

Grundbildung in den naturwissenschaftlichen Fächern – Basiskompetenzen –

Denkanstöße und Empfehlungen zum Erwerb dauerhaft verfügbarer Kompetenzen bis zum mittleren Schulabschluss im Gymnasium und vergleichbaren Schulformen

Matthias Kremer



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

www.mnu.de

V

Vorwort

01

MNU-Vorschlag zur naturwissenschaftlichen Grundbildung im Überblick

02

Von kompetenzorientierten Standards zu grundlegendem Können

03

Naturwissenschaftliche Grundbildung bei prozessbezogenen Kompetenzen

04

Grundbildung in Biologie

05

Grundbildung in Chemie

06

Grundbildung in Physik

07

Ausblick

L/T

Literatur
Teilnehmer

Impressum

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

Matthias Kremer

Bildquellenverzeichnis:
A. Senkel (Titelb., Abb. 1, 3, 5)

Gestaltung:
www.launchcontrol.de

Druck:
Appel & Klinger, Druck und Medien GmbH, Kronach

ISBN 978-3-9405 16-14-5

1. Auflage
© 2012, 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.

Vorwort

Zurzeit wird das Erreichen der KMK-Bildungsstandards vom Institut für Qualitätsentwicklung (IQB) überprüft. Zum Aushandlungsprozess gehören aber neben dieser deskriptiven Maßnahme auch die normativen Aussagen verschiedener gesellschaftlicher Gruppen, welche Kompetenzen bei Schülern einer bestimmten Altersstufe auf jeden Fall zu erwarten sind.

Im Fach Mathematik gibt es seit 2011 einen ersten Vorschlag, der unter Beteiligung des Fördervereins MNU zustande gekommen ist (siehe Kapitel L [1]). Während der dreijährigen Arbeitsphase wurden für das Fach Mathematik die Basiskompetenzen aus einer empirischen und einer normativen Perspektive beschrieben und mit einem Spektrum von Beispielaufgaben illustriert.

Die MNU-Arbeitsgruppe „Bildungsstandards Naturwissenschaften“ hat zur Klärung ihres Vorhabens lediglich zwei Wochenendtreffen zur Verfügung gehabt und sich daher dazu entschlossen, zunächst Grundbildung in Form von unterschiedliche Niveaus zu bestimmen. Bei ihrem zweiten Treffen im Mai 2012 fiel die Entscheidung, zunächst für jedes naturwissenschaftliche Fach festzuhalten, welche dauerhaft verfügbaren Kompetenzen Schüler eines Gymnasiums am Ende der Klasse 10 aufweisen sollen. Es geht dabei nicht um einen Wissenskanon, sondern um Inhalte mit Strukturierungspotenzial, Konzepte und Werkzeuge der einzelnen Fächer. Die Auswahl wird begründet und mit Hinweisen für den Unterricht versehen. „Schulunterricht muss explizit solche Kompetenzen, die alle Schülerinnen und Schüler als Mindestmaß für die eigene individuelle Entfaltung und die gesellschaftliche Partizipation [...] erwerben müssen, [...] stärker in den Blick nehmen und sichern.“ Dieser Aufforderung der GFD in ihrer Veröffentlichung über Mindeststandards [2] ist nur durch deutliches Herausstellen wichtiger fachlicher Prinzipien und Konzepte in immer neuen Kontexten nachzukommen.

Ein Vorschlag für die prozessbezogenen Kompetenzen der Bereiche Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung wird ebenfalls zur Diskussion gestellt.

Aufgabenbeispiele für die Diagnostik, zur Übung, Festigung und Wiederholung werden zum Download auf der MNU-Homepage nach und nach ergänzt.

Wir wünschen uns nun eine lebhafte Diskussion der vorliegenden Denkanstöße mit dem Ziel, die Realität des naturwissenschaftlichen Unterrichts besser abzubilden, seine Effektivität zu steigern und einer Niveauabsenkung entgegenzutreten. Gleichzeitig soll durch die Konzentration auf den jeweiligen „Kern“ unserer Fächer eine Grundlage zur Förderung von Schülerinnen und Schülern gelegt und ein weiterer Anstoß zu einer Übungs- und Wiederholungskultur in unseren Fächern gegeben werden.

Die Arbeit ist damit aber noch lange nicht zu Ende. Nicht nur das Niveau für zukünftige Abiturienten unserer Fächer muss noch geklärt werden, auch die naturwissenschaftliche Grundbildung für *alle* Schüler des mittleren Bildungsabschlusses ist noch zu definieren, wozu wir Experten der anderen Schularten zur Mitarbeit einladen.

Aber zunächst sind wir gespannt auf die hoffentlich intensive Diskussion unserer Vorschläge.

Tuttlingen,
Oktober 2012
MATTHIAS KREMER
MNU Bundesvorstand

Leefdaal,
Oktober 2012
JÜRGEN LANGLET
MNU Bundesvorsitzender

01

MNU-Vorschlag zur naturwissenschaftlichen Grundbildung im Überblick

Niveau: Ende der Sekundarstufe I im Gymnasium oder vergleichbaren Schulformen.

1. Kompetenzen der Bereiche Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
Erläuterungen, Begründungen sowie Beispiele für den Unterricht siehe Kapitel 3.

Tabelle 1: Prozessbezogene Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Grundbildung

	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
	Die Lernenden.....		
BIOLOGIE, CHEMIE, PHYSIK	• Naturwissenschaftliche Fragestellung ... begründen an einem bekannten Beispiel, ob die Fragestellung mithilfe naturwissenschaftlicher Methoden zu beantworten ist • Experiment ... beschreiben den prinzipiellen Ablauf eines naturwissenschaftlichen Experiments in Schritten. ... ordnen das Merkmal „qualitativ“ bzw. „quantitativ“ Untersuchungen zu. ... beurteilen die Gültigkeit eines empirischen Ergebnisses in Bezug auf die Versuchsbedingungen (Abschätzung der Messunsicherheit) und eine vorgeschlagene Verallgemeinerung. • Modell ... geben die Funktion bekannter Modelle an. ... wenden bewusst bekannte Modelle zur Veranschaulichung von Sachverhalten an. ... nennen Grenzen eines Modells an einem bekannten Beispiel.	• Informationen beschaffen und aufbereiten ... recherchieren in unterschiedlichen Quellen. ... wählen themenbezogen aussagekräftige Informationen aus. ... wandeln Diagramme, bildliche Darstellungen und Texte ineinander um. ... übersetzen Alltagssprache in Unterrichts- bzw. Fachsprache. • Informationen weitergeben ... legen einen bekannten Sachverhalt in mündlicher und schriftlicher Form adressatengerecht dar. • Informationen austauschen ... planen, strukturieren, reflektieren und präsentieren ihre Arbeit in einem Team.	• Naturwissenschaftliche Aussagen ... erkennen beschreibende (naturwissenschaftliche) Aussagen im Unterschied zu normativen (ethischen). • Folgen menschlichen Einflusses ... beschreiben eine gesellschaftlich relevante Errungenschaft der Wissenschaft oder Technik sowie deren Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. ... unterscheiden die Beschreibung einer technischen Maßnahme von ihrer Bewertung. ... nennen und vergleichen ein Pro- und Contra-Argument in Bezug auf ein ökologisches oder bioethisches Problem unter ethischen Aspekten. • gesellschaftliche Zusammenhänge ... geben naturwissenschaftliche Berufsbilder an. ... wenden naturwissenschaftliches Wissen zur Beurteilung von Risiken und Sicherheitsmaßnahmen an.

2. Bereiche „Fachkompetenz“ der drei naturwissenschaftlichen Basisfächer

Anders als in den Bildungsstandards stellen wir hier einen Satz von strukturierenden Aspekten zur Diskussion, der nicht nur Kompetenzen nach den Basiskonzepten formuliert, sondern auch Inhalte umfasst, die so ausgewählt sind, dass sie den Aufbau eines strukturierten Fachwissens ermöglichen, da sie in verschiedensten Kontexten immer wieder auftauchen. Im Zentrum stehen zentrale Konzepte (auch „Prinzipien“) des Faches, die für das Verständnis naturwissenschaftlicher Zusammenhänge unerlässlich sind.

Das dritte gemeinsame Element umfasst die „Werkzeuge zur Erkenntnisgewinnung“, deren kompetenter Einsatz im Unterricht erlernt werden soll.

Erläuterungen und Begründungen zur getroffenen Auswahl sowie exemplarische Überlegungen zur Unterrichtsgestaltung eines Themenkreises finden Sie für das Fach Biologie in Kapitel 4, für Chemie in Kapitel 5 und für Physik in Kapitel 6.

Tabelle 2: Fachbezogene Kompetenzen der drei naturwissenschaftlichen Basisfächer

	Inhalte mit Strukturierungspotenzial	Konzepte mit Strukturierungspotenzial	Werkzeuge zur Erkenntnisgewinnung
	Die Lernenden.....		
BIOLOGIE	• Organisationsebenen ... beschreiben unterschiedliche Organisationsebenen, auch vergleichend und hierarchisierend. • Pflanzen, Tiere, Mensch ... wenden die Basiskonzepte auf Pflanzen, Tiere, Mensch an. • Ökosysteme ... beschreiben einfache Beziehungen in verschiedenen Ökosystemen. • Verhalten ... beschreiben und interpretieren Verhalten mit dem Wenn-dann-Modus. • Krankheiten und Immunreaktion ... beschreiben den Prozess der Immunabwehr. • Vererbung ... beschreiben modellhaft den Weg vom Gen zum Merkmal und wenden Vererbungsregeln an. • Evolution ... wenden Mutation und Selektion auf Stammesgeschichte an.	• Kompartimentierung ... organisieren Systemelemente und ihre Beziehungen in einem Bezugsrahmen. • Struktur und Funktion ... ordnen biologische Objekte (Organismen, Organe, Zellen etc.) nach strukturellen und funktionellen Gemeinsamkeiten und Unterschieden mehreren Kategorien (systematisch und ökologisch) begründet zu. ... erklären ein biologisches Phänomen durch ein generelles Struktur-Funktions-Prinzip (z.B. Oberflächenvergrößerung, Kreisläufe). • Steuerung und Regelung ... erklären Wechselwirkungen im Organismus, zwischen Organismen (z.B. Parasitismus, Symbiose) sowie zwischen Organismen und unbelebter Materie/ abiotischen Faktoren. • Umwandlung von Stoffen und Energieformen ... übertragen und wenden physiologische Prozesse (z.B. in Organen und Organsystemen) auf einen neuen Zusammenhang an. • Information und Kommunikation ... beschreiben die Entstehung und den Austausch von Informationen zwischen Zellen / Organismen. • Reproduktion ... identifizieren Stadien der artspezifischen Individualentwicklung in einem neuen Zusammenhang.	• Beschreiben und Ordnen ... nehmen Phänomene wahr, ordnen sie und beobachten und beschreiben diese kriteriengeleitet. ... mikroskopieren biologische Objekte (Organismen, Organe, Zellen etc.) und ordnen nach strukturellen/ funktionellen Gemeinsamkeiten und Unterschieden. • Abbildungen und Diagramme ... erstellen, beschreiben und interpretieren Abbildungen und Diagramme in bekannten Sachzusammenhängen. • Experiment ... nehmen Phänomene wahr und führen Experimente unter Anleitung durch. ... planen und werten diese hypothesengeleitet aus. • Modell ... beschreiben Phänomene mit Hilfe von Modellen ... vergleichen Modelle mit der Wirklichkeit ... erstellen Modelle zur Veranschaulichung ... begründen ihre Argumentation mit erlernten Modellvorstellungen. • Beurteilung und Bewertung ... überprüfen die Eignung einer Beobachtung, eines Experiments oder eines Vergleichs zur Beantwortung einer biologischen Frage oder Hypothese.

Forsetzung Tabelle 2: Fachbezogene Kompetenzen der drei naturwissenschaftlichen Basisfächer

	Inhalte mit Strukturierungspotenzial	Konzepte mit Strukturierungspotenzial	Werkzeuge zur Erkenntnisgewinnung
BIOLOGIE	Die Lernenden.....		
		... erklären verschiedene Formen der Fortpflanzung (geschlechtlich, ungeschlechtlich). • Variabilität und Angepasstheit ... setzen die Angepasstheit von Lebewesen zu den Kennzeichen eines Ökosystems in Beziehung und begründen den Vorteil der Angepasstheit. ... erklären die Bedeutung von Variabilität/Diversität für die Evolution. • Geschichte und Verwandtschaft ... erklären die stammesgeschichtliche Entwicklung von Lebewesen mit Hilfe der Evolution.	... beurteilen die Aussagekraft von Modellen zweckbezogen. ... beziehen zu einem biologischen Sachverhalt mit ethischen Aspekten bewertend Stellung.
CHEMIE	• Stoffe ... beschreiben Gemische, Elemente und Verbindungen anhand ihrer Eigenschaften. • Teilchen ... beschreiben den Aufbau von Stoffen mit Hilfe von entsprechenden kleinen Teilchen (Atomen, Molekülen, Ionen). ... differenzieren zwischen chemischen Bindungen (Elektronenpaarbindung in Molekülen, Ionenbindung in Ionengittern) und zwischenmolekularen Wechselwirkungen. • Chemische Reaktion ... nennen die Bildung eines neuen Reinstoffes und den Energieübergang als Kennzeichen chemischer Reaktionen. ... beschreiben Stoffumwandlungen mit Hilfe von Reaktionsschemata ... erläutern chemische Reaktionen mithilfe vorgegebener Reaktionsgleichungen.	• Stoff, Teilchen, Struktur und Eigenschaften ... unterscheiden die Teilchenarten Atom, Molekül, Ion und ordnen diese Stoffklassen zu. ... erklären Stoffeigenschaften mit Hilfe der Struktur auf der Teilchenebene. • Stoffumwandlung und Energie ... unterscheiden die Bildung eines Gemisches von der Bildung einer Verbindung. ... beschreiben die Änderung der Energieform bei chemischen Reaktionen. • Umgruppierung / Veränderung ... erklären die chemische Reaktion als Umgruppierung von Teilchen (unter Veränderung) und berücksichtigen dabei, dass Atome weder vernichtet noch erschaffen werden können. ... wenden das Donator-Akzeptor-Prinzip auf einfache Beispiele chemischer Reaktionen an.	• Experiment ... nehmen Phänomene wahr und beschreiben diese mithilfe der Fachsprache. ... führen einfache qualitative und quantitative Experimente unter Anleitung durch. ... ordnen Stoffe aufgrund ermittelter Stoffeigenschaften Stoffklassen zu. • Modell ... beschreiben den Aufbau von Atomen mithilfe des Kern-Hülle-Modells und auf Grundlage des Periodensystems der Elemente. ... interpretieren die chemische Formel als quantitative Beschreibung eines Teilchens.

Forsetzung Tabelle 2: Fachbezogene Kompetenzen der drei naturwissenschaftlichen Basisfächer

	Inhalte mit Strukturierungspotenzial	Konzepte mit Strukturierungspotenzial	Werkzeuge zur Erkenntnisgewinnung
	Die Lernenden.....		
PHYSIK	• Energie ... wenden den Energiebegriff an und begründen damit Aussagen in einfachen Situationen. • elektrische Stromkreise ... beschreiben einfache elektrische Stromkreise in ausgewählten Anwendungen. • Teilchen ... wenden eine Teilchenvorstellung an, indem sie einfache Phänomene deuten. • Feld ... beschreiben das magnetische Feld, indem sie mithilfe einer Kompassnadel an gegebenen Punkten dessen Richtung feststellen.	• Erhaltung ... beschreiben einfache Vorgänge, indem sie die Vorstellung von der Erhaltung einer physikalischen Größe anwenden. • Superposition ... wenden das Superpositionsprinzip auf ausgewählte gerichtete Größen an.	• Experiment ... nehmen Phänomene wahr und führen Messungen in einfachen Experimenten unter Anleitung durch. • Abbildungen und Diagramme ... erstellen, beschreiben und interpretieren Abbildungen und Diagramme in bekannten Sachzusammenhängen. • Lineare Funktionen ... mathematisieren Zusammenhänge von Daten durch lineare Funktionen. • Modell ... begründen ihre Argumentation mit erlernten Modellvorstellungen.

02

Von kompetenzorientierten Standards zu grundlegendem Können

Blick in die Praxis

Lehrkräfte aller Schulen sind seit einigen Jahren angehalten, die schuleigenen Curricula (Arbeitspläne) kompetenzorientiert aufzustellen. Abgesehen davon, dass es bislang mehrheitlich an schulspezifischen Arbeitsplänen fehlte – dies trat bei Inspektionen zutage – lohnt der Blick in die Praxis. Auch wenn es an empirisch ermittelten Daten mangelt, sind die Wahrnehmungen ernüchternd, jedenfalls für diejenigen, die sich von der Kompetenzorientierung einen Aufbruch in ein neues Zeitalter versprochen haben: Die Lehrkräfte nehmen die etablierten Inhalte und fühlen sich genötigt, Kompetenzen anzuheften, die nach ihrem Verständnis keinesfalls inhaltlich, sondern prozessorientiert sein sollen.

Die Zusammenstellung wirkt dann im Bereich der allgemeinen Kompetenzen zwar richtlinienkonform, teilweise jedoch zufällig – und damit belanglos. Aus vielen ähnlichen Fällen kann man schlussfolgern: Die schulische Praxis hat die geforderte Wendung von einem lernziel- hin zu einem kompetenzorientierten Unterricht noch nicht konsequent vollzogen!

Von Lernzielen zu Kompetenzen

Diesen Paradigmenwechsel propagierte nach dem PISA-Schock die deutsche Bildungsforschung und überzeugte die Bildungspolitik (KMK) von der Einführung der Bildungsstandards (im Jahre 2004 für die Naturwissenschaften) als Mittel zur Heranführung des deutschen schulischen Outputs an die international führenden Nationen.

Darüber hinwegsehend, dass die Transformation der bundeseinheitlichen Standards in länderspezifische wiederum nur föderale Vielfalt und keine Einheitlichkeit hervorbrachte, liegen der Hinwendung zum Output (es kommt nicht darauf an, wie etwas *gelehrt* wird, sondern entscheidend ist, was die Lernenden *können*!) allgemein unbestrittene Erfahrungen zugrunde:

- Jede/r Lehrende kennt die niederschmetternde Erkenntnis, dass Schülerinnen und Schüler sich kaum an etwas aus dem vorherigen Unterricht erinnern.
- In der Lehrerbildung Tätige wissen, dass Lernziele vornehmlich in Form von Verlaufszielen formuliert werden, also den Unterrichtsverlauf beschreibend, und dass in Vorführstunden keinesfalls der Lernfortschritt beurteilt wird. In „guter“ deutscher Tradition wird vielmehr Wert auf den Erkenntnis- bzw. Darbietungsweg

(Motivation, Problemorientierung) gelegt – zum Einüben des Gelehrten fehlt in der Regel die Zeit.

Neben Anstrengungen, Unterricht tatsächlich erfolgreich zu machen (siehe z. B. J. A. C. Hattie [3]) ist es daher vernünftig, den Blick der Lehrenden darauf zu lenken, was tatsächlich gelernt und wie dies aufgebaut wird: Was wissen und können die Schülerinnen und Schüler tatsächlich am Ende eines Unterrichts bzw. des Sekundarbereichs I in den naturwissenschaftlichen Fächern? Nachhaltigkeit ist in diesem Zusammenhang das Zauberwort: Kompetenzorientierte Standards sollten diese erreichen.

Regelstandards – ein Fortschritt?

Kompetenzorientierte Standards beschreiben „die bei Individuen verfügbaren oder von ihnen erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, die Problemlösungsmöglichkeiten in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“ Diese Kompetenz-Definition wird seit der Diskussion um Kompetenzen und Standards in allen deutschen Veröffentlichungen verwendet, obwohl sie bisher nicht angemessen und vollständig umgesetzt wurde.

Dies liegt zum einen an ihrer Zielüberlastung: Lernende sollen motiviert, willentlich (lat. volere, wollen) sowie sozial bereit und fähig sein. Ein weiterer Grund findet sich darin, dass die so festgelegten Anforderungen, wie auch solche an Methoden-, Personal-, Sozial- und Medienkompetenz, nur schwer zu operationalisieren und zu messen sind. Zudem erlauben sie im Alltag des Unterrichtens keine hinreichend zielgenauen Aussagen. So ist es verständlich, dass die Forderung nach Kompetenzorientierung wieder einmal als Gutes wollende aber wenig praxisrelevante Präambelrhetorik abgetan werden kann.

Man muss sich in diesem Zusammenhang auch klarmachen, dass „Fähigkeiten und Fertigkeiten [...] nutzen können“ auf Reorganisation wenn nicht Transfer abzielt; das Erfüllen dieser beiden Anforderungen wird im schulischen Alltag mindestens mit der Note „gut“ bewertet, die im Durchschnitt ca. 20 % der Lernenden erreichen.

Ein besonderer Mangel in der bisherigen Situation liegt zweifellos darin, dass die von der Klierne-Expertise geforderte Formulierung von Mindeststandards bislang nicht

umgesetzt worden ist, sondern die Formulierung „Regelstandards“ gewählt wurde. Das heißt, hier wurde seitens der KMK von vornherein ausgeschlossen, dass diese Standards von allen Lernenden zu erreichen sein sollten. Die missliche Situation, sich an Standards orientieren zu wollen, die dann von einem nur kleinen Teil der Lerner überhaupt erreicht werden, ist eine Zumutung für die Lehrenden. Die Entscheidung für Regelstandards rächt sich in zunehmendem Maße: Weitgehende Missachtung oder sogar Ablehnung sind festzustellen.

MNU-Vorschlag

Deswegen hatte der Förderverein MNU eine praktikable Version vorgeschlagen (Begriffe-Papier [4]): Demnach sind Kompetenzen Personen zugeschriebene Fähigkeiten, die sich im Handeln an einem Kerncurriculum ausdrücken, mit einem Tätigkeitsoperator in Form von Standards beschrieben werden und damit evaluierbar sind. Allerdings entfaltete auch unser Vorschlag keine Wirkung.

Nun unterbreitet der Förderverein mit dieser Handreichung einen noch konkreter auf die schulische Praxis abzielenden Versuch. Bei den vorliegenden Kompetenz-Empfehlungen für die Mittelstufe des Gymnasiums handelt es sich um normative Setzungen, die nicht ableitbar sind etwa aus dem unteren Level der Bildungsstandards oder aus empirischen Erhebungen im Rahmen von Vergleichsstudien. Vielmehr sollen die formulierten Kompetenzen das Recht des Einzelnen auf grundlegende Bildung beschreiben, sowie den Anspruch der Gesellschaft an die Institution Schule (hier das Gymnasium und entsprechende Schulformen), diese zu gewährleisten.

Blick auf die Schüler / mögliche Niveaus

Im Blickpunkt steht natürlich – als erstes Niveau – das naturwissenschaftliche Können aller Schüler, gerade in einer Zeit, in der neben dem Gymnasium eine zweite Säule von Schulen (Gemeinschafts- oder Oberschulen) errichtet wird. Sie haben nicht nur das Recht, genauestens zu wissen, was von ihnen mindestens erwartet wird, sondern ihre Motivation steigert sich auch unter definierten Lernanforderungen. Kompetenzerwerb ist deutlicher sichtbar, individuellere Förderung leichter möglich.

In einem ersten Schritt auf diesem neuen Feld der Grundbildung will die aus lauter Gymnasiallehrern bestehende MNU-Arbeitsgruppe jedoch eine ihr vertraute Schülerpopulation in den Blick nehmen, und das Niveau der Grundbildung von Gymnasiasten vor Eintritt in die Ober- bzw. Kursstufe zu definieren versuchen. Es wäre vermessen, Aussagen über die Schüler anderer Schularten zu treffen, ohne die Expertise der entsprechenden Kolleginnen und Kollegen einzubeziehen. Dieser Schritt muss natürlich folgen.

Weitere Niveaubestimmungen sind unseres Erachtens notwendig: Mit der von uns im vorliegenden Papier definierten Grundbildung am Ende der Sekundarstufe I allein ist noch keine erfolgreiche fachspezifische Mitarbeit in der Oberstufe bis zum Abitur möglich. Deshalb ist hierfür ein weiteres Niveau einzuziehen. Und schließlich dürfen die besonders begabten und interessierten Schülerinnen und Schüler nicht vernachlässigt werden, ein drittes Niveau für die gymnasiale Bildung. Diese beiden Schritte können möglicherweise als Additum zum vorliegenden Papier formuliert werden.

Beschreibung der Grundbildung

Es kann bei der Beschreibung einer Grundbildung nicht um das Aufstellen eines Wissenskanons gehen, da der Unterricht über reines Wissen hinaus zum handelnden Umgang

mit Wissen („Kompetenz“ nach J. Leisen) führen und einen Beitrag zum Weltverständnis leisten soll. Auch Kompetenzen allein, wie in den Bildungsstandards, haben sich in den Naturwissenschaften als problematisch herausgestellt. Es wurden deshalb vielmehr diejenigen *Inhalte* jedes Faches gesucht, die immer wieder in anderen Kontexten auftauchen, also Strukturierungspotenzial aufweisen. Diese Inhalte, ergänzt durch Kompetenzen bezüglich *fachlicher Prinzipien*, die sich zunehmend komplexer werdend durch den Unterricht ziehen, sowie durch die unserer Ansicht nach wesentlichen Werkzeuge der Erkenntnisgewinnung, wurden für jedes Fach tabellarisch dargestellt und bilden die zentralen Elemente unseres Denkanstoßes. Darüber hinaus werden in entsprechender Weise fachübergreifend prozessbezogene Basiskompetenzen für die Bereiche Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung vorgeschlagen.

Von Bedeutung für die darüber einsetzende Diskussion wird auch der von uns unternommene Versuch sein, die vorgenommene Auswahl zu begründen. Dabei sollten nicht die Erfordernisse des nachfolgenden Unterrichts im Vordergrund stehen, sondern die gesellschaftliche Dimension einbezogen werden: Welche Aspekte sind zur Teilhabe am gesellschaftlichen Diskurs notwendig?

Blick auf den Unterricht

Die Wahrnehmung des eigenen Kompetenzerwerbs gehört zu den wirksamsten Faktoren fortschreitenden Lernens. Dies gilt für Schülerinnen und Schüler – um nichts weniger aber auch für Lehrerinnen und Lehrer. Sie werden durch nichts mehr motiviert, als im Lehren (und Erziehen) erfolgreich zu sein. Das ist ein nicht zu unterschätzender Beweggrund für ihre anspruchsvolle und täglich fordernde Berufstätigkeit. Daraus ergibt sich notwendigerweise, dass Lehrende größtes Interesse daran haben (sollten), stabile Basiskompetenzen bei allen Schülerinnen und Schülern zu erreichen.

Die beschriebene Zugangs- und Vorgehensweise hat keineswegs eine Niveauabsenkung zum Ziel, sie geht nicht hinter die rigorose Forderung des Könnens zurück, sondern verlangt nichts weniger, als dass alle das Beschriebene auch beherrschen. Zudem ist im Sinne einer Binendifferenzierung jede denkbare (und wünschenswerte) Anforderungserweiterung möglich, ja notwendig.

Voraussetzung für den Erwerb dauerhaft verfügbarer Kompetenzen ist ein Unterricht, der diese permanent festigt, fördert und erweitert. Deshalb enthält dieses Papier auch Hinweise für den Unterricht, die an einem Beispiel, etwa dem Konzept „Stoff-Teilchen-Struktur-Eigenschaften“ in Chemie, am Werkzeug „Experiment“ in Physik oder „Modell“ in Biologie aufzeigen, wie sich der genannte Aspekt durch den gesamten Unterricht des Faches ziehen kann. Dafür steht das Bild der „Wendel“.

In der nun folgenden Diskussion sind diese Überlegungen für die anderen Elemente der Grundbildung ebenfalls zu erarbeiten.

Diagnostik, Übung, Festigung

Mit Recht wollen Lehrende und Lernende wissen, inwieweit die verlangten Basiskompetenzen verfügbar sind. Zu diesem Zweck und zum „Wachhalten“ erlernter Inhalte und Kompetenzen muss es Aufgabenmaterialien geben. Als Zusatzmaterial stellen wir einige Vorschläge dazu auf der MNU-Homepage (www.mnu.de) zum Download zur Verfügung in der Hoffnung auf weitere geeignete Materialien, die uns zugesandt werden. Die Sammlung wird nach und nach ergänzt.

03

Naturwissenschaftliche Grundbildung bei prozessbezogenen Kompetenzen

Kompetenzbereiche Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung

Da alle naturwissenschaftlichen Fächer gleichermaßen an der Grundbildung prozessbezogener Kompetenzen mitwirken, werden unsere Vorstellungen dazu gemeinsam beschrieben. Die Zusammenstellung in Tabelle 1 richtet sich nach der Struktur der Bildungsstandards. Sie wird begründet und mithilfe von Beispielen aus dem Unterricht erläutert.

Erläuterung und Begründung, Beispiele aus dem Unterricht

1. Erkenntnisgewinnung

Naturwissenschaftliche Fragestellung

Fragestellungen wie „Ist die Verwendung von Propan/Butan-Gemisch als Treibgas zu befürworten, der Einsatz regenerativer Energie zur Stromerzeugung praktikabel oder die vegane Ernährung ökologisch sinnvoll?“ haben im naturwissenschaftlichen Unterricht ihren hohen Stellenwert, sind aber naturwissenschaftlich allein nicht zu beantworten. Hier müssen zusätzlich technische, politische, ökonomische oder ethische Aspekte berücksichtigt werden. Die Besonderheit naturwissenschaftlicher Fragestellungen liegt darin, durch Experimente zu Antworten kommen zu wollen. Die Naturwissenschaften steuern so wichtige Grundlagen zur Entscheidungsfindung im gesellschaftlichen Diskurs bei.

Experiment

Da das Experiment zentrales Element der Naturwissenschaft ist, gehört das Wissen um seine schrittweise Abfolge bereits bei qualitativen Experimenten zur naturwissenschaftlichen Grundbildung. Bei bestimmten Fragestellungen sind quantitative Untersuchungen erforderlich. Zum Grundwissen über quantitative Experimente gehört auch die Tatsache, dass diese Messungen stets mit Messunsicherheiten behaftet sind, welche man u. a. durch wiederholtes Messen zu minimieren versucht. Einzeler-

gebnisse sind daher im Allgemeinen nicht aussagekräftig. Darüber hinaus ist es Aufgabe des Unterrichts, unzulässige Verallgemeinerungen von Versuchsergebnissen aufzuzeigen.

Beispiele für unzulässige Verallgemeinerungen:

- Nach der Betrachtung einiger exothermer Oxid-, Sulfid-, Halogenidbildungen: „Alle (evtl. erst nach Aktivierung) selbsttätig ablaufenden Reaktionen sind exotherm.“ – Gegenbeispiel: Das Auflösen einer Brausetablette in Wasser.
- Nach dem Erwärmen von Metalldrähten und Gasportionen: „Alle Körper dehnen sich beim Erwärmen aus.“ – Gegenbeispiele: Gespanntes Gummiband, Wasser zwischen 0°C und 4°C.
- Nach der Betrachtung aufsteigender Wasserstoff-, Helium-, Erdgas-Ballons: „Alle Gase steigen nach oben.“ – Gegenbeispiel: Kohlenstoffdioxid in Luft.
- Nach der Untersuchung von Fliegenpilz, Champignon, Pfifferling: „Alle Pilze haben einen Hut und einen Stiel.“ – Gegenbeispiel: Hefepilze.

Modell

Modelle sind eine Domäne der Naturwissenschaften, werden aber in vielen anderen Lebensbereichen ebenfalls eingesetzt: Der „Hebel“ in der Finanzwirtschaft, Simulatoren in der Pilotenausbildung, grammatische Modelle in der Sprachwissenschaft, der Windkanal beim Skisprungtraining. Die Naturwissenschaften bieten vor allem die Möglichkeit der systematischen Beschäftigung mit Modellen, um Sachverhalte zu veranschaulichen. Bei ihrer Anwendung werden ihre Funktionen und Grenzen reflektiert, eine Möglichkeit, die Kritikfähigkeit zu schulen.

Beispiele aus dem Unterricht zeigt Tabelle 3.

Tabelle 3: Beispiele für Modelle aus dem Unterricht

Modell	Veranschaulichung	Funktion	Grenzen
Teilchenmodell (Chemie)	Aggregatzustände und ihre Übergänge	Darstellung nicht sichtbarer Zustände und Vorgänge auf der Teilchenebene	Aufbau der Teilchen und Kräfte zwischen ihnen werden nicht thematisiert.
Modell zur elektrischen Leitfähigkeit von Metallen (Physik)	Leitungsvorgänge in metallischen Leitern werden durch die Bewegung von Elektronen zwischen Atomrümpfen veranschaulicht.	Darstellung nicht sichtbarer Vorgänge auf der Teilchenebene	Leitfähigkeit von Halbleitern nicht ohne Erweiterung erklärbar
Schuhkartonmodell einer Zelle (Biologie)	Bestandteile einer Zelle werden gegenständlich dargestellt.	Dreidimensionale Darstellung zur Unterstützung des Vorstellungsvermögens	Größenverhältnisse und dynamische Vorgänge werden nicht abgebildet.

2. Kommunikation

Die hier aufgeführten Kompetenzen sind unverzichtbarer Bestandteil des Unterrichts in den Naturwissenschaften wie in allen anderen Fächern auch.

3. Bewertung

Der gesellschaftliche Diskurs, der Bewertungen und Risikoabschätzungen vornimmt sowie Entscheidungen über anstehende Zukunftsfragen herbeiführt, ist nur möglich, wenn Bürger Informationen von Meinungsäußerungen und Parolen unterscheiden und möglichst selbst Position beziehen können. Der Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern muss daher Bewertungskompetenzen schulen.

Unterscheidung von Aussagen

Die Lernenden erkennen eine naturwissenschaftliche Aussage daran, wie sie entstanden ist. Sie resultiert in der Regel aus einer Theorie oder einem Experiment, ist an Voraussetzungen gebunden, ihre Grenzen sind beschrieben, z.B. in Wenn-Dann-Aussagen. Sie sind überprüfbar/nachvollziehbar.

Davon zu unterscheiden sind Aussagen, bei denen es sich um Behauptungen handelt. Solche Aussagen blenden die Genauigkeit naturwissenschaftlicher Formulierungen aus. Sie werden meist einfach, verallgemeinernd oder auch parolenhaft kommuniziert. Dabei kann die eigentliche wissenschaftliche Aussage dahinter vollständig verfälscht werden, obwohl sie durch die Benutzung naturwissenschaftlichen oder medizinischen Vokabulars die Objektivität einer naturwissenschaftlichen Aussage zu haben scheint. Mit einer solchen Behauptung wird stets ein Ziel desjenigen verfolgt, der diese Aussage macht, aber seine Beweggründe nicht unbedingt offen legt. So folgen manche Menschen diesen Behauptungen, manche hinterfragen sie; insgesamt wirken solche Aussagen dann polarisierend.

Beispiele für:

„Ozon ist krebserregend.“ „Gentomaten sind ungesund.“ „Radioaktivität ist ungefährlich.“

Eine dritte Art von Aussagen sind solche, die eine Meinung repräsentieren. Solche Aussagen gründen sich auf ein Wertesystem desjenigen, der diese Meinung vertritt. In solchen Aussagen wird nicht ein Problem naturwissenschaftlich analysiert oder ein Phänomen beschrieben, sondern es wird ausgesagt, wie etwas sein soll. Ist die Basis der Aussage ein Experiment, wird es interpretiert

vor dem Hintergrund der eigenen Wertvorstellungen. Somit kann es vorkommen, dass zwei Forscher über ein und dasselbe Experiment zu diametral entgegengesetzten Positionen kommen.

Bewertungskompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht bedeutet erst auf dem höchsten Anforderungsniveau, eine begründete Meinung zu generieren. Auf dem Niveau der gymnasialen Grundbildung fordern wir daher nur, naturwissenschaftliche Aussagen von solchen anderer Art unterscheiden zu können.

Folgen menschlichen Einflusses

Naturwissenschaftliche Erkenntnisse sind nicht auf Laborräume beschränkt, sondern finden ihre Anwendung im gesellschaftlichen und persönlichen Alltag. Dass diese Anwendungen positive und auch negative Auswirkungen auf die Gesellschaft, die Umwelt und das Leben jedes Einzelnen haben, muss im Unterricht immer wieder zur Sprache kommen.

Bei gesellschaftlich relevanten naturwissenschaftlichen Themen werden Risikobewertungen vorgenommen und politische bzw. ethische Entscheidungen vorbereitet. Beispiele für den Unterricht sind:

- Ozonabbau durch FCKW und die politischen Maßnahmen zu dessen Eindämmung
- Rolle der Elektrizität als eine Grundlage der heutigen Energieversorgung
- Identifizierung von Genen als Grundlage für die Diagnose einer genetisch bedingten Krankheit

Bei persönlich relevanten naturwissenschaftlichen Themen geht es darum, die Rolle jedes Einzelnen bewusst zu machen, der durch sein Verhalten Einfluss auf die Umwelt ausübt.

Beispiele hierfür sind:

- Autofahren und Kohlenstoffdioxid-Bildung
- Einsatz elektrischer Geräte im Haushalt
- Verzehr von Fleisch

Bei all diesen Themen ist eine Verbindung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse mit gesellschaftlichen bzw. persönlichen Bewertungen unter Berücksichtigung von Einstellungen und Wertvorstellungen gegeben, die die Bewertungskompetenz des Lernenden erfordern.

Während bei ökologischen Problemen eher Fakten und die Abschätzung eines Risikos im Vordergrund stehen, sind bei bio- oder medizinischen Fragestellungen ethische Aspekte maßgeblich. Bei der Bildung eines eigenen Urteils müssen Behauptungen mithilfe von Belegen be-

gründet werden. Dies verlangt nicht nur Faktenkenntnis, sondern auch die Fähigkeit zur logischen Verknüpfung, eine Kompetenz, die nicht von allen Schülern dieser Altersstufe verlangt werden kann.

In den Bildungsstandards wird genau dies postuliert. Jeder Schüler soll *„gesellschaftsrelevante Aussagen aus unterschiedlichen Perspektiven, die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in einem Ökosystem und alternative technische Lösungen auch unter Berücksichtigung physikalischer, ökonomischer, sozialer und ökologischer Aspekte bewerten können“* (KMK-Bildungsstandards [5], Chemie und Biologie: Kompetenz B5, Physik: Kompetenz B2). Uns erscheint dagegen der analysierende Umgang mit bewertenden Aussagen (ein Pro- und ein Contra-Argument als solches zu erkennen und im Vergleich den jeweils zu Grunde liegenden Wert erkennen zu können) ein ausreichendes Minimalziel für den Unterricht.

Gesellschaftliche Zusammenhänge

Immer wieder soll der Unterricht auch die praktische Bedeutung des Gelernten für das eigene Leben aufzeigen. So zeigt etwa die Einbeziehung außerschulischer Lernorte in den Unterricht den Schülerinnen und Schülern Möglichkeiten für die eigene Berufswahl auf.

Die Kompetenz, Risiken einzuschätzen, wird u. a. in der unterrichtlichen Behandlung folgender Beispiele gestärkt:

- Rolle des Schutzleiters in der elektrischen Installation
- Verwendung eines säurehaltigen Putzmittels für Gegenstände aus Marmor
- Einsatz von Antibiotika in der Massentierhaltung, Erzeugung von gentechnisch veränderten Pflanzen.

Hierbei stehen die zu Grunde liegenden naturwissenschaftlichen Fakten im Vordergrund.

Wenn auch die Bewertungskompetenz mit diesen Forderungen noch nicht völlig ausgebildet ist, stellen die oben beschriebenen Kompetenzen doch eine gute Grundlage für die Arbeit in den folgenden Klassenstufen aber auch die Urteilsbildung im Erwachsenenalter dar.

Was im Unterricht bis zur Klasse 10 über die genannten Minimalziele hinaus möglich sein kann, wird zurzeit fachdidaktisch eruiert [7].

04

Grundbildung in Biologie

Die Biologie hat in den letzten Jahrzehnten ein fast unübersehbares Ausmaß an neuen Erkenntnissen dazu gewonnen. Aus ehemaligen Teildisziplinen sind ganze Studiengänge geworden. Hinzu kamen neue fachliche, lernpsychologische und biologiedidaktische Erkenntnisse und veränderte gesellschaftliche Bedingungen. Daher steht der Biologieunterricht bereits seit den sechziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts unter einem stetigen Wandel. Der ehemals überwiegend an der Taxonomie orientierte Strukturierungsansatz für den Biologieunterricht wendete sich mehr der Allgemeinbiologie und den Lebensgemeinschaften zu. Zahlreiche Vorschläge wie Wagenscheins Exemplarisches Prinzip, „Weniger ist mehr“ (VDBiol 2000) sowie „Biologieunterricht und Bildung“ (MNU 2001) versuchten der Stofffülle Herr zu werden. Mit der Formulierung der Bildungsstandards ist ein Instrument zur Stoffauswahl und Gestaltung von Biologieunterricht aufgekommen, das zwar zahlreiche Kriterien und Hinweise liefert, deren Umsetzung sich jedoch nach wie vor durch die unübersichtliche Fülle von Zielen schwer tut.

Inhalte

Der tabellarische Überblick über die zentralen Inhalte (siehe Tabelle 4) geht von den Basiskonzepten der Bildungsstandards aus (1. Zeile) und ordnet die EPA-Basiskonpetenzen in der zweiten Zeile zu, die in der dritten Zeile beispielhaft konkretisiert werden. Da die Inhalte der ersten Spalte systemisch geordnet sind, besitzen sie ebenso wie die Basiskonzepte in den folgenden Spalten Strukturierungspotenzial. Zusätzlich eingefügte Fachbegriffe sollen den Rahmen der Anforderung verdeutlichen. Die kursiv gedruckten Begriffe sind entnommen aus der GDNÄ-Broschüre „Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften“ [6]: Damit sind in dieser Tabelle erstmalig alle relevanten Strukturierungsvorschläge (Bildungsstandards, EPA, GDNÄ) zusammengefasst.

Zahlreiche Themen lassen sich grundsätzlich mehreren Leitthemen und Grundprinzipien zuordnen. Beispielsweise finden sich die Zellorganellen unter Kompartimentierung, Struktur und Funktion und Umwandlung von Stoffen und Energieformen bei den Leitthemen Mensch, Zellenlehre und Organisationsebenen wieder. Themen, die sich in Tabelle 4 mehreren Zellen zuordnen lassen, sind demnach besonders relevant. Auf diese Weise lassen sich Auswahlentscheidungen für Themen treffen. Das bedeutet nicht, dass innerhalb einer Unterrichtseinheit auf alle biologischen Grundprinzipien gezielt eingegangen werden muss, die das Thema hergibt. Vielmehr wird eine Planungsgrundlage für das Erstellen von jahrgangsübergreifenden Arbeitsplänen bzw. Spiralcurricula geliefert. Dem-

nach verdeutlicht innerhalb einer Zeile die Verankerung unter mehreren biologischen Prinzipien die Bedeutung eines Leitthemas. Die Spalten weisen Stellen im Sinne eines Spiralcurriculums auf, an denen wiederkehrend und damit nachhaltig ein biologisches Prinzip verankert werden kann. Nur unbedingt zu erschließende Themen werden benannt. Daher bleiben einige Zellen der Tabelle leer, die sich aber bei Bedarf füllen lassen. Tabelle 4 bietet also eine Vorlage, die im Rahmen der in den Bundesländern gültigen Lehrpläne und schulischen Absprachen vor Ort ergänzt und abgewandelt werden kann.

Immer wiederkehrende Phänomene und Konzepte

Auf der Suche nach der Grundbildung, also dem, was eine Schülerin, ein Schüler nach dem Abschluss der Sekundarstufe I mindestens aus dem Biologieunterricht mit in die Oberstufe oder in das Berufs- und Alltagsleben mitnehmen soll, erscheint es bezogen auf die Inhalte ratsam, die Relevanz anhand von immer wiederkehrenden Phänomenen oder Konzepten zu überprüfen. Diesen Ansatz verfolgen auch die Basiskonzepte, die für die Oberstufe formuliert wurden.

Kompetenzen

Tabelle 2, Teil Biologie, enthält eine kompakte Übersicht über die Inhalte, die den Unterricht unseres Faches strukturieren, sowie Kompetenzen bezüglich der immer wiederkehrenden Prinzipien und der Werkzeuge zur Erkenntnisgewinnung.

Werkzeuge zur Erkenntnisgewinnung

Innerhalb der Jahrgangsstufen treten die „Werkzeuge“ (siehe Tabelle 2) wiederholt auf und zwar mit einer Progression hin zu steigender Komplexität.

Nachhaltigkeit im Unterricht

Was ist offenbar so wichtig, dass es meist unmittelbar, manchmal jedoch nur unterschwellig, immer wieder Gegenstand im Biologieunterricht ist? Der Wert dieser Auswahlstrategie steckt vor allem in der Nachhaltigkeit, da durch die wiederkehrenden Prinzipien das Behalten und Anwenden erleichtert werden, während einzelne Stoffdetails in der Regel verloren gehen.

Am Beispiel des Werkzeugs „Modelle“ wird die immer wiederkehrende Beschäftigung damit im Biologieunterricht exemplarisch aufgezeigt (vgl. Abb. 1, Seite 16) und mit Aufgabenbeispielen verdeutlicht.

Tabelle 4: Zentrale Inhalte des Biologieunterrichts

System	Struktur und Funktion				Entwicklung		
	Struktur und Funktion	Steuerung und Regelung	Umwandlung von Stoffen und Energieformen	Information und Kommunikation	Reproduktion	Variabilität und Anpassbarkeit	Geschichte und Verwandtschaft
Kompartimentierung, Abgrenzung, Öffnung							
Systemebenen	Prinzip der Oberflächenvergrößerung	Schlüssel-Schloss-Prinzip, Wechselwirkungen	Atmung, Ass., Dissimilation	Austausch von Informationen	Fortpflanzung, Vermehrung	Vielfalt, Biodiversität	Lebewesen geben ihre Erbinformation weiter und entwickeln sich.
Organisationsebenen	Lebewesen bestehen aus Zellen, Kennzeichen des Lebens, <i>Leben, Tod, Chaos, Ordnung</i>	Innere und äußere Atmung, Diffusion, Stoffaufnahme, Stoffabgabe	Zellorganellen z.B.: Chloroplasten, Mitochondrien	Nervenzelle und Nervensystem, <i>Informationsspeicherung, Informationsabfuhr, Reizbarkeit</i>	Befruchtete Eizelle und Organismus	Vielfalt auch einzelner Lebewesen	5-Reiche-System, Tierstämme, Art
Zellenlehre, pflanzliche und tierische Zellen	Zelldifferenzierung, Bauplan, Zellorganellen: Endoplasmatisches Retikulum, Golgi-Apparat	Zusammenspiel der Zellorganellen, Zellkern	Zellatmung und Fotosynthese, Zellstoffwechsel, Zellorganellen: Chloroplasten, Mitochondrien	Zellmembran	Geschlechtliche und ungeschlechtliche Vermehrung, Zellteilung	Zelltypen: Unterschiede, Gemeinsamkeiten, Lebensräume von Einzellern (auch Bakterien), Abgrenzung zu Viren, Schließzelle und Spaltöffnung, <i>Zweckmäßigkeit</i>	Vom Einzeller zum Vielzeller, Kennzeichen des Lebens
Pflanzen	Grundbauplan, Symmetrie	Wasserhaushalt	Fotosynthese, Produzenten, nachwachsende Rohstoffe, Zellatmung		Blüte, Nacktsamer, Bedecktsamer, Verbreitung	Pflanzenfamilien, Anpassbarkeit an Umweltfaktoren	Koevolution mit Insekten
Wirbellose				Staatenbildung, Paarungsverhalten, Sinnesleistungen	geschlechtliche Fortpflanzung, Metamorphose, Verwandlung	Ringelwürmer, Gliederfüßer (Insekten...) mit Nahrungsaufnahme, Atmung...	
Tiere							
Wirbeltiere			Nahrungsansprüche	Nervensysteme, Sinnesleistungen		Wirbeltierklassen, Vergleich der Lebensformtypen	Vom Wildtier zum Nutztier bzw. Haustier

System	Struktur und Funktion				Entwicklung	
Mensch	Zähne, Lunge, Darm, Gefäßsystem, Blut	Skelett, Muskel, Sehnen, Gelenke, Bewegung, Herz-Kreislaufsystem, Nervensystem, Synapsen, Hormonensystem, Hormone, Rezeptoren, Enzyme, Blutzuckerspiegel, Rückkopplung, Korrelation, Stress, Suchtgefahren, Gesundheit, Krankheit	Atmung, Verdauungsorgane, gesunde Ernährung, Nährstoffe, Vitamine, Wachstum, ATP, Bedeutung, Entwertung	Nervensystem, Reiz, Erregung, Wahrnehmung, Reaktion, Regelung, Sinne, Sprache, Zeichen, Bedeutung	Sexualkunde, Menstruationszyklus, Periodik, Geschlechtsmerkmale, Geschlechtstypen, zelltypen,	Entwicklung des Menschen, Stammbaum des Menschen, Embryonalentwicklung, Generation
Ökosysteme: Wald, See, Bach, Wiese		Abiotische und biotische Umweltfaktoren, Lebensgemeinschaften, Symbiose, Parasitismus, Pilz, Räuber-Beute-Beziehungen; stabiles Ungleichgewicht, Gleichgewicht	Nahrungsketten, Nahrungsnetze, Produzenten, Konsumenten, Destruenten, Stoffkreisläufe, Energiefluss		Anpassungen der Lebewesen an den Lebensraum, Beharrung, Lebensformtypen, Umwelt- und Naturschutz, Artenschutz	Natur- und Kulturlandschaften, Natur, Population
Verhalten		Auslösemechanismen, Prägung, Selbststeuerung, Fremdsteuerung		Kommunikationskanäle, Sender, Empfänger z.B.: Schwanzhaltung beim Hund	Angeborenes Verhalten, Balzverhalten, Instinktverhalten, Brutpflege	Erworbenes Verhalten, Verhaltensweisen, Arttrennung, Sozialsysteme
Krankheiten und Immunsystem, Immunreaktion		Infektion durch Krankheitserreger, Bakterien, Viren, Grippe, Malaria, Antibiotika/MRSA		Zelltypen des Immunsystems, Antikörper, Impfstoffe	Vermehrung von Krankheitserregern, exponentielles Wachstum	Vielfalt der Krankheitserreger
Vererbung – Vom Gen zum Merkmal, Gen	Chromosomen, DNA	Genregulation z.B. Endprodukt-hemmung, Mutagenen, Gentechnische Verfahren		Proteinbiosynthese, genetischer Code,	Mitose, Meiose, Molekulargenetik, Klon, Uniformität	Mutation, Rekombination, Modifikation, Mendel'sche Regeln, Züchtung
Evolution	Fossilien und ihre Deutung	Räuber-Beute Beziehungen			Mutation, Rekombination	Genotyp, Phänotyp, Mutation und Rekombination als Evolutionsfaktor
					Ergebnisse der Evolution, Selektions-, Koevolutionstheorie(n), Koevolution, Selektion, Isolation	Stammbäume, Verwandtschaft, Erdzeitalter

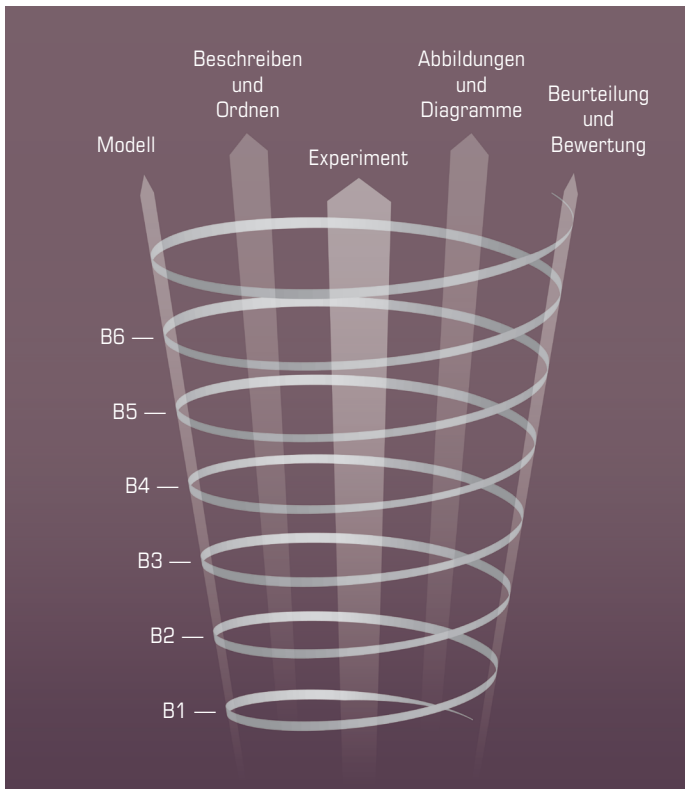


Abb. 1: „Wendel“ der Werkzeuge zur Erkenntnisgewinnung im Biologieunterricht

Bedeutung der „Stationen“ B1 – B6 in Abbildung 1:

B1 (Jahrgangsstufe 5): direktes Abbild des Originals z.B. Zahnmodell

Aufgabenbeispiel Mindestanforderungen:

Ordne die Begriffe den Zähnen im Gebissmodell zu und begründe!

Anmerkungen zur Erweiterung: Die Zuordnung kann auf eine zwei dimensionale Abbildung erfolgen, eine Zahnformel erstellt werden. Die Vertiefung erfolgt durch den Vergleich mit einem Wirbeltiergebiss, zum Beispiel dem eines Hundes.

B2 (Jahrgangsstufe 6): einfaches Funktionsmodell zur Analogisierung, z.B. Armmodell

Aufgabenbeispiel Mindestanforderungen:

Erkläre die Vorgänge beim Heben und Senken des Unterarms mit Hilfe des vorliegenden Funktionsmodells (zwei mit Haken und Öse miteinander verbundene Hölzer, die analog zur Muskelanordnung mit Luftballons oder Gummis gespannt sind)!

Anmerkungen zur Erweiterung: Stelle die Vorgänge beim Heben und Senken des Unterarms anhand eines Funktionsmodells dar! Nutze dazu die Dir vorliegenden Gegenstände (s.o.).

Unterhalb der Mindestanforderungen liegt das reine *Beschreiben* der Vorgänge beim Bewegen der Hölzer des Funktionsmodells.

B3 (Jahrgangsstufe 7): abstrahiertes 3 D- Modell, z.B. Zelle

Aufgabenbeispiel Mindestanforderungen:

Dir liegt die Abbildung einer Blattzelle in dreidimensionaler Darstellung aus dem Lehrbuch vor. Fertige mit Hilfe des Schuhkartons und den weiteren Hilfsmitteln ein Modell der Blattzelle an. (Anm.: Sollten die Bestandteile alle am Boden des Kartons liegen, bietet sich eine Problemlösungsdiskussion in Richtung der strukturgebenden Plasmastränge an.)

Anmerkungen zur Erweiterung: Die Modellkritik zum selbst gebauten Modell wird eingefordert.

B4 (Jahrgangsstufe 8): komplexes Funktionsmodell z.B. Insekten, Zahnerweiterungen

Aufgabenbeispiel Mindestanforderungen:

Die Mundwerkzeuge der Insekten liegen nicht innerhalb, sondern außerhalb des Kopfes. Dir liegen sechs Modelle (alternativ Zeichnungen) von Insektenköpfen (Maikäfer, Heuschrecke, Honigbiene, Stubenfliege, Schmetterling, Stechmücke) mit deren Mundwerkzeugen sowie sechs Alltagsgeräte (auch in zeichnerischer Darstellung möglich) vor. Ordne jeweils ein Alltagsgerät einem Insekt zu! Begründe jeweils, in welcher Hinsicht der Vergleich mit den Alltagsgeräten passt!

B5 (Jahrgangsstufe 9): Funktionsmodelle aus dem Bereich der Anatomie, z.B. Funktionsmodell des Herzens

Aufgabenbeispiel Mindestanforderungen:

Erläutere das vorliegende Funktionsmodell des Herzens.

Anmerkungen zur Erweiterung:

Entwickle ein Funktionsmodell des Herzens.

B6 (Jahrgangsstufe 10): Modelle zum Ebenenwechsel in Richtung Moleküle z.B. DNA- Modell

Aufgabenbeispiel Mindestanforderungen:

Dir liegen verschiedene DNA-Modelle - zweidimensional gezeichnet, dreidimensional gezeichnet, dreidimensional gebaut ... - vor. Nenne vergleichend die Stärken und Schwächen der jeweiligen Modelle.

Anmerkungen zur Erweiterung: Auf der Metaebene werden Anforderungen an Modelle und Grenzen von Modellen formuliert.

05

Grundbildung in Chemie

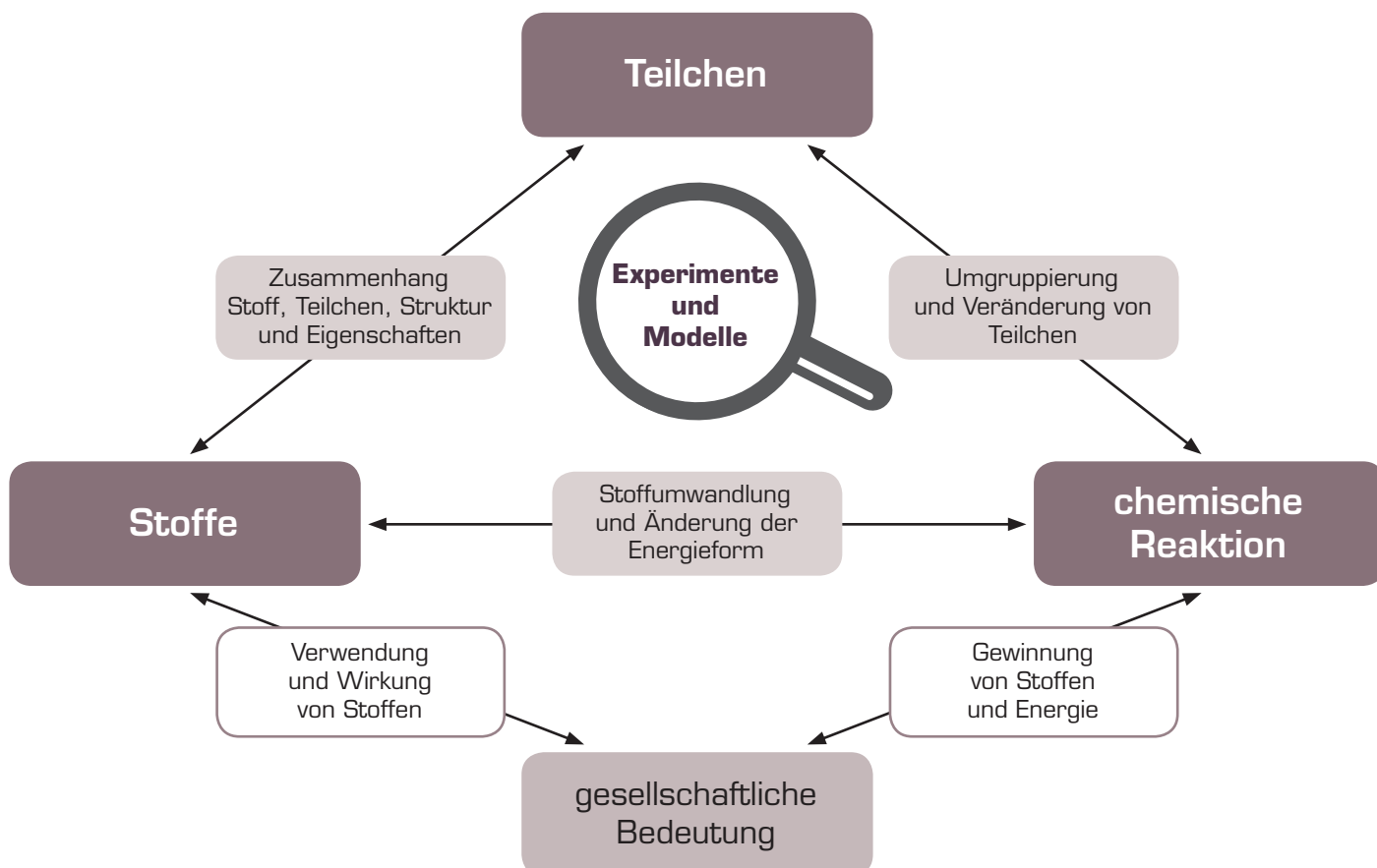
Bevor Aussagen zu den Basiskompetenzen der Schüler getroffen werden, werden zunächst die tragenden Strukturen des Chemieunterrichts vorgestellt. Nachdem die prozessbezogenen Kompetenzen (Bereiche Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung) fächerübergreifend für alle Naturwissenschaften bereits gesondert in Kapitel 02 betrachtet wurden, werden nun die fachlichen Anteile in den Blick genommen.

Erläuterungen zur Auswahl der fachlichen Aspekte

Die Inhalte des Unterrichts bilden die Eckpunkte der Raute, die durch Prinzipien miteinander verknüpft sind und durch Werkzeuge (Experimente und Modelle) erschlossen werden. Diese Aspekte strukturieren und tragen den Unterricht, weil sie immer wieder aufgegriffen, angewendet

und erweitert werden. Die untere Hälfte der Raute in Abb. 2 bringt zum Ausdruck, dass die Bedeutung chemischer Reaktionen und bestimmter Stoffe für Alltag, Umwelt, Natur, Wirtschaft und Gesellschaft eine große Rolle im Unterricht spielt. Es ist selbstverständlich, dass im Unterricht ständig Kontexte betrachtet und Bezüge zwischen Wissenschaft und Gesellschaft hergestellt werden. Auch nach Verlassen der Schule müssen Schüler mindestens ein Beispiel eines chemischen Sachverhalts erläutern können, der für die Menschheit von Belang ist. Mehr zu diesem Bereich ist unter Kommunikation und Bewertung im Kapitel 02 ausgeführt. An dieser Stelle werden deshalb keine weiteren Aussagen zur gesellschaftlichen Bedeutung gemacht, da im gymnasialen Unterricht zudem ein weiterer Aspekt den Chemieunterricht strukturiert, der

Abb. 2: Die zentralen fachlichen Aspekte des Chemieunterrichts



reflektierte Wechsel zwischen Stoff- und Teilchenebene. Dieser Bereich entspricht dem oberen Teil der Raute.

Inhalte

Die zentralen Begriffe „Stoffe“, „Teilchen“ und „chemische Reaktion“ sind von den Basiskonzepten her bekannt, werden hier aber von ihrer inhaltlichen Aussage her verstanden. Um Stoffumwandlungen zu erkennen, müssen **Stoffe** in ihren Stoffeigenschaften eindeutig beschrieben werden. Die Einteilung in Gemische, Reinstoffe, Elemente und Verbindungen führt zu einer differenzierten Sicht- und Ausdrucksweise, die für die Charakterisierung der Stoffe von Bedeutung ist.

Ein tieferes Verständnis vom Aufbau der Stoffe verlangt nach einer Vorstellung auf der **Teilchenebene**. In seinen Abstufungen mündet dies ausgehend von einem einfachen Teilchenmodell zumindest in ein Kern-Hülle-Modell der Atome.

Diese Teilchenvorstellung macht die **chemische Reaktion** nicht nur als Stoffumwandlung, die mit Hilfe eines Reaktionsschemas ausgedrückt werden kann, beschreibbar, sondern auch als Umgruppierung der Teilchen¹ (unter Veränderung der Atome) in der Abstraktion erklär- und verstehbar. Damit kann die chemische Reaktion schließlich in einer Reaktionsgleichung beschrieben werden.

Neben der Neubildung mindestens eines Reinstoffes spielt bei allen chemischen Reaktionen der energetische Aspekt eine bedeutende Rolle, da in Alltag und Technik viele Reaktionen genau deswegen genutzt werden.

Die genannten Inhalte bieten Strukturierungspotenzial für den Unterricht. Man erkennt dies daran, dass durch die wiederkehrende und tiefergehende Beschäftigung mit diesen Inhalten Prinzipien und Konzepte erarbeitet werden können, die diese Inhalte miteinander in Beziehung setzen (s. Tabelle 2).

Konzepte

Das Anwenden dieser Prinzipien und Konzepte führt zu einem deutlich tieferen Verständnis chemischer Fragestellungen und ist für einen nachhaltigen Chemieunterricht von größter Bedeutung: Wissen, das über einen längeren Zeitraum angesammelt wurde, kann ökonomisch nur mit sinnvollen Prinzipien für dessen Anwendung strukturiert und damit beherrschbarer gemacht werden. Die Nähe zu den Kompetenzen der Bildungsstandards wird damit deutlich. Sie liegen diesen Ausführungen zu Grunde, werden aber durch inhaltliche Angaben ergänzt und mit Hilfe von Prinzipien konkretisiert.

Die Beschäftigung mit Materie zeigt, dass **Stoffe** aus **Teilchen** aufgebaut sind. Dieser Zusammenhang führt zur Frage nach der **Struktur** der Teilchen und dazu, diese mit den **Eigenschaften** in Beziehung zu setzen. So gelingt es, Stoffeigenschaften zu verstehen und aufgrund von Kenntnissen über die Teilchen und Strukturen Vorhersagen über Stoffeigenschaften zu machen.

Das Prinzip der **Stoffumwandlung** und der **Umwandlung** der Energie von einer in eine andere **Energieform**, in den meisten Fällen von chemischer Energie in thermische Energie, Licht bzw. elektrische Energie, ist Grundlage jeglichen Verständnisses chemischer Reaktionen.

Das Donator-Akzeptor-Prinzip stellt eine besondere Form

der **Umgruppierung** beziehungsweise **Veränderung von Teilchen** dar. Es fasst chemische Prozesse von einem übergeordneten Standpunkt aus zusammen und weist somit Reaktionen Gemeinsamkeiten auf funktionaler Ebene zu.

Werkzeuge

Als drittes zentrales Unterrichtselement neben Inhalten und Prinzipien müssen die Werkzeuge berücksichtigt werden, die der Chemieunterricht braucht, um einen Erkenntniszuwachs zu ermöglichen. Mit ihrer Hilfe werden die angesprochenen Inhalte und Prinzipien erarbeitet. Es ist der sich ständig wiederholende Einsatz von **Experimenten** und Modellbildung sowie –anwendung, der die Inhalte und Prinzipien immer weiter ausschärft (s. Wendel, Abb. 3). Um Fragestellungen zielgerichtet zu untersuchen, bedient sich der Naturwissenschaftler der Durchführung und Auswertung von Experimenten. Damit werden Phänomene sowohl qualitativ als auch quantitativ beschreib- und auswertbar. Stoffuntersuchungen bieten die Grundlage einer Einteilung in Stoffklassen. Eine Zuordnung von Teilchenarten zu Stoffklassen eröffnet einen Zugang zur Teilchenebene.

Modelle ermöglichen es den Schülern, sich auf der abstrakten Ebene der Teilchen Vorgänge, Aggregationen und Zustände zu erklären.

Für den gymnasialen Chemieunterricht ergeben sich nach diesen Überlegungen die Kompetenzen in Tabelle 2, Teil Chemie, die nach unserer Auffassung zur Grundbildung gehören.

Begründung

Die Auswahl der angeführten Kompetenzen wurde nicht nur aus Gründen getroffen, die im Schulunterricht liegen, sondern findet ihre Begründung auch in einem allgemeinen Bildungsbegriff.

Das Wissen um die Eigenschaften von Stoffen birgt seit jeher ein bedeutendes Potenzial für den Entwicklungsprozess aller Kulturen. Vor allem jene waren dabei im Vorteil, die die Zusammenhänge erfasst und umgesetzt, Technologien entwickelt und verfeinert haben. Als konkrete Beispiele seien hier nur die Entwicklung von Werkzeugen und Waffen, Nahrungsmitteln und Schmuck aber auch die Weiterentwicklung und Veredelung von Kleidung sowie die Konservierung von Lebensmitteln genannt. Wer nicht nur die Eigenschaften von Kupfer und Eisen kannte, sondern es verstand, die Metalle aus den Rohstoffen selbst herzustellen, war im Vorteil. Bei immer höheren Anforderungen an die Materialeigenschaften ist ein Verständnis vom Aufbau der Materie nicht nur hilfreich, sondern geradezu unabdingbar.

Auch im heutigen Alltag ist es von unschätzbare Bedeutung, Eigenschaften von Stoffen zu kennen. So warnt uns beispielsweise der Geruch von Stoffen, z. B. von Benzin und Gas vor Gefahren. Es ist von Bedeutung, die Leitfähigkeit von Stoffen zu kennen, sei es zum Zweck der Leitung oder zur Isolation. Häuser können energiesparend gebaut werden, wenn man Kenntnisse über die Wärmeleitfähigkeiten und –kapazitäten der Stoffe hat.

Ursachen und Lösungen für Menschheitsprobleme wie Wasser- und Luftverschmutzung, Erderwärmung, Ressourcenknappheit, Müllberge usw. lassen sich nur wirklich verstehen, wenn man die damit verbundenen Vorgänge auch auf der Stoff- und der Teilchenebene (etwa die Masenerhaltung bei Verbrennungen) nachvollziehen kann. So kann der Unterricht einen Beitrag zur Akzeptanz von Lösungsvorschlägen leisten.

¹ Da sich Atome bei chemischen Reaktionen mehr oder weniger verändern (z. B. zu einem Ion werden), kann man nicht nur von ihrer Umgruppierung sprechen. Außerdem gibt es Reaktionen, bei denen nicht Atome, sondern Ionen umgruppiert werden, z. B. Fällungsreaktionen. Anstelle der im Anfangsunterricht gebrauchten Formulierung „Umgruppierung von Atomen“ wählen wir deshalb „Umgruppierung von Teilchen“.

Nachhaltigkeit im Unterricht am Beispiel des Prinzips STOFF, TEILCHEN, STRUKTUR UND EIGENSCHAFTEN

Am Beispiel eines Prinzips soll nun genauer beleuchtet werden, wie es kontinuierlich im Chemieunterricht angewandt und weiter entwickelt wird.

Fachlich müssen in diesem Bereich verschiedene Schritte und Ebenen unterschieden werden:

- Stoffebene (1)
- <-> Stoffklassen (2)
- <-> Teilchenarten (3)
- <-> Teilchenebene (4)

Auf der Stoffebene (1) ist das Ermitteln und Kennenlernen von Stoffeigenschaften von herausragender Bedeutung. Der Vergleich verschiedener Stoffe auf dieser Ebene ermöglicht eine Klassifikation und Zuordnung der Stoffe zu unterschiedlichen Stoffklassen (2). Ein vertieftes Verständnis wird erst dann möglich, wenn man den Schritt auf die Teilchenebene wagt und eine Zuordnung von Teilchenarten und Stoffklassen vornimmt (3). Mit Hilfe der zugeordneten Teilchenarten können nun Überlegungen auf der Teilchenebene (4) angestellt werden, die ein Verstehen der jeweiligen Stoffeigenschaften auf der stofflichen Ebene (1) ermöglichen.

Um mit dem strukturierenden Prinzip „Zusammenhang zwischen Stoff und Teilchen“ gewinnbringend umgehen zu können, sind in der Wendel in Abb. 3 einige Stationen aufgezeigt, die mit den folgenden Basiskompetenzen genauer beschreiben werden:

Schülerinnen und Schüler, können

- Eigenschaften angeben, die der Charakterisierung von Stoffen dienen (1).
- Stoffe auf ihre Eigenschaften hin untersuchen (1).
- ausgewählte Stoffe den Stoffklassen Metalle, Salze und flüchtige Stoffe zuordnen (2)².
- die Zuordnung zur Stoffklasse anhand ihrer Eigenschaftskombination begründen (2).
- an einem Beispiel erläutern, dass eine einzelne Eigenschaft nicht ausreicht, um einen Stoff einer Stoffklasse zuzuordnen (2).
- angeben, dass Stoffe unterschiedlicher Stoffklassen aus unterschiedlichen Teilchenarten aufgebaut sind (3).
- bei Kenntnis der Teilchenart Hypothesen für die Eigenschaften auf der Stoffebene aufstellen (4).
- Reaktionsschemata für Stoffumwandlungen angeben. (1)
- Reaktionsgleichungen für die Betrachtung einer chemischen Reaktion auf der Teilchenebene erläutern. (4)
- Säuren und alkalischen Lösungen ihr charakterisierendes Teilchen zuordnen. (4)

Bedeutung der Stationen in Abb. 3:

C1: Stoffeigenschaften zur Charakterisierung von Stoffen untersuchen

C2: Reinstoffe aufgrund ihrer Eigenschaften ordnen: Reinstoffklassen Metalle, Salze, flüchtige Stoffe

C3: Teilchenarten und Reinstoffklassen: Atome, Moleküle, Ionen bzw. Ionengruppen

C4: Reaktionsschema und Reaktionsgleichung mit Massenerhaltung

C5: Teilchenarten in Gemischen: Saure und alkalische Lösungen, Oxonium- und Hydroxid-Ionen

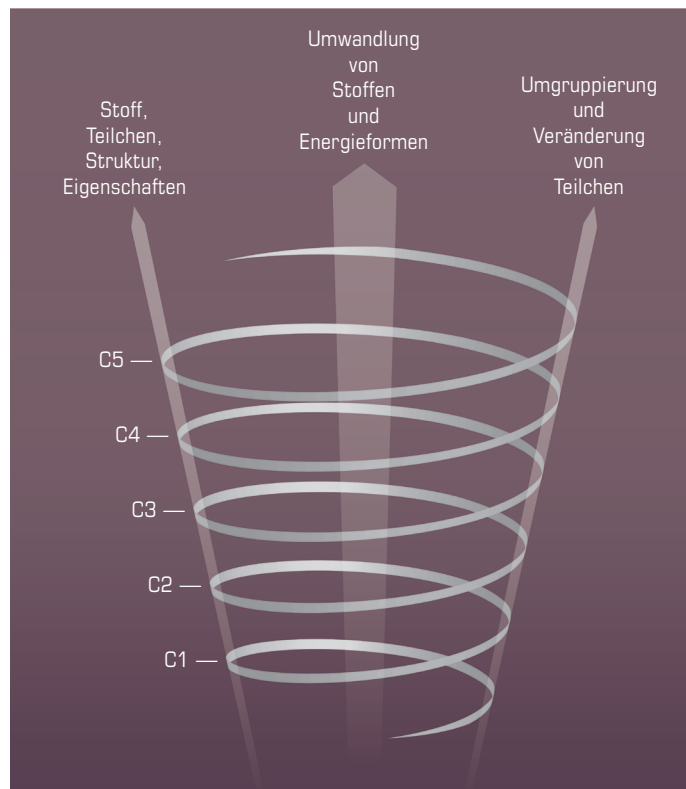


Abb. 3: „Wendel“ der durchgängigen Prinzipien im Chemieunterricht

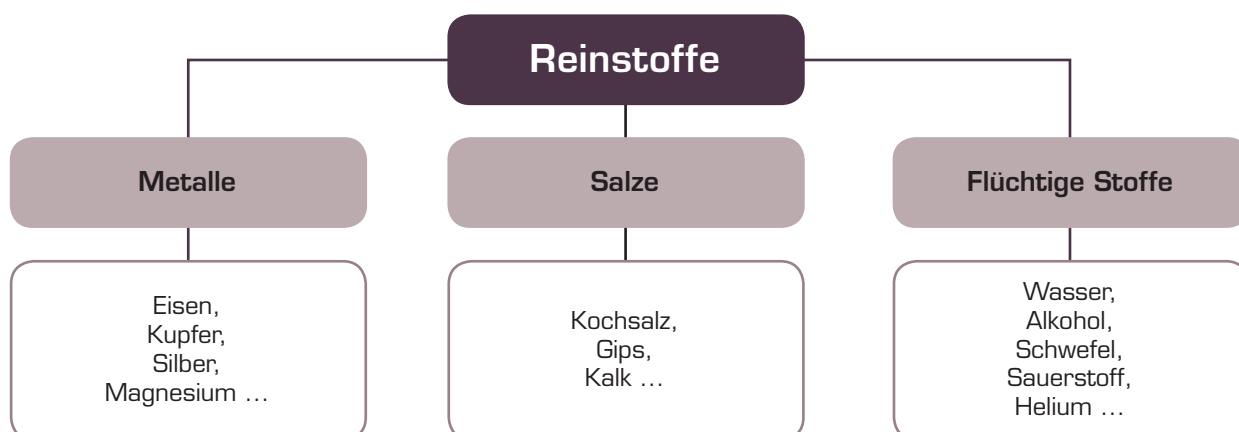
Um derart zentrale Kompetenzen bei den Lernenden anzustreben, genügt es nicht, diese Sachverhalte ein- oder zweimalig im Unterricht zu thematisieren, sie müssen vielmehr nachhaltig und damit immer wieder auf verschiedenen Ebenen behandelt, thematisiert und erweitert werden. (s. Wendel in Abb. 3)

Anfangsunterricht

Eine erste Begegnung mit dem Themenbereich der Stoffe und deren Stoffeigenschaften erfolgt im Anfangsunterricht. Hier lernen die Schülerinnen und Schüler, den Begriff „Stoff“ vom Alltagsbegriff zu unterscheiden und Stoffe zunächst durch einfache Beobachtungen und Messungen auf der Stoffebene zu beschreiben. Sie lernen Stoffe mit unterschiedlicher Farbe und unterschiedlichem Geruch kennen, Stoffe die mehr oder weniger glänzend oder biegsam sind, Stoffe, die fest, flüssig oder gasförmig sind. Mit einfachen Messverfahren sind weitere Stoffeigenschaften wie die Dichte, die Schmelz- und Siedetemperatur, die elektrische Leitfähigkeit und Löslichkeit zugänglich. Typischer Weise beschäftigen sich die Schülerinnen und Schüler im Anfangsunterricht mit Stoffen wie Eisen, Kupfer, Magnesium, Silber, Kochsalz, Gips, Kalk, Zucker, Schwefel, Wasser, Alkohol (Ethanol), Stickstoff und Sauerstoff. Die zunächst bewusste Auswahl von Reinstoffen, die in das vorgesehene Schema passen, und das Aufstellen von sogenannten Steckbriefen ist dabei in hohem Maße geeignet, die Voraussetzungen für den Schritt von der Stoffebene (1) zu den Stoffklassen (2) zu schaffen (vgl. Abb. 4a). Dabei werden die Stoffe aufgrund ihrer Eigenschaftskombinationen in drei Klassen eingeteilt: Metalle, Salze und Stoffe, die eine relativ niedrige Schmelz- und Siedetemperatur aufweisen (oben und im nachfolgenden Text vereinfacht als „flüchtige Stoffe“ bezeichnet). Die Schüler

² Es ist an dieser Stelle ganz bewusst noch nicht vorgesehen, Stoffe wie Holz, Diamant oder Kunststoffe einzuordnen. Die Schüler erkennen, dass das Schema noch nicht vollständig entwickelt ist.

Abb. 4a: Erste Einteilung in Stoffklassen



nutzen anschließend ihre erworbenen Kenntnisse über die Stoffeigenschaften für die Trennung von Stoffgemischen.

Der nachfolgende Unterricht muss darauf ausgerichtet sein, diese Klassifizierung aufzunehmen und immer stärker auszubauen und zu differenzieren.

Erster Zugang zur Teilchenebene im Unterricht

Ein erster Zugang zur Teilchenebene erfolgt meist über Stoffteilchen³, beispielsweise Eisenteilchen, Salzteilchen, Wasserteilchen. In der Regel deuten die Schülerinnen und Schüler mit dieser einfachen Teilchenvorstellung auch Stoffgemische auf der Teilchenebene.

Eine Zusammenführung der Stoff- und Teilchenebene ist an dieser Stelle sehr hilfreich für das weitere Arbeiten und Denken auf den beiden Betrachtungsebenen. Ordnet man den drei benannten Stoffklassen die Namen der entsprechenden kleinen Teilchen zu, so legt man frühzeitig den Grundstein für ein vertieftes Verständnis der chemischen Reaktion auf der Ebene der kleinen Teilchen und es bietet sich an, im Folgenden immer wieder den Schritt von der Stoffebene zur Teilchenebene zu vollziehen und zu üben. Diesen Wissensstand zeigt Abb. 4b.

Umgekehrt sollte es die Angabe einer Teilchenart auf Teilchenebene ermöglichen, eine Hypothese über die Stoffklasse und damit die Stoffeigenschaften abzugeben. Beispielsweise könnten die Schülerinnen und Schüler Wasser zu einem frühen Zeitpunkt als flüchtigen Stoff identifizieren, um ihn dann später mit Blick auf die Teilchenebene als molekulare Verbindung zu charakterisieren. Umgekehrt sollte die Information, dass der Stoff Ammoniak aus Molekülen aufgebaut ist, die Hypothese ermöglichen, dass es sich hierbei um einen flüchtigen Stoff handeln muss, der eine verhältnismäßig niedrige Schmelz- und Siedetemperatur aufweist.

Betrachtungen chemischer Reaktionen auch auf Teilchenebene

Mit dem ersten Verständnis für die Abläufe bei chemischen Reaktionen sowie den Aufbau von Atomen, Molekülen und Ionen (Kern-Hülle-Modell) entsteht eine weitere wesentliche Differenzierung zwischen Metallen und Nichtmetallen, Elementen und Verbindungen. Letztendlich lassen sich Verbindungen – nun auch auf der Teilchenebene – in Salze und flüchtige (molekulare) Verbindungen differenzieren. Mit der Kompetenz, aus den Eigenschaften des Stoffes abzuleiten, welcher Stoffklasse dieser angehört und der Zuordnung der entsprechenden kleinen Teilchen, sind die Grundlagen zum Verständnis der Vorgänge bei chemischen Reaktionen auf der Teilchenebene gelegt. Auch eine Besprechung von Redoxreaktionen als Elektronenübergangsreaktionen wird somit frühzeitig auf einem einfachen, für Schüler gut nachvollziehbaren Niveau möglich. Es ist elementar, dass die Schülerinnen und Schüler an diesem Prozess des immer weiteren Differenzierens und Erweiterns aktiv teilnehmen müssen. Eine gemeinsame Fortschreibung des obigen Organigramms innerhalb der Sekundarstufe I unterstützt den Lernprozess nachhaltig. Die Schülerinnen und Schüler erhalten damit die Möglichkeit, ihren Wissenstand wahrzunehmen und einzuordnen. Eine Weiterentwicklung könnte nach konkreten Unterrichtsinhalten für den Bereich der Reinstoffe Abb. 4c darstellen.

Nach dem Unterricht

Das Wissen um jede Feinheit der angeführten Zusammenhänge wird natürlich nicht dauerhaft verfügbar sein. Wir finden es trotzdem richtig und wichtig, diesen auf Verständnis angelegten Unterricht zu skizzieren, weil so die Grundbildung für diesen Teilbereich der Chemie stabil gefördert wird. Nach längerer Zeit ist bei vielen Schülern möglicherweise nur noch die Erinnerung daran vorhanden, dass Chemie als in sich logisch strukturiert und mithilfe verständlicher Prinzipien beschreibbar ist. Ein solches lautet: Die Eigenschaften der Stoffe werden durch die Natur der aus Atomen gebildeten Teilchen bestimmt. Die in Tabelle 2, genannte Kompetenz „Die Lernenden beschreiben den Aufbau von Stoffen mit Hilfe von entsprechenden kleinen Teilchen“ wäre damit für einen nicht naturwissenschaftlich tätigen Bürger ausreichend vorhanden.

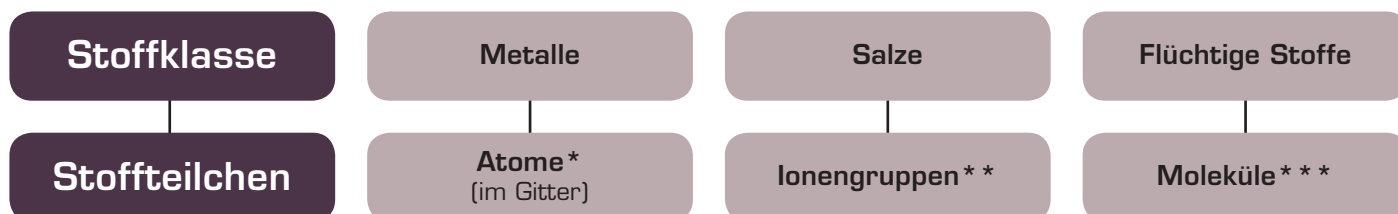
³ Wir schlagen vor, diejenigen kleinen Teilchen „Stoffteilchen“ zu nennen, die als „Teilchen eines Reinstoffes“ bezeichnet werden können. In diesem Begriff treffen sich die Stoff- und die davon streng zu trennende Teilchenebene genauso wie z. B. in der Bezeichnung „Wasser-Molekül“. „Stoffteilchen“ können „reale Teilchen“ sein (Moleküle, Atome) oder „gedachte Teilchen“, wenn es sich um Ausschnitte eines Metall- oder Ionen-gitters handelt. In jedem Fall entspricht das Stoffteilchen im späteren Unterricht der Verhältnis- bzw. Molekülformel eines Reinstoffes. Keine Stoffteilchen sind z. B. Ionen, Elementarteilchen oder die „Bausteine“ eines Makro-Moleküls.

Ausblick

In einer nun folgenden Diskussionsphase soll dieser Vorschlag kritisch unter die fachdidaktische und schulpraktische Lupe genommen und optimiert werden. Danach müssten entsprechende Überlegungen für die anderen Inhalte, Prinzipien und Werkzeuge aus Abbildung 3 angestellt und diskutiert werden.

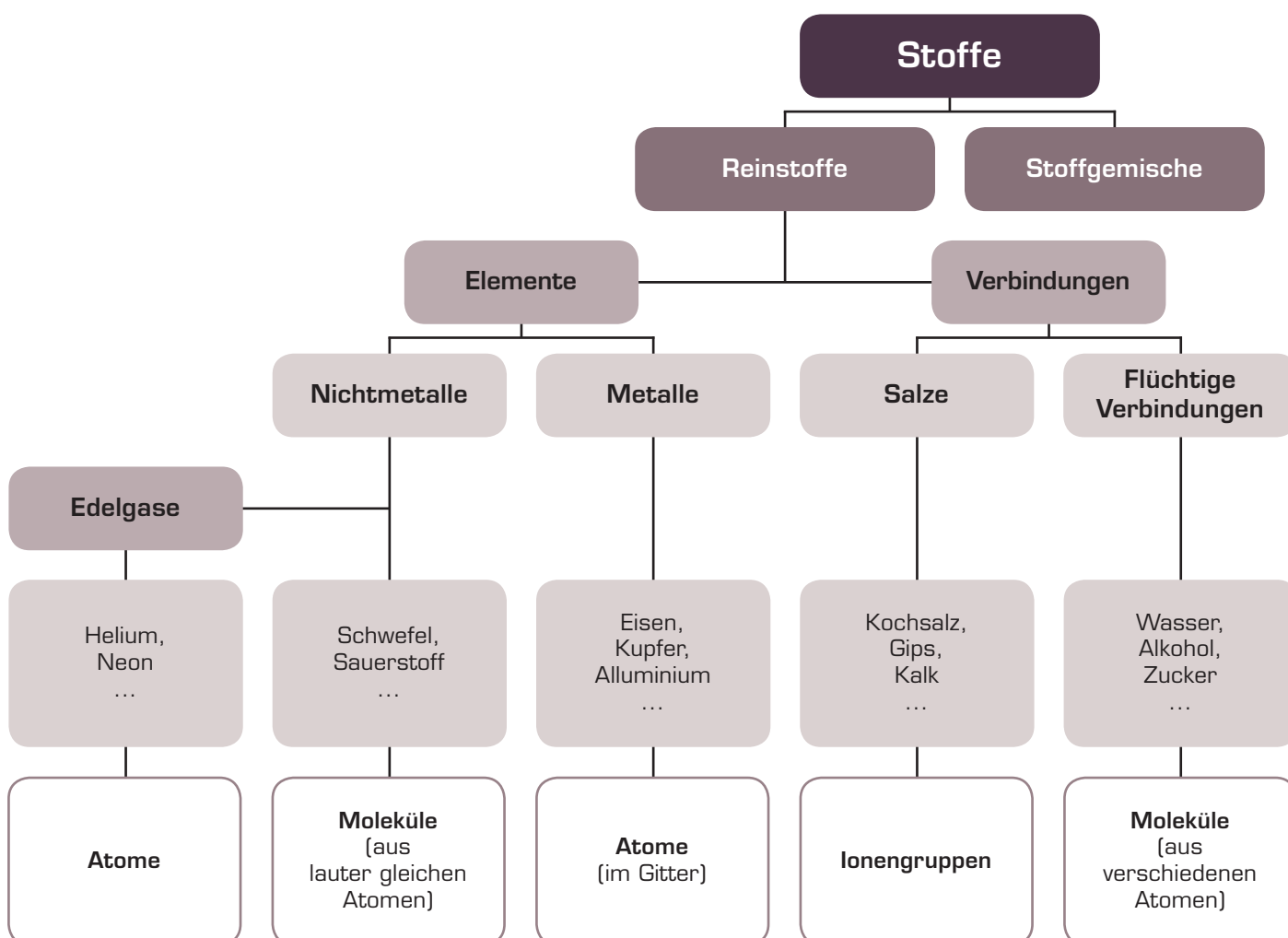
Eine weitere Aufgabe besteht darin zu klären, was Schüler zusätzlich brauchen, die Chemie bis zum Abitur belegen möchten. Beispielfhaft seien hier die Kompetenzen genannt, Reaktionsgleichungen aufstellen oder die Edelgasregel bei der Bildung von Ionen und Molekülen anwenden zu können.

Abb. 4b: Erste Zuordnung zwischen Stoffklassen und Teilchenarten



- * Die Atome bilden bei festen Metallen ein Gitter, so dass das Stoffteilchen „Atom“ hier einen besonders einfachen Gitterausschnitt darstellt. Verzichtet man auf diese Information, ergäbe sich in der Folge der unlogische Sachverhalt, dass die scheinbar selben Stoffteilchen, nämlich Atome, einmal zu flüchtigen Stoffen gehören (den Edelgasen), andererseits auch zu nicht flüchtigen, den Metallen.
- ** Ionen unterscheiden sich von Atomen bzw. Molekülen durch ihre elektrische Ladung. Ionengruppen sind die (gedachten) Stoffteilchen der Salze, z. B. der Gitterausschnitt aus einem Calcium- und zwei Chlorid-Ionen beim Calciumchlorid.
- *** Moleküle: aus zwei oder mehreren Atomen zusammengesetzte Stoffteilchen. Edelgase als Ausnahme bei den flüchtigen Stoffen werden gegebenenfalls ergänzt.

Abb. 4c: Einteilung der Stoffe in Stoffklassen mit zugehörigen Teilchenarten



06

Grundbildung in Physik

Bei der Erarbeitung der Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss ist es der Fachkommission für Physik nicht gelungen, eine Einigung über inhaltsbezogene Kompetenzen zu erzielen - ein deutliches Zeichen für das Misslingen des Versuchs, mit Bildungsstandards eine stärkere Vereinheitlichung der deutschen Bildungslandschaft zu erreichen. Stattdessen wurde der Versuch unternommen, auf der Basis eines Vorschlags von Spreckelsen (ca. 1970), vier Basiskonzepte zu etablieren. Dieser Versuch hat sich erkennbar nicht bewährt, denn die angegebenen Basiskonzepte sind aus fachlicher Sicht zumindest angreifbar und eignen sich offenbar nicht, tragfähige Leitlinien zu entwickeln.

Andererseits wäre es für die Beschreibung von Mindeststandards hilfreich, wenn man strukturierende Begriffe finden könnte. Solche strukturierenden Merkmale könnten auch dazu beitragen, die Planung von Physikunterricht zu erleichtern und Ankerpunkte anzubieten, die zur Vernetzung von Bearbeitetem beitragen und dadurch zu einer wesentlichen metakognitiven Hilfe werden können.

Der von uns gewählte Satz von strukturierenden Aspekten könnte u. E. das Potenzial besitzen, an die Stelle der derzeit vorgeschlagenen Basiskonzepte zu treten. Dabei scheint uns wesentlich, dass neben Inhalten und Konzepten die Werkzeuge zu den strukturierenden Merkmalen der Physik gehören müssen – insbesondere, da sich die Physik durch ihre Methode und den ihr eigenen hohen Grad der Mathematisierung von anderen (Natur-) Wissenschaften unterscheidet. Eine ausführliche Erläuterung zu den einzelnen Entscheidungen folgt weiter unten. Diese Erläuterungen zeigen, dass die prozessbezogenen Kompetenzen aus dem Bereich der Erkenntnisgewinnung der Bildungsstandards Physik mit Ausnahmen von E6 (Hypothesenbildung) abgedeckt werden. Dies ist darin begründet, dass nach unserer Auffassung die Hypothesenbildung nur von fortgeschrittenen Lernern auf einer höheren Kompetenzstufe erreicht wird.

Diesen Vorschlag unterbreiten wir in Tabelle 2, Teil Physik. Dabei stellen die fett gesetzten Begriffe die möglichen Basisbegriffe dar, darunter geben wir zu jedem Begriff an, wie unserer Ansicht nach ein Mindeststandard für den mittleren Schulabschluss am Gymnasium aussehen könnte.

Bei dem Versuch zeigt sich, dass die vorhandene Liste von Operatoren für die Beschreibung physikalischer Kompetenz nicht vollständig ausreicht. Wir führen deswegen über die existierende Liste hinaus folgende Operatoren ein:

Wahrnehmen (*bewusstes Hinschauen, Einnehmen einer Beobachtungshaltung*),

Messungen ausführen (*korrektes Ablesen der Skalen, Übersicht haben und halten über die Messparameter*),

Erstellen von Abbildungen (*Entscheidung, welche Größen aufgetragen werden, Angabe von Achsenbeschriftungen, Auswahl eines geeigneten Maßstabes, Ermittlung des Platzbedarfs*) und

Mathematisieren (*Übersetzen eines Ergebnisses/Sachverhalts in die mathematische Sprache, Darstellung durch eine Formel, Berechnungen*).

Am Beispiel „Experiment“ aus der Spalte „Werkzeuge zur Erkenntnisgewinnung“ versuchen wir in Abbildung 5 zu zeigen, wie sich das Merkmal in aufeinander folgenden Jahrgängen immer wieder bearbeiten und erweitern lässt.

Erläuterungen zur Auswahl der strukturierenden fachlichen Aspekte

Inhalte

Der **Energie**begriff eignet sich als „roter Faden“ in der Physik (Kraft, elektrische Spannung, Dosis etc.). Mit der **Energie** wird eine der wichtigsten, wenn nicht gar die wichtigste strukturierende Größe der Physik thematisiert. Sie ermöglicht es, verschiedene Systeme innerhalb eines Teilgebiets zu vergleichen (z.B. Heben eines Körpers direkt und mithilfe einer schiefen Ebene), aber auch Vergleiche zwischen verschiedenen Teilgebieten anzustellen (z. B. Heben eines Körpers durch menschliche Kraft und durch einen Motor). Darüber hinaus ermöglicht sie sogar fächerübergreifend wissenschaftliche Aussagen in Beziehung zu setzen (z. B. Umwandlung von Energieformen bei einer Pflanze oder bei einer Glühlampe; siehe auch MNU-Veröffentlichung „Begriffe-Papier“ [4], sowie Begleitmaterial zum MNU-Energiekoffer).

Energie ist ein gut zugängliches Beispiel für eine Erhaltungsgröße. So hilft die Darstellung von Prozessen in Energieflussdiagrammen bei der Analyse von Vorgängen und trägt zum Erwerb von Kompetenz im Bereich Kommunikation und Dokumentation bei.

Insofern ist es geradezu erschreckend, dass in der Studie zur Energiebildung [8] deutlich wird, dass die meisten Bundesländer den Energiebegriff nicht zum verpflichtenden Unterrichtsgegenstand machen, obwohl die Bildungsstandards ihn ebenfalls zum – u.E. einzig unstrittigen – Basiskonzept erklärt haben.

Gerätschaften elektrischer und elektronischer Art gehören für heutige Schülerinnen und Schüler wie selbstverständlich zu ihrem Leben. **Elektrische Stromkreise** als integraler Bestandteil dieser Geräte bieten daher den wichtigsten Alltagsbezug im beginnenden 21. Jahrhundert. Sie bilden die Grundlagen für die Phänomene und die Technik, die Lernende kennen und nutzen.

Die **Teilchenvorstellung** verbindet verschiedene Teilgebiete (Magnetismus, Elektrizität, innere Energie, Druck, Radioaktivität). Mit **Teilchen** werden Phänomene modelliert. Dabei wird der Begriff des Teilchens nicht einheitlich verwendet und richtet sich meist nach dem, was modelliert werden soll. Im Zuge einer einheitlichen Begriffsverwendung ist hier eine Abstimmung mit dem Fachkollegium der Chemie erforderlich. Hinweise dazu finden sich in der MNU-Veröffentlichung [4]. Im Gegensatz zur Chemie können in Physik Teilchen auch auf der stofflichen Ebene definiert sein. Konsensfähig ist die Auffassung von Teilchen als Molekülen, Ionen, Atomen oder deren Bestandteile. Mit einer Teilchenvorstellung ist sehr oft eine Vereinfachung intendiert, die das Modell charakterisiert. Sie erlaubt dann das Aufstellen überprüfbarer Hypothesen und erleichtert Argumentationen und Problemlösungen. Da die Teilchenvorstellung verschiedene Teilgebiete der Physik verbindet, aber auch Brücken zu anderen Naturwissenschaften schlägt, legt sie die Grundlage zu einem anschlussfähigen Wissen.

Der Begriff **Feld** hat in der Sekundarstufe I das geringste Strukturierungspotenzial, weil er im Allgemeinen nur beim Magnetfeld vorkommt. Dennoch erscheint der Begriff als Zugang zur modernen Physik und zur Entmystifizierung esoterischer Sichtweisen unverzichtbar. Dabei steht im Vordergrund der Nachweise die Existenz eines vermuteten Feldes durch Verwendung einer geeigneten Sonde. In diesem Sinne bedeutet das Ausmessen eines Feldes die Anlage einer „Landkarte“.

Konzepte

Mit dem Konzept der **Erhaltung** von bestimmten Größen steht der Physik ein mächtiges Hilfsmittel zur Verfügung, Vorgänge korrekt zu beschreiben. Dabei greift sie nicht nur auf die Erhaltung so anschaulicher Größen wie Masse oder Ladungs- und Teilchenzahl (unter bestimmten Bedingungen) zurück, sondern hat auch abstrakte Größen definiert wie Energie, Impuls oder Drehimpuls, die einem Erhaltungssatz gehorchen. Größen, die einem Erhaltungssatz unterliegen, können bilanziert werden, was die Beschreibung, aber auch das Verstehen von Phänomenen vereinfachen kann. Die **Nichterhaltung** erzwingt Fragen und genaueres Nachdenken. So öffnet ein Erhaltungs-Konzept auch durch seine offenkundige Verletzung Türen zur Betrachtung von Energieentwertung und Änderung von physikalischen Größen, aber auch von chemischen Reaktionen. Daraus kann sich die Notwendigkeit einer Mathematisierung ergeben, die für die Wissenschaft Physik wesentlich ist.

Neben dem Betrag spielt vielfach auch die Richtung einer Größe eine entscheidende Rolle. Die Behandlung dieser Größe wird durch das Superpositions-konzept⁴ strukturiert. Als Beispiele seien Geschwindigkeit und Kraft genannt. Das Anwenden des **Superpositionsprinzips** auf

diese Größen führt zu tragfähigen Betrachtungen von zusammengesetzten und daher kompliziert erscheinenden Bewegungen. Weiterhin ist das Superpositionsprinzip ausbaufähig für Felder, Wellen und Quanten.

Werkzeuge

Das Erwerben von Kompetenzen kann nur in Progression geschehen. Zuerst wird man erlernte Verfahren in bekannter Umgebung einsetzen, in einem zweiten Schritt wird man leicht variierte Fragestellungen untersuchen. Die höchste Kompetenzstufe wird erreicht, wenn Lernende die erlernten Methoden in einem neuen Umfeld anwenden. (Komplexität).

Zu allen vier angegebenen Werkzeugen gehören mit zunehmender Kompetenzentwicklung auch das Beschreiben von Grenzen und eine kritische Betrachtung der eigenen Vorgehensweise. Dadurch werden die Voraussetzungen geschaffen, dass Lernende auf der höchsten Kompetenzstufe auch über Erkenntniswege der Physik reflektieren können.

Ein **Experiment** wie das Durchführen einer Messung (zunächst erkundend, dann in zunehmendem Maße quantifizierend) ist ein wesentliches Element physikalischer Arbeitsweise im Rahmen der Erkenntnisgewinnung und bereitet neben der innerfachlichen Bedeutung auf unterschiedliche Berufsfelder vor, wenn auch moderne Messgeräte und Messmethoden eingesetzt werden.

Zu den Kompetenzen im Umfeld des Experimentierens gehören auf einer grundlegenden Stufe Wahrnehmen, Beobachten, Beschreiben, später das Ablesen und der sachgerechte Umgang mit Skalen, mit zunehmender Erfahrung auch die Einschätzung von Messunsicherheiten.

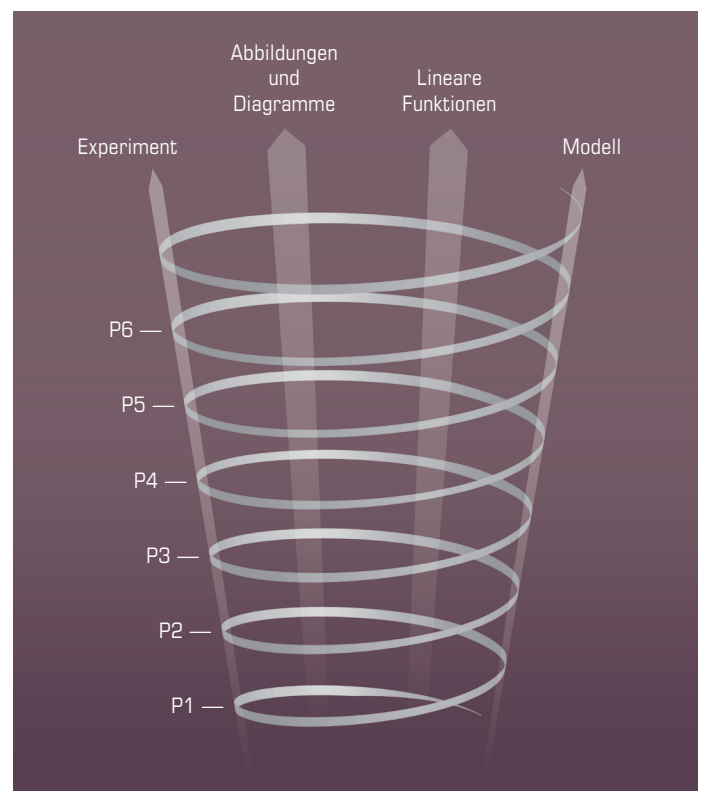


Abb.5: „Wendel“ der Werkzeuge zur Erkenntnisgewinnung im Physikunterricht

³ Unter Superposition versteht man die Überlagerung gleichartiger physikalischer Größen, wie z. B. im Kräfteparallelogramm.

Im reflektierten Umgang mit selbst durchgeführten Experimenten entwickeln die Lernenden auch Kompetenz für einen bestimmungsgemäßen, sorgfältigen und angstfreien Umgang mit modernen Geräten.

Abbildungen und Diagramme sind wesentliche Darstellungsmittel in allen Naturwissenschaften und der Technik. Sie geben Zusammenhänge pointiert wieder. Kompetenz in diesem Bereich manifestiert sich sowohl im Erstellen als auch im Lesen und Interpretieren grafischer Darstellungen.

Die **lineare Funktion** als mathematisches Objekt steht für die Eigenschaft der Physik als quantifizierende Naturwissenschaft. Für die meisten Beispiele in der Mittelstufe erweist sich die lineare Funktion als Ergebnis eines Auswertungsprozesses und erlaubt Prognosen. Die erforderlichen mathematischen Fähigkeiten werden in enger Verbindung mit der Mathematik erworben.

Modelle als Ausschnitte oder als grobe Abbilder der Wirklichkeit erlauben ein Verstehen physikalischer Phänomene. Sie vermögen Erklärungen und Hypothesen zu untermauern und neue, detailliertere Modelle zu generieren, mit denen ein tieferes Verständnis naturwissenschaftlicher Phänomene möglich ist. In Modellen spiegelt sich damit wider, wie der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess zu Stande kommt, aber auch welche Entwicklungsmöglichkeiten bestehen, neue Erkenntnisse zu gewinnen.

Nachhaltigkeit im Unterricht am Beispiel des Werkzeugs „Experiment“

Die Wendel in Abb. 5 soll kennzeichnen, dass stets ein Aspekt (hier das Experiment) über verschiedene Jahrgangsstufen bei unterschiedlichen Anforderungen, die aufeinander aufbauen, verfolgt wird. Die Auswahl der Beispiele (siehe MNU-Homepage) erfolgt dabei so, dass die

Komplexität der Anforderungen von Jahr zu Jahr steigt, indem immer mehr Querverbindungen zu anderen strukturierenden Aspekten hergestellt werden müssen. Die „Stationen“ in Abb. 5 haben folgende Bedeutungen:

P1 (Jahrgangsstufe 5): Wahrnehmen am Beispiel Sonnenuntergang

P2 (Jahrgangsstufe 6): Wahrnehmen und Beobachten am Beispiel der Drehrichtung eines Elektromotors

P3 (Jahrgangsstufe 7): Messungen ausführen am Beispiel eines elektrischen Stromkreises

P4 (Jahrgangsstufe 8): Messungen ausführen am Beispiel Bewegungen einer Modellbahn

P5 (Jahrgangsstufe 9): Messungen an stochastischen Größen: Beispiel Radioaktivität

P6 (Jahrgangsstufe 10): Stroboskopbilder für Messungen verwenden und ausführen

Zu den angegebenen Aspekten wird auf der MNU-Homepage je eine Aufgabe vorgestellt, die zum Nachweis der mindestens zu erreichenden Kompetenzstufe im Bereich „Experiment“ dienen soll.

07

Ausblick

Wir sind uns der Notwendigkeit zur Diskussion unseres vorliegenden Denkanstoßes bewusst und hoffen darauf, möglichst viele Rückmeldungen dazu zu erhalten. Ist dann der Vorschlag der Grundbildung für die gymnasialen Schüler am Ende der Sekundarstufe I gründlich diskutiert und modifiziert, geht es mithilfe von Experten der anderen Schulformen darum, einen entsprechenden Vorschlag für alle Schülerinnen und Schüler zu erarbeiten. Außerdem müssen die weiteren Niveaustufen angegangen werden. Dazu ist die Frage zu klären, welche Inhalte und Kompetenzen für eine erfolgreiche fachspezifische Mitarbeit in der Oberstufe mit dem Ziel des Abiturs vorauszusetzen sind.

Schließlich stellen wir uns vor, ein Niveau für die besonders begabten Schüler zu beschreiben.

Mindeststandards für das Abitur in Deutschland festzuschreiben stellt sicherlich eine besondere Herausforderung dar.

Wir sollten sie annehmen.

Literatur

- [1] Drücke-Noe/ Möller/ Pallack/ S. Schmidt/ U. Schmidt/ Sommer/ Wynands: Basiskompetenzen Mathematik – für Alltag und Berufseinstieg am Ende der allgemeinen Schulpflicht, Cornelsen Verlag, 2011
- [2] Mindeststandards am Ende der Pflichtschulzeit. Erwartungen des Einzelnen und der Gesellschaft - Anforderungen an die Schule. Positionspapier der Gesellschaft für Fachdidaktik e.V. (GFD). 2009
- [3] Hattie, J. A. C.: Visible learning for teachers. Maximizing impact on learning. Oxon: Routledge. 2012. [Zusammenfassung in IPN-Blätter 2/2012: Mythen guter Unterrichtspraxis]
- [4] MNU: Naturwissenschaften besser verstehen, Lernhindernisse vermeiden. Einl. Heft 4/2004, S. IX, Download unter http://www.mnu.de/images/Dokumente/PDF/concepta-alt/mnu_publ_begriffe_phys_chem_bio.pdf
- [5] Bildungsstandards im Fach Biologie / Chemie / Physik für den Mittleren Schulabschluss, Luchterhand 2005
- [6] GDNÄ: Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften, Denkschrift 2002 mit Ergänzung 2007
- [7] Heitmann, Patricia, R. Tiemann: Bewertungskompetenz von Zehntklässlern im Fach Chemie. MNU 64/4 (2011), S. 238-243
- [8] Euler, Manfred: Energiebildung als Herausforderung und Chance, RWE-Stiftung 2011, <http://rwe.com/blogs/rwestiftung/2012/07/04/schlechte-noten-fur-den-energie-unterricht/>

Teilnehmer

Teilnehmer	Stadt	E-Mail
ULRICH BEE	KONSTANZ	ulrich.bee@gmx.de
DR. ANKE DOMROSE	MOERS	Anke.Domrose@freenet.de
GERWALD HECKMANN	MÜNCHEN	Gerwald.Heckmann@mnu.de
LUTZ JAEGER	DEUTSCH EVERN	lutzjaeger@online.de
MATTHIAS KREMER	TUTTLINGEN	Matthias.Kremer@mnu.de
JÜRGEN LANGLET	LEEFDAAL	Juergen.Langlet@mnu.de
RAIMUND LEIBOLD	NITTEL	Raimund.Leibold@mnu.de
MICHAEL RODE	LÜNEBURG	CDJMRode@t-online.de
ROBERT STEPHANI	KAISERSLAUTERN	Robert.Stephani@mnu.de
BERND WIESE	METTMANN	Bernd_Wiese@t-online.de

In der MNU Themenreihe Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Fächer sind bisher erschienen:



Aufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht
Lernen – Prüfen
– Diagnostizieren
2011



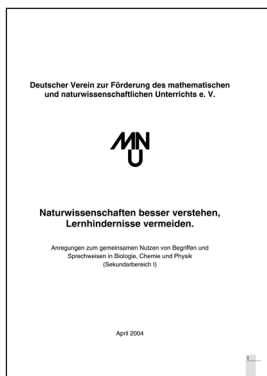
Doppelstunden im naturwissenschaftlichen Unterricht
Argumente und Hilfen
2010



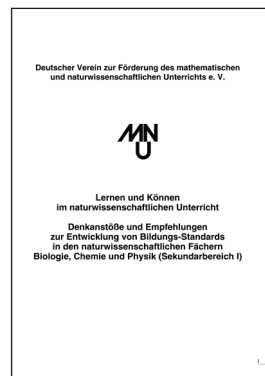
Individuelle Förderung im naturwissenschaftlichen Unterricht
Hilfen für die
Umsetzung individuellen
Kompetenzerwerbs
2009



Erstellung schuleigener Arbeitspläne
Hilfen für die Arbeit
naturwissenschaftlicher
Fachkonferenzen
2007



Naturwissenschaften besser verstehen, Lernhindernisse vermeiden
(„Begriffe- Papier“)
Anregungen zum gemeinsamen Nutzen von Begriffen und Sprechweisen (Sek I)
2004



Lernen und Können im naturwissenschaftlichen Unterricht
Denkanstöße und
Empfehlungen zur Entwicklung
von Bildungsstandards
in den naturwissenschaftlichen
Fächern (Sek I)
2003

Alle Texte sind unter dem Link „MNU Publikationen“ auf www.mnu.de als Download zu erhalten.

Werden Sie Mitglied im MNU!

Der Deutsche Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts wurde 1891 gegründet und ist heute mit ca. 6000 Mitgliedern einer der großen Fachlehrerverbände Deutschlands.

Er vertritt die Fachinteressen der Lehrerinnen und Lehrer für Mathematik, Biologie, Chemie, Physik und Informatik aller Schulformen in den Ländern und über die Landesgrenzen hinaus.

Er tritt für die Stärkung des Interesses junger Menschen an den Naturwissenschaften und der Technik als Berufsperspektive ein.

**Besonderes Angebot
für Studenten und Referendare:
Beitragsfreie Mitgliedschaft
im 1. Mitgliedsjahr.**

Der Förderverein MNU bietet:

- den Bezug der renommierten Zeitschrift alle sechs Wochen
- jährlich eine neue Archiv-CD mit den Inhalten mehrerer Jahre zur Erleichterung der Unterrichtsvorbereitung und zur Erstellung von Arbeitsblättern
- praxisbezogene Lehrerfortbildung durch Landesverbandstagungen
- jährlich einen großen Fortbildungskongress mit bis zu 2000 Teilnehmern
- Lehrplantagungen zur Koordinierung der Lehrplanarbeit in den Bundesländern
- Fachleitertagungen über die Ländergrenzen hinweg



Weitere Informationen finden Sie unter: www.mnu.de