenden gestellt werden, denen sie häufig nicht gewachsen sind bzw. die nicht auf ihr Interesse stoßen. International wurde das Problem des stark nachlassenden Interesses an Naturwissenschaften bereits in den 1960er Jahren erkannt. Unter der Bezeichnung ‚swing from science‘ ging es in die Forschung ein (DEINTON, 1968), wobei es auch Länder betrifft, die in den großen Bildungsstudien vergleichsweise gut abge-

schnitten haben (OSBORNE, SIMON & COLLINS, 2003, LYONS, 2006). In der Bundesrepublik gab es bis Ende des letzten Jahrhunderts keine regelmäßigen Untersuchungen und statistischen Analysen der Leistungsfähigkeit des Bildungssystems. Ausgehend von der im Jahre 1995 durchgeführten TIMS-Studie (Third International Mathematics and Science Study) für die Mittelstufe und den ab 2000 alle drei Jahre neu durchgeführten PISA-Studien zeigten die deutschen Schülerinnen und Schüler in den letzten Studien kontinuierlich steigende Leistungen im naturwissenschaftlichen Anforderungsbereich. Kritisch ist allerdings nach wie vor derjenige Anteil an Schülerinnen und Schülern zu sehen, die auf den beiden untersten Kompetenzniveaus zu verorten sind.

#### Interessensstudien und Versuche zur Abhilfe

Vielfältig sind die Versuche, die Attraktivität naturwissenschaftlichen Unterrichts zu steigern. Entsprechende Programme, wie etwa die Nuffield-Kurse in England und die PSSC-Physikkurse (Physical Science Study Committee, 1956), setzten dabei darauf, die Selbsttätigkeit der Schüler zu unterstützen und an deren aktuellen Interessenlagen anzuknüpfen. Diese und weitere Ansätze erzielten jedoch kaum Wirkungen in der erhofften Richtung. Die Versuche, naturwissenschaftlichen Unterricht allein durch methodisch-didaktische Anstrengungen interessanter zu machen, ohne grundsätzlich über die Struktur der Inhalte und die Perspektive der Lernenden nachzudenken, führten nicht zu dem erwünschten Erfolg (KRAPP, 1992, S. 756).

In der Folge dieser Erkenntnisse starteten in verschiedenen Ländern Projekte zur Implementierung von Curricula, die sich eng an der Lebenswelt der Lernenden orientieren (z. B. England: Salters Chemistry/Physics/Biology; USA: Chemistry in the Community, Deutschland: Chemie/Physik/Biologie im Kontext). Die bisherigen Ergebnisse hinsichtlich des Einflusses dieser Art von Curricula auf die Entwicklung des individuellen Interesses der Lernenden sowie auf deren kognitive Entwicklung sind zwar ermutigend (z. B. DEMUTH, GRÄSEL, PARCHMANN & RALLE, 2008), sie lassen jedoch noch keine eindeutigen Schlussfolgerungen

gen zu. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass kontextorientierter Unterricht sich an die jeweils vorgegebenen Stoffverteilungspläne hält (halten muss) und in der Regel die Abstraktheit der formalen Lerngegenstände, Begriffe und Konzepte nicht merklich reduziert.

Da Erkenntnissen in Naturwissenschaften und Technik eine hohe gesellschaftliche Bedeutung beigemessen wird und diese sich auch im Schulcurriculum wiederfinden sollten, wie Befragungen gezeigt haben (z. B. OSBORNE & COLLINS, 2000, S. 5), sich aber seit über zwanzig Jahren national und international die dringende Notwendigkeit zeigt, am naturwissenschaftlichen Unterricht Anpassungen vorzunehmen, fordern wir dazu auf, das Lernen und Lehren der Naturwissenschaft zu verändern. Eine Voraussetzung dazu ist die weitergehende, an den entwicklungsbedingten Fähigkeiten, Vorerfahrungen und Interessen der Lernenden orientierte Strukturierung der Curricula und Lernprozesse. Darüber hinaus muss auch das Lehren selbst in den Blick genommen werden.

## 05.2 Konsequenzen

Nachdem es bisher noch nicht gelungen ist, die Bildung im Bereich der Naturwissenschaften entscheidend zu verbessern, wird vorgeschlagen, einen Perspektivenwechsel vorzunehmen und den *Prozess* der Bildung verstärkt zu betrachten, um daraus Konsequenzen für das Lernen und Lehren der Naturwissenschaften zu ziehen.

### Der Perspektivenwechsel

Jeder Unterricht kann nur gelingen, wenn berücksichtigt wird, dass es immer auch um Beziehungsgeschehen geht, und zwar zwischen Lehrenden und Lernenden einerseits und zwischen dem Lernenden und dem unterrichteten Sachgegenstand andererseits (Abbildung 2).

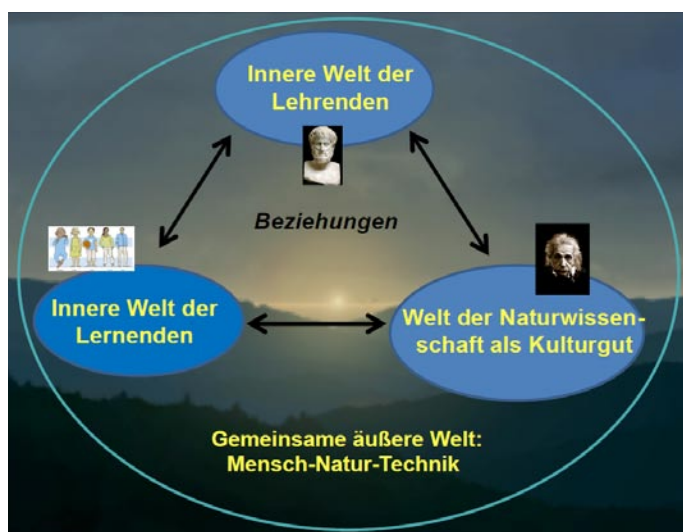


Abb. 2. Beziehungen im Unterricht, dargestellt in einem veränderten didaktischen Dreieck

Für eine gelingende Bildung in den Naturwissenschaften sollten mindestens vier unterschiedliche „Welten“ gleicher-

maßen wahrgenommen, differenziert und im Bildungsprozess miteinander in Verbindung gebracht werden:

1. die „äußere Welt“, die gemeinsame Lebenswelt der Lehrenden und Lernenden
2. die „innere Welt“ der persönlichen Erfahrungen, des persönlichen Wissens und Denkens des *Lernenden*
3. die „innere Welt“ der persönlichen Erfahrungen, des persönlichen Wissens und Denkens des *Lehrenden* und
4. die „Welt der Naturwissenschaft“, ein von Menschen geschaffenes Kulturgut.

Es genügt daher nicht, die Erfahrungsbereiche und Konzepte der einzelnen Naturwissenschaften geschickt didaktisch aufzubereiten und zu reduzieren. Mit dem angestrebten „Umdenken“ ist gemeint, bei allen didaktischen Überlegungen besonders auch die „innere Welt des Lernenden“ konsequent mit in den Blick zu nehmen. Nicht die Struktur und die Inhalte der Naturwissenschaften stehen also allein im Fokus. Zieht man gleichberechtigt auch die entwicklungsgemäße Welterfahrung, die Welterschließung des Lernenden sowie seine aktuell ausgebildeten kognitiven Strukturen, seine persönlichen Erfahrungen, sein alltagssprachliches Vorwissen und Verständnis der Naturerscheinungen und Technik mit in Betracht, rücken grundlegende Erkenntnisse der Entwicklungs- und Kognitionspsychologie stärker in den Mittelpunkt des Lehrens und Lernens (PLAPPERT, 2016). Eine solche Sicht auf die Lernvoraussetzungen und Lernprozesse macht es allerdings notwendig, viel intensiver in die Gedankenwelt der Lernenden einzutauchen, wie auch HATTIE (2014, S. 14) formuliert:

*„Bevor Lehrpersonen Schülerinnen und Schüler dabei helfen können, Wissen und Verstehen zu ‚konstruieren‘, müssen sie die verschiedenen Arten kennen, auf die Schülerinnen und Schüler denken.“*

Gelingt dies nicht, können sich Lernende kognitiv überfordert fühlen, sie resignieren und wenden sich – oft lebenslanglich – von naturwissenschaftlichen Inhalten ab.

Die Denkweise der Schülerinnen und Schüler verstärkt in den Blick zu nehmen ist Grundlage u. a. der Didaktischen Rekonstruktion (KATTMANN, DUIT, GROPENGIESSER & KOMOREK, 1997). Auch wenn bei diesem Prozess von den fachlichen Erkenntnissen und Konzepten abweichende Vorstellungen der Lernenden erkannt werden, sind diese nicht als „Fehlkonzepte“ (misconceptions) zu betrachten, sondern als Lernvoraussetzungen, die auf keinen Fall vernachlässigt werden dürfen. Schließlich sind sie im Lernenden infolge von alltäglichen Erfahrungen zum Teil über viele Jahre gereift und haben so für ihn ihren eigenen, individuellen (Stellen-)Wert erhalten (DUIT, 1993; 2009; HAMMANN & ASSHOFF, 2014; KATTMANN, 2015).

Jedes Lernen erfolgt nur auf der Basis und im Rahmen von bereits Gelerntem, individuell Erfahrenem und Erlebtem. Dies kann zwar revidiert (neu betrachtet), nicht jedoch auf einfache Weise ersetzt werden. Im Prozess der Didaktischen Rekonstruktion werden fachliche Aussagen und Vorstellungen der Lernenden daher systematisch aufeinander bezogen, um Unterricht so zu gestalten, dass fruchtbares und nachhaltiges Lernen gefördert wird. Die Kenntnis der Perspektive der Lernenden ermöglicht der Lehrkraft zu erkennen, welche Hindernisse und Chancen,

welche Denkwege beim fachlichen Lernen zu beachten sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es von den lebensweltlichen Prä-Konzepten der Lernenden keinen einfachen Weg zu wissenschaftlichen Vorstellungen gibt. Der Prozess des „*conceptual change*“ darf nicht als ein simpler Ersatz von Alltagsvorstellungen durch wissenschaftlich belastbare Konzepte verstanden werden. Vielmehr sollte sich die Lehrkraft immer bewusst sein, dass die Lernenden in ihrem bisherigen Leben ganz gut mit ihren Vorstellungen gelebt haben und zumeist auch zufrieden damit waren. Daher ist an diese Vorstellungen anzuknüpfen, um sie für ein bedeutungsvolles Lernen wissenschaftlicher Konzepte zu nutzen (begriffliches Umlernen, *conceptual reconstruction*).

Zudem haben Schule und außerschulische Einrichtungen die Aufgabe, ein Bildungskonzept zu verwirklichen, mit dem Haltungen gefördert werden, die mit Naturwissenschaften als Kulturgut besonders verbunden aber auch weit darüber hinaus von enormer Bedeutung sind. Dazu gehören vor allem Genauigkeit, Ehrlichkeit – auch in Bezug auf die Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnismöglichkeit – und der Wunsch, Zusammenhänge zu erkennen und zu verstehen. Sie sind für die Erkenntnisgewinnung und sowie der Fähigkeit der Lernenden, gesellschaftliche Fragen zu bewerten, unverzichtbar (SCHAEFER, 2007).

### Gestufte Bildung – verschiedene Eindringtiefen

Der Bildungsprozess muss die Entwicklung des Lernenden von der frühen Kindheit bis ins Erwachsenenalter als Ganzes sehen. Unabhängig von der jeweiligen Reife des Lernenden sollte er in jeder Lernsituation die Möglichkeit haben, sich für die Phänomene der Welt öffnen zu können, um sich „mit ihnen zu verbinden“, also eine persönliche Beziehung auch auf emotionaler Ebene einzugehen. Die Lernenden sollen nach ihren persönlichen kognitiven Möglichkeiten und Interessen mehr oder weniger weit zu naturwissenschaftlichen Begriffen und Konzepten geführt werden, sodass sie sie schrittweise in ihr persönliches Begriffsnetz einbetten können und damit die Chance erhalten, von einer Oberflächen- zu einer Tiefenstruktur des Wissens, d. h. zu einem tiefen Verständnis der naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zu gelangen. Auf diese Weise werden dann auch die emotional-psychologischen Aspekte berücksichtigt, die die affektiven Haltungen der Lernenden beeinflussen. So trägt man der Erkenntnis Rechnung, dass die Freude bei der Beschäftigung mit einem Lerngegenstand sich sowohl auf die Wertschätzung des Themas als auch auf den Wissenszuwachs und die Bereitschaft auswirkt, sich zukünftig mit dem Aspekt näher zu beschäftigen (AINLEY & AINLEY, 2011). Von dieser Art des Unterrichtens erwarten wir eine Niveausteigerung, die zu einer besseren naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung führt, aber auch die besonders Begabten und Interessierten noch stärker fördert.

### Bildung als Prozess

Voraussetzung einer gelingenden Bildung im Bereich Naturwissenschaften ist, dass sowohl die Lehrenden als auch die Lernenden eine *forschende Grundhaltung* einnehmen. So können die Lehrenden ihre eigenen Vorstellungen und

die „innere Welt des Lernenden“ in einem stetigen Prozess, immer wieder aufs Neue, im direkten Kontakt und im Dialog mit den Lernenden, rekonstruieren. Dabei muss es verstärkt darum gehen, statt der „Kultur der schnellen Antworten“ eine „Kultur des Fragens“ zu etablieren, die von den Lehrenden und Lernenden Geduld und Ausdauer fordert und in der auch die Vorläufigkeit von Antworten ihren Platz hat. Diese Forschungshaltung hat allgemeinbildenden Wert. Sie ist Voraussetzung einer selbstgesteuerten Lebenshaltung.

Eine weitere Grundannahme ist, dass die Bildung nur dann die Tiefenstruktur des Lernenden erreicht, wenn der Lernende das Erfahrene, das Behandelte zunächst sachgerecht *mit seiner eigenen Alltagssprache beschreiben* kann. Dabei kommt es zu einem ersten Abgleich des Neuen mit verfügbaren Vorstellungen. So wird es ermöglicht, die im Unterricht neu hinzukommenden naturwissenschaftlichen Begriffe mit den persönlichen Präkonzepten zu vergleichen und zu verbinden.

Alltagsvorstellungen – meist als Lernschwierigkeiten eingeschätzt – können durch Didaktische Rekonstruktion der Lerninhalte konkret für den Unterricht nutzbar gemacht werden (KATTMANN, 2015; 2017). Je nach ihrer Beschaffenheit kann dies auf vier verschiedene Weisen geschehen:

- **Anknüpfung:** Es wird ein Aspekt in der Alltagsvorstellung aufgespürt, der mit einem fachlichen korrespondiert und daher einen Ansatzpunkt bietet, zu fachlich angemessenen Vorstellungen zu gelangen. Beispielsweise kann an die Alltagsvorstellung vom „Energieverbrauch“ dadurch angeknüpft werden, dass Energie durch ein System hindurchfließt. An die Stelle von „Verbrauch“ treten dann Aufnahme und Abgabe, daran anknüpfend je nach Unterrichtskonzept der Begriff der Entropieerzeugung bzw. der so genannten Energieentwertung.
- **Ergänzung durch einen anderen Blickwinkel (Perspektivenwechsel):** Die der Alltagsvorstellung zugrunde liegende Sichtweise wird durch einen anderen Blickwinkel ergänzt, der die Alltagsvorstellung revidiert (in neuem Licht erscheinen lässt). So erfordert die Alltagsvorstellung von Stoffen als „Energieträger“ die Ergänzung durch die Betrachtung des zunächst vernachlässigten, da nicht sichtbaren Reaktionspartners Sauerstoff. So wird die zunächst nur einem Reaktionspartner zugeschriebene Energie als Reaktionsenergie erkannt, die also erst durch die chemische Reaktion beider Reaktionspartner verfügbar wird.
- **Kontrast:** Die wissenschaftliche Vorstellung wird der Alltagsvorstellung klar als Alternative gegenübergestellt. Dieses Vorgehen kann zum kognitiven Konflikt führen. Der aus dem Alltag bekannte Stromzähler misst bei wissenschaftlicher Betrachtung keinen elektrischen Strom, sondern die genutzte elektrische Energie. Die elektrische Stromstärke ist in der Hin- und Rückleitung immer gleich groß.
- **Brücke:** Zuweilen eröffnen Präkonzepte sogar die Chance, zu fachlich angemesseneren Lösungen zu gelangen als ohne sie, ja manchmal sogar fachliche



Mängel zu erkennen. So führt die Neigung der Lernenden, Organismen nach Lebensräumen zu ordnen dazu, die vordarwinsche Klassifikation nach Merkmalen zu revidieren und durch Abstammungsgemeinschaften zu ersetzen, deren Evolution sich ökologisch erschließt.

Eine so angelegte Bildung im Bereich der Naturwissenschaften benötigt Zeit. Sie erfordert daher die Konzentration auf fundamentale Beispiele, mit denen die Lernenden elementare Zusammenhänge und Prinzipien erkennen und zu Einsichten gelangen können. Dies erst eröffnet einen fruchtbaren Umgang mit „Basiskonzepten“.

Der Unterricht wird ebenfalls wirkungsvoller, wenn die Lernenden entwicklungsgemäß unterrichtet werden. Beispielsweise stellen die Mathematisierung in der Physik, die klare Unterscheidung von Stoff- und Teilchenebene in der Chemie, die molekulare Ebene in der Biologie in höheren Klassenstufen viel geringere Verständnishürden dar als in unteren. Sie können dort bei den Lernenden viel tiefer innerlich verankert werden, als wenn sie zu früh mit einem oft hohen Aufwand an Übungszeit gelehrt (und leider nur zu selten wirklich verstanden) werden. Niemals dürfen sich Unterrichtende zufriedengeben, Konzepte und Sachverhalte mit abfragbaren aber leeren Worthülsen, wie sie unverstandene Fachtermini darstellen, in den Unterricht einzubringen. Vermittelte Begriffe müssen »lebendig« sein, d. h. gedanklich mit Bedeutungsgehalten verknüpft erfasst werden können. Dabei ist zu beachten, dass die fachlichen Termini Teil des naturwissenschaftlichen Kulturguts und ihre „Benennung“ vielfach nicht eindeutig sind, und sogar fachlich in die Irre leiten können, wenn sie von den Lernenden im (alltagssprachlichen) Wortsinn ausgelegt werden. So ist z. B. die „Bindungsenergie“ chemisch nicht eine Energie, die Teile der Moleküle aneinanderbindet, sondern die Energie, die aufgewendet werden muss, um die Bindung zwischen ihnen zu spalten, oder die „elektrische Stromstärke“ bedeutet nicht die „Stärke“ bzw. Kraft bzw. Geschwindigkeit des elektrischen Stroms, sondern nur, wie groß die elektrische Ladungsmenge ist, die in einer Zeiteinheit durch eine bestimmte Querschnittsfläche hindurch fließt. Gleichfalls bezeichnet der Terminus „ökologische Nische“ keinen Raum, sondern die Umweltbeziehungen einer Art der Lebewesen. Fachwörter sind von der Benennung allein her betrachtet keine fachlichen Bedeutungsträger. Die Lernenden sollten die Bedeutung bzw. die fachlichen Inhalte eines Begriffs zunächst selbst erleben und kennen lernen können, damit der Begriff (das gedankliche Konstrukt) den Lernenden innerlich verfügbar ist, bevor dieser Begriff in einem weiteren Schritt mit dem naturwissenschaftlichen Fachwort bezeichnet wird. Es gilt also: „Erst der Begriff, dann das Wort.“ Bedeutungsvoll erlebtes, Sinn gebendes Lernen soll darüber hinaus durch kontextorientierte Gestaltung von Unterricht gestaltet werden (*situated learning* [z. B. BROWN, COLLINS & DUGUID, 1989], *Resonanzpädagogik* [ROSA & ENDRES, 2016]).

Zwischen dem Erleben der Natur und dem Verfügen über differenzierte Konzepte und Ideen der Naturwissenschaften und ihrer Anwendungen kann man mehrere Zwischenstufen definieren, wie dies in Kapitel 02 erläutert wird.

Für Lernen und Lehren ist es wichtig zu wissen, dass alle Stufen vom Erleben an durchlaufen werden müssen, um wirklich kompetent mit wissenschaftlichen Konzepten umgehen zu können. Jeder neue Inhalt sollte – auch älteren – Lernenden in einer ersten Phase die Möglichkeit geben, den Lerngegenstand erleben zu können, um ihm eine persönliche Bedeutung zu geben. Dabei ist es wichtig, wohlwollend zu verstehen, dass nicht jede und jeder bei allen Lerngegenstände die größte Eindringtiefe erreicht. Während die einen z. B. mathematisch abstrahieren, erfassen andere den Sachverhalt anschaulich (vgl. Repräsentationsformen von BRUNER, 1960). Bei Leistungsfeststellungen und -bewertungen sollte das entsprechend berücksichtigt werden.

### 05.3 Diskussion der Bildungsinhalte auf der Basis des GeRRN

Ein wichtiges Instrument für die Umsetzung der in diesem Beitrag gemachten Anregungen und Forderungen sind die von uns in Kapitel 02–04 für die Naturwissenschaften vorgeschlagenen Präzisierungen des europäischen Referenzrahmen (Europäische Kommission, 2007)<sup>5</sup>, die nun europaweit diskutiert werden sollen, um zu einem möglichst breiten gemeinsamen Fundament für die Bildung zu werden, wie dies bereits für den europäischen Referenzrahmen für Sprachen der Fall ist.

Um dem erwünschten Ziel eines wirkungsvollen naturwissenschaftlichen Unterrichts näher zu kommen, kann eine mitunter auch schmerzhaft Diskussion über seine Inhalte nicht ausbleiben. Hier kann der Referenzrahmen GeRRN gute Dienste leisten. Ein zentrales Kriterium bei der Auswahl der Unterrichtsinhalte darf nicht deren Rolle im bisher gängigen Schulunterricht sein, sondern vielmehr die Frage, ob sie dazu geeignet sind, die im GeRRN geforderten Kompetenzen zu fördern und zu stabilisieren.

### 05.4 Blick nach vorn: Schlussfolgerungen für das Lernen und Lehren der Naturwissenschaften

Wie in jedem Fach gelingt auch das Lernen und Lehren der Naturwissenschaften nur auf der Grundlage einer verständnisvollen Beziehung zwischen Lernenden, Lehrenden und Lerngegenstand. Daraus ergeben sich zusammenfassend folgende Forderungen:

- Es genügt nicht, naturwissenschaftliche Sachverhalte geschickt didaktisch aufzubereiten oder zu reduzieren.
- Es gilt, zwischen der „Erfahrungswelt des Lernenden“ und der „Welt der Naturwissenschaft“ Brücken zu schlagen. Dabei ist es für Lehrerinnen und Lehrer unerlässlich, sich mit den aktuell ausgebildeten kognitiven Strukturen, den persönlichen Erfahrungen und alltagssprachlichem Vorwissen auseinanderzusetzen.

<sup>5</sup> Eine solche normative Setzung vorzunehmen und von dort aus den Unterricht zu denken, wurde vor sechs Jahren bereits im englischsprachigen Raum vorgeschlagen (HARLEN 2010).

- Es muss den Lernenden Zeit und Gelegenheit gegeben werden, über die jeweiligen Vorstellungen zu reden und zu reflektieren, damit ihnen die Schritte hin zu tragfähigen Vorstellungen besser gelingen.
- Es ist nicht hilfreich, Lernenden den Umgang mit abstrakten Begriffen und Modellen lehren zu wollen, wenn sie noch nicht offen dafür sind.
- Es muss den Lernenden die Möglichkeit gegeben werden, sich stufenweise einen Inhalt zu erarbeiten, vom Erleben eines Phänomens über handelnden Umgang zunehmend systematischer bis zum Verständnis mit begrifflicher Schärfe oder Mathematisierung.
- Es bedarf einer forschenden Haltung der Lernenden und der Lehrerenden, d. h. einer Kultur des Fragens anstelle einer Kultur der schnellen Antworten.
- Die Inhalte der naturwissenschaftlichen Fächer sind so zu wählen, dass die im GeRRN zusammengestellten Kompetenzen auf den verschiedenen Niveaustufen stabil ausgebildet werden.

Die auf Naturwissenschaften bezogene Bildung neu zu denken, erfährt in der aktuellen Zeit eine besondere Bedeutung. Stellen undifferenzierte Betrachtungen, Affekte und unkritisch übernommene Parolen Entscheidungsgrundlagen dar, die das Gemeinwesen maßgeblich beeinflussen, gerät dieses selbst in Gefahr. Europas Zukunftsfähigkeit ist stark von technischen Entwicklungen abhängig, die jedoch durch reflektierte Akzeptanz von der Bevölkerung getragen sein müssen. Dies gelingt nur auf der Basis eines breiten grundlegenden Verständnisses naturwissenschaftlicher Sachverhalte, das aus einer positiven Grundhaltung heraus konstruktiv-kritisch besetzt ist. Wie sollen demokratische Entscheidungsprozesse zur Einführung alternativer Techniken ansonsten ablaufen oder ausreichend viele junge Menschen naturwissenschaftlich und technisch geprägte Berufe wählen?

Auch wenn hier viele bereits bekannte Aussagen wiederholt werden, die unbefriedigende Situation der Grundbildung wird erst dann geändert, wenn deren Defizite breit erkannt und als solche akzeptiert worden sind. Nur so besteht die Chance, in allen gesellschaftlichen Schichten zu einem stabilen Grundverständnis naturwissenschaftlicher Sachverhalte zu führen. Dafür setzen wir uns, dafür setzt sich der MNU-Verband ein. Unsere Folgerungen für das Lernen und Lehren der Naturwissenschaften beziehen sich auf alle formellen und informellen Bildungseinrichtungen. Mit dem Unterricht an Schulen verbinden uns darüber hinaus besondere berufliche Erfahrungen. Vier der Autoren unterrichten aktiv an der Schule ein naturwissenschaftliches Fach, alle Autoren haben durch ihre Tätigkeit regelmäßig Einblicke in den realen Unterricht in Deutschland. Ihnen ist bekannt, dass viele Kolleginnen und Kollegen ausgezeichneten Unterricht halten und ein hohes Engagement unter Beweis stellen.

In unser aller Interesse liegt es, den Stellenwert von Bildung in unserer Gesellschaft zu erhöhen. Ein Blick auf die beobachtete und gemessene Situation der Bildung, insbesondere der auf Naturwissenschaften bezogenen, zeigt jedoch, dass von den Anstrengungen in der Schule und anderen Bildungseinrichtungen zu wenig auf Dauer erhalten bleibt. Wir sehen daher dringenden Änderungsbedarf sowohl bei den staatlichen Vorgaben als auch bei der Gestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in allen Schulformen. Lehrplanvorgaben sollten besonders in der Primarstufe und Sekundarstufe I die Lernvoraussetzungen bei den Lernenden stärker berücksichtigen als bisher.

Gelingt es uns, die persönlichen Vorstellungen und die kognitiven Möglichkeiten der Lernenden besser in den Blick zu nehmen, sodass sich die Schülerinnen und Schüler auch in höheren Klassenstufen weniger von den Naturwissenschaften abwenden, haben wir ein großes Ziel erreicht.

# Literatur

- AINLEY, M. & AINLEY, J. (2011). Student engagement with science in early adolescence: The contribution of enjoyment to students' continuing interest in learning about science. *Contemporary Educational Psychology*, 36(1), 4–12.
- BARKE, H.-D. (2006). *Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- BROWN, J. S.; COLLINS, A. & DUGUID, P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*; 18(1), 32–42.
- BRUNER, J. S. (1960). *Der Prozess der Erziehung*. Berlin 1970; (Originalausgabe: *The Process of Education*).
- DEMUTH, R.; GRÄSEL, C.; PARCHMANN, I.; RALLE, B. (Hrsg.) (2008). *Chemie im Kontext – Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts*. Münster: Waxmann.
- DUIT, R. (1993). Schülervorstellungen – von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 4(16), 4–10.
- DUIT, R. (2009). Alltagsvorstellungen und Physiklernen. In E. KIRCHER, R. GIRWIDZ & P. HÄUSSLER, Hrsg., *Physikdidaktik – Theorie und Praxis* (S. 605–630). Berlin: Springer.
- Europäische Kommission (2007): Schlüsselkompetenzen für lebensbegleitendes Lernen, ein europäischer Referenzrahmen. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften. Download unter <http://www.kompetenzrahmen.de/files/europaeischekommission2007de.pdf> (letzter Zugriff: 24.07.2017).
- Goethe-Institut (Hrsg. Deutsche Ausgabe 2002). *Gemeinsamer europäischer Referenzrahmen für Sprachen: Lernen, lehren, beurteilen*. München: Online einzusehen unter <http://www.goethe.de/z/50/commeuro/> (letzter Zugriff: 24.07.2017).
- HAMMANN, M. & ASSHOFF, R. (2014). *Schülervorstellungen im Biologieunterricht. Ursachen für Lernschwierigkeiten*. Seelze: Klett/Kallmeyer.
- HARLEN, WYNNE (Hrsg.). (2010). *Principles and big ideas of science education*. Hatfield.
- HATTIE, J. (2014). *Lernen sichtbar machen für Lehrpersonen*. Überarbeitete deutschsprachige Ausgabe, Baltmannsweiler: Schneider-Verlag.
- KATTMANN, U., DUIT, R., GROENGIESSER, H. & KOMOREK, M. (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein theoretischer Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung, *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 3, H. 3, 3–18.
- KATTMANN, U. (2015). *Schüler besser verstehen. Alltagsvorstellungen im Biologieunterricht*. Hallbergmoos: Aulis.
- KATTMANN, U. (Hrsg.) (2017). *Biologie unterrichten mit Alltagsvorstellungen. Didaktische Rekonstruktion in Unterrichtseinheiten*. Seelze: Klett/Kallmeyer.
- KRAPP, A. (1992). Interesse, Lernen und Leistung – Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. *Zeitschrift für Pädagogik* 38/5, 747–770.
- LYONS, T. (2006). Different Countries, Same Science Classes: Students' experiences of school science in their own words, *International Journal of Science Education*, 28/6, 591–613.
- MNU (2004). *Naturwissenschaften besser verstehen, Lernhindernisse vermeiden. Anregungen zum gemeinsamen Nutzen von Begriffen und Sprechweisen in Biologie, Chemie und Physik (Sekundarbereich I)*. Troisdorf: Bildungsverlag EINS. Download unter [http://www.mnu.de/images/PDF/fachbereiche/chemie/naturwissenschaften\\_besser\\_verstehen.pdf](http://www.mnu.de/images/PDF/fachbereiche/chemie/naturwissenschaften_besser_verstehen.pdf) (letzter Zugriff: 02.08.2017).
- OSBORNE, J. & COLLINS, S. (2000). *Pupils' & parents' views of the school science curriculum*. London: Kings College.
- OSBORNE, J., SIMON, S. & COLLINS, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9) 2003.
- PLAPPERT, D. (2011). Naturwissenschaftliche Bildung vom Kindergarten bis zur Hochschulreife. *PdN Physik in der Schule* 5/2011.
- PLAPPERT, D. (2016): Unterricht, der innerlich berührt – der n-Prozess als didaktischer Weg, erläutert an einer Unterrichtseinheit „Von der Schütteltaschenlampe zu den elektromagnetischen Wellen“. *PdN Physik in der Schule*, 6(65), S. 40–45.
- Rheinland-Pfalz (2014). Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur. *Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Fächer für die weiterführenden Schulen in Rheinland-Pfalz, Klassenstufen 7–9/10*. 2014, S. 9.
- ROSA, H & ENDRES, W. (2016). *Resonanzpädagogik – Wenn es im Klassenzimmer knistert*. Weinheim: Beltz.
- SCHAEFER, G. (Hrsg.) (2007) *Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften mit Ergänzung*. GDNÄ, Köln.

# Autoren

*BIRGIT EISNER ist Lehrerin für Physik und Mathematik am Camerloher Gymnasium in Freising und Physik-Fachreferentin im Vorstandsrat des MNU.*

*Dr. ULRICH KATTMANN ist Professor für Didaktik der Biologie der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg (i. R.).*

*MATTHIAS KREMER ist Bereichsleiter Naturwissenschaften und Ausbilder für Chemie am Staatlichen Seminar für Didaktik und Lehrerbildung Rottweil und Schriftführer im MNU-Vorstand.*

*JÜRGEN LANGLET war bis 2017 Lehrer für Biologie, Chemie und Philosophie und Schulleiter an der Internationalen Deutschen Schule in Brüssel. Er ist ehemaliger MNU-Vorsitzender.*

*DIETER PLAPPERT ist Bereichsleiter Naturwissenschaften und Ausbilder für Physik am Staatlichen Seminar für Didaktik und Lehrerbildung Freiburg.*

*Dr. BERND RALLE ist Professor für Didaktik der Chemie an der TU Dortmund und Herausgeber des MNU-Journals.*

## Impressum

### Herausgeber:

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

### Bildquellenverzeichnis:

DIETER PLAPPERT

### Druck:

Appel & Klinger, Druck und Medien GmbH, Schneckenlohe

ISBN 978-3-9405 16-27-5

### 2. Auflage

© 2017, Verlag Klaus Seeberger  
Vossenacker Str. 9, 41464 Neuss

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.  
Jede auch teilweise Verwertung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen  
bedarf der schriftlichen Einwilligung des Verlages.