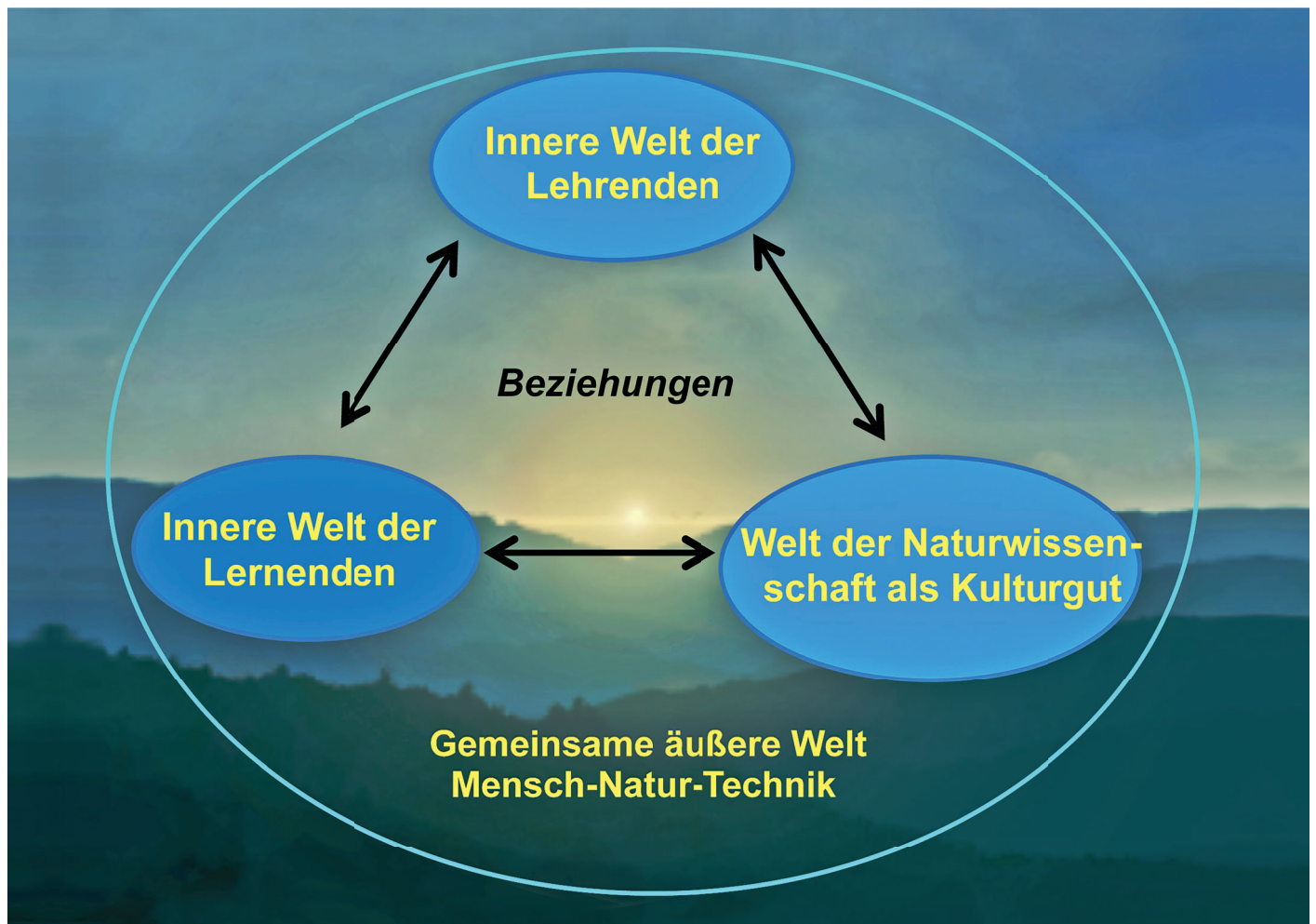


Gemeinsamer Referenzrahmen für Naturwissenschaften (GeRRN)

Mindeststandards für die auf Naturwissenschaften bezogene Bildung.
Ein Vorschlag.

3. überarbeitete Auflage 2019

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



VERBAND ZUR FÖRDERUNG
DES MINT-UNTERRICHTS
BUNDESVERBAND

L

Literatur

N

Nachwort

A

Autoren

01

Bildung stärken:
Lernen und Lehren
der Naturwissen-
schaften verändern

01.1

Sachlage und
bisherige Versuche
zur Abhilfe

01.2

Konsequenzen

01.3

Diskussion der
Bildungsinhalte auf
der Basis des
GeRRN

01.4

Blick nach vorn:
Schlussfolgerungen
für das Lernen und
Lehren der Natur-
wissenschaften

02

Referenzniveaus für
prozess- und inhalts-
bezogene natur-
wissenschaftliche
Kompetenzen –
Mindeststandards

03

Prozess- und inhalts-
bezogene natur-
wissenschaftliche
Kompetenzen

03.1

Prozessbezogene
Kompetenzen

03.2

Inhaltsbezogene
Kompetenzen zu
fächerübergreifen-
den Themen

03.3

Inhaltsbezogene
Kompetenzen –
Biologie

03.4

Inhaltsbezogene
Kompetenzen –
Chemie

03.5

Inhaltsbezogene
Kompetenzen –
Physik

03.2.1

NOS: Kulturelle
Bedeutung der Natur-
wissenschaften

03.2.2

Natur, Mensch, Technik:
Klimaproblematik

03.2.3

Sinne: Wahrnehmung
und Messung

03.3.1

Evolution: Natur-
geschichte naturwissen-
schaftlich erklären

03.3.2

Organismus: Was
Gesundheit und Krank-
heit bedeuten

03.3.3

Mensch – Natur –
Beziehungen: Umwelt
gestalten und bewahren

03.4.1

Materie: Wie Eigen-
schaften, Aufbau und
Verwendung von Stoffen
zusammenhängen

03.4.2

Chemische Reaktionen:
Was die Aussage
„ein neuer Stoff wird
gebildet“ bedeutet

03.5.1

Materie: Vom ganz
Großen und ganz Kleinen

03.5.2

Theorie: Die Natur
berechenbar machen

03.5.3

Energie: Die Versorgung
mit elektrischer Energie
im Alltag

04

Ausblick

01

Bildung stärken: Lernen und Lehren der Naturwissenschaften verändern

Naturwissenschaftliche Bildung gehört wie z.B. Musik, Literatur, Philosophie zur Allgemeinbildung. Als Kulturgut legen die Naturwissenschaften die Grundlagen für die Zukunft der Menschheit. Anstehende schwerwiegende Entscheidungen in der Klimapolitik, der Medizin, der digitalen Wende werden gesellschaftlich nur umsetzbar sein, wenn die Bürger sie zumindest in den Grundsätzen nachvollziehen können. Dies kann nur in einer naturwissenschaftlich mündigen Gesellschaft erwartet werden.

Der naturwissenschaftliche Unterricht muss sich ständig neuen Anforderungen stellen, die sich durch neue Erkenntnisse in den Fachdisziplinen aber auch infolge gesellschaftlicher und ökologischer Veränderungen sowie aufgrund belastbarer empirischer Befunde zur Wirksamkeit des Unterrichts ergeben.

In diesem Beitrag werden einerseits bekannte Vorschläge zur Unterrichtsgestaltung aufgegriffen und gebündelt; 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 folgenden Kapiteln 2 bis 4 dieses Vorschlags eines Gemeinsamen Referenzrahmens für die Naturwissenschaften (GeRRN) aufgeführt sind.

01.1 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 sieben bis zehn 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 abgeschnitten 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.

Zum lebenslangen Lernen hat die EU-Kommission (2007) in einem Referenzrahmen acht Schlüsselkompetenzen formuliert – an dritter Stelle die naturwissenschaftliche Kompetenz: Sie ist „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.“ Voraussetzungen hierfür sind Kenntnisse (Grundprinzipien, Methoden), Fähigkeiten (Konzepte) wie auch Einstellungen (kriti-

sche Anerkennung, Neugier, Interesse, Respekt) bei den Lernern.

Im Hinblick auf diese notwendige funktionale Bildung müssen sich alle mittelbar und unmittelbar an Bildungsprozessen Beteiligte fragen, welche Grundprinzipien, wissenschaftlichen Konzepte und Methoden für eine angemessene Orientierung in einer komplexer werdenden Welt essentiell zu vermitteln sind. Angesichts bescheidener Lernergebnisse in der Vergangenheit muss aber auch kritisch hinterfragt werden, inwieweit transformatorische Prozesse aus einem naturwissenschaftlichen Unterricht heraus angeregt werden können. Die Forderungen nach transformatorischer Bildung zielen zum einen darauf ab, Schüler/innen auf ihr zukünftiges Leben in einer Weise vorzubereiten, dass sie in der Lage sind, bedeutsame Entwicklungen und Veränderungen in Gesellschaft und Umwelt wahrzunehmen, diese in möglichst vielen Implikationen zu verstehen bzw. sich sachangemessen darüber zu informieren. Zum anderen geht es aber auch darum, Schüler/innen zu befähigen, sich in einer komplexer werdenden Welt in gesellschaftliche Entscheidungsprozesse aktiv einzubringen, um so etwa einen eigenen Beitrag für eine nachhaltige Entwicklung einzulösen. (BROOKFIELD, S. D., 2012; KOLLER, H.-C., 2012; 2016).

Allerdings gibt es noch keinen Konsens darüber, auf welche inhaltlichen Schwerpunkte sich naturwissenschaftlicher Unterricht in diesem Sinne konzentrieren sollte. Wohl aber steht außer Frage, dass es einer breiten gesellschaftlichen Beteiligung an relevanten naturwissenschaftlich-technischen Entscheidungsprozessen mündiger Bürger bedarf, was wiederum eine differenzierte und angemessene fachliche Kompetenz in der Bevölkerung erfordert.

Der Gemeinsame Referenzrahmen für Naturwissenschaften (GeRRN) sieht sich in der Verantwortung, einen Versuch zu unternehmen, dieses Desiderat einzulösen. Die inhaltlichen Zielsetzungen sowie die Auswahl und Analyse der angestrebten Kompetenzen werden daher vor dem Hintergrund der folgenden Fragen vorgenommen:

1. Welche Relevanz hat der sachliche Lerngegenstand für die Orientierung der Lernenden aktuell und für ihr zukünftiges Leben?
2. Welche übergreifenden, metakognitiven Kompetenzen vermag die Beschäftigung mit dem Lerngegenstand anzuregen und zu festigen?
3. Welchen Blick lenkt der Umgang mit diesem Lerngegenstand auf die tief beim Lernenden verankerten individuellen Bedeutungsperspektiven im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung, die, weil sie so identitätsprägend sind, nur schwer verändert werden können? (SINGER-BRODOWSKI, 2016).

Diese Fragen sind angesichts der enormen naturwissenschaftlichen Erkenntniszuwächse und der Pluralität gesellschaftlicher Diskurse nicht leicht zu beantworten und

setzen ein hohes Maß an kommunikativer Validierung der Beteiligten voraus. Die transformative Bildungsperspektive hat darüber hinaus zur Kenntnis zu nehmen, dass lebensweltliche (Alltags-)Vorstellungen der Menschen recht konstant sind (KATTMANN, 2015). Es macht den erweiterten Bildungsanspruch des GeRRN aus, individuelle Perspektiven auf naturwissenschaftlich konnotierte Phänomene und Konzepte ebenso zu hinterfragen wie die damit verbundenen gesellschaftlichen Entwicklungen und Entscheidungsvorgänge. Dieser Anspruch geht damit über eine materielle, funktionale und auch formale (Lernen lernen) Bildung hinaus. Er stellt hohe Anforderungen an die Reflexivität, Autonomie und innere Konsistenz der lebenslang Lernenden, letztlich an deren Einstellungen respektive Haltungen.

Ein auf diesem Fundament aufgebauter Vorschlag kann niemals vollständig und abgeschlossen sein. Vielmehr muss er immer wieder didaktisch und gesellschaftlich ausgehandelt werden. Vorbild für die Entwicklung des GeRRN ist der Gemeinsame europäische Referenzrahmen für Sprachen GER (<http://www.europaeischer-referenzrahmen.de/>). Dieser hat sich in seiner Funktionalität bewährt, indem er es ermöglicht, sprachliche Fähigkeiten auf verschiedenen Niveaustufen zu qualifizieren und zu zertifizieren. Analog zum GER ist der GeRRN kein Lehrplan. Er gibt nicht vor, was im Unterricht gelernt werden soll, sondern hält fest, welche naturwissenschaftlichen (und übergreifenden) Kompetenzen unabhängig vom Bildungsweg in unserer Gesellschaft vorliegen sollen, gestuft in fünf Niveaustufen. Zertifikate mit Hilfe differenzierender Aufgaben können die jeweiligen naturwissenschaftlichen Kompetenzen bescheinigen.

Interessensstudien und Versuche zur Abhilfe

Die Versuche, die Attraktivität naturwissenschaftlichen Unterrichts zu steigern, sind vielfältig. 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. PARCHMANN et al., 2006; DEMUTH, GRÄSEL, PARCHMANN & RALLE, 2008), sie lassen jedoch noch keine eindeu-

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

Erkenntnisse in Naturwissenschaften und Technik haben eine hohe gesellschaftliche Bedeutung. Wie Befragungen gezeigt haben, sollten sich diese daher auch im Schulcurriculum wiederfinden (z. B. OSBORNE & COLLINS, 2000, S. 5). Seit über 30 Jahren wird jedoch national und international die Notwendigkeit gesehen, Anpassungen am naturwissenschaftlichen Unterricht vorzunehmen. Daher fordern wir dazu auf, das Lernen und Lehren der Naturwissenschaft zu verändern. Eine Voraussetzung dafür sehen wir in der weitergehenden, an den entwicklungsbedingten Fähigkeiten, Vorerfahrungen und Interessen der Lernenden orientierten Strukturierung der Curricula und Lernprozesse. Darüber hinaus muss auch das Lehren selbst in den Blick genommen werden.

01.2 Konsequenzen

Nachdem es bisher noch nicht gelungen ist, die Ergebnisse der naturwissenschaftlichen Bildung 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 1).

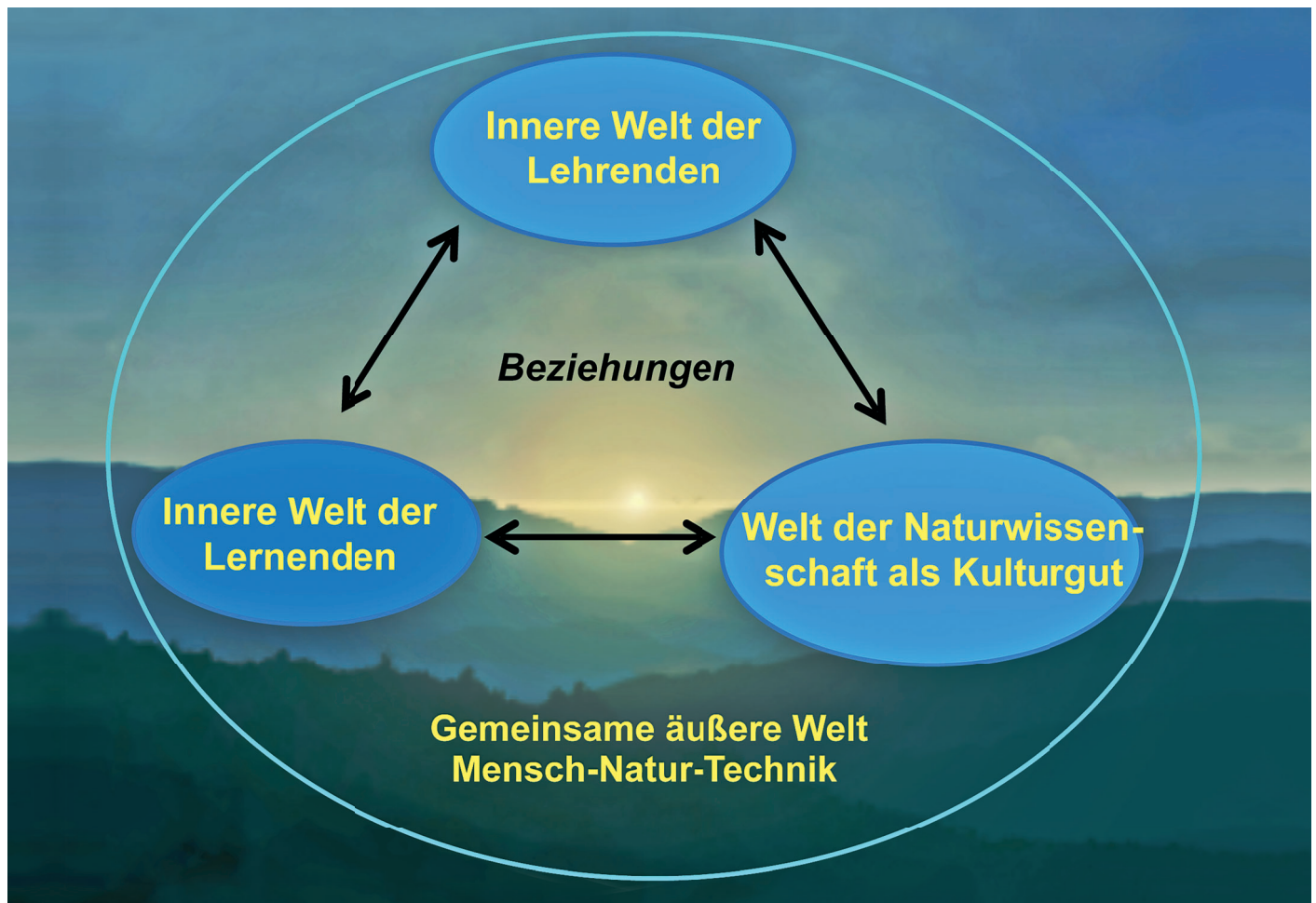


Abb. 1. Beziehungen im Unterricht, dargestellt in einem veränderten didaktischen Dreieck

Für eine gelingende Bildung in den Naturwissenschaften sollten mindestens vier unterschiedliche „Welten“ gleichermaßen 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 einzutreten, 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 lebenslänglich – 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, GROPPENGISSER & KOMOREK, 1997; DUIT et al. 2012). 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 Lernen 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 für die Fähigkeit der Lernenden, gesellschaftliche Fragen zu bewerten, unverzichtbar (SCHAEFER, 2007). Sie sind damit wichtige Elemente einer transformativen naturwissenschaftlichen Bildung.

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 und Überzeugungen 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. Auf diese Weise wird die zunächst nur einem Reaktionspartner zugeschriebene Energie als Reaktionsenergie erkannt, die erst durch die chemische Reaktion beider Reaktionspartner verfügbar wird.
- Kontrast: Die wissenschaftliche Vorstellung wird der Alltagsvorstellung klar als Alternative gegenüberge-

stellt. 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 „Benennungen“ 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 hindurchfließt. 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 ermöglicht 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 2 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 Lerngegenständen 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.

01.3 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 03 für die Naturwissenschaften vorgeschlagenen Präzisierungen des europäischen Referenzrahmens (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2007)¹, die weiterhin 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 Diskursion 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.

01.4 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 dem alltagssprachlichen Vorwissen auseinanderzusetzen.
- 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 Lehrenden, 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 Breite der Bevölkerung getragen sein müssen. Dies gelingt nur auf der Basis eines grundlegenden Verständnisses

¹ Eine solche normative Setzung vorzunehmen und von dort aus den Unterricht zu denken, wurde von HARLEN (2010) bereits im englischsprachigen Raum vorgeschlagen.

naturwissenschaftlicher Sachverhalte, das aus einer positiven Grundhaltung heraus konstruktiv-kritisch angelegt 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 haben langjährige Unterrichtserfahrung in einem naturwissenschaftlichen Fach, alle Autoren haben durch ihre Tätigkeit regelmäßige 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.

Im Interesse aller am Bildungsprozess Beteiligten ist 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.

02

Prozess- und inhaltsbezogene naturwissenschaftliche Kompetenzen – Mindeststandards

In den folgenden Tabellen wird exemplarisch dargestellt, wie dauerhafte, auf naturwissenschaftliche Prozesse und

Inhalte bezogene Kompetenzen eines Erwachsenen auf verschiedenen Niveaustufen aussehen sollten.

Gemeinsame Referenzniveaus – Beschreibungen

Elementare auf Naturwissenschaften bezogene Bildung		Allgemeinbildung auf Naturwissenschaften bezogen		
A1	A2	B1	B1+	B2
Erleben von und Beschäftigen mit Phänomenen in Natur und Technik	Sachbezogenes Nachdenken über Beobachtungen und Deutungen 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
Vor Schulbeginn/ Kindertagesstätte	Vor Beginn des Fach- Unterrichts ca. Kl. 6	Ende der Schulpflicht	Ende Klasse 10 am Gymnasium	Abitur

Tab. 1. Referenzniveaus der auf Naturwissenschaften bezogenen Bildung mit Zuordnung zu Bildungsstufen

Referenzniveaus (Niveaustufen) beschreiben einen zu erwartenden Endzustand. Damit ist zunächst keinerlei Aussage über die Vorgänge des Unterrichtens oder der informellen Bildung (außerhalb des Schulunterrichts) getroffen. Trotzdem können die zusammengestellten Niveaus prozessbezogener Kompetenzen für den Unterrichtsprozess selbst wichtige Impulse liefern, denn die aufgelisteten Kompetenzen können auch als Mindeststandards verstanden werden, die im Vergleich zu vielen Bildungsplänen eher reduziert erscheinen. Diese Beschränkung auf das Mindeste soll Zeit für tiefgehende, dialogische Lernprozesse geben. Die Bildungseinrichtungen haben damit eine Vorgabe, die sie verpflichtet, alles in ihrer Macht stehende zu unternehmen, damit die ihnen anvertrauten Lernenden am Ende der Bildungsstufe das beschriebene Niveau nachhaltig erreichen. Damit lebendige Begriffe statt leerer Worthülsen verwendet werden können, ist es sinnvoll, im Lernprozess an alle zuvor liegenden Niveaustufen 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. Die analog zum Referenzrahmen für Sprachen definierten Referenzniveaus sind im Einzelnen in Tabelle 1 zusammengestellt. Dabei gibt es zwei wesentliche Unterschiede gegenüber den Sprachen:

Es wurde ein zusätzliches Niveau B1+ eingefügt, da es sich herausgestellt hat, 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 vor-

auszusetzen sind, ohne dabei dessen Tiefe schon zu erreichen. Ein Beispiel sind etwa Kenntnisse über Atome und Moleküle (vgl. O3.4.1 Chemie. Materie: Wie Eigenschaften, Aufbau und Verwendung von Stoffen zusammenhängen).

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

Auf Naturwissenschaften bezogene Bildung eines Experten	
C1	C2
Zentrale Konzepte und Theorien sowie fachbezogene spezielle Aussagen der Naturwissenschaften kennen, eigenständig reflektieren und sie bewerten	Über wissenschaftliche Konzepte und Theorien sowie fachbezogene spezielle Kenntnisse der Naturwissenschaften verfügen, eigenständig reflektieren und sie bewerten
Bachelor	Master

Tab. 2. Referenzniveaus der auf Naturwissenschaften bezogenen Bildung von Experten mit Studium eines naturwissenschaftlichen Faches – im GeRRN nicht beschrieben

Den zweiten Unterschied zum Referenzrahmen der Sprachen zeigt Tabelle 2. Die inhaltliche Beschreibung der C-Niveaus ist sicherlich eine reizvolle Aufgabe, fällt jedoch in die Zuständigkeit von Hochschulvertretern und wird im Rahmen dieses GeRRN nicht weiter verfolgt.

Gemeinsame Referenzniveaus – Überblick

Die zunächst formulierten prozessbezogenen Kompetenzen stellen die Grundlage der naturwissenschaftlichen Bildung dar. Auch solche Themengebiete, die in den anschließend aufgelisteten fachbezogenen Kompetenzen nicht erscheinen, können durch ihre Anwendung erschlossen werden. Dementsprechend darf die Liste der Kompetenzen nicht als vollständig betrachtet werden. Im GeRRN wird vielmehr eine übersichtliche Darstellung anhand einiger 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.

Bei den inhaltsbezogenen Kompetenzen erscheint eine weitere, abgetrennte Spalte mit Alltagsvorstellungen. Sie sind weitestgehend unabhängig von Niveaustufen, da sie über die Stufen hinweg verfügbar bleiben; sie verdeutlichen jedoch, wie wichtig die formulierten Kompetenzen sind: Sie geben exemplarisch an, mit welchen Vorstellungen und Denkgewohnheiten in dem genannten Kontext 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, sodass eine neue Einsicht erreicht wird.

Schulpraktiker und -praktikerinnen werden auf den ersten Blick experimentelle Kompetenzen vermissen, da diese für den Schulunterricht von großer Bedeutung sind. In dieser Zusammenstellung müssen sie jedoch außen vor bleiben,

da die Niveaustufen für Erwachsene formuliert sind, die in der Regel keine Experimente durchführen. Andere prozessbezogene Kompetenzen, insbesondere aus den Bereichen Erkenntnisgewinnung und Bewertung werden jedoch als erste im nächsten Kapitel aufgeführt und hier kurz zusammengefasst:

O3.1 Prozessbezogene Kompetenzen

Ein Erwachsener sollte Phänomene und einfache Zusammenhänge untersuchen, mit qualitativen Fachbegriffen und elementaren tragfähigen Modellen sinnvoll umgehen, sowie elementare persönliche Bewertungen naturwissenschaftlicher Sachverhalte abgeben können.

Als wichtige fächerübergreifende Kontexte werden in Kapitel O3.2 drei Themenbereiche den fachbezogenen Tabellen vorangestellt. Wie vor allem durch die Erarbeitung der „planetary boundaries“ (STEFFEN, 2015) deutlich geworden ist, gibt es mehrere ökologische Grenzen der Erde, deren Überschreitung die Lebensgrundlagen der Menschheit gefährdet. Unter den fachübergreifenden Kompetenzen wird trotzdem lediglich die Klimaproblematik exemplarisch aufgegriffen, da sie derzeit am stärksten in der Öffentlichkeit diskutiert wird.

O3.2 Inhaltsbezogene Kompetenzen zu fächerübergreifenden Themen

O3.2.1 NOS: Kulturelle Bedeutung der Naturwissenschaften

Ein Erwachsener sollte erläutern können, 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, erfordert von Menschen die Fähigkeit, verantwortungsbewusst und zukunftsorientiert zu handeln.

O3.2.2 Natur, Mensch, Technik: Klimaproblematik

Ein Erwachsener sollte den menschlichen Einfluss auf die Entwicklung des Klimas der Erde als eine für das Überleben der Menschheit zentrale Frage erkennen. 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, sollte ein Erwachsener neben ökonomischem und soziologischem Wissen besonders ein fundiertes naturwissenschaftliches Wissen und eine entsprechende Handlungskompetenz besitzen. Nur so kann verantwortungsvoll eingesetzte Kreativität zu weitsichtigen intelligenten Lösungen führen.

O3.2.3 Sinne: Wahrnehmung und Messung

Ein Erwachsener sollte wissen, dass die Sinne seine Tore zur Welt sind. Um verantwortlich mit dem umgehen zu können, was mit den Sinnen aufgenommen wird, ist es von zentraler Bedeutung, zwischen den von außen kommenden Reizen, die auch naturwissenschaftlich gemessen werden können, und den inneren Wahrnehmungen bzw. Sinnesempfindungen unterscheiden zu können. Ebenso wichtig ist der Zusammenhang, in dem die Reize mit den Wahrnehmungen stehen, nämlich, dass Sinnesempfindungen durch innere Interpretationen von äußerlich aufgenommenen Reizen konstruiert werden. Für eine konstruktive Kommunikation zwischen Menschen ist es außerdem notwendig, sich der Tatsache bewusst zu sein, dass die Botschaft des Sendenden sich von der Wahrnehmung des Empfangenden unterscheiden kann.

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. Die ausgewählten auf Fachinhalte bezogenen Kompetenzbereiche werden nun im Überblick vorgestellt:

O3.3 Inhaltsbezogene Kompetenzen – Biologie.

O3.3.1 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.

O3.3.2 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.

O3.3.3 Mensch - Natur – Beziehungen: Umwelt gestalten und bewahren

Ein Erwachsener sollte menschliches Wirken in biologischen Zusammenhängen beurteilen, gegenseitige Abhängigkeiten erkennen und bewerten sowie begründet zu unterschiedlichen Mensch-Natur-Verhältnissen Stellung beziehen können.

O3.4 Inhaltsbezogene Kompetenzen – Chemie.

O3.4.1 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.

O3.4.2 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.

O3.5 Inhaltsbezogene Kompetenzen – Physik.

O3.5.1 Materie: Vom ganz Großen und ganz Kleinen

Ein Erwachsener sollte seinen Blick über die Dimensionen vom ganz Großen, z.B. Kosmologie, und zum ganz Kleinen, z.B. Quarks, wenden können. Die durch physikalische Experimente gewonnenen Ergebnisse sollen sein Verständnis der Welt erweitern, z.B. durch Gedanken der Relativitätstheorie und der Quantenphysik. Erkenntnistheoretische Fragen und die Methoden der Erkenntnisgewinnung sollen wesentlich dazu beitragen, sein persönliches Weltbild aufzubauen und zu fundieren.

O3.5.2 Theorie: Die Natur berechenbar machen

Ein Erwachsener sollte die Entwicklung der Physik historisch betrachten können und erkennen, dass die Mechanik durch ihre Mathematisierbarkeit zum Prototyp einer modernen Naturwissenschaft geworden ist. Nach der Erweiterung der klassischen Mechanik durch die Relativitätstheorie und Quantenmechanik sollen die für unser Weltverständnis grundlegenden Begriffe Raum, Zeit, Determinismus eine neue Bedeutung bekommen. Ein Erwachsener sollte sich der Grenzen der Berechenbarkeit von Naturerscheinungen bewusst sein, die durch die Chaosforschung besonders in den Fokus getreten sind.

O3.5.3 Energie: Die Versorgung mit elektrischer Energie im Alltag

Ein Erwachsener sollte wissen, dass ohne eine sichere Versorgung mit elektrischer Energie Leben nicht mehr zu denken ist. Um am gesellschaftlichen Diskurs zur Energiewende teilhaben und um eigene Entscheidungen verantwortungsvoll treffen zu können, sollte ein Erwachsener ein angemessenes physikalisches Wissen in diesem Bereich haben.

03

Naturwissenschaftliche Kompetenzen

03.1 Prozessbezogene Kompetenzen

Niveaustufe		GeRRN - Kompetenzen Bei Erreichen von Niveaustufe ... können Menschen ...
A1	Herstellen einer persönlichen Beziehung durch Erfahrungen mit Phänomenen	in Muße „spielerisch forschen“. sich in elementarer, persönlicher Alltagssprache ungeordnet, kindlich, ohne Fachbegriffe ausdrücken. Fragen zu Phänomenen in Natur und Technik stellen, sowie eigene Erklärungen finden.
A2	Herstellen einer persönlichen Beziehung zu und Vertiefen der Erfahrung mit Phänomenen	einfache Phänomene und Zusammenhänge qualitativ untersuchen und in Alltagssprache sachgerecht beschreiben. eigene Deutungen nachvollziehbar mitteilen, begründen und reflektiert in Frage stellen. Alltagssprache von Fachwörtern unterscheiden und hilfreiche Fachbezeichnungen verwenden.
B1	Herstellen einer persönlichen Beziehung und sachgemäßes Beschreiben von Phänomenen und Zusammenhängen als Grundlage der Naturwissenschaften	Phänomene und einfache Zusammenhänge untersuchen. zunehmend mit qualitativen Fachbegriffen und elementaren tragfähigen Modellen sinnvoll umgehen. elementare persönliche Bewertungen naturwissenschaftlicher Sachverhalte abgeben.
B1+	Herstellen einer persönlichen Beziehung, sachliches und naturwissenschaftliches Beschreiben und Begründen von Phänomenen und Zusammenhängen	Zusammenhänge selbstständig qualitativ und auch quantitativ untersuchen. mit zentralen Fachbegriffen und Konzepten sachgerecht umgehen, auch auf der Modellebene. kritisch über Grenzen der Modellbildung reflektieren. persönliche Bewertungen einfacher Zusammenhänge begründen.
B2	Herstellen einer persönlichen Beziehung, sachgemäßes und vertieftes naturwissenschaftliches Beschreiben und Erklären	Zusammenhänge mit zunehmender Komplexität und Selbstständigkeit untersuchen und erforschen. mit Fachbegriffen und Konzepten qualitativ und quantitativ mit zunehmender Schärfe und Komplexität umgehen. kritikfähig gegenüber Aussagen zu naturwissenschaftlichen Sachverhalten sein. erkenntnistheoretische Erwägungen verstehen. persönliche Bewertungen von Zusammenhängen mit zunehmender Komplexität vornehmen und adressatengerecht formulieren.

03.2 Inhaltsbezogene Kompetenzen zu fächerübergreifenden Themen

Die hier genannten Kompetenzen beschreiben einen zu erwartenden Zustand, treffen aber zunächst keine Aussage über die Vorgänge des Unterrichts. Sie können jedoch wichtige Impulse dafür liefern, da sie darüber hinaus als Basis zur Formulierung von Mindeststandards gedacht sind.

03.2.1 NOS: Kulturelle Bedeutung der Naturwissenschaften

Ein Erwachsener sollte erläutern können, 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, erfordert von Menschen die Fähigkeit, verantwortungsbewusst und zukunftsorientiert zu handeln.

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele / Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert ² werden
Bei Erreichen der Niveaustufe ... können Menschen ...			
A1	anhand von Beispielen erzählen, dass Menschen sich schon sehr lange Zeit mit Naturwissenschaft und Technik beschäftigt haben.	Naturwissenschaften in den Alltagserfahrungen entdecken: Fortbewegung; Kochen; Lebensmittel; Werkzeuge	
	an Beispielen aus seiner Lebenswelt Veränderungen von der Vergangenheit zu heute erzählen, die auf Naturwissenschaft und Technik zurückgehen.		
	phantasievoll mögliche Veränderungen in der Zukunft darstellen.		Technischer Fortschritt ist gut. Technischer Fortschritt zerstört die Umwelt.
A2	anhand von Beispielen erläutern, dass Naturwissenschaft und Technik sich wechselseitig beeinflussen und Einfluss auf das alltägliche Leben haben.	Ernährung, Mobilität, Werkzeuge, elektrische Energie, Heizung, sonstiger Konsum; Pflanzen- und Tierzüchtung; Medizinische Apparate; Kleidung, Kunststoffe; Medikamente als Beispiele zur Erarbeitung und Reflexion der Zusammenhänge zwischen Naturwissenschaft, Technik sowie Kultur	Technische Fortschritte sind ausschließlich Zufallsentdeckungen.
	Beispiele für technische Entwicklungen in sachgerechter, entwicklungsgemäßer Alltagssprache erläutern und Vor- und Nachteile der Veränderungen nennen.		
	die Bedeutung technischer Entwicklungen und Erfindungen für den Menschen bewerten und ihre – auch ambivalenten Auswirkungen für Menschen und Umwelt einschätzen.	Buchdruck, Brücken, Computer	
	anhand von aktuellen Beispielen zeigen, dass sowohl Männer als auch Frauen im Bereich Naturwissenschaft und Technik forschen.		

² „Revidieren“ soll mehr bedeuten als „erneuern“: Die eigenen Vorstellungen werden immer wieder betrachtet und mithilfe der inzwischen erworbenen Kompetenzen neu bewertet und sukzessive verändert.

B1	an einfachen Beispielen darstellen, wie naturwissenschaftliches Wissen historisch entwickelt worden ist.	Vorstellung von Atomen, von Verbrennungen, von der Urzeugung zur Vermehrung der Lebewesen; vom geo- zum heliozentrischen Weltbild	Naturwissenschaftliche Aussagen treffen immer zu. Naturwissenschaft und Technik sind dasselbe.
	Beispiele für die Entwicklung der technischen Nutzung naturwissenschaftlicher Gesetze beschreiben.	Industrielle Revolution – Entwicklung der Dampfmaschine, Entwicklung von Transport-Systemen, Nutzung der elektrischen Energie (Beleuchtung, Antrieb); Impfung; einfache Beispiele für Gentechnik; Metallherstellung aus Erzen; Erdölaufreinigung für Treibstoff	
	die Lebensläufe ausgewählter Forscherinnen und Forscher im historischen Kontext skizzieren.	Persönlichkeiten, die weltanschaulich wichtige naturwissenschaftliche Phänomene beschrieben und erklärt haben, z. B. NEWTON, DARWIN, LAVOISIER, EINSTEIN, WEGENER	
	an einem Beispiel darlegen, dass naturwissenschaftliche Beschreibungen oft modellhaft vereinfachen.	Planetenbewegung im Sonnensystem; Verbrennungen an Luft, wobei Nebenprodukte wie Stickstoffoxide ausgeblendet werden	
B1+	exemplarisch beschreiben, wie naturwissenschaftliche Gesetze technisch genutzt werden.	Elektromagnetische Induktion zur Bereitstellung von elektrischer Energie; Verdoppelung der DNA durch PCR; Katalysator im Auto mit Dosierung der Luftzufuhr; MRT	Naturwissenschaft beschreibt die Wirklichkeit, wie sie ist. Naturwissenschaft ist unabhängig von historischen und gesellschaftlichen Bedingungen. Naturwissenschaftliche Aussagen sind zeitlos gültig.
	Lebensläufe und Leistungen ausgewählter Forscherinnen und Forscher in den historischen Kontext einordnen.	RÖNTGEN; OHM; DARWIN; HAHN und MEITNER; FLEMING, LIEBIG	
	erklären, wie naturwissenschaftliche Beschreibungen, Modelle und Gesetzmäßigkeiten verändert wurden.	Veränderungen des Weltbildes von ARISTOTELES, PTOLEMAIOS, KOPERNIKUS und KEPLER bis zur modernen Kosmologie; Atommodelle; Katalyse-Theorien; Gen-Vorstellungen; Plattentektonik	

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

Inhaltliche Beispiele / Erläuterungen

Historische Entwicklung von antiken Lichtvorstellungen, über Teilchenmodelle (Newton) und Strahlenmodell des Lichts, über die Wellennatur bis zur quantenphysikalischen Photonenvorstellung; Identifikation des genetischen Materials von den Proteinen zur DNA und epigenetischer Beeinflussung; die Entwicklung der Oxidationstheorie durch LAVOISIER; Begriff „Säure“ von der sauren Lösung über bestimmte Stoffe bis zum Protonendonator

Voranreiben der handwerklich-technischen Entwicklung der Vakuumpumpen durch Forschungen im 17. Jhd. und dessen Einfluss auf die Formulierung der Gasgesetze; Erkenntnisse der Cytologie und Mikrobiologie durch Entwicklung der Licht- und Elektronenmikroskope; Oxidation und Reduktion bei der Metallherstellung

Kritisch-rationale Beschränkung der Naturwissenschaft auf Hypothesen, die durch Beobachtung und Experiment überprüft werden können; Naturwissenschaft ist als ein spezifischer Zugang zu einem Weltverständnis zu begreifen. Exakte Aussagen gelten nur unter bestimmten Bedingungen (wenn-dann-Aussagen).

Jede erfolgreiche Forscherpersönlichkeit gehört zu einem großen Team aus Leitungspersonen, Assistierenden und vielen weiteren Personen. Kooperation von Personen aus verschiedenen Disziplinen

Vorläufigkeit des modernen Weltbildes: Entwicklung der Theorien zur Natur des Lichts, Theorien zur Vererbung, Phlogiston- vs. Oxidationstheorie, Entdeckung des Nanobereichs als weitere Dimension zwischen Stoff- und Teilchenebene

Die Entwicklung der Naturwissenschaften hat eine über Jahrtausende lange Entwicklung in unterschiedlichen Kulturräumen.

O3.2.2 Natur, Mensch, Technik: Klimaproblematik

Ein Erwachsener sollte den menschlichen Einfluss auf die Entwicklung des Klimas der Erde als eine für das Überleben der Menschheit zentrale Frage erkennen. 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, sollte ein Erwachsener neben ökonomischem und soziologischem Wissen besonders ein fundiertes naturwissenschaftliches Wissen und eine entsprechende Handlungskompetenz besitzen. Nur so kann verantwortungsvoll eingesetzte Kreativität zu weitsichtigen intelligenten Lösungen führen.

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele /Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Bei Erreichen der Niveaustufe ... können Menschen ...			
A1	die Schönheit und die jahreszeitliche Entwicklung der Natur bewusst wahrnehmen und kommunizieren sowie eine Beziehung zur erhaltenswerten Natur aufbauen.	beim Spielen, bei Spaziergängen und Wanderungen, bei Anpflanzungen im Beet	Lebensmittel sind selbstverständlich vorhanden. Eigenes Verhalten und globale Entwicklungen hängen nicht miteinander nicht zusammen.
	einfache Herstellungsprozesse von Lebensmitteln in eigenen Worten erläutern.	Brot- oder Kuchenbacken, Getreide mahlen, Marmelade herstellen; tierische Produkte; grundlegende Kenntnis über Anbau- und Lebensbedingungen der Ressourcen (z.B. Bauernhof)	
	achtsam mit natürlichen und menschengemachten Ressourcen und mit Energie umgehen.	Beleuchtung, Heizung und (Stoß-)Lüftung; sinnvoll eingesetzte Lebensmittel und achtsamer Umgang damit	
A2	grundlegende Zusammenhänge der Lebensmittelherstellung, der Mobilität, der Klimatisierung 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 elektrischer Energie	Schnelles Autofahren verbraucht weniger Treibstoff, da die Fahrt-dauer kürzer ist.
	das eigene Verhalten im Hinblick auf Ressourcenverbrauch/-nutzung reflektieren und alternative Handlungsmöglichkeiten entwickeln.	Sinnvoller Umgang mit Lebensmitteln, intelligentes Heizen, sparsame Nutzung elektrischer Energie, gezieltes Einkaufen	
	eine forschende Haltung einnehmen, d.h. ihre Umwelt strukturiert beobachten, Ergebnisse dokumentieren und diese in grundlegende systemische Zusammenhänge einordnen.	Nutzer eines Nahrums, z.B. des Waldes erkunden, dokumentieren der Beobachtungen (z.B. anhand von Fotografien, Skizzen, Tonaufnahmen etc.), Darlegung, inwiefern unterschiedlicher Nutzer*innen miteinander in Beziehung stehen	
	eigene Deutungen (z.B. von Zusammenhängen) nachvollziehbar und adressatengerecht anderen mitteilen.	Informationsaushänge (z.B. zur Nutzung von wiederverwendbaren Trinkflaschen), Posterpräsentationen (z.B. zu den Vor- und Nachteilen der Fahrradnutzung), offene Briefe in der regionalen (Online-) Zeitung (z.B. zu Fragen der Infrastruktur)	
	die Bedeutsamkeit der Erderwärmung beschreiben.		

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele / Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Bei Erreichen der Niveaustufe ... können Menschen ...			
B1	wesentliche in der persönlichen Lebenswelt vorkommende Pflanzen und Tiere benennen.		
	den Treibhauseffekt qualitativ erläutern.	Strahlungsgleichgewicht Sonne-Erde, unterschiedliche Wirkung von sichtbarem Licht und thermischer Strahlung, zentrale Treibhausgase	Der so genannte Treibhauseffekt wird mit einem Treibhaus analogisiert, wo Glasscheiben den Wärmeaustausch verhindern.
	die wichtigen Bestandteile der Luft in ungefähren Größenordnungen angeben.	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
	die Ursachen und Wirkungen des anthropogenen Anteils an der Erderwärmung beschreiben.	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.
	wichtige gesellschaftliche und persönliche Maßnahmen zur Verminderung des anthropogenen Anteils benennen und begründen.	an Beispielen zur Ernährung, Mobilität, Heizung, Versorgung mit elektr. Energie und zu sonstigem Konsum	
B1+	das 2-Grad-Ziel erläutern.	Ausstoß von Kohlenstoffdioxid und anderen klimaschädlichen Gasen reduzieren und mehr Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre entfernen hin zum Fließgleichgewicht	Nur Reduzieren des Kohlenstoffdioxid-Ausstoßes ist wichtig. Kohlenstoffdioxid ist einziges klimaschädliches Gas.
	die Funktionsweise thermischer Kraftwerke und ihren energetischen Wirkungsgrad erklären.	Kohle-, Atom-, Solarkraftwerke	
	eigene Energie-Wende-Projekte planen, umsetzen und evaluieren.	Erneuerbare Energien	
	den Treibhauseffekt mit ersten quantitativen Betrachtungen vertieft darstellen.	Quantitative Abschätzung der Wirkungsverhältnisse der wichtigsten Treibhausgase, Voraussagen der Klimamodelle und des Zusammenhangs von Temperaturanstieg und Auswirkungen für das Leben auf der Erde	Verwechslung und Vermischung mit stratosphärischer Ozonproblematik
	wichtige gesellschaftliche und persönliche Maßnahmen zur Verminderung des anthropogenen Anteils quantitativ begründen.	Vergleich von Energieflussbildern für pflanzliche und tierische Ernährung, quantitativer Vergleich verschiedener Maßnahmen zur Wärmedämmung von Häusern	

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

Vorstellungen aus „Fake-News“ und alternativen Erklärungsmodellen

03.2.3 Sinne: Wahrnehmung und Messung

Ein Erwachsener sollte wissen, dass die Sinne seine Tore zur Welt sind. Um verantwortlich mit dem umgehen zu können, was mit den Sinnen aufgenommen wird, ist es von zentraler Bedeutung, zwischen den von außen kommenden Reizen, die auch naturwissenschaftlich gemessen werden können, und den inneren Wahrnehmungen bzw. Sinnesempfindungen unterscheiden zu können. Ebenso wichtig ist der Zusammenhang, in dem die Reize mit den Wahrnehmungen stehen, nämlich, dass Sinnesempfindungen durch innere Interpretationen von äußerlich aufgenommenen Reizen konstruiert werden. Für eine konstruktive Kommunikation zwischen Menschen ist es außerdem notwendig, sich der Tatsache bewusst zu sein, dass die Botschaft des Sendenden sich von der Wahrnehmung des Empfangenden unterscheiden kann.

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele/ Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Bei Erreichen der Niveaustufe ... können Menschen ...			
A1	die Vielfalt der unterschiedlichen Qualitäten der Sinnesindrücke im täglichen Leben erleben und sie benennen.	Riechen, Schmecken, Tasten, Sehen, Hören, Wärmeempfindung, Eigenbewegung, Kraftempfindung	
	Ohren und Augen als Sinnesorgane erleben und sie entsprechend benennen.		
	selbst zum "Sender" werden.	Sprechen, Singen, Malen, Bewegung, Gestalten	
	einfache Messungen durchführen.	Länge, Volumen	
A2	an Beispielen differenziert Empfindungsqualitäten wahrnehmen und mit äußeren Reizen in Zusammenhang bringen.	Starker Schlag auf die Trommel -> laut; viele Lampen -> hell, viel Salz -> stärkerer Salzgeschmack; Mischen von Wasserfarben	
	einfache Musikinstrumente bauen und deren Bau erläutern.		
	einfache Beschreibungen durchführen, auch in Form von Zeichnungen.	Einheimische Blumen und Tiere	
B1	den Unterschied und Zusammenhang zwischen Reiz und Sinneswahrnehmung erläutern.	Reiz (Licht, Wärme, Druck u. a.) als Auslöser von Erregung (elektrische Impulse), die ausgehend von Rezeptoren über Nerven zum Gehirn bzw. zum Rückenmark und weiter zum Zielorgan geleitet wird und zu Sinnesempfindungen führen	Licht hat eine Farbe. Gerüche oder Bilder werden zum Gehirn geleitet. Reize werden durch Nerven zum Gehirn geleitet. „Optische Täuschungen“ entstehen durch Fehler der optischen Verarbeitung. Physikalisch gibt es Farben.
	erleben und an Beispielen erläutern, dass eine Sinnesempfindung eine innere Interpretation ist.	Farbige Schatten, Farbbilderzeugung am Monitor, Melodie, „optische Täuschungen“, innere Bilder beim Hören von Geschichten	
	an einfachen Beispielen erläutern, dass uns Beobachtungen und Beschreibungen nur durch Vergleichen möglich sind.	z. B. Geruch einer Rose	
	erläutern, dass die Einführung von Maßeinheiten objektives Messen der äußeren Reize (als Kulturtechnik) ermöglicht (hat).	Amplitude und Frequenz, Schall- und Lichtgeschwindigkeit	
	wesentliche physikalische Größen der Akustik benennen und den Zusammenhang zu entsprechenden Sinnesempfindungen herstellen.	Außen: Frequenz, Amplitude, Schallgeschwindigkeit Innen: Tonhöhe, Lautstärke, Töne, Geräusche, Klänge, Bedeutung von Texten	
	Phänomene und Anwendungen der Optik benennen und erläutern.	Reflexion, Brechung, Dispersion, Transmission	
	den Strahlengang einfacher optischer Geräte qualitativ darstellen.	Fotoapparat, Projektor, Mikroskop	Ein Ton kommt aus der Stimmgabel oder aus dem Lautsprecher.

B1+	den Zusammenhang von Wärmestrahlung und UV-Strahlung mit dem sichtbaren Licht herstellen und Anwendungsbeispiele erläutern.	Wärmebildkamera, Treibhauseffekt, Sonnenbrand, Risiko von Hautkrebs
	erläutern, dass Menschen im Spektrum der elektromagnetischen Wellen nur winzige Ausschnitte (Sehen, Hören) wahrnehmen können (Mesokosmos).	
B2	die Entwicklung von naturwissenschaftlichen Modellen am Beispiel von Licht erläutern.	Sehstrahlen, Strahlen-, Teilchen-, Wellen-, Photonenmodell
	Wahrnehmung als Konstruktionsleistung des Gehirns erläutern.	
	begründen, dass Beobachtungen und Beschreibungen immer auf (individuellen) Vorerfahrungen beruhen, reines Beschreiben also nicht existiert.	
	das Sender-Empfänger-Modell in der Hinsicht verändern, dass gesendete Information ungleich empfangener Information ist.	
	zentrale Konzepte der Wellenvorstellung erläutern.	Interferenz am Doppelspalt, Gitter
	Interferenzphänomene im Alltag physikalisch beschreiben.	Interferenz an dünnen Schichten, Interferenz an Gitterstrukturen
	die wesentlichen Gedanken der Quantenphysik erläutern.	Stochastisches Auftreten von Einzelereignissen und deterministisches Verhalten des Kollektivs, Nicht-Lokalität, Komplementarität

Menschen können die gesamte Welt wahrnehmen.

Senden/Empfangen als objektive Informationsübergabe

Ein Elektron befindet sich immer irgendwo.
Atome sind wie Kügelchen.

03.3 Inhaltsbezogene Kompetenzen – Biologie

03.3.1 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
Bei Erreichen der Niveaustufe ... können Menschen ...			
A1	Lebewesen aus der Erdgeschichte nennen. Tiere in ihrem Lebensraum benennen und den Zusammenhang mit ihrer Lebensweise beschreiben.	z. B. Dinosaurier Tiere können nach ihrem Lebensraum geordnet werden. Dem entspricht ihre Lebensweise.	Menschen und Dinosaurier lebten gleichzeitig. Vererben von Körperteilen und ihren Eigenschaften. Heute lebende Arten sind Vorfahren der weiter entwickelten Arten. Affen sind Vorfahren des Menschen. Verwandtschaft bedeutet Ähnlichkeit. Lebewesen passen sich absichtsvoll/zielgerichtet an die Umwelt an. Evolution bedeutet Höherentwicklung. Umwelt bestimmt einseitig die Lebewesen. Lebewesen werden passiv an ihre Umwelt angepasst. Mutationen sind immer schädlich. Anpassung erfolgt absichtsvoll und zielgerichtet. Lebewesen sind perfekt angepasst.
A2	erläutern, dass Lebewesen nacheinander entstanden sind. Vererbung an einfachen Beispielen erläutern.	Auftreten von ersten "Tieren", von "ersten" Menschen phänotypisches Auftreten von Merkmalen bei Tieren	
B1	Verwandtschaft der Lebewesen als Abstammung von gemeinsamen Vorfahren beschreiben. Geschichte und Verwandtschaft von Lebewesen beschreiben.	z. B. Menschenaffen einschließlich Mensch z. B. Wirbeltiere, vom Wasser aufs Land	
	den Wandel und die Anpasstheit von Populationen an verschiedene Lebensbedingungen erläutern.	Variation und Selektion z. B. Entstehung Giraffe und Okapi	
	erläutern: Lebewesen beeinflussen und gestalten ihre Umwelt und werden umgekehrt von ihr beeinflusst.	Wechselwirkungsgedanke	
	beschreiben, wie die Erde im Laufe ihrer Geschichte durch Lebewesen umgestaltet wurde.	z. B. Anreicherung von Sauerstoff, Bioplanet Erde	
B1+	Mutationen und Rekombination als Ursachen von Variabilität nennen. Anpasstheit als Ergebnis von Mutation, Rekombination und Selektion erläutern. angeben, dass Anpasstheit nie vollkommen ist. genetische Argumente gegen Rassismus anführen.		
		Unterschiede zwischen Menschengruppen bestehen nur in der Häufigkeit der Allele.	

B2	Evolution als naturwissenschaftlich erklärtes Phänomen erläutern.		Evolution ist „nur“ eine Theorie. Art ist ein einheitlicher Typus von Lebewesen: Alle Individuen sind gleich. Arten verändern sich wie ein Individuum: Alle Artangehörigen verändern sich gleichzeitig und gleichartig. Bei konstanter Umwelt findet keine Evolution statt. „Theorien“ sind unverbindliche Denkmöglichkeiten. Evolution und religiöse Vorstellungen widersprechen sich. Es gibt Menschenrassen. Menschenrassen sind in ihrem Wesen verschieden.
	verschiedene Artbegriffe gegeneinander abwägen und Artbildung anhand genetischer Isolation von Populationen definieren.		
	erklären, inwiefern Co-Evolution eine Quelle fortwährender Evolution ist.		
	Evolutionstheorie auf verschiedene Bereiche der Biologie anwenden.	z. B. Verhalten, Immunantwort, Resistenzen	
	anhand der Evolutionstheorie die Rolle von Theorien in den Naturwissenschaften erläutern.		
	verschiedene Evolutionstheorien vergleichen, sie von nicht-naturwissenschaftlichen Konzepten unterscheiden und die unterschiedlichen Aussagen reflektieren.	z. B. Schöpfungsvorstellungen, Kreationismus	
	begründen, dass der Rassenbegriff beim Menschen überholt ist.	Größere Unterschiede (Vielfalt) innerhalb der Gruppen, gleitende Übergänge der Merkmale	

03.3.2 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	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Bei Erreichen der Niveaustufe ... können Menschen ...			
A1	Sinneswahrnehmungen und Sinne aufeinander beziehen.	sich bewusst sein, dass mit den Ohren gehört und mit den Augen gesehen wird	
	über Krankheit und Tod sprechen und ggf. eigene Erfahrungen einbringen.	krankte oder tote Tiere; eigenes Kranksein	
	einfache Hygienemaßnahmen im Alltag anwenden und begründen.	Händewaschen, Nahrungsmittelzubereitung	Es gibt gute und schlechte Bakterien.
A2	die Lage und Funktion einiger wichtiger Organe im Körper angeben.	Lunge, Herz, Gehirn	
	eine gesunde Lebensführung (Ernährung, Bewegung) auf die Organe des Körpers beziehen.		
	die Verdauung als Verarbeitungsprozess zwischen Nahrungsaufnahme und Ausscheidung erläutern, auch die Beteiligung von Mikroorganismen im Darm.	Mund, Magen, Darm als Orte der Verdauung und Lebensraum von Mikroben	Nahrung bleibt im Körper, Verdauung erfolgt im Körper. Verdauung findet im Bauch/Magen statt. Bakterien sind tierähnlich.
	die menschliche Entwicklung von der Eizelle bis zum Erwachsenenalter beschreiben.	Embryonale Entwicklung, Wachstum, Alterung	Wachsen bedeutet größer werden.
	angeben, wie man sich vor Infektionskrankheiten schützen kann.	z.B. Hygiene, Impfungen	Impfen ist schädlich.
	Krankheit von körperlicher und geistiger Beeinträchtigung unterscheiden.	Behinderung nicht als Krankheit ansehen	

B1	Funktionszusammenhänge mit Hilfe von einfachen Modellen erläutern.	z.B. Bewegung (Antagonisten), Kreislauf, Gasaustausch, Nährstoff/Zuckerverarbeitung (Vortgleichung mit Sauerstoff), energetische Betrachtung von Stoffwechselprozessen (Fotosynthese, Zellatmung)
	Zellen als Grundbausteine des Lebens erläutern, einschließlich Zellteilung und Zellvergrößerung.	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).
	wesentliche Bestandteile von Zellen und deren Funktion beschreiben.	Zellen sind Behälter. Zellteilung und Zellvermehrung heißt größer werden. Zellen sind leer.
	die Weitergabe genetischen Materials bei der Mitose erläutern.	unheimlicher Krebs
	die chemische Rolle von Enzymen im Stoffwechsel modellhaft beschreiben.	Enzyme sind Akteure, spalten und bauen auf.
	den weiblichen Zyklus beschreiben und Verhütungsmöglichkeiten beurteilen.	durchgehende weibliche Fruchtbarkeit.
	biologische und soziale Risiken und Chancen der Fortpflanzungstechnik angeben und abwägend bewerten.	
	die Ebenen von Genotyp und Phänotyp unterscheiden.	Gen und Merkmal sind dasselbe.
	die Ausprägung von Merkmalen als Prozess beschreiben und die Einflüsse von Genen und Umwelt erläutern.	Gene (allein) bestimmen die Merkmale.
	den Unterschied und Zusammenhang von Reiz und Sinneswahrnehmung erläutern.	Ein Ton kommt aus der Stimmgabel. Licht hat eine Farbe. Reize (z.B. Gerüche, Bilder) werden durch die Nerven zum Gehirn geleitet.
	den Einfluss von Drogen auf den Körper beurteilen.	Alle Mikroben sind gefährlich.
	unter Kenntnis der Mikroben Schutzmöglichkeiten vor Infektionen erklären.	Krankheit und Behinderung sind anomal.
	begründen und akzeptieren, dass Krankheit und Behinderung Teile menschlichen Lebens sind.	
B1+	Vorteile und Grenzen von Funktionsmodellen erläutern.	Alle Zellen sind gleich.
	Wechselwirkungen mit Hilfe von Regelkreisen beschreiben.	
	spezifische Zellen in Geweben/Organen beschreiben.	
	Mitose und Meiose vergleichend beschreiben und deren Ergebnisse und Funktionen erläutern.	

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele /Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Bei Erreichen der Niveaustufe ... können Menschen ...			
B2	das Zusammenspiel von Nerven und Muskeln beschreiben.	motorische Nerven, Auslösung durch Erregungsleitung auf den Muskel (Synapse, Nervenzelle, Muskel)	
	das Zusammenziehen von Muskeln chemisch als Ineinandergleiten von Muskelfibrillen erläutern.	Sarkomer (Fibrillen, ATP)	
	die Rolle von ATP im Körper erklären.	Energieübertragung	Lernen erfolgt nach dem Trichtermodell.
	Lernen am Beispiel der Vernetzung von Neuronen erläutern.	Synapsen, Veränderung der Verknüpfung beim Lernen	Information wird von außen aufgenommen, nicht erzeugt, sondern weitergegeben.
	Wahrnehmung als Konstruktionsleistung des Gehirns erläutern.	Farben, Töne, Bedeutung und Sinn entstehen im Gehirn.	
	das Zusammenspiel von Nerven- und Hormonsystem an Beispielen erläutern.	z. B. Homöostase bei der Temperaturregulation	
	Zelltypen und Funktionsweise durch Genregulation und Kompartimentierung erläutern.		
	Replikation, Ablauf und Regulation der Proteinbiosynthese als chemische Prozesse sowie die Rolle der Proteine erläutern.		
	Faktoren der Merkmalsausbildung nennen, auch der epigenetischen.	Rolle der physiologischen und Umwelt-Faktoren bei der Genregulation	Gene bestimmen (allein) die Merkmale, enthalten Information. Dominante Gene „herrschen“ über rezessive.
	Möglichkeiten der Familienplanung beschreiben und bewerten.		
	Klonen erläutern und bewerten.		Grüne Gentechnik ist „böse“, rote ist gut.
	Chancen und Risiken gentechnischer Verfahren erläutern und bewerten.		Verschlechterung des „Erbguts“ durch Vermehrung der „Erbkranken“.
	begründen, warum Eugenik untauglich und daher wissenschaftlich und gesellschaftlich abzulehnen ist.		
	Definitionen von Gesundheit, Krankheit und Behinderung kritisch bewerten.		Gesundheit ist ein Idealzustand, der Krankheit und Behinderung ausschließt.

O3.3.3 Mensch - Natur – Beziehungen: Umwelt gestalten und bewahren

Ein Erwachsener sollte menschliches Wirken in biologischen Zusammenhängen beurteilen, gegenseitige Abhängigkeiten erkennen und bewerten sowie begründet zu unterschiedlichen Mensch-Natur-Verhältnissen Stellung beziehen können.

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele / Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Bei Erreichen der Niveaustufe ... können Menschen ...			
A1	Tiere beobachten und tierisches Verhalten ansatzweise deuten.	z. B. Bodentiere Da emotionale Beziehungen erhalten bleiben sollen, sind auch anthropomorphe Vorstellungen zu akzeptieren.	Tiere sind wie Menschen (anthropomorphe Deutungen).
	Naturräume sinnlich erleben und erkunden.	u. a. Geräusche, Gerüche, lebensraumtypische Tiere und Pflanzen	Pflanzen bewegen sich nicht und sind daher uninteressant.
A2	Pflanzen- und Tierarten in ihrem Bau und ihren Lebensäußerungen beschreiben und einige systematische Gruppen unterscheiden.	Räuber-Beute, Nahrungskette	Die Pflanze ernährt sich aus dem Boden.
	an Beispielen die Beziehungen zwischen Tier- oder Pflanzenarten erläutern.	Licht als Energiequelle; Pflanzen stellen Nährstoffe selbst her.	Pflanzen atmen nicht.
	Grundzüge der Fotosynthese angeben.	Kunststoffabfälle im Meer oder Auswirkungen auf Lebensräume der nahen Umgebung (Müllabladen im Wald, Einleitung von Abwässern in Gewässern)	Destruenten sind bedeutungslos, da Zersetzungsprozesse ohne sie stattfinden.
	mögliche Auswirkungen menschlichen Handelns auf die Umwelt beschreiben und reflektieren.	energetischer Zusammenhang von Wasserspaltung und Wasserbildung, Atmen bei Pflanzen	Die Natur strebt ein Gleichgewicht als Idealzustand an.
	Beispiele von Natur-/ Umweltschutzmaßnahmen nennen und sich daran beteiligen.	Produzenten, Konsumenten, Destruenten	Der Mensch steht außerhalb der Natur. Er greift als „Störenfried“ in die Natur ein und zerstört das natürliche Gleichgewicht.
B1	Fotosynthese und Zellatmung vergleichend beschreiben und erläutern, wie sie für Pflanzen und Tiere zusammenhängen.	Einfache Sukzessionen, Mosaikzyklen im Wald	Mikroben sind unbedeutend oder schädlich.
	Lebewesen in ökologische Kategorien ordnen.	Bayerischer Wald, Lüneburger Heide, Wattenmeer (Salzwiesen)	„Zersetzung“ erfolgt ohne Lebewesen.
	(Wechsel-)Beziehungen in Ökosystemen beschreiben.	Bebauen und Pflegen eines Gartens	
	dynamische Vorgänge in Ökosystemen beschreiben und erläutern, warum es kein „biologisches Gleichgewicht gibt.“		
	Grundzüge von bewahrendem und gestaltendem Naturschutz angeben.		
	erläutern, dass der Mensch in der Natur eine Doppelrolle als Teil und Gegenüber spielt.		
	erläutern, dass Mikroben notwendige Destruenten und Symbionten in Organismen und Ökosystemen sind.		

03.4 Inhaltsbezogene Kompetenzen – Chemie

03.4.1 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
Bei Erreichen der Niveaustufe ... können Menschen ...			
A1	Phänomene fester und flüssiger im Alltag verbreiteter Stoffe und bei einzelnen gasförmigen Stoffen mit alltagsnahen Fachbegriffen aus einer erlebenden Perspektive beschreiben.	Z. B.: Etwas ist weich, klebrig, flüssig, hart. Spielen mit verschiedenen Materialien, kochen und backen; Luft, Wasserdampf	
A2	Phänomene bei festen und flüssigen Stoffen und bei Luft sachgerecht mit ersten Fachbegriffen auf der Phänomenebene beschreiben.	Durch Sieben Gegenstände verschiedener Größe sortieren, durch Filtrieren Flüssigkeiten von Feststoffen trennen	
	einzelne Beispiele von Stoffen nennen, die sich beim Mischen ineinander lösen bzw. sich nach einiger Zeit wieder entmischen.	Löslich: Zucker und Wasser Entmischung: Speiseöl und Wasser	
	zeigen, dass Luft Raum einnimmt, und nicht nichts ist.	Erklären von Wind als bewegter Luft	Gase werden mit Luft gleichgesetzt. Luft und anderen Gasen wird keine Masse zugeschrieben. Luft wird als „nichts“ betrachtet.
	die Kennzeichnung von Gefahrstoffen deuten.	Einen vorgegebenen Entsorgungsvorschlag für Malerfarben begründen	

GeRRN – Kompetenzen		Anziehung zwischen Teilchen korreliert mit Siedetemperatur.	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Bei Erreichen der Niveaustufe ... können Menschen ...			
B1	einen Stoff aufgrund seiner Eigenschaften einer Stoffklasse zuordnen.	Metall, Salz, flüchtiger Stoff, Reinstoff; Gemisch, Lösung	Flüchtige Stoffe, die verdunsten, hören auf zu existieren („lösen sich in nichts auf“).
	die Zusammensetzung und Bedeutung des Stoffes „Luft“ angeben und erläutern.	Ungefährtes Volumenverhältnis von Stickstoff, Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid in Luft; Rolle dieser Gase im menschlichen Körper und bei der Photosynthese	Sauerstoff ist der größte Bestandteil der Luft.
	die Wirkung von Seife auf der Stoffebene beschreiben.	Seife ist sowohl in Wasser als auch in Fett löslich. Sie trägt dazu bei, dass Fette und Öle in Wasser löslich sind.	
	einfache stoffliche Phänomene mit der Vorstellung verknüpfen, dass Stoffe aus kleinen Teilchen bestehen.	Wechsel des Aggregatzustandes deuten; Anziehung zwischen Teilchen korreliert mit Siedetemperatur.	Stoffe sind kontinuierlich aufgebaut. Teilchen werden als kleine Stoffportionen gedeutet, ihnen werden also Stoffeigenschaften zugeschrieben.
	das Periodensystem (PSE) als Tabelle der Atomarten angeben.	Alle existierenden kleinen Teilchen von Stoffen sind aus Atomen des PSE zusammengesetzt.	
B1+	Radioaktivität dem Atomkern zuordnen.	Radioaktivität durch Kernzerfall begründen	
	Stoffklassen die Art ihrer kleinen Teilchen zuordnen.	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)	Es gibt völlig unlösliche Stoffe.
	Löslichkeitsphänomene mithilfe der Teilchenstrukturen erläutern.	Geringes Vorhandensein eines „unlöslichen“ Stoffes in einem Lösungsmittel (Benzin im Grundwasser), Wirkung eines Emulgators	H ₂ O ist nur eine andere Bezeichnung für Wasser, Elementsymbole sind Abkürzungen von Elementnamen.
	angeben, dass chemische Formeln abstrakte Beschreibungen kleiner Teilchen sind.	Molekülformeln interpretieren	Elektronen sind kleine Objekte. Elektronen kreisen in verschiedenen Abständen um den Atomkern.
	das Periodensystem mit der Struktur der Atomhülle als Ordnungsprinzip verbinden.	Die Atomhülle wird aus bestimmten Anzahlen von Elektronen jeweils gleicher Energie gebildet.	
	zu Aussagen über stoffliche Gefahren naturwissenschaftliche Fragen formulieren.	Wer legt Grenzwerte fest? Welche Gefahrenpotenziale drohen bei Überschreitung?	

B2	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	Teilchen haben selbst die Eigenschaft der Stoffe. Die gleiche Portion beliebiger Stoffe zeigt bei gleicher Zufuhr thermischer Energie immer dieselbe Temperaturänderung. Krebsenerregende Stoffe erzeugen in jedem Fall Krebs bei Kontakt mit ihnen.
	Stoffeigenschaften als Folge von chemischen Bindungen und Wechselwirkungen zwischen kleinen Teilchen erläutern.	Hohe Temperaturbeständigkeit von Stoffen mit Gitterstruktur oder mit großen, vernetzten Molekülen	
	Ordnungsschemata für Stoffe der organischen Chemie nachvollziehen.	Ordnung nach funktionellen Gruppen	
	Aussagen über Gefahren und Nutzen von Stoffen beurteilen.	Bedeutung der Aussage „ist krebserregend“ erfassen	

03.4.2 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		Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Bei Erreichen der Niveaustufe ... können Menschen ...		
A1	Vorgänge in Alltagssprache beschreiben, bei denen stoffliche Veränderungen geschehen.	Ausgangsstoffe sind in Produkten noch enthalten (wie in einem Gemisch).
A2	Vorgänge mit stofflichen Veränderungen nutzen und dabei mögliche Gefahren berücksichtigen.	Chemie gibt es nur im Labor.

Inhaltliche Beispiele/Erläuterungen

Brennen einer Wunderkerze, Auflösen einer Brausetablette, Eis- und Schneeschmelze, Auflösen von Zucker in Wasser
Keine bewusste Unterscheidung zwischen chemischen Reaktionen und Zustandsänderungen eines Stoffes
Brausetablette in Wasser geben, Gas als neuen Stoff nennen, Kerze entzünden, Wachs als Stoff bezeichnen, der weniger wird
„Beim Feuer ist es warm und hell.“
Beispiele: Lagerfeuer, Grill, Kerze, Wunderkerze, Taschenwärmer
Lagerfeuer aufbauen, es anzünden und mit Wasser löschen, keine theoretischen Begründungen
Stoffliche Veränderung z. B. durch Farb- und Geruchsveränderungen beim Braten

B1	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. Thermische Energie kann nur aus dem System Brennstoff und Sauerstoff genutzt werden.	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. Stoffe verschwinden bei bestimmten Vorgängen unwiederbringlich. Wenn Gase entstehen, wird das Reaktionsgemisch leichter. Kohle, Erdöl und Erdgas sind Energie.
	Voraussetzungen und Gefahren einer unvollständigen Verbrennung erklären.	Bei Feuer in geschlossenen Räumen entsteht wegen Luftmangels ein giftiges Gas.	
	aus Informationen zum Brennstoff Rückschlüsse auf Produkte der Verbrennung ziehen.	z. B. bei Benzin: Kohlenstoffdioxid und Wasser; bei Wasserstoff: nur Wasser; bei Holz und Kohle: zusätzlich Feinstaub und Rauch sowie giftige Gase	
	die chemische Reaktion als Bildung von neuen kleinen Teilchen (Produktteilchen) aus den Eduktteilchen erklären.		
	das Gesetz zur Erhaltung der Masse anwenden.	Berechnung des Kohlenstoffdioxidausstoßes eines Verbrennungsmotors nachvollziehen	
	erläutern, dass Energieumsatz immer an einen Vorgang und die Bedingungen gebunden ist, nicht an einen Stoff allein.		
	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)	
	an einer vorgegebenen einfachen Reaktionsgleichung (Reaktionssymbol) erkennen, dass eine chemische Reaktion beschrieben wird.	Formeln und Symbole erklären: Ausgangsstoff(e), Reaktionspfeil und Endstoff(e)	

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele / Erläuterungen	Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Bei Erreichen der Niveaustufe ... können Menschen ...			
B1+	mithilfe des Gesetzes der festen Massenverhältnisse chemische Reaktionen von Gemischbildungen unterscheiden.	Das Mischungsverhältnis kann beliebig gewählt werden, während bei einer chemischen Reaktion alle daran beteiligten Stoffportionen in festen Massenverhältnissen stehen, unabhängig von den zusammengegebenen Mengen.	Wenn ein hergestelltes Gemisch reagiert, bleibt in keinem Fall etwas davon übrig.
	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.	
	an einer einfachen Reaktionsgleichung den Vorgang erkennen und nachvollziehen.	Photosynthese Gleichung: Bildung von zwei Stoffen (Sauerstoff und Glucose) aus Kohlenstoffdioxid und Wasser mit bestimmten Anzahlverhältnissen	Reaktionsgleichungen und Formeln sind dasselbe.
	die chemische Reaktion als Bildung von neuen kleinen Teilchen aus den Eduktteilchen erklären und dabei berücksichtigen, dass bei chemischen Reaktionen Atome weder vollständig vernichtet noch neu erschaffen werden.	Bei der Verbrennung von Magnesium wird das Sauerstoff-Atom zum Sauerstoff-Ion (=Oxid-Ion), die Atomart bleibt erhalten, das Atom wird nicht vollständig vernichtet.	Stoffe und Atome bleiben in den Produkten (unverändert) erhalten.
	die Wirkung eines Katalysators beschreiben.	Autokatalysator zur schnelleren Reaktion von Abgasbestandteilen zu weniger giftigen Stoffen	
	technische Systeme nennen, die die zum Ablauf benötigte Energie nicht in Form von thermischer, sondern elektrischer Energie aufnehmen.	Laden von Akkus, Altern von Akkus; Elektrolyse	
	technische Systeme nennen, in denen Reaktionen ablaufen, die elektrische und thermische Energie abgeben.	Brennstoffzelle, Kraftwerk	
	angeben, dass zur Spaltung einer chemischen Bindung immer Energie benötigt, bei ihrer Herstellung immer Energie abgegeben wird.	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.	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.
	die Ursachen für unterschiedliche Geschwindigkeiten chemischer Reaktionen erläutern.	Temperatureinfluss auf Koch- und Backprozesse; Zerteilungsgrad als Beschleunigung für Brände/Explosionen (z.B. Staubexplosion)	

B2	einfache chemische Reaktionen allgemein als Akzeptor-Donator-Vorgänge zwischen Teilchen der beteiligten Stoffe deuten.	Säure-Base-Reaktionen, Redox-Reaktionen	Reaktionen laufen immer vollständig ab oder gar nicht.
	einfache Reaktionsgleichungen zur Beschreibung von chemischen Reaktionen erstellen.		
	chemische Gleichgewichte und Möglichkeiten ihrer Beeinflussung an Beispielen erläutern.	Zusammensetzung des Inhalts einer Flasche Sekt vor, beim und nach dem Öffnen	
	Vorgänge bei galvanischen Zellen und Elektrolysen als Redoxprozesse mit Energieumwandlung erklären.	Prinzip der Bereitstellung von elektrischer Energie in einer Batterie	
	das Konzept zur Synthese von Makromolekülen erläutern.	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).	
	begründen, warum bei der Synthese neuer Stoffe auch mögliche Nebenprodukte bedacht werden müssen.	Gebildete Abfall-Produkte werden minimiert (Konzept der Atomökonomie).	
	die Grundprinzipien ausgewählter chemisch-technischer Verfahren und Synthesen darlegen (z.B. Haber-Bosch-Verfahren; Erddüraufbereitung).	Ausgangsstoff zur Düngemittelproduktion (Ammoniak) kann damit aus leicht zugänglichen Stoffen wie Luft und Wasser / Erdgas großtechnisch – mit großem Energieeinsatz – produziert werden. Erdöl muss für verschiedene Verwendungen chemisch aufbereitet und verändert werden.	
	einfache chemische Reaktionen allgemein als Akzeptor-Donator-Vorgänge zwischen Teilchen der beteiligten Stoffe deuten.	Säure-Base-Reaktionen, Redox-Reaktionen	

03.5 Inhaltsbezogene Kompetenzen – Physik

03.5.1 Materie: Vom ganz Großen und ganz Kleinen

Ein Erwachsener sollte seinen Blick über die Dimensionen vom ganz Großen, z. B. Kosmologie, und zum ganz Kleinen, z. B. Quarks, wenden können. Die durch physikalische Experimente gewonnenen Ergebnisse sollen sein Verständnis der Welt erweitern, z. B. durch Gedanken der Relativitätstheorie und der Quantenphysik. Erkenntnistheoretische Fragen und die Methoden der Erkenntnisgewinnung sollen wesentlich dazu beitragen, sein persönliches Weltbild aufzubauen und zu fundieren.

GeRRN – Kompetenzen		Inhaltliche Beispiele / Erläuterungen
Bei Erreichen der Niveaustufe ... können Menschen ...		
A1	spielerisch und neugierig die Lebenswelt beobachten	Staudämme bauen, Hütten bauen, kreativ mit einfachen Handwerkszeugen umgehen
	Beobachtungen in der eigenen Sprache darstellen.	Immer, wenn sich Blätter bewegen, weht Wind; mein Schatten läuft immer hinter mir her.
	eigene Ordnungssysteme erfinden.	in der Natur Gefundenes nach eigenen Gesichtspunkten sortieren
	subjektive Theorien zu eigenen Beobachtungen mitteilen.	Steine sinken im Wasser, weil das Wasser sie ansaugt, oder Blasen steigen im Wasser hoch, weil sie die Luft über dem Wasser anzieht.
A2	in Experimenten erkunden, wie sich Gegenstände durch äußere Einwirkungen verändern.	Thermisches Ausdehnen und Zusammenziehen, Kompressibilität von Gasen, Flüssigkeiten und festen Stoffen, Aggregatzustände, Magnetisierung, elektrische Leitfähigkeit, Aggregatzustandsänderung
	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
B1	mit typischen Einheiten für Basisgrößen im Alltag umgehen.	Dichte, Masse, Volumen
	ein zeitgemäßes Atommodell bildhaft beschreiben.	Quantenphysikalisches Atommodell als Bild
	Phänomene nennen, die erst aufgrund der Fortschritte in der Atom- und Kernphysik entdeckt wurden.	Radioaktivität, Kernfusion, Kernkraftwerk, Röntgen-gerät

B1+	Methoden bzw. Forschungseinrichtungen aufzeigen, durch die die Erkenntnisse der Physik über die Struktur der Materie möglich wurden.	Teilchenbeschleuniger, Spektralanalyse	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.
	historische und erkenntnistheoretische Überlegungen zum Strukturmodell von Materie darstellen.	Historische Entwicklung von Modellen und Vorstellungen, zukünftige Modellentwicklung, Zusammenhang von Modell und Wirklichkeit	
	qualitative Bilanzen mit der Masse-Energie-Äquivalenz aufstellen.	Kernfusion als Energielieferant der Sonne, Kernenergie	
	Rückschlüsse auf den Aufbau des Kosmos und die dort ablaufenden Vorgänge nachvollziehen.	Berechnung von Planetenbahnen, Sternentwicklungen	
	Methoden mit vertieften physikalischen Konzepten erläutern, durch die die Erkenntnisse der Physik über die Struktur der Materie möglich wurden.	Prinzipieller Aufbau von Kernforschungsreaktoren bzw. Fusionsreaktoren, Auswerten von Lichtspektren, Doppelspaltexperimente mit Licht, Elektronen und Molekülen	
B2	wesentliche Eigenschaften des quantenphysikalischen Atommodells mit tiefergehenden physikalischen Fachbegriffen und Vorstellungen sachgerecht darstellen.	Antrittswahrscheinlichkeit von Elektronen, Eigenschwingungen vergleichbar den Chladnischen Klangfiguren	
	die Grundzüge der Quantenphysik und der Relativitätstheorie sachgerecht darstellen.	Grundzüge der Quantenphysik und der Relativitätstheorie, Standardteilchenmodell	
	historische und erkenntnistheoretische Überlegungen darstellen.	Unterschiedliche kosmologische Weltmodelle, verschiedene Interpretationen der Quantenphysik	

03.5.2 Theorie: Die Natur berechenbar machen

Ein Erwachsener sollte die Entwicklung der Physik historisch betrachten können und erkennen, dass die Mechanik durch ihre Mathematisierbarkeit zum Prototyp einer modernen Naturwissenschaft geworden ist. Nach der Erweiterung der klassischen Mechanik durch die Relativitätstheorie und Quantenmechanik sollen die für unser Weltverständnis grundlegenden Begriffe Raum, Zeit, Determinismus eine neue Bedeutung bekommen. Ein Erwachsener sollte sich der Grenzen der Berechenbarkeit von Naturerscheinungen bewusst sein, die durch die Chaosforschung besonders in den Fokus getreten sind.

GeRRN – Kompetenzen		Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden
Bei Erreichen der Niveaustufe ... können Menschen ...		
A1	die Bewegung von Gegenständen gezielt beeinflussen.	Ball werfen, rollen oder schießen; Kippen von Gegenständen Schaukeln, Wippen, Klettern, Radfahren, Autofahren
	in eigener Sprache eigene Erfahrungen mit Bewegungen beschreiben.	
A2	das Gleichgewicht auf einer Wippe mit einer einfachen Form des Hebelgesetzes beschreiben.	Hebel bei Alltagsgegenständen: Zange, Schere, Wagenheber, ohne eine Formel zu verwenden
	einfache Sachrechenaufgaben mit gleichmäßigen Bewegungen durchführen.	Wegstrecke, Geschwindigkeit (als eigenständige Größe, nicht als Strecke pro Zeit)
	Volumen-, Gewichts- und Längenmessungen sowie -vergleiche durchführen.	z.B. beim Backen (Küchenwaage, Messbecher), mit einem Lineal
	einige Maßeinheiten angemessen verwenden.	z.B. Millimeter/Zentimeter, Gramm/Kilogramm, Liter
B1	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
	Flaschenzug, Fahrrad- und Autogangschaltung als Beispiele für „Kraftwandler“ beschreiben.	Goldene Regel der Mechanik – Energieerhaltung (qualitativ)
	die Beschleunigung von Raketen und das Fliegen von Vögeln und Flugzeugen mit Hilfe des Rückstoßes erklären.	
	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 Bezug setzen.	
		Kraft ist etwas, das man hat.
		Energie kann eingespart werden.
		Raketen stoßen sich vom Boden ab.

B1+	komplexere Bewegungsvorgänge kinematisch analysieren.	Videoanalyse, Bewegungsgleichungen
	mithilfe einer Formelsammlung komplexere Bewegungsvorgänge (auch Stöße) berechnen.	Energieerhaltung, Impulserhaltung
	an ausgewählten chaotischen Vorgängen die Grenzen der Berechenbarkeit von Naturerscheinungen aufzeigen.	Luft- und Wasserströmungen, Wetter, Würfel
	in seiner Lebenswelt berechenbare und nichtberechenbare Vorgänge benennen.	Planetenbewegung, reibungsfreier Fall, Wettervorhersage, persönliches Krankheitsrisiko
B2	Grundzüge der Relativitätstheorie und Quantenmechanik an Beispielen beschreiben.	
	nachvollziehen, welche Auswirkungen die Relativitätstheorie und die Quantenmechanik auf Fragen 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.

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

03.5.3 Energie: Die Versorgung mit elektrischer Energie im Alltag

Ein Erwachsener sollte wissen, dass ohne eine sichere Versorgung mit elektrischer Energie Leben nicht mehr zu denken ist. Um am gesellschaftlichen Diskurs zur Energiewende teilhaben und um eigene Entscheidungen verantwortungsvoll treffen zu können, sollte ein Erwachsener ein angemessenes physikalisches Wissen in diesem Bereich haben.

GeRRN – Kompetenzen		Alltagsvorstellungen, die beim Erreichen der Kompetenz revidiert werden	
Bei Erreichen der Niveaustufe ... können Menschen ...			
A1	mit Flüssigkeiten im Alltag sachgerecht umgehen und dies in eigener Sprache beschreiben.	Inhaltliche Beispiele / Erläuterungen Staudamm, Bäche bauen; Wasser durch Rohre, Trichter leiten Elektrische Beleuchtung, elektrische Geräte mit Stecker anschließen, Taschenlampe, Batterien wechseln, angemessener Umgang mit Steckdosen und Steckern	
	sachgerecht mit elektrischen Geräten und Einrichtungen des täglichen Lebens umgehen.		
	sich so verhalten, dass mit "Strom" sparsam umgegangen wird.		
	Gefahren im Umgang mit elektrischem Strom in eigener Sprache darstellen.		
A2	Experimente mit einfachen Stromkreisen durchführen und persönliche Deutungen angeben (subjektive Theorien).	Motoren, Solarzellen, Schalter, Batterien	
	den Aufbau einer Fahrradbeleuchtung beschreiben.		Wechselspiel Dynamo, Verkabelung, Lampe/LED
	die Stromversorgung im Haus beschreiben.		Modellschaltung mit einfachen Bauteilen
	die Gefahren und schützendes Verhalten beim Umgang mit Strom beschreiben.		Experimente mit z. B. Batterien, isolierten Kabeln, sicherer Umgang mit Stecker und Steckdose; Verhalten bei Gewitter
	Beispiele für elektrische Energiespeicher benennen.		Smartphone, Standlicht beim Fahrrad, E-Bike, Elektroauto
	darstellen, dass es neben Energienutzern auch Energieversorger geben muss.	Batterie, Solarzelle, Dynamo, Kraftwerke	

B1	elektrische Stromkreise als System erkennen und beschreiben.	Stromkreismodelle, z. B. Wasserstromkreis, Marmelbahn	Strom kommt aus der Steckdose. Strom wird verbraucht.
	die physikalischen Größen elektrische Stromstärke, elektrische Spannung, elektrische Energie und elektrische Leistung unterscheiden.	die wesentlichen Einheiten A, V, J, W angeben	
	mit einem Energiekosten-Messer (Leistungsmessgerät) zielgerichtet umgehen.		
	die Energieeffizienz verschiedener Beleuchtungsarten im Haushalt vergleichen.	Glühlampe, Neonröhre, LED-, Halogen-Lampe	
	die Bedeutung von Generatoren, Transformatoren für die Versorgung mit elektrischer Energie erläutern.		
	die Versorgung mit und Speicherung von elektrischer Energie und die dafür notwendigen Energiewandlungsprozesse benennen.		
	unterschiedliche Energiequellen für die Versorgung mit elektrischer Energie zu Hause und global benennen und bewerten.	thermische Kraftwerke, Solaranlagen, Windkraftwerke, Biogaskraftwerke	
B1+	elektrostatische Phänomene in seiner Lebenswelt physikalisch beschreiben.	Teppichboden, Blitz	Im Haushalt wird der elektrische Stromverbrauch gemessen.
	elektrische Ladungsträger unterscheiden.	Elektronen, Ionen	
	verschiedene Systeme zur Versorgung mit elektrischer Energie und Mobilität auch quantitativ vergleichen und bewerten.	Verschiedene Energieszenarien, PKW mit Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen, Elektroantrieb	
B2	elektrische Energieübertragungssysteme vertiefend beschreiben.	Elektrisches und magnetisches Feld als Energiespeicher, Elektromagnetische Wellen zur Energieübertragung	Elektrische Energie steckt in der elektrischen Ladung, sie wird von Teilchen wie in einem „Rucksack“ getragen.
	Gefahren, die mit der elektromagnetischen Energieübertragung verbunden sind, sachgerecht einordnen.	Elektrosmog	
	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	

04

Ausblick

Ziel des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens für Sprachen war es, „*die verschiedenen europäischen Sprachzertifikate untereinander vergleichbar zu machen und einen Maßstab für den Erwerb von Sprachkenntnissen zu schaffen.*“ Beides ist beispielhaft gelungen. Der Europäische Referenzrahmen hat damit die Kultur des schulischen Spracherwerbs deutlich beeinflusst und wirkt insgesamt sehr positiv auf den Fremdsprachenunterricht unserer Schulen ein.

Ein vergleichbarer Fortschritt lässt sich leider bislang für die naturwissenschaftliche Bildung nicht feststellen. Trotz rasant wachsender Erkenntniszuwächse in den Naturwissenschaften ist das naturwissenschaftliche Bildungsniveau vergleichsweise bescheiden geblieben. Und das, obwohl naturwissenschaftliche Erkenntnisse immer direkter auf gesellschaftliche Entwicklungen einwirken. Junge Menschen können naturwissenschaftlich relevante, gesellschaftliche Entscheidungen nur einschätzen, wenn die in Abschnitt 01.4 genannten Schlussfolgerungen für Lernen und Lehren gezogen werden. Ähnliche Ziele werden auch mit dem Programm der transformativen Bildung verfolgt. Nach unserer auf fachdidaktischer Forschung und Praxis beruhenden Analyse liegt der Hauptgrund für diese Defizite im gegenwärtigen Unterricht, zuweilen auch in außerunterrichtlichen Bildungsangeboten.

Wozu soll der GeRRN in Zukunft dienen?

1. Verbesserung der Unterrichtsrealität
2. Ausarbeitung von Kompetenzentwicklungsmodellen und Lernlinien
3. Konzeption geeigneter Fortbildungsveranstaltungen
4. Erstellen von Mindeststandards
5. Zertifikate für naturwissenschaftliche Bildung

Unsere derzeitigen überfüllten Lehrpläne erlauben den Lehrkräften kaum, innezuhalten und ihre Schülerinnen und Schüler mit einer forschenden Grundhaltung in die wesentlichen naturwissenschaftlichen Zusammenhänge einzuführen. Zudem muss man feststellen, dass viele der vorgesehenen Bildungsangebote nicht altersangemessen angebo-

ten werden. Lernende sind häufig nicht in der Lage, sie kognitiv aufzunehmen und zu verarbeiten. Ein tiefes Eindringen ist dann nicht möglich. Die innere Welt der Lernenden wird im Unterricht kaum angesprochen und ihre fruchtbaren Alltagsvorstellungen werden nicht fürs individuelle Lernen genutzt. Ergebnis ist, dass viele Schülerinnen und Schüler allenfalls etwas (auswendig) lernen, das sie nicht verstanden und zu dem sie keine tiefen Bezüge aufgebaut haben. Das Angelernte wird schnell wieder vergessen, meist direkt nach der nächsten Klassenarbeit. Die genannten Aspekte einer nicht gut erworbenen naturwissenschaftlichen Bildung sind hinreichend bekannt, fachdidaktisch erforscht und in der Praxis evaluiert. Fundamentale Grundkenntnisse, ein Erkennen wesentlicher Zusammenhänge und die Fähigkeit, das Wissen anzuwenden, können so nicht erreicht werden.

Der vorliegende Vorschlag eines Gemeinsamen Referenzrahmens für Naturwissenschaften nimmt für sich in Anspruch, Wege zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung aufzuzeigen, die nachhaltig wirksam bleibt. Das Bildungsangebot muss sich beschränken, sodass mehr Zeit für vertieftes Lernen an zentralen Konzepten möglich wird. Aber kann durch weniger, jedoch sorgfältig ausgesuchte Inhalte, ein Mehr an naturwissenschaftlicher Bildung erreicht werden?

Eine solche Annahme bedarf selbstverständlich der empirischen Validierung. Im MNU ist traditionell die fachdidaktische und fachpraktische Expertise vereint. Insofern sehen wir den Referenzrahmen als Aufforderung an Praxis und Forschung, den erforderlichen Perspektivenwechsel hin zum Lernenden umzusetzen und begleitend zu evaluieren. Dies kann auch noch vor einer entsprechenden konzeptionellen und inhaltlichen Anpassung der Lehrpläne geschehen.

Dabei könnte das Aufstellen von Lernlinien als schrittweise Orientierung beim Aufbau von grundlegenden Konzepten hilfreich sein. Derartige, auf Kumulation beruhende Kompetenzentwicklungsmodelle auszuarbeiten und empirisch zu überprüfen sieht die Kommission als eine nächste Aufgabe an, die nicht allein von ihr zu leisten ist.

Die angestrebte Veränderung des Unterrichts in den naturwissenschaftlichen Fächern kann aber nur dann

erfolgreich sein, wenn gleichzeitig die unterrichtenden Kolleginnen und Kollegen angeregt werden, ihre Haltung in der Unterrichtspraxis in der Richtung weiter zu entwickeln, wie sie in Abschnitt 1.04 beschrieben ist. Fortbildungsmaßnahmen zu konzipieren, die von Erfahrungen in der eigenen Praxis ausgehen, schrittweise Erprobungsvorhaben erarbeiten, deren Umsetzungsversuche wieder im Gespräch reflektiert werden, halten wir für einen erfolgversprechenden Weg.

Parallel zu diesen Vorhaben sollten Kulturbükratien ernsthaft über Lehrplanreformen nachdenken, die sich am Kern des vorgelegten Gemeinsamen Referenzrahmens orientieren und die das Ziel haben sollten, die bisherigen Kernlehrpläne abzulösen. In einem Land wie der ressourcenarmen Bundesrepublik Deutschland ist es nicht hinzunehmen, dass die naturwissenschaftliche Bildung auf dem derzeitigen niedrigen Niveau verbleibt. Deshalb schlagen wir vor, die Angst vor der Einführung von Mindeststandards abzulegen. Politik und Gesellschaft müssen dafür Sorge tragen, dass eine nachhaltige naturwissenschaftliche Grundbildung für alle Schülerinnen und Schüler ermöglicht wird.

Am Ende eines solchen Prozesses könnten, in Analogie zum Referenzrahmen Sprachen, Zertifikate für naturwissenschaftliche Bildung eingeführt werden. Diese würden jeden Bürger sowie Arbeitgeber in Industrie, Wirtschaft und Dienstleistung in die Lage versetzen, das jeweils geforderte Niveau naturwissenschaftlicher Kenntnisse und Fähigkeiten einzuordnen. In der höchst mobilen Arbeitswelt werden dabei nationale Grenzen irrelevant. Weshalb es wünschenswert ist, den vorgeschlagenen Referenzrahmen in Analogie zum Referenzrahmen Sprachen zu europäisieren. Zertifikate benötigen Test-Aufgaben, die an dem aufgezeigten Perspektivenwechsel zum Lernen und Lehren der Naturwissenschaften orientiert sind. Anhand solcher Aufgaben soll das jeweilige naturwissenschaftliche Bildungsniveau festgestellt werden können. Auch diese Aufgabe kann von der Kommission nicht allein geleistet werden.

Deswegen rufen wir Kolleginnen und Kollegen aus Schule und Universität zur Mitarbeit auf. Wenn Sie sich durch die dargestellten Ziele und Aufgaben angesprochen und motiviert fühlen und eine Mitarbeit für Sie infrage kommt, melden Sie sich bitte in der MNU-Geschäftsstelle oder bei einem Mitglied der Autorengruppe.

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 Schüler-vorstellungen*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- BROOKFIELD, S. D. (2012). Critical Theory and Transformative Learning. In E. W. TAYLOR, P. CRANTON & Associates (Hrsg.), *The Handbook of Transformative Learning: theory, research, practice*, 131–146. San Francisco: Jossey-Bass.
- 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.
- DUIT, R., GROPENGIESSER, H., KATTMANN, U., KOMOREK, M., PARCHMANN, I. (2012). The model of educational reconstruction – a framework for improving teaching and learning science. In D. JORDE, J. DILLON (Hrsg.). *Science Education Research and Practice in Europe: Retrospective and Prospective 5*, 1337. Sense Publisher, Rotterdam.
- 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> (Zugriff: 04.02.2019).
- 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/> (Zugriff: 04.02.2019).
- 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, Herts: Association for Science Education.
<http://www.ase.org.uk> (letzter Zugriff: 04.02.2019)
- HATTIE, J. (2014). *Lernen sichtbar machen für Lehrpersonen*. Überarbeitete deutschsprachige Ausgabe, Baltmannsweiler: Schneider-Verlag.
- KATTMANN, U., DUIT, R., GROPENGIESSER, H. & KOMOREK, M. (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein theoretischer Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung, *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 3(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.
- KOLLER, H.-C. (2012). Bildung anders denken. Einführung in die Theorie transformatorischer Bildungsprozesse. Stuttgart: Kohlhammer.
- KOLLER, H.-C. (2016). Ist jede Transformation als Bildungsprozess zu begreifen? Zur Frage der Normativität des Konzepts transformatorischer Bildungsprozesse. In: DAN VERSTÄNDIG, JENS HOLZE & RALF BIERMANN (Hrsg.). *Von der Bildung zur Medienbildung*, 149–162. Wiesbaden: Springer-Fachmedien.
- 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 (letzter Zugriff: 04.02.2019).

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.

PARCHMANN, I.; GRÄSEL, C.; BAER, A.; NENTWIG, P.; DEMUTH, R. & RALLE, B. (2006). "Chemie im Kontext": A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education* 28(9), 1041–1062.

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.

SINGER-BRODOWSKI, M. (2016). Transformative Bildung durch transformatives Lernen. Zur Notwendigkeit der erziehungswissenschaftlichen Fundierung einer neuen Idee. *ZEP: Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik* 39(1), 13–17.

STEFFEN, W. et al. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. In: *Science*. Band 347, Nr. 6223.

Nachwort

Mit der nun vorliegenden 3. Auflage ist die Entwicklung des Gemeinsamen Referenzrahmens für Naturwissenschaften (GeRRN), die vom MNU seit 2014 aktiv betrieben wurde, zu einem vorläufigen Ende gekommen. Für die zahlreichen Änderungsvorschläge, die im Laufe der letzten Jahre eingearbeitet worden sind, danken wir allen, die sich am für alle offenen GeRRN-Forum auf unserer Homepage beteiligt haben, den Teilnehmern am Forum beim MNU-Bundeskongress 2018 und an den Vorträgen und Workshops bei anderen Tagungen für die bedenkenswerten Rückmeldungen und guten Vorschläge, die alle diskutiert und bearbeitet wurden. Besonders dankbar sind wir für die Unterstützung aus der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts GDSU in Fragen der elementaren auf Naturwissenschaften bezogenen Bildung. Konkret waren folgende Personen beteiligt (zum Teil haben sie ihre Arbeitseinheit miteinbezogen): Prof. Dr. Mirjam STEFFENSKY, Prof. Dr. Kornelia MÖLLER, Prof. Dr. Lydia MURMANN, Prof. Dr. Kim LANGE-SCHUBERT, Prof. Dr. Matthias BARTH und Prof. Dr. Andreas HARTINGER.

Mit großer Freude nehmen wir die Nachricht auf, dass andere Fächer dem Beispiel der Naturwissenschaften folgen. Vertreter*innen der Geographiedidaktik, eine Gruppe Informatiker der Gesellschaft für Informatik GI und des MNU unter Leitung des MNU-Fachreferenten Gerhard RÖHNER sowie eine Technik-Arbeitsgruppe des Vereins Deutscher Ingenieure VDI unter der Leitung von Marvin MÜLLER sind in der Entwicklung von Referenzrahmen ihrer Fächer schon so weit fortgeschritten, dass eine mögliche Zusammenführung dieser Referenzrahmen zu einem GeRRINT in absehbarer Zukunft bewerkstelligt werden könnte.

Unser Ziel, die Ideen des GeRRN auch international zu diskutieren, haben wir nicht aufgegeben. Bei der ersten internationalen Veranstaltung zum GeRRN beim MNU-Bundeskongress in München haben Vertreter*innen unserer ausländischen Partnerverbände deutlich Interesse signalisiert und wirken nun in ihre Verbände hinein.

Nach der vorläufigen Fertigstellung des GeRRN geht es nun an die eigentliche Arbeit: Auf der Basis des Referenzrahmens gilt es, den Unterricht in den Naturwissenschaften weiter zu verändern, so dass die Bildung in diesem Bereich aus ihrem Schattendasein tritt. Auch die Rahmenbedingungen für die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften müssen dann politisch diskutiert und optimiert werden. An der Vision, dass bei Einstellungsgesprächen nicht nur die Frage nach Fremdsprachenkenntnissen, sondern auch die nach naturwissenschaftlicher Bildung gestellt wird, halten wir nach wie vor fest. Warum soll eine weitere Arbeitsgruppe nicht den GeRRN nutzen, um ein Zertifikatsystem für naturwissenschaftliche Bildung zu schaffen?

Der GeRRN ist ein gelungenes Beispiel für die Arbeit, die der MNU seit über 125 Jahren leistet. Laut Satzung verdeutlicht der Verein „den großen volkswirtschaftlichen Nutzen, den besonders MINT-Lehrende durch eine zeitgemäße Bildungsqualität für ein zukunftsfähiges und demokratisches Deutschland stiften.“ Dies ist den Initiatoren, den Mitarbeitern der Fachgruppen, die die mühevolle Vorarbeit geleistet haben, und vor allem der unermüdlichen Autorengruppe in hervorragender Weise gelungen. Ihnen gebührt unser großer Dank: Birgit EISNER, Prof. Dr. Ulrich KATTMANN, Matthias KREMER, Jürgen LANGLET, Dieter PLAPPERT und Prof. Dr. Bernd RALLE.

Es sollte allen Lehrkräften ein großes Anliegen sein, auf der Grundlage des GeRRN den naturwissenschaftlichen Unterricht weiter zu entwickeln. Diejenigen, die an den im Kapitel „Ausblick“ genannten Aufgabenfeldern weiterarbeiten, können sich auf die Unterstützung des MNU und seines Vorstandes verlassen.

Düsseldorf, im März 2019

Für den Vorstand des MNU

GERWALD HECKMANN, Vorsitzender

Autoren

BIRGIT EISNER ist Lehrerin für Physik und Mathematik am Camerloher Gymnasium in Freising und Mitglied des MNU-Vorstands.

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

MATTHIAS KREMER war 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 war 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 (i. R.) und Chefredakteur des MNU-Journals.

Impressum

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

Bildquellenverzeichnis: DIETER PLAPPERT

ISBN 978-3-940516-27-5

3. überarbeitete Auflage

© 2019, 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.



VERBAND ZUR FÖRDERUNG
DES MINT-UNTERRICHTS
BUNDESVERBAND