

Gemeinsamer europäischer Referenzrahmen für Naturwissenschaften (GERRN)

Wie die Ergebnisse naturwissenschaftlicher Bildung in Europa auf verschiedenen Niveaustufen aussehen sollten. Ein Vorschlag.

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



VERBAND ZUR FÖRDERUNG
DES MINT-UNTERRICHTS
BUNDESVERBAND

V

Vorbemerkungen

01

Ziele

02

Gemeinsame
Referenzniveaus

03

Fächerübergreifende
Kompetenzen

03.1

Kulturhistorische Bedeutung
der Naturwissenschaften

03.2

Klimaproblematik

04

Fachbezogene
Kompetenzen

04.1

Biologie: Gesundheit,
Evolution,
Mensch – Natur – Technik

04.2

Chemie: Materie,
Chemische Reaktionen

04.3

Physik: Vom ganz Großen
und ganz Kleinen,
Die Natur berechenbar
machen,
Die elektrische
Energieversorgung im
Alltag

L

Literatur

Vorbemerkungen

Diese überarbeitete Fassung des Gemeinsamen europäischen *Referenzrahmens* für Naturwissenschaften (GERRN) stellt den jüngsten Stand eines Prozesses dar, der seit 2014 aktiv vom MNU-Verband für den MINT-Unterricht vorangetrieben wurde. Der Beteiligung von MNU-Mitgliedern und Vertretern befreundeter Verbände aus dem In- und Ausland ist bei der Erstellung dieses Referenzrahmens viel zu verdanken.

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

- Dem ehemaligen Bundesvorsitzenden JÜRGEN LANGLET, der die Idee zu einem GERRN entwickelt und vorangetrieben hat, sowie dem aktuellen MNU-Referenten für die Fächer MATTHIAS KREMER, ohne dessen erwiesene Kompetenz und 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 jetzige Fassung erstellt und den Aufruf „Bildung stärken: Naturwissenschaftlichen Unterricht verändern“ (EISNER et al. 2017 im Druck) verfasst hat, der aus dem GERRN resultierende Konsequenzen für den Schulunterricht vorstellt.
- Den Mitarbeitern der Fachgruppen, die die mühevoll geleistete 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, Dr. ANKE DOMROSE, ROBERT STEPHANI, Dr. JUDITH WAMBACH-LAICHER

Physik: BIRGIT EISNER, GERWALD HECKMANN, PETER HEERING, LUTZ KASPER, RAINER KUNZE, ELKE RIEDL, UTE SCHLOBINSKI-VOIGT

In gleicher Weise wie für die Naturwissenschaften mag es für die Fächer Technik und Informatik, die der MNU ebenfalls vertritt, sinnvoll und notwendig erscheinen, 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 europäischen Referenzrahmens für diese Fachbereiche erwartungsvoll entgegen.

Düsseldorf, 15. März 2017

Für den Vorstand des MNU

GERWALD HECKMANN
(Vorsitzender)

01

Ziele

Der Stellenwert der naturwissenschaftlichen Bildung in den Gesellschaften Europas entspricht derzeit nicht ihrer tatsächlichen Bedeutung. Nicht nur, weil Naturwissenschaften ein Kulturgut darstellen, das wie z. B. Musik, Literatur oder Philosophie zur Allgemeinbildung und damit Alltagsbewältigung gehört und weil wir in Zukunft zahlreiche Probleme zu lösen haben werden, für die eine ausreichende Zahl an qualifizierten Wissenschaftlern benötigt wird, sondern vor allem 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.

Es liegt auf der Hand, dass die breitere Verankerung naturwissenschaftlicher Bildung eine Aufgabe der Schulen und ähnlicher Einrichtungen darstellt. Bevor jedoch über Bildungspläne, Curricula oder geeignete Methoden nachgedacht wird, sollte in einem ersten Schritt eine Diskussion darüber stattfinden, worin naturwissenschaftliche Bildung eigentlich bestehen soll. In einem zweiten Schritt kann dann das Vorgehen in den Bildungsstätten in den Blick genommen werden, das so gestaltet werden soll, dass die im GERRN aufgeführten Kompetenzen dauerhaft zur Verfügung stehen. Erste Anstöße dazu werden im Aufruf „Bildung stärken: Naturwissenschaftlichen Unterricht verändern“ von der Autorengruppe des GERRN vorgeschlagen (EISNER et al., 2017)

Da der Referenzrahmen analog zu dem der Sprachen (Goethe-Institut 2002) in Niveaustufen gegliedert ist, kann er auch eine Grundlage zur Ermittlung des Bildungsstandes darstellen.

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

02

Gemeinsame Referenzniveaus

Analog zum erfolgreichen Modell des Gemeinsamen europäischen Referenzrahmens für Sprachen werden im GERRN Referenzstufen definiert, aus pragmatischen Gründen anhand von Ausbildungsstufen.

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

Die folgende Tabelle definiert die *Referenzniveaus* im Einzelnen, wobei gegenüber dem Referenzrahmen für Sprachen ein zusätzliches Niveau B1+ eingefügt wird, weil im Gymnasium zusätzlich zum allgemeinen mittleren Schulabschluss (entsprechend Referenzniveau B1) abstraktere Aspekte zum Tragen kommen, wenn der Besuch eines Kurses mit Abiturniveau (B2) erfolgreich sein soll. Die unterste Zeile enthält Aussagen über die auf dem jeweiligen Niveau zu erwartenden Tätigkeiten, Fähigkeiten oder die Eindringtiefe einer Person dieses Niveaus naturwissenschaftlicher Bildung.

Elementare naturwissenschaftliche Bildung		Naturwissenschaftliche Allgemeinbildung		
A1	A2	B1	B1+	B2
Vor der Schule	Nach 6 Jahren Schule	Sekundarstufe I	Sekundarstufe I mit Berechtigung zum Abiturskurs	Sekundarstufe II Hochschulzugang
Erleben von Natur und Technik	Natur und Sachkunde	Grundlegende Naturwissenschaftskunde	Zentrale Konzepte und Ideen der Naturwissenschaften	Zentrale Konzepte und Ideen der Naturwissenschaften und ihrer Anwendung

Abb. 1. Referenzniveaus auf der Basis von Ausbildungsstufen

Gemeinsame Referenzniveaus für prozessbezogene Kompetenzen

Referenzniveaus sollen einen zu erwartenden Endzustand beschreiben. Sie geben damit aber auch unterschiedliche Eindringtiefen an, die in der jeweiligen „Stufe der Bildungsstätte“ (kurz „Bildungsstufe“) typischerweise angestrebt werden. Damit ist keinerlei Aussage über die Vorgänge des Unterrichts oder der informellen Bildung (außerhalb des Schulunterrichts) getroffen. Trotzdem können die Niveaus 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 Aus-

gangszustand 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 (nach Piaget) erreicht, sollte es möglich sein, in der Kursstufe, insbesondere beim Hochschulstudium, alle Stufen zu durchlaufen. Diese an PLAPPERT (2011) angelehnten Überlegungen werden in Tabelle 1 zusammengefasst.

A1	Entspricht dem Stand vor der Schule: <i>Erleben von Natur und Technik</i> Herstellen einer persönlichen Beziehung durch Erfahrungen mit Phänomenen: <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>	Familie/Kita
A2	Entspricht dem Stand Primarstufe: <i>Natur- und Sachkunde</i> Herstellen einer persönlichen Beziehung mit und sachgemäßes Beschreiben von Phänomenen: <i>Man kann einfache Phänomene und Zusammenhänge qualitativ untersuchen, objektiv in Alltagssprache beschreiben und erste Fachbegriffe sachgerecht verwenden.</i>	Grundschule und Beginn der weiterführenden Schulen
B1	Entspricht dem Stand Sekundarstufe I: <i>Grundlegende „Naturwissenschaftskunde“</i> Herstellen einer persönlichen Beziehung und sachgemäßes Beschreiben von Phänomenen und Zusammenhängen als Grundlage der Naturwissenschaften: <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>	Alle weiterführenden Schulen
B1+	Entspricht dem Stand Sekundarstufe I (Voraussetzung für nw Fach der gymnasialen Oberstufe): <i>Zentrale Konzepte und Ideen der Naturwissenschaften</i> Herstellen einer persönlichen Beziehung, sachliches und naturwissenschaftliches Beschreiben und Begründen von Phänomenen und Zusammenhängen: <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>	Gymnasium und entsprechende Schulformen (Oberstufe und Vorbereitung darauf)
B2	Entspricht dem Stand Sekundarstufe II (Hochschulzugang für nw Fach): <i>Differenzierte Konzepte und Ideen der Naturwissenschaften und ihrer Anwendung</i> Herstellen einer persönlichen Beziehung, sachgemäßes und vertieftes naturwissenschaftliches Beschreiben und Begründen: <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> <i>Man kann persönliche Bewertung von Zusammenhängen mit zunehmender Komplexität vornehmen und adressatengerecht formulieren.</i>	

Tab. 1. Gemeinsame Referenzniveaus für allgemeine prozessbezogene naturwissenschaftliche Kompetenzen.

Gemeinsame Referenzniveaus für das zu erwartende Können

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. Da das Wechselspiel zwischen naturwissenschaftlicher Erkenntnis und deren Anwendungen zu einer sich permanent verändernden Lebenswelt führt, wäre einer noch weiter ins einzelne gehende Darstellung eher kontraproduktiv. Auf diese Weise wird in den folgenden Tabellen das „Drei-Säulen-Modell der naturwissenschaftlichen Grundbildung“ aufgegriffen, wie es die Abbildung 2 zeigt.

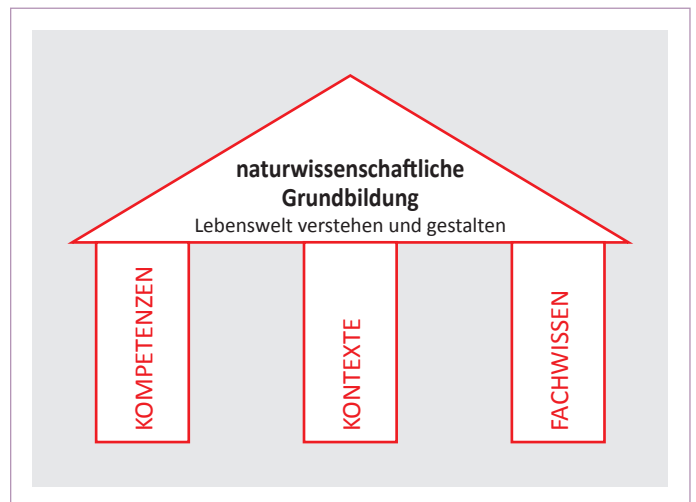


Abb. 2. Drei-Säulen-Modell der naturwissenschaftlichen Grundbildung (Rheinland-Pfalz 2014)

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. Bei Erwachsenen werden diese Vorstellungen revidiert, wenn die betreffende Niveaustufe erreicht ist (BARKE, 2006; DUIT, 2009; HAMMANN & ASSHOFF, 2014; KATTMANN, 2015).

Auch wenn die Naturwissenschaften immer gemeinsam genannt werden, hat doch jedes Fach eine eigene „Brille“, durch die die Welt und ihre Vorgänge betrachtet werden. Aus diesem Grund sind die folgenden Tabellen nach Fächern getrennt. Als wichtige fächerübergreifende Kon-

texte wurden jedoch zwei Themenbereiche den fachbezogenen Tabellen vorangestellt: Wissen über die Natur der Naturwissenschaften (Nature of Science) und ihre kulturhistorische Bedeutung gehört ebenso zur Allgemeinbildung wie der zweite fachübergreifende Bereich, der über die Naturwissenschaften hinaus eine hohe Zukunftsbedeutung hat: die Klimaproblematik.

Die fachbezogenen Kompetenzen sind wie folgt unterteilt:

Biologie: Gesundheit, Evolution, Mensch – Natur – Technik

Chemie: Materie, chemische Reaktionen

Physik: Vom ganz Großen und ganz Kleinen, Die Natur berechenbar machen, Die elektrische Energieversorgung im Alltag.

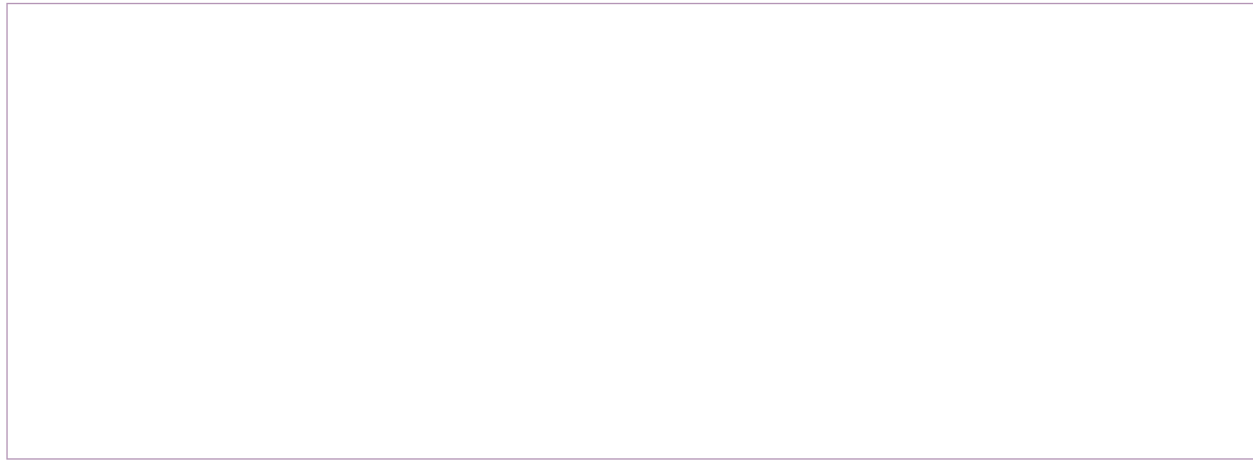
03 Fächerübergreifende Kompetenzen

03.1 Kulturhistorische 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 werden
Ein Mensch der Niveaustufe ...			
A1	kann an Beispielen aus seiner Lebenswelt Veränderungen von der Vergangenheit zu heute erzählen.	<p>Fortbewegung mit Pferdedekutschen im Vergleich mit dem Automobil</p> <p>Kochen am Feuer bzw. Elektroherd</p> <p>Früher wurden andere Lebensmittel erzeugt und gegessen als heute.</p> <p>Früher gab es kein Plastik, viel früher kein Messer aus Metall, sondern aus Stein, ...</p>	<p>In Zukunft ist die Umwelt verschmutzt.</p> <p>Technik zerstört die Umwelt.</p>
A2	kann phantasievoll mögliche Veränderungen in der Zukunft darstellen.	<p>Ernährung, Mobilität, elektr. Energie, Heizung, sonst. Konsum.</p> <p>Pflanzen- und Tierzüchtung</p> <p>Medizinische Apparate</p> <p>Kleidung, Kunststoffe, Medikamente</p>	
B1	kann an einfachen Beispielen darstellen, wie naturwissenschaftliches Wissen historisch entwickelt worden ist.	<p>Übergang vom geo- zum heliozentrischen Weltbild</p> <p>Von der Urzeugung zur Vermehrung der Lebewesen.</p> <p>Atomvorstellung</p> <p>Vorstellungen von der Verbrennung</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>kann die Lebensläufe ausgewählter Forscherinnen und Forscher im historischen Kontext skizzieren.</p>	<p>Persönlichkeiten, nach denen die weltanschaulich wichtige naturwissenschaftliche Phänomene beschrieben und erklärt haben, z. B. NEWTON, DARWIN, LAVOISIER, 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>B1+</p>	<p>kann exemplarisch beschreiben, wie naturwissenschaftliche Gesetze technisch genutzt werden.</p>	<p>Elektromagnetische Induktion zur Gewinnung von elektrischer Energie, Verdoppelung der DNA durch PCR Katalysator im Auto Dosierung der Luftzufuhr im Verbrennungsmotor MRT</p>
	<p>kann Lebensläufe und Leistungen ausgewählter Forscherinnen und Forscher in den historischen Kontext einordnen.</p>	<p>Die Entdeckung RÖNTGENS im Kontext des technischen Fortschritts des 19. Jahrhunderts Leistungen des Lehrers OHM für die Weiterentwicklung der Elektrizitätslehre DARWIN'S Evolutionstheorie in den Kontext von Konstanzlehre und Evolutions Spekulationen. Entdeckung der Kernspaltung durch OTTO HAHN und LISE MEITNER und die Entwicklung der Atombombe im Zweiten Weltkrieg Entdeckung des Penicillins (ALEXANDER FLEMING)</p>
	<p>kann erklären, wie naturwissenschaftliche Beschreibungen, Modelle und Gesetzmäßigkeiten verändert wurden.</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>B2 kann an ausgewählten Beispielen darstellen, wie naturwissenschaftliche Theorien historisch entwickelt worden sind.</p> <p>kann exemplarisch beschreiben, wie naturwissenschaftliche und technische Erkenntnisse sich gegenseitig beeinflussen.</p> <p>kann die Wege der Erkenntnisgewinnung in der Naturwissenschaft und deren Grenzen prinzipiell darstellen.</p> <p>kann soziale Strukturen, die innerhalb historischer und aktueller naturwissenschaftlicher Forschung existieren, skizzieren.</p> <p>kann erklären, dass naturwissenschaftliches Wissen vorläufig ist.</p> <p>kann die Naturwissenschaft als Kulturen übergreifende Errungenschaft einordnen und bewerten.</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>Vorläufigkeit des modernen Weltbildes, 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.</p> <p>Jede erfolgreiche Forscherpersönlichkeit gehört zu einem großen Team aus Leitungspersonen, Assistierenden und vielen weiteren Personen, Kooperation von Personen aus verschiedenen Disziplinen.</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>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

03.2 Klimaproblematik – eine fachübergreifende Herausforderung

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.	Spielen, Spaziergänge und Wanderungen in der Natur, Anpflanzungen im Beet.	
	kann Nutzpflanzen unterscheiden und benennen.		
	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.	
	kann eigene Fragen und Erklärungen zum sinnvollen Umgang mit Ressourcen und Energie finden.	Ernährung, Mobilität, elektr. Energie, Heizung, sonst. Konsum.	
A2	kann grundlegende Zusammenhänge der Lebensmittelherstellung, der Mobilität, der Heizung von Häusern, des elektrischen Energieverbrauchs und des sonstigen Konsums in sachlich korrekter Alltagssprache beschreiben.	Obst- und Gemüsebau, Milch-, Käse-, Nudel-, Zucker-, Salz-, Speiseöl-Herstellung. Verschiedene Heizungstypen. Verschiedene Möglichkeiten der Bereitstellung elektr. Energie, exemplarische Herstellungsprozesse von Konsumgütern.	
	kann sich ressourcensparend verhalten und dieses Verhalten in angemessener Alltagssprache erklären.	Sinnvoller Umgang mit Lebensmitteln, intelligentes Heizen, sparsamer elektr. Energieverbrauch, gezieltes Einkaufen.	
	kann Lebensmittel bzw. andere Produkte des täglichen Bedarfs nach Rezept selbst herstellen	Kuchen, Brot, Nudeln, einfache Gerichte, Marmelade, Saft, Seife.	

GERRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen	Alltagsvorstellungen
B1	kann wesentliche in der persönlichen Lebenswelt vorkommende Pflanzen und Tiere benennen.	Strahlungsgleichgewicht Sonne-Erde, unterschiedliche Wirkung von sichtbarem Licht und Wärmestrahlung, zentrale Treibhausgase,	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.
	kann den Treibhauseffekt qualitativ erläutern.	Stickstoff (ca. 80 %), Sauerstoff (ca. 20 %), Kohlenstoffdioxid (ca. 0,04 %), Wasser (ca. 3–4 %) Begriff: relative Luftfeuchtigkeit)	Kohlenstoffdioxid oder Sauerstoff als dominanter Anteil der Luft
	kann die wichtigen Bestandteile der Luft in ungefähren Größenordnungen angeben.	Kohlenstoffkreislauf, Wirkungsverhältnis der wichtigsten Treibhausgase, Zunahme der Treibhausgase in der Vergangenheit, zentrale Voraussagen der Klimamodelle.	„künstliches“ Kohlenstoffdioxid geht nicht in den Kreislauf ein, sondern verbleibt in der Atmosphäre.
	kann die Ursachen und Wirkungen des anthropogenen Anteils beschreiben.	An Beispielen zur Ernährung, Mobilität, Heizung, elektr. Energieversorgung, sonstigen Konsums.	Nur Reduzieren des Kohlenstoffdioxidausstoßes ist wichtig.
	kann wichtige gesellschaftliche und persönliche Maßnahmen zur Verminderung des anthropogenen Anteils benennen und begründen.	Ausstoß von Kohlenstoffdioxid und anderen klimaschädlichen Gasen reduzieren und mehr Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre entfernen hin zum Fließgleichgewicht	Kohlenstoffdioxid ist einziges klimaschädliches Gas.
B1 +	kann die Funktionsweise thermischer Kraftwerke und ihren energetischen Wirkungsgrad erklären.	Kohle-, Atom-, Solarkraftwerke.	Verwechslung und Vermischung mit stratosphärischer Ozonproblematik
	kann eigene Energie-Wende-Projekte planen, umsetzen und evaluieren.	Quantitative Abschätzung der Wirkungsverhältnisse der wichtigsten Treibhausgase, Voraussagen der Klimamodelle und des Zusammenhangs von Temperaturanstieg und Auswirkungen für das Leben auf der Erde.	
	kann den Treibhauseffekt mit ersten quantitativen Betrachtungen vertieft darstellen.	Vergleich von Energieflussbildern für pflanzliche und tierische Ernährung, quantitativer Vergleich verschiedener Maßnahmen zur Wärmedämmung von Häusern.	

<p>B2</p>	<p>kann die Bedeutung der Entropieproduktion bzw. Energieentwertung für die effiziente Energienutzung quantitativ mit Alternativen darstellen.</p>	<p>Wärmepumpe: Heizung mit minimaler Entropieproduktion, Elektromotor im Vergleich zum Verbrennungsmotor minimale Entropieproduktion. Ökologischer Fußabdruck</p>
<p>kann quantitativ belegte Maßnahmen für das Land, die Stadt und für sich selbst konzipieren und mit ökologischen, ökonomischen und soziologischen Kriterien bewerten.</p>	<p>Elekt. Stromkreis/Wasserstromkreis: Lokale Änderungen wirken sich immer auf das ganze System aus.</p>	<p>Vorstellungen aus „Fake-News“ und alternativen Erklärungsmodellen</p>
<p>kann den Systemgedanken am Beispiel des Treibhauseffekts und seinem anthropogenen Anteil erläutern.</p>	<p>Bericht auf gegenwärtigem wissenschaftlichem Stand, Weltklimarat.</p>	
<p>kann mit fundierten Fachbegriffen die natürliche Klimaentwicklung und den menschliche Einfluss auf das Klima differenziert mit zentralen quantitativen Angaben darstellen.</p>	<p>Klimarahmenkonventionen, globale Rechenmodelle.</p>	
<p>kann mit fundierten Fachbegriffen globale und persönliche Maßnahmen zur Reduzierung des anthropogenen Treibhauseffekts darstellen.</p>		
<p>kann an einem geeigneten Beispiel die Wechselwirkung von ökologischer, ökonomischer und sozialer Auswirkung einer Maßnahme beschreiben und eine persönliche Entscheidung begründen.</p>		
<p>kann begründete Vorschläge darstellen, wie die Akzeptanz von Klimaschutzmaßnahmen in der Politik, der Wirtschaft sowie in der Bevölkerung erhöht werden kann.</p>		<p>Umweltpsychologie</p>

04 Fachbezogene Kompetenzen

04.1 Biologie: Gesundheit

Ein Erwachsener sollte Wissen und Haltungen besitzen, seine Gesundheit zu erhalten und zu fördern.

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. kann über Krankheit und Tod reden.	z. B. Atmung, Herzschlag, Sinneswahrnehmungen
A2	kann gesunde Lebensführung auf Organe des Körpers beziehen und die Lage der Organe im Körper angeben. kann Zusammenhänge zwischen körperlichen Tätigkeiten und Aktivität von Organen herstellen. kann Verdauung (als Nahrungsverarbeitung) im Darm und Ausscheidung beschreiben, auch die Beteiligung von Mikroben. kann das eigene Lernen mit Lernaufgaben organisieren. kann angeben, wie man sich vor Infektionskrankheiten schützen kann.	z. B. Lunge, Herz, Gehirn z. B. Atmung, Kreislauf (Frequenzen) z. B. Hygiene, Impfungen
		<p>Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden</p> <p>Nahrung bleibt im Körper; Verdauung erfolgt im Körper; Mikroben sind hierbei unbedeutend. Lernen heißt sich anzustrengen. Impfen ist schädlich.</p>

B1	<p>kann mit Funktionszusammenhänge mit Hilfe von einfachen Modellen erläutern.</p>	<p>z. B. Bewegung (Antagonisten), Kreislauf, Gasaustausch, Nährstoff/Zuckerverarbeitung (Vergleichung mit Sauerstoff), energetische Betrachtung von Stoffwechselprozessen (Fotosynthese, Zellatmung).</p>	<p>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).</p>
	<p>kann das Zusammenspiel von Sinnen und Nervensystem und den Unterschied zwischen Reiz und Erregung erläutern.</p>	<p>Reiz (Licht, Wärme, Druck u. a.) als Auslöser elektrischer Impulse, die ausgehend von den Rezeptoren über Nerven zum Gehirn bzw. zum Rückenmark und weiter zum Zielorgan geleitet werden.</p>	<p>Reize (z. B. Gerüche, Bilder) werden durch die Nerven zum Gehirn geleitet. Ein Ton kommt aus der Stimmgabel. Licht hat eine Farbe.</p>
	<p>kann den Einfluss von Drogen auf den Körper beurteilen.</p>		<p>Alle Mikroben sind gefährlich.</p>
B1+	<p>kann unter Kenntnis der Mikroben Schutzmöglichkeiten vor Infektionen erklären.</p>		
B2	<p>kann Vorteile und Grenzen von Funktionsmodellen erläutern</p>	<p>z. B. Modelle zu Atmung, Blutkreislauf, Muskelbewegung, Reiz/Erregung auf Sarkomer-Ebene</p>	
	<p>kann Energetik und Motorik der Muskelbewegung erläutern.</p>		<p>Lernen erfolgt nach dem Trichtermodell.</p>
	<p>kann die Rolle von ATP im Körper erklären.</p>		<p>Information wird von außen aufgenommen, nicht erzeugt, sondern weitergegeben.</p>
	<p>kann die Chemie des Lernens erläutern.</p>		
	<p>kann die Konstruktionsleistung des Gehirns erläutern.</p>	<p>z. B. Homöostase bei der Temperaturregulation.</p>	<p>Dichotomie: Man ist entweder gesund oder krank.</p>
	<p>kann das Zusammenspiel von Nerven- und Hormonsystem an Beispielen erläutern.</p>		
	<p>kann Definitionen von Gesundheit und Krankheit beurteilen.</p>		

04.1 Biologie: Evolution

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	Unter- und Überschätzung menschlichen Einflusses diffuse Geschichtsvorstellungen
A2	kann Züchtung erklären. kann Geschichte und Verwandtschaft von Lebewesen beschreiben. kann Vererbung an einfachen Beispielen erläutern.	Variationen, Haustiere z. B. Wirbeltiere, vom Wasser aufs Land phänomenologisches Auftreten von Merkmalen	
B1	kann Geschichte der Lebewesen als Abstammung von gemeinsamen Vorfahren beschreiben. kann Verwandtschaft durch Abstammung erklären.	z. B. Säugetiere, Hominiden	Heute lebende Arten sind Vorfahren der weiter entwickelten Arten. Verwandtschaft heißt Ähnlichkeit. Lebewesen passen sich absichtsvoll/zielgerichtet an. Evolution bedeutet Höherentwicklung.
	kann den Wandel und die Angepasstheit von Populationen durch Evolutionsfaktoren 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.	Variation und Selektion z. B. Entstehung Giraffe und Okapi	
B1+	kann beschreiben, wie die Erde im Laufe ihrer Geschichte durch Lebewesen umgestaltet wurde. kann Mutationen und Rekombination als Ursachen von Variabilität nennen. kann Angepasstheit als Ergebnis von Mutation, Rekombination und Selektion erläutern. kann erklären, dass Angepasstheit nie vollkommen ist. kann Artbildung als Ergebnis der Evolution erläutern. kann biologische Argumente gegen Rassismus anführen.	z. B. Anreicherung von Sauerstoff, Bioplanet Erde	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.

<p>Art ist ein Typus von Lebewesen.</p> <p>Evolution ist nur eine Theorie.</p>

B2	kann molekularbiologische Daten als Belege für die Evolution interpretieren.	
	kann verschiedene Artbegriffe gegeneinander abwägen und Artbildung anhand genetischer Isolation von Populationen definieren.	
	kann erklären, inwiefern Co-Evolution eine Quelle fortwährender Evolution ist.	
	kann Evolutionstheorie auf verschiedene Bereiche der Biologie anwenden.	z. B. Verhalten, Immunität, Resistenzen
	kann die Rolle von Theorien in den Naturwissenschaften reflektieren.	
kann verschiedene Evolutionstheorien vergleichen und sie von nicht-naturwissenschaftlichen Konzepten unterscheiden.	z. B. Schöpfungsvorstellungen, Kreationismus, Epigenetik	

04.1 Biologie: Mensch – Natur – Technik

Ein Erwachsener sollte menschliches Wirken in biologischen Zusammenhängen (Ökologie, Genetik, Zellbiologie) beurteilen und bewerten können.

GERRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
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 beschreiben und systematische Gruppen unterscheiden.		Pflanzen sind nicht interessant.
	kann Grundzüge der Fotosynthese angeben.	Licht als Energiequelle, Pflanzen stellen Nährstoffe selbst her.	Die Pflanze ernährt sich aus dem Boden.
	kann die menschliche Entwicklung beschreiben.	Eizelle → Erwachsener	
	kann beschreiben, dass alle Lebewesen aus Zellen bestehen. kann erläutern, dass Wachstum auf Zellteilungen und Zellvergrößerung beruht.	einfacher Zellzyklus	Körper sind kontinuierlich aufgebaute Materie. Wachstum erfolgt (allein) durch Teilung der Zellen.

<p>B1</p>	<p>kann Fotosynthese und Zellatmung vergleichend beschreiben. kann Lebewesen in ökologische Kategorien ordnen. kann den weiblichen Zyklus beschreiben und Verhütungsmöglichkeiten beurteilen. kann die Ausprägung von Merkmalen durch Gene und Umwelt erläutern. kann die Ebenen von Genotyp und Phänotyp unterscheiden. kann wesentliche Bestandteile von Zellen und deren Funktion beschreiben. kann die Weitergabe genetischen Materials bei der Mitose erläutern. kann die Rolle von Enzymen im Stoffwechsel modellhaft beschreiben. kann erläutern, dass Mikroben notwendige Destruenten und Symbionten in Organismen und Ökosystemen sind.</p>	<p>energetischer Zusammenhang von Wasserspaltung und Wasserbildung Produzenten, Konsumenten, Destruenten Weg vom Gen zum Merkmal im einfachem physiologischen Zusammenhang (Gen → Enzym → Merkmal) Verteilung der schon verdoppelten Chromosomen Krebs als ungehemmte Zellteilung</p>	<p>Pflanzen atmen nicht (keine Zellatmung bei Pflanzen). Destruenten sind bedeutungslos, da Zersetzungsprozesse ohne sie stattfinden. durchgehende weibliche Fruchtbarkeit Gen und Merkmal sind dasselbe. Zellen sind leer unheimlicher Krebs Mikroben sind unbedeutend oder schädlich. „Zersetzung“ erfolgt ohne Lebewesen. Alle Zellen sind gleich.</p>
<p>B1+</p>	<p>kann grundlegende taxonomische Gruppen nennen. kann Wechselwirkungen mit Hilfe von Regelkreisen beschreiben. kann spezifische Zellen in Geweben/Organen beschreiben. kann Mitose und Meiose vergleichend beschreiben und deren Funktionen erläutern.</p>	<p>Unterscheiden der großen Gruppen der Lebewesen (Eukaryoten, Prokaryoten). keine einzelnen Stadien</p>	

<p>B2</p>	<p>kann die Dynamik von Ökosystemen beschreiben.</p>	<p>u. a. Räuber-Beute-Beziehungen (Beute reguliert die Räuber)</p>	<p>Gleichgewichte sind stabile Idealzustände. Räuber reguliert die Beute. Nische ist ein Raum oder Ort.</p>
<p>kann erläutern, was unter einer ökologischen Nische verstanden wird.</p>	<p>Definition als Beziehungsgefüge: Art-Umwelt</p>	<p>Energie kreist in Systemen genauso wie Stoffe.</p>	
<p>kann Energieflüsse und Stofftransport (u. a. Kreisläufe) in und zwischen Systemen erläutern.</p>	<p>ökologische und organismische Ebene</p>		
<p>kann Wechselwirkungen in komplexen Systemen erklären.</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>Gene bestimmen (allein) die Merkmale, enthalten Information. Dominante Gene „herrschen“ über rezessive.</p>
<p>kann Faktoren der Merkmalsausbildung nennen, auch der epigenetischen.</p>	<p>Rolle der physiologischen und Umwelt-Faktoren</p>		
<p>kann Möglichkeiten der Familienplanung beschreiben und bewerten.</p>			
<p>kann Klonen erläutern und bewerten.</p>			<p>Grüne Gentechnik ist „böse“, rote ist gut.</p>
<p>kann Chancen und Risiken gentechnischer Verfahren erläutern und bewerten.</p>			<p>Verschlechterung des „Erbguts“ durch Vermehrung der „Erbkranken“ Natürlich ist gut.</p>
<p>kann begründen, warum Eugenik untauglich und daher wissenschaftlich und gesellschaftlich abzulehnen ist.</p>			
<p>kann den naturalistischen Fehlschluss kritisieren.</p>			

04.2 Chemie: Materie

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 unten verwendeten herkömmlichen Begriffs „kleine Teilchen“ wird heute auch häufig von „Bausteinen der Stoffe“ oder von „Stoffteilchen“ gesprochen.

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 Erklärungen 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 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.	
	kann die Kennzeichnung von Gefahrstoffen deuten.	Vorgegebenen Entsorgungsvorschlag für Malerfarben begründen.	

B1	kann einen Stoff aufgrund seiner Eigenschaften einer Stoffklasse zuordnen. kann die Zusammensetzung und Bedeutung des Stoffes „Luft“ erläutern kann einfache stoffliche Phänomene mit der Vorstellung verknüpfen, dass Stoffe aus kleinen Teilchen bestehen. kann zwischen Molekül und Atom unterscheiden.	Metall, Salz, flüchtiger Stoff, Reinstoff Gemisch, Lösung, Ungefähres Volumenverhältnis von Stickstoff, Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid; Rolle dieser Gase im menschlichen Körper und bei der Photosynthese Wechsel des Aggregatzustandes deuten, stärkere Anziehung zwischen kleinen Teilchen als Ursache für höhere Siedetemperatur angeben. Wasser-Moleküle bestehen aus miteinander verbundenen Wasserstoff- und Sauerstoff-Atomen.	Flüchtige Stoffe, die verdunsten, hören auf zu existieren („lösen sich in Nichts auf“). Stoffe sind kontinuierlich aufgebaut.
B1+	kann Radioaktivität dem Atomkern zuordnen. kann Stoffklassen ihre Teilchenarten zuordnen. kann chemische Formeln als abstrakte Beschreibung kleiner Teilchen erläutern. kann das Periodensystem als Tabelle der Atomarten angeben mit der Struktur der Atomhülle als Ordnungsprinzip. kann zu Aussagen über stoffliche Gefahren naturwissenschaftliche Fragen formulieren.	Radioaktive Strahlung durch Kernzerfall. Atome im Gitter (Metalle), Ionen im Gitter (Salze), Moleküle (flüchtige Stoffe), Elemente (Teilchen aus einer einzigen Atomart), Verbindungen (Teilchen aus verschiedenen Atomarten). Molekülformeln interpretieren. Alle existierenden Teilchen sind aus Atomen des PSE zusammengesetzt. Gefahrenpotenzial von Schadstoffen verschiedener Konzentration in Nahrung, Wasser oder Luft.	Teilchen werden als kleine Stoffportionen gedeutet, ihnen werden also Stoffeigenschaften zugeschrieben.
B2	kann Natur- und Kunststoffen Makromoleküle als Teilchen zuordnen und ihre Funktion beschreiben. kann Stoffeigenschaften als Folge von chemischen Bindungen und Wechselwirkungen zwischen Teilchen erläutern. kann verschiedene Darstellungsformen von Molekülstrukturen interpretieren. kann Ordnungsschemata für Stoffe der organischen Chemie nachvollziehen. kann Aussagen über Gefahren und Nutzen von Stoffen beurteilen.	Funktionen von Proteinen im menschlichen Körper, Einsatz von Kunststoffen zur Gewichts- und Kostenersparnis. Hohe Temperaturbeständigkeit von Stoffen mit Gitterstruktur oder mit großen, vernetzten Molekülen Strukturformeln, Halbstrukturformeln, Molekülmodelle Ordnung nach funktionellen Gruppen. Bedeutung der Aussage „ist krebserregend“ erfassen.	krebserregende Stoffe erzeugen in jedem Fall Krebs bei Kontakt mit ihnen.

04.2 Chemie: Chemische Reaktionen

Ein Erwachsener sollte wissen, dass beim Erhitzen oder Mischen von Stoffen nicht in jedem Fall eine Reaktion abläuft. Er soll chemische Reaktionen als solche Phänomene erkennen, bei denen ein neuer Reinstoff gebildet und bei denen Energie in eine andere Form umgewandelt wird. Er sollte wissen, dass sich bei chemischen Reaktionen niemals das Gesamtgewicht aller dabei beteiligten Stoffe ändert, auch wenn Gase daran beteiligt sind.

GERRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Ein Mensch der Niveaustufe ...			
A1	kann Neubildungen von Stoffen von Vorgängen unterscheiden, bei denen die Stoffe erhalten bleiben.	bei Wunderkerzen den Unterschied zwischen Ausgangsstoff und Produkt beschreiben; Eis- und Schneeschmelze als Zustandsänderung von Wasser beschreiben	Reaktionen sind spektakulär
	kann einfache Reaktionen starten und durch einen Eigenschaftenvergleich von Edukt und Produkt eine Stoffumwandlung erkennen.	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	
	kann chemische Reaktionen in Gang setzen und dabei Nutzen und mögliche Gefahren des Vorganges berücksichtigen.	ein Lagerfeuer aufbauen, es anzünden und mit Wasser löschen, keine theoretische Begründungen	
A2	kann Stoffumwandlungen im Alltag beobachten und beschreiben.	Küche, Kerze, Feuerwerk, Auto, ...	Chemie gibt es nur im Labor.
	kann Vorgänge nach unterschiedlicher Temperaturänderung unterscheiden.	Abkühlung beim Lösen von Brausetabletten, Erwärmung beim „Löschen“ von Branntkalk mit Wasser	
B1	kann die Bedeutung von Brennstoff, Sauerstoff, Entzündungstemperatur für die Entstehung eines Feuers und zur Erklärung der Maßnahmen zum Löschen eines Brandes nennen.	Alle drei Voraussetzungen müssen zur Entstehung eines Brandes vorliegen.	Energie ist im Brennstoff enthalten und wird von diesem bei der Verbrennung abgegeben.
	kann Voraussetzungen und Gefahren einer unvollständigen Verbrennung erklären.	Bei Feuer in geschlossenen Räumen entsteht wegen Luftmangels ein giftiges Gas.	Verbrennen führt zur Vernichtung eines Stoffes
	kann aus Informationen zum Brennstoff Rückschlüsse auf Produkte der Verbrennung ziehen.	z. B. bei Benzin: Kohlenstoffdioxid und Wasser, bei Wasserstoff: nur Wasser	Ausgangsstoffe sind in Produkten noch enthalten (wie in einem Gemisch)
	kann die chemische Reaktion als Bildung von kleinen Teilchen aus den Edukteilchen erklären.	Berechnung des Kohlenstoffdioxidausstoßes eines Verbrennungsmotors nachvollziehen	Wenn Gase entstehen wird das Reaktionsgemisch leichter.
	kann das Gesetz zur Erhaltung der Masse anwenden.		

GERRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen	Alltagsvorstellungen
	kann erläutern, dass beim Ablauf einer chemischen Reaktion entweder Energie benötigt oder geliefert wird.		Reaktionen liefern immer Energie
	kann technische Einrichtungen nennen, bei denen chemische Reaktionen zum Zwecke der Energielieferung ablaufen und die dabei genutzten Energieformen unterscheiden.	Batterien, Akkus (elektrische Energie) Verbrennungsanlagen (thermische Energie), Raketenantrieb, Sprengstoffe (mechanische Energie)	
	kann an einer vorgegebenen einfachen Reaktionsgleichung erkennen, dass eine chemische Reaktion beschrieben wird	Formeln und Symbole erklären: Ausgangsstoff(e), Reaktionspfeil und Endstoff(e)	
B1+	kann mithilfe des Gesetzes der festen Massenverhältnisse chemische Reaktionen von Gemischbildungen unterscheiden.		
	kann chemische Reaktionen auf der Ebene der kleinen Teilchen der beteiligten Stoffe erklären.	Bindungen werden gelöst und neu geknüpft, was i.d.R. mit Änderung der kleinen Teilchen und der Struktur aber Erhaltung der Masse einhergeht.	Formeln sind nur von Spezialisten zu verstehen
	kann an einer einfachen Reaktionsgleichung den Vorgang erkennen und nachvollziehen.	Photosynthesegleichung: Bildung von Sauerstoff und einer Verbindung aus Kohlenstoffdioxid und Wasser mit bestimmten Anzahlverhältnissen.	Ausgangsstoffe sind in Produkten noch enthalten (wie in einem Gemisch)
	kann die chemische Reaktion als Bildung von kleinen Teilchen aus den Eduktteilchen erklären und dabei berücksichtigen, dass dabei Atomarten weder vernichtet noch erschaffen werden.	Bei der Verbrennung von Magnesium wird das Sauerstoff-Atom zum Sauerstoff-Ion, dem Oxid-Ion, die Atomart bleibt erhalten.	
	kann die Wirkung eines Katalysators beschreiben.	Autokatalysator zur schnelleren Reaktion von Abgasbestandteilen zu weniger giftigen Stoffen	
	kann 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.	Laden von Akkus, Altern von Akkus Elektrolyse	
	kann Systeme nennen, in denen Reaktionen ablaufen, die elektrische und thermische Energie abgeben.	Brennstoffzelle, Kraftwerk	Energie steckt in Bindungen. Beim Spalten von Bindungen wird Energie abgegeben.
	kann darlegen, dass zur Spaltung einer chemischen Bindung immer Energie benötigt, bei ihrer Herstellung immer Energie abgegeben wird.	Energiebedarf zur Herstellung von Wasserstoff aus Wasser: Entstehende Bindungen liefern nicht so viel Energie wie zur Spaltung der Bindungen im Wasser-Molekül notwendig ist.	
	kann die Ursachen für unterschiedliche Geschwindigkeiten chemischer Reaktionen erläutern.	Einfluss von Temperatur und Konzentration (Druck), Oberflächen, Stoffverteilungen	

B2	kann einfache chemische Reaktionen allgemein als Akzeptor-Donator-Vorgänge zwischen den Bausteinen der beteiligten Stoffe deuten.	Säure-Base-Reaktionen Redox-Reaktionen
	kann einfache Reaktionsgleichungen zur Beschreibung von chemischen Reaktionen erstellen.	
	kann chemische Gleichgewichte und ihre Beeinflussung an Beispielen erläutern.	Zusammensetzung des Inhalts einer Flasche Sekt vor, beim und nach dem Öffnen
	kann Vorgänge bei galvanischen Zellen und Elektrolysen als Redoxprozesse mit Energieumwandlung erklären.	Prinzip der Bereitstellung von elektrischer Energie in einer Batterie
	kann erläutern, dass die bei einer Reaktion gelieferte Energie je nach Reaktionsführung elektrisch oder thermisch sein kann.	Galvanische Elemente gegenüber der „Eintopf-Reaktion“ derselben Stoffe
	kann erklären, dass schnelleres Laden eines Akkus mehr Verluste durch Abgabe thermischer Energie mit sich bringt.	Je schneller der Ladungsvorgang, desto mehr irreversible Prozesse laufen ab, die zur Abgabe thermischer Energie führen.
	kann das Konzept zur Synthese von Makromolekülen erläutern.	
	kann das Konzept der Atomökonomie erläutern.	Der prozentuale Anteil der in einer chemischen Reaktion von den Edukten in die Produkte überführten Atome bestimmt den ökonomischen und ökologischen Stellenwert der Reaktion
		Reaktionen laufen immer vollständig ab oder gar nicht.
		Moleküle sind niemals sichtbar

04.3 Physik: 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.		
	kann Beobachtungen in der eigenen Sprache darstellen.		
	kann eigene Ordnungssysteme erfinden.		
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.	
	kann entsprechende 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“
B1	kann mit typischen Einheiten für Basisgrößen im Alltag umgehen.	Dichte, Masse, Volumen	
	kann angeben, dass Atome und andere Teilchen quantenphysikalisch beschrieben werden können.	Quantenphysikalisches Atommodell als Bild	Atome sind wirklich Kügelchen
	kann Phänomene nennen, die erst aufgrund der Fortschritte in der Atom- und Kernphysik entdeckt wurden.	Radioaktivität, Kernfusion, Kernkraftwerk, Röntgengerät	

<p>B1 +</p>	<p>kann Methoden bzw. Forschungseinrichtungen aufzeigen, durch die die Erkenntnisse der Physik über die Struktur der Materie möglich wurden.</p>	<p>Teilchenbeschleuniger, Spektralanalyse.</p>
<p>kann historische und erkenntnistheoretische Überlegungen zum Strukturmodell von Materie darstellen.</p>	<p>Historische Entwicklung von Modellen und Vorstellungen, zukünftige Modellentwicklung, Zusammenhang von Modell und Wirklichkeit.</p>	<p>Masse bleibt immer erhalten Der Kosmos ist ewig – statisch</p>
<p>kann qualitative Bilanzen mit der Masse-Energie-Äquivalenz aufstellen.</p>	<p>Kernfusion als Energielieferant der Sonne, Kernenergie</p>	
<p>kann Rückschlüsse auf den Aufbau des Kosmos und die dort ablaufenden Vorgänge nachvollziehen.</p>	<p>Berechnung von Planetenbahnen, Sternentwicklungen</p>	
<p>kann Methoden mit vertieften physikalischen Konzepten erläutern, durch die die Erkenntnisse der Physik über die Struktur der Materie möglich wurden.</p>	<p>Prinzipieller Aufbau von Kernforschungsreaktoren bzw. Fusionsreaktoren, Auswerten von Lichtspektren, Doppelspaltexperimente mit Licht, Elektronen und Molekülen</p>	
<p>kann das quantenphysikalische Atommodell mit tiefergehenden physikalischen Fachbegriffe und Vorstellungen sachgerecht darstellen.</p>	<p>Antreffwahrscheinlichkeiten von Elektronen, Eigenschwingungen vergleichbar den Chladnischen Klangfiguren, nichtkontinuierliche Übergänge</p>	
<p>kann die Grundzüge der Quantenphysik und der Relativitätstheorie mit tiefergehenden physikalischen Fachbegriffen und Vorstellungen sachgerecht darstellen.</p>	<p>Grundzüge der Quantenphysik und der Relativitätstheorie, Standardteilchenmodell.</p>	<p>Unterschiedliche kosmologische Weltmodelle, verschiedene Interpretationen der Quantenphysik.</p>
<p>kann historische und erkenntnistheoretische Überlegungen darstellen.</p>	<p>Unterschiedliche kosmologische Weltmodelle, verschiedene Interpretationen der Quantenphysik.</p>	
<p>B2</p>		

04.3 Physik: 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	
A2	kann in eigener Sprache die Erfahrungen beim Bewegen beschreiben.		
	kann das Gleichgewicht auf einer Wippe mit einer einfachen Form des Hebelgesetzes beschreiben.	Hebel bei Alltagsgegenständen: Zange, Schere, Wagenheber; keine Formeln verwenden	
B1	kann einfache Sachrechenaufgaben mit gleichmäßigen Bewegungen durchführen.	Wegstrecke, Geschwindigkeit	
	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	
	kann Verhaltensregeln für die Sicherheit im Verkehr mit physikalischen Gesetzmäßigkeiten in Beziehung setzen.		

B1+	kann komplexere Bewegungsvorgänge kinematisch analysieren.	Videoanalyse, Bewegungsgleichungen
	kann mithilfe einer Formelsammlung komplexere Bewegungsvorgänge auch Stöße berechnen.	Energieerhaltung, Impulserhaltung,
	kann an ausgewählten chaotischen Vorgängen die Grenzen der Berechenbarkeit von Naturserscheinungen aufzeigen.	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

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.

Licht ist eine elektromagnetische Welle.

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

04.3 Physik: Die elektrische Energieversorgung im Alltag

Ohne eine sichere elektrische Energieversorgung ist ein 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 Wasser in verschiedenen Situationen strömen lassen.	Staudamm mit Verzweigungen bauen.	
	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	

<p>B1</p>	<p>kann elektrische Stromkreise als System erkennen und beschreiben.</p>	<p>kann die physikalischen Größen elektrische Stromstärke, elektrische Spannung, elektrische Energie und elektrische Leistung unterscheiden und interpretieren.</p>	<p>kann die wesentlichen Einheiten A, V, J, W angeben</p>	<p>Es reicht, wenn man das Einzelne nur genau genug in den Blick nimmt. „Strom“ wird nicht differenziert in elektrische Energie und elektrischen Strom. Strom wird verbraucht.</p>
<p>kann mit einem Energiekosten-Messer (Leistungsmessgerät) zielgerichtet umgehen.</p>	<p>kann die Energieeffizienz verschiedener Beleuchtungstechniken vergleichen.</p>	<p>kann die Bedeutung von Generatoren und Transformatoren für die elektrische Energieversorgung erläutern.</p>	<p>themische Kraftwerke, Solaranlagen, Windkraftwerke, Biogaskraftwerke,</p>	
<p>kann die elektrische Energieversorgung und -speicherung und die dafür notwendigen Energiewandlungsprozesse beschreiben.</p>	<p>kann unterschiedliche Energiequellen für die elektrische Energieversorgung zu Hause und global benennen und vergleichen.</p>	<p>kann bei verzweigten elektrischen Schaltungen die Aufteilung von elektrischer Stromstärke und Spannung erläutern und mithilfe einer Formelsammlung einfache Berechnungen durchführen.</p>		<p>Elektrische Ladung und Ladungsträger wie Elektronen werden nicht differenziert</p>
<p>B1+</p>	<p>kann elektrostatische Phänomene in seiner Lebenswelt physikalisch beschreiben.</p>	<p>kann elektrische Ladungsträger unterscheiden.</p>	<p>Teppichboden, Blitz Elektronen, Ionen</p>	
<p>B2</p>	<p>kann verschiedene elektrische Energieversorgungssysteme und Mobilitätssysteme auch quantitativ vergleichen und bewerten.</p>	<p>Verschiedene Energieszenarien, PKW mit Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen, Elektroantrieb</p>	<p>Elektrisches und magnetisches Feld als Energiespeicher, Elektromagnetische Wellen zur Energieübertragung Elektrosmog</p>	
<p>kann Gefahren, die mit der elektromagnetischen Energieübertragung verbunden sind, sachgerecht einordnen.</p>	<p>kann elektrische Energieversorgungssysteme mit geeigneten physikalischen auch quantitativen Gesetzmäßigkeiten sachgerecht beschreiben und bewerten.</p>	<p>Aufbau der elektrischen Energieversorgungssysteme, Netzstabilität, Probleme der nicht immer verfügbaren regenerativen Energieträger, Speichersysteme.</p>	<p></p>	

Literatur

BARKE, H.-D. (2006). *Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Berlin, Heidelberg: Springer.

DUIT, R. (2009). Alltagsvorstellungen und Physiklernen. In E. KIRCHER, R. GIRWIDZ, & P. HÄUSSLER, Hrsg., *Physikdidaktik – Theorie und Praxis* (S. 605–630). Berlin: Springer.

EISNER, B., KATTMANN, U., LANGLET, J., PLAPPERT, D. & RALLE, B. (2017). Bildung stärken: Naturwissenschaftlichen Unterricht verändern. *MNU 30*(3), im Druck.

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: 26.02.2017)

HAMMANN, M. & ASSHOFF, R. (2014). *Schülervorstellungen im Biologieunterricht. Ursachen für Lernschwierigkeiten*. Seelze: Klett/Kallmeyer.

KATTMANN, U. (2015). *Schüler besser verstehen. Alltagsvorstellungen im Biologieunterricht*. Hallbergmoos: Aulis.

PLAPPERT, D. (2011). Naturwissenschaftliche Bildung vom Kindergarten bis zur Hochschulreife. *PdN Physik in der Schule 5/2011*

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

Impressum

Herausgeber:

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

Bildquellenverzeichnis:

Titelfoto: Shutterstock 314041658

Druck:

Appel & Klinger, Druck und Medien GmbH, Schneckenlohe

ISBN 978-3-9405 **16-27-5**

1. 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.