

Naturwissenschaftliche Kompetenzen und Bildungsstandards

- 2.1 *Scientific Literacy* – naturwissenschaftliche Grundbildung – 14
- 2.2 Kompetenzen als Bildungsziele für den naturwissenschaftlichen Unterricht – 15
- 2.3 Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer Biologie, Chemie und Physik – 16
- 2.4 Die Struktur der Bildungsstandards im Detail – 17
 - 2.4.1 Beitrag der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer zur Bildung – 18
 - 2.4.2 Kompetenzbereiche der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer – 19
 - 2.4.3 Anforderungsbereiche der Bildungsstandards – 26
 - 2.4.4 Aufgabenbeispiele in den Bildungsstandards – 28
- 2.5 Kompetenzorientierte Aufgaben erstellen – 29
- 2.6 Übungsaufgaben zum Kap. 2 – 32
- Literatur – 35

In diesem Kapitel lernen Sie die Konzeption der naturwissenschaftlichen Grundbildung (*Scientific Literacy*) als Grundlage von PISA, den Bildungsstandards und den meisten überarbeiteten Lehrplänen in Grundzügen kennen.

Der Aufbau und die Struktur der KMK-Bildungsstandards werden mit anschaulichen Beispielen für die Unterrichtspraxis erläutert. Auf dieser Basis können Sie die Kompetenzbereiche der naturwissenschaftlichen Fächer benennen, exemplarische Standards aus den Kompetenzbereichen beschreiben und sie anhand von selbsterstellten Aufgabenbeispielen für Ihren Unterricht illustrieren.

Zur Bearbeitung dieses Kapitels benötigen Sie die folgenden Materialien:

- *KMK-Bildungsstandards* für die Unterrichtsfächer Biologie, Chemie oder Physik



<https://goo.gl/CHYBgh>

- Die *Lehrpläne* für Ihre Schulform und Ihre Unterrichtsfächer, z. B. Bayerisches Gymnasium



<http://goo.gl/xMDkqc>

- Die *Einheitlichen Prüfungsanforderungen für das Abitur (EPA)* der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer, insbesondere die Basiskonzepte und Operatorenliste



<https://goo.gl/DMOtmg>

2.1 *Scientific Literacy* – naturwissenschaftliche Grundbildung

Das Konzept der *Scientific Literacy* wurde seit den 1970er- und 1980er-Jahren in den USA und Großbritannien basierend auf den frühen *Science-Technology-Society*-(STS-)Ansätzen entwickelt

(Gräber 1999) und unter anderem für die Überprüfung von Bildungsstandards in den USA in den 1990er-Jahren weiter ausgearbeitet (Bybee 2002; ► Kap. 1). Zugrunde liegt die Idee, dass eine naturwissenschaftliche Grundbildung für alle Schülerinnen und Schüler möglich ist. Zentral hierbei ist die Entwicklung von Fähigkeiten und Fertigkeiten, die die Teilhabe an einer durch Naturwissenschaft und Technik geprägten Gesellschaft ermöglichen. *Scientific Literacy* als Bildungsziel differenziert dabei nicht nach einzelnen naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern. Die naturwissenschaftlichen Kompetenzen sollen zur Ausbildung eines Selbst- und Weltverständnisses beitragen, eine Schulung der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen beinhalten und die Sicherung des naturwissenschaftlichen Nachwuchses ermöglichen. Für die Anschlussfähigkeit der erworbenen Erkenntnisse und Methoden sind die aktuelle Bedeutung des Wissens und die Betonung allgemeiner naturwissenschaftlicher Prinzipien wichtig. *Scientific Literacy* soll so die Basis für selbstgesteuertes und lebenslanges Lernen im Bereich der Naturwissenschaften bilden.

Zur naturwissenschaftlichen Grundbildung gehören (► Kap. 1):

- ein Verständnis grundlegender naturwissenschaftlicher Konzepte, wie etwa Energieerhalt, Anpassung oder Zerfall
- eine Vertrautheit mit den naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen
- die Fähigkeit, dieses Konzept- und Prozesswissen bei der Beurteilung naturwissenschaftlich-technischer Sachverhalte anzuwenden.

Dies beinhaltet weiterhin die Fähigkeit,

- Fragen zu erkennen, die mit naturwissenschaftlichen Methoden untersucht werden können und
- aus Beobachtungen und Befunden angemessene Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, die sich auf die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln verursachten Veränderungen beziehen. (Stanat et al. 2002)

Das Kompetenzstufenmodell der *Scientific Literacy* (► Kap. 1), das den PISA-Untersuchungen zugrunde liegt, differenziert fünf Stufen, um naturwissenschaftliche Fähigkeiten und Fertigkeiten zu bewerten. Auf der untersten Stufe, der *nominalen Scientific Literacy*, ist das Wissen auf einzelne Fakten und Formeln begrenzt, die Erklärungsansätze enthalten, Fehlvorstellungen und naive Theorien. Die höchste Kompetenzstufe, die *multidimensionale Scientific Literacy*, umfasst ein weitreichendes und tiefgehendes Verständnis von Konzepten und Prozessen, sodass Beziehungen und Verbindungen zu anderen Disziplinen sowie unserer Gesellschaft und Kultur hergestellt werden können.

2.2 Kompetenzen als Bildungsziele für den naturwissenschaftlichen Unterricht

Infolge der PISA-Studien (Klieme et al. 2010), bei denen die deutschen Schülerinnen und Schüler im internationalen Vergleich nur mittelmäßige Leistungen erbrachten, wurden im Jahr 2004 von der KMK Bildungsstandards für die drei naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer Biologie, Chemie und Physik formuliert (KMK 2005a, b, c). Bildungsstandards definieren naturwissenschaftliche Kompetenzen, die zum mittleren Schulabschluss (in der Regel nach der zehnten Jahrgangsstufe) erreicht werden sollen.

Kompetenzen

Kompetenzen werden verstanden als die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können. (Weinert 2001, S. 27f.)

Diese Definition liegt der Konzeption der Bildungsstandards (KMK 2005a, b, c) zugrunde und deutet darauf hin, dass Kompetenzen nicht kurzfristig erworben werden, sondern langfristige Lernprozesse in immer neuen Anwendungskontexten erfordern. Damit verändert sich die Sicht auf Lernziele und -inhalte: Eine detaillierte *Input*-Steuerung, wie sie bis zur Jahrtausendwende durch die kleinschrittigen Lehrpläne vorgegeben war, weicht einer *Outcome*-Orientierung, die gröber gefasste fachbezogene und fachübergreifende Fähigkeiten und Fertigkeiten in den Naturwissenschaften erfordert.

Diese Schülerleistungen sollen durch regelmäßige, standardisierte Messungen der Bildungsstandards über alle Bundesländer vergleichbar sein. Die zentrale Überprüfung des Erreichens der in den Standards definierten Kompetenzen erfolgt durch Ländervergleiche unter Federführung des Instituts zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) (KMK 2011a, b, c; Wellnitz et al. 2012; Walpuski et al. 2013). Für die Naturwissenschaften fanden sie erstmalig 2012 statt, eine weitere Evaluation ist für 2018 geplant.

Exkurs

Eine weitere Konzeptualisierung von Bildungszielen: Schlüsselqualifikationen

Schon in den 1970er-Jahren wurden als Bildungsziele

Schlüsselqualifikationen

(Dubs 2006; Schelten 2004) festgelegt. Damit wurde die bis dahin gebräuchliche Systematik der Lernziele um fächerübergreifende und berufsorientierte Aspekte ergänzt. Zu den Schlüsselqualifikationen gehören (Gropengießer und Kattmann 2006, S. 187):

- Fachliche Qualifikationen: konzeptuelles und vernetztes Denken,

Abstraktionsvermögen, Problemlösefähigkeit

- Methodische Qualifikationen: informationstechnische Qualifikationen, Lern- und Arbeitstechniken

- Personale Qualifikationen: Lern- und Leistungsbereitschaft, Verantwortungsbewusstsein, Ausdauer, Zuverlässigkeit, Selbständigkeit, Kreativität, ethisches Urteilsvermögen

- Kommunikative Qualifikationen:

Ausdrucks- und Diskursfähigkeit, Präsentationstechniken

- Soziale Qualifikationen: Kooperationsbereitschaft, Teamfähigkeit, Konflikt- und Kritikfähigkeit, Toleranz, Solidarität

Schlüsselqualifikationen spielen heute noch in ihrer Erweiterung als Schlüsselkompetenzen (Europäische Union 2006) eine wichtige Rolle für die berufliche Bildung.

2.3 Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer Biologie, Chemie und Physik

Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer (KMK 2005a, b, c) beziehen sich auf den Kernbereich eines Faches. Sie lassen damit Spielräume für Schulen

in Bezug auf die Profilbildung und die Gestaltung schulinterner Curricula. Die Bildungsstandards sollen deswegen aber auch gewährleisten, dass die Lernergebnisse am Ende der zehnten Jahrgangsstufe bundesweit mithilfe eines Aufgabenpools an Testaufgaben vergleichbar sind, unabhängig davon, in welchem Bundesland die Schule besucht und naturwissenschaftliche Kompetenzen erworben worden sind. Die Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss zielen auf mittleres Anforderungsniveau, sie sind damit *Regelstandards* (Klieme et al. 2007).

Entgegen den Lehrplänen findet man in den Bildungsstandards keine konkreten und nach Themen gegliederten Lerninhalte für die naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer. Gerade dieser Detailreichtum der Curricula und die Kleinschrittigkeit in der fachsystematischen Strukturierung der Themen haben sich auf die Anwendbarkeit von Wissen und die Problemlösefähigkeit der Schülerinnen und Schüler nachteilig ausgewirkt. Isoliertes Faktenwissen wird auch als *träges Wissen* bezeichnet, das in neuen Problemzusammenhängen nicht abrufbar ist (Renkl 1996). Abhilfe kann das Lernen in Kontexten (Parchmann et al. 2006; ► Kap. 8) schaffen, das von Beginn an authentische Problemzusammenhänge beim Konzepterwerb berücksichtigt. Daher geben die Bildungsstandards in der inhaltlichen Dimension nur *Basiskonzepte* als Kernideen eines naturwissenschaftlichen Unterrichtsfaches vor, die die Vernetzung von Unterrichtsinhalten erleichtern und kumulatives, d. h. ein integratives und aufeinander aufbauendes, Lernen über die Jahrgangsstufen ermöglichen sollen.

Für die Messung der in der Mittelstufe erworbenen Kompetenzen sind theoretisch fundierte und empirisch überprüfbare Kompetenzmodelle (KMK 2011a, b, c; Mayer et al. 2013; Walpuski et al. 2013; Kauertz et al. 2013) erforderlich. Diese sind eindimensional angelegt und weisen eine Stufung auf (Stufen der *Scientific Literacy* bei PISA; ► Kap. 1), die von unten nach oben einer zunehmenden und stärker vernetzten Fähigkeit entspricht. In die Stufung gehen sowohl die Komplexität einer Aufgabe (z. B. ob ein Zusammenhang oder Konzept zur Problemlösung erfasst werden muss) als auch die erforderlichen kognitiven Prozesse (z. B. Informationen auswählen und integrieren) ein (Walpuski et al. 2008).

Abschließend bieten die Bildungsstandards Aufgabenbeispiele, die die zu erwerbenden Kompetenzen illustrieren. Die dargestellten Aufgabenbeispiele mit ihren Lösungen verstehen sich nicht als Prüfungsaufgaben zur Diagnose von Kompetenzen (► Kap. 4), sondern können zur Klärung von Anforderungen in den unterschiedlichen Kompetenzbereichen sowie als Lernaufgabe dienen.

2.4 Die Struktur der Bildungsstandards im Detail

Mit dem Erwerb des Mittleren Schulabschlusses sollen die Schülerinnen und Schüler über naturwissenschaftliche Kompetenzen im Allgemeinen sowie biologische/chemische/physikalische Kompetenzen im Besonderen verfügen. Diese werden in den Bildungsstandards in Form von standardisierten Kompetenzanforderungen festgeschrieben. Die Bildungsstandards gliedern sich in vier Abschnitte (KMK 2005a, b, c):

1. *Beitrag des Faches zur Bildung*: Einleitend werden die Gemeinsamkeiten in der naturwissenschaftlichen Grundbildung in den Fächern Biologie, Chemie und Physik hervorgehoben sowie die spezifischen Beiträge der drei Fächer zur Bildung dargelegt. Dieser Abschnitt entspricht zentralen Aussagen der meisten Lehrplan-Fachprofile.

- 2. *Kompetenzbereiche im Überblick:* In den Naturwissenschaften werden vier gemeinsame Kompetenzbereiche definiert, nämlich Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung. Eine Übersicht und Beschreibung der Kompetenzen, die in einem Kompetenzbereich zusammengefasst werden, ist hier nachzulesen.
- 3. *Bildungsstandards:* In diesem Abschnitt werden die Kompetenzanforderungen in den vier Kompetenzen konkretisiert und in Regelstandards für den Mittleren Bildungsabschluss formuliert. Die zu erwerbenden Kompetenzen müssen mit konkreten Inhalten verknüpft und in immer wieder neuen Zusammenhängen angewendet werden. Die Bildungsstandards sind so formuliert, dass sie erfüllbar und über eine Kompetenzmodellierung intersubjektiv überprüfbar sind.
- 4. *Aufgabenbeispiele:* Diese haben die Funktion, mögliche Inhalte, Kompetenzen und Anforderungsniveaus zu veranschaulichen. Es sind keine Prüfungsaufgaben.

2.4.1 Beitrag der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer zur Bildung

Als allgemeines Bildungsziel für den naturwissenschaftlichen Unterricht wird die aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Forschung festgelegt (*Scientific Literacy*; ► Abschn. 2.1). Die Naturwissenschaften könnten hierzu einen allgemeinen Beitrag leisten, indem im Unterricht die Sprache und Historie der Naturwissenschaften vermittelt wird. Die Schülerinnen und Schüler sollen zudem lernen, naturwissenschaftliche Ergebnisse zu kommunizieren und sich mit spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen auseinanderzusetzen. Darüber hinaus soll der Unterricht eine Orientierung für naturwissenschaftlich-technische Berufsfelder geben und Grundlagen für anschlussfähiges, berufsbezogenes Lernen schaffen. ■ **Tabelle 2.1** stellt die spezifischen Beiträge der Fächer Biologie und Chemie gegenüber; hier klingen thematische Schwerpunkte und fachspezifische Fähigkeiten und Fertigkeiten an.

■ **Tab. 2.1** Beiträge ausgewählter Fächer zur Bildung

Biologie	Chemie
Auseinandersetzung mit dem Lebendigen	Untersuchung der stofflichen Welt unter Berücksichtigung der chemischen Reaktion als Einheit aus Stoff- und Energieumwandlung durch Teilchen- und Strukturveränderungen sowie Umbau chemischer Bindungen
Verständnis biologischer Systeme auf verschiedenen Organisationsebenen (Zelle, Organismus, Ökosysteme), Zusammenhänge aus multiplen Perspektiven begreifen	Verantwortungsbewusster Umgang mit Chemikalien und Gerätschaften aus Haushalt, Labor und Umwelt sowie das sicherheitsbewusste Experimentieren
Entwicklung eines individuellen Selbstverständnisses und emanzipatorischen Handelns als Grundlage für gesundheitsbewusstes und umweltverträgliches Handeln in individueller und in gesellschaftlicher Verantwortung	Bedeutung der Wissenschaft Chemie, der chemischen Industrie und der chemierelevanten Berufe für Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt; nachhaltige Nutzung von Ressourcen

■ **Tab. 2.2** Die vier Kompetenzbereiche der Bildungsstandards Biologie, Chemie, Physik und ihre zentralen Kompetenzanforderungen

Fachwissen	Phänomene, Begriffe, Prinzipien, Fakten kennen und den Basiskonzepten zuordnen
Erkenntnisgewinnung	Beobachtung, Vergleichen, Experimentieren, Modelle nutzen und Arbeitstechniken anwenden
Kommunikation	Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen
Bewertung	Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten
Fachwissen stellt die inhaltliche Dimension, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung stellen Handlungsdimensionen dar.	

2.4.2 Kompetenzbereiche der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer

Die Bildungsstandards definieren für alle drei Naturwissenschaften vier einheitliche Kompetenzbereiche (■ [Tab. 2.2](#)).

2.4.2.1 Kompetenzbereich Fachwissen

Der Kompetenzbereich Fachwissen umfasst fachspezifische Basiskonzepte zur Strukturierung von fachlichen Inhalten (■ [Tab. 2.3](#)).

■ Basiskonzepte und ihre didaktische Funktion

Basiskonzepte beschreiben und strukturieren fachwissenschaftliche Inhalte und bilden die Grundlage eines systematischen Wissensaufbaus unter fachlicher und lebensweltlicher Perspektive (KMK 2005a). Sie reduzieren komplexe Themenbereiche auf den Kern naturwissenschaftlichen Wissens (■ [Tab. 2.4](#)). Die Basiskonzepte der Bildungsstandards sind sehr allgemein formuliert, sodass eine Spezifizierung zum Teil notwendig ist (s. Basiskonzepte der EPA; ■ [Tab. 2.5](#)). Dahinter stehen wesentliche fachspezifische oder fächerübergreifende Prinzipien und Konzepte, die über verschiedene Themenbereiche in den Naturwissenschaften anwendbar

■ **Tab. 2.3** Basiskonzepte der Naturwissenschaften

Biologie	Chemie	Physik
System	Stoff-Teilchen-Beziehungen	System
Struktur und Funktion	Struktur-Eigenschafts-Beziehungen	Materie
Entwicklung	Chemische Reaktion	Wechselwirkung
	Energetische Betrachtungen bei Stoffumwandlungen	Energie

Tab. 2.4 Biologische und chemische Basiskonzepte der Bildungsstandards kennen und Themen vernetzen

Biologische Basiskonzepte	Chemische Basiskonzepte
<p>System</p> <ul style="list-style-type: none"> – Zelle, Organismus, Ökosystem und Biosphäre sind Systeme mit spezifischen Eigenschaften – Sie enthalten unterschiedliche Elemente, die miteinander in Wechselwirkung stehen – Sie haben die Möglichkeit zur individuellen und evolutionären Entwicklung 	<p>Stoff-Teilchen-Beziehungen</p> <ul style="list-style-type: none"> – Bedeutsame Stoffe mit ihren typischen Eigenschaften sind gekennzeichnet durch den submikroskopischen Bau und den Bau von Atomen – Diese können mithilfe von Atom- und Bindungsmodellen beschrieben werden
<p>Struktur und Funktion</p> <ul style="list-style-type: none"> – Das Erfassen und Ordnen von Strukturen ist essentiell für das Verständnis der Funktion in biologischen Systemen – Struktur- und Funktionszusammenhänge von Organen und Organsystemen finden sich im Rahmen der Stoff- und Energieumwandlung, Steuerung und Regelung, Informationsverarbeitung, Bewegung sowie bei der Weitergabe und Ausprägung genetischer Information 	<p>Struktur-Eigenschafts-Beziehungen</p> <ul style="list-style-type: none"> – Diese sind gekennzeichnet durch die Ordnungsprinzipien für Stoffe, z. B. typische Eigenschaften oder Zusammensetzungen und Struktur der Teilchen – Zum Verständnis ist auch die modellhafte Deutung von Stoffeigenschaften auf Teilchenebene erforderlich
<p>Entwicklung</p> <ul style="list-style-type: none"> – Lebendige Systeme verändern sich – Individualentwicklung und evolutionäre Entwicklung werden unterschieden – Mutation und Selektion sind Ursache der innerartlichen und stammesgeschichtlichen Entwicklung 	<p>Chemische Reaktion</p> <ul style="list-style-type: none"> – Stoff- und Energieumwandlung finden bei chemischen Reaktionen statt; damit einher geht die Veränderung von Teilchen und der Umbau chemischer Bindungen – Donator-Akzeptor-Reaktionen stellen eine umfangreiche Gruppe chemischer Reaktionen dar und fassen mehrere Reaktionsarten zusammen – Erstellung von Reaktionsschemata/ Reaktionsgleichungen – Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen und Steuerung durch Variation von Reaktionsbedingungen – Stoffkreisläufe in Natur und Technik
	<p>Energetische Betrachtung bei Stoffumwandlungen</p> <ul style="list-style-type: none"> – Veränderung des Energieinhaltes eines Reaktionssystems durch Austausch mit der Umgebung – Umwandlung eines Teils der in Stoffen gespeicherten Energie in andere Energieformen – Beeinflussung chemischer Reaktionen durch Katalysatoren

Die Basiskonzepte eines naturwissenschaftlichen Unterrichtsfaches erfassen den Kern des Wissens und sollen ein exemplarisches Vorgehen ermöglichen. Sie schränken einerseits das Wissen auf wesentliche Aspekte ein, eröffnen aber gleichzeitig durch verschiedene Blickwinkel auf dasselbe Thema multiple Perspektiven.

sind. Durch die Behandlung vieler exemplarischer Themenbereiche im Unterricht und ihre stete Rückführung auf diese Prinzipien innerhalb der Basiskonzepte soll das Erlernen vernetzten naturwissenschaftlichen Wissens erleichtert und *träges Wissen* vermieden werden.

Naturwissenschaftliche Themen können vertikal oder horizontal vernetzt werden. Bei der *vertikalen Vernetzung* werden Wissensinhalte und Kompetenzen in folgenden Jahrgangsstufen aufgegriffen und angewendet. Von *horizontaler Vernetzung* spricht man, wenn die Anwendung von Wissensinhalten und Kompetenzen über Fächergrenzen hinweg erfolgt und in anderen naturwissenschaftlichen Fächern Erklärungsgrundlagen bereitstellen (Wadouh et al. 2009).

Oberflächenvergrößerung als zentrales naturwissenschaftliches Konzept

Ein sehr gutes Beispiel für die Vernetzung naturwissenschaftlicher Themen innerhalb der Biologie und über die Fächergrenzen hinaus ist das *Prinzip der Oberflächenvergrößerung* (Riemeier 2006a, b). In biologischen Systemen wird durch Ausstülpungen, Zerklüftungen oder Einfaltungen die Kontaktfläche zwischen einem Organell, einem Organ oder dem ganzen Organismus und dem umgebenden Medium, das die Substrate für den Stoff- und Energieaustausch bereithält, vergrößert. Diese Vergrößerung der Reaktionsfläche hat eine Beschleunigung des Austausches zur Folge, indem mehr Substrat über die Fläche verteilt und aufgenommen oder zur Reaktion gebracht werden kann.

Das Prinzip der Oberflächenvergrößerung findet man auf allen biologischen Systemebenen (Schmiemann et al. 2012):

- Organismus im Stoff- und Energieaustausch mit dem umgebenden Biosystem: Baumkronen bestehen aus vielen einzelnen Blättern, das Eisbärenfell ermöglicht durch feinste Haare eine effiziente Wärmeleitung, Daunen sorgen durch viel umgebende Luft für eine gute Wärmeisolation.
- Organe: Atmungsorgane verfügen über Ausstülpungen (Lungenalveolen) und hauchdünne Lamellen (Kiemen), die vom Sauerstoff enthaltenden Medium umspült werden; auch der Darm besitzt mit den Darmzotten fingerförmige Ausstülpungen.
- Zellebene und Organellen: In Chloroplasten und Mitochondrien sind die Membranflächen durch Faltung vergrößert (Granathylakoide und Cristae der inneren Mitochondrienmembran), ebenso beim Endoplasmatischen Retikulum (ER).
- Molekülebene: Glykokalyx (Zuckermoleküle, die an oberflächlichen Proteinen und Phospholipiden der Außenseite von Zellmembranen angedockt sind, beherbergen z. B. im Darm Verdauungsenzyme), Lichtsammelfallen der Fotosysteme.

Das gleiche Prinzip findet man in der Chemie bei Katalysatoren (s. horizontale Vernetzung).

■ **Vergleich der Basiskonzepte in Bildungsstandards und EPA für das Unterrichtsfach Biologie**

Um die Basiskonzepte der Bildungsstandards mit Blick auf die weiterführenden Schulen nachhaltig in den naturwissenschaftlichen Unterricht einzubringen, ist ein Vergleich mit Basiskonzepten der einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) nützlich. In **Tab. 2.5** sind die Basiskonzepte der beiden Konzeptionen für das Unterrichtsfach einander zugeordnet.

Tab. 2.5 Vergleichende Übersicht der Basiskonzepte in Bildungsstandards und EPA

Bildungsstandards (BS; KMK 2005a)	Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA; KMK 1989 i.d.F. 2004)
<p>System</p> <ul style="list-style-type: none"> – Zu den lebendigen Systemen gehören Zelle, Organismus, Ökosystem und die Biosphäre – Sie besitzen spezifische Eigenschaften, enthalten unterschiedliche Elemente, die miteinander in Wechselwirkung stehen – Möglichkeit zur individuellen und evolutionären Entwicklung 	<p>Kompartimentierung</p> <ul style="list-style-type: none"> – Lebende Systeme zeigen abgegrenzte Reaktionsräume – Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Zellorganelle, der Organe und der Biosphäre
<p>Struktur und Funktion</p> <ul style="list-style-type: none"> – Das Erfassen und Ordnen von Strukturen ist essentiell für das Verständnis der Funktion in biologischen Systemen – Struktur- und Funktionszusammenhänge von Organen und Organsystemen finden sich im Rahmen der Stoff- und Energieumwandlung, Steuerung und Regelung, Informationsverarbeitung, Bewegung sowie bei der Weitergabe und Ausprägung genetischer Information 	<p>Struktur und Funktion</p> <ul style="list-style-type: none"> – Lebewesen und Lebensvorgänge sind an Strukturen gebunden, es gibt einen Zusammenhang von Struktur und Funktion – Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis des Baus von Biomolekülen, der Funktion der Enzyme, der Organe und der Ökosysteme <p>Stoff- und Energieumwandlung</p> <ul style="list-style-type: none"> – Lebewesen sind offene Systeme; sie sind gebunden an Stoff- und Energieumwandlungen – Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Fotosynthese, der Ernährung und der Stoffkreisläufe <p>Steuerung und Regelung</p> <ul style="list-style-type: none"> – Lebende Systeme halten bestimmte Zustände durch Regulation aufrecht und reagieren auf Veränderungen – Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Proteinbiosynthese, der hormonellen Regulation und der Populationsentwicklung <p>Information und Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> – Lebewesen nehmen Informationen auf, speichern und verarbeiten sie und kommunizieren – Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Verschlüsselung von Information auf der Ebene der Makromoleküle, der Erregungsleitung, des Lernens und des Territorialverhaltens <p>Variabilität und Anpasstheit</p> <ul style="list-style-type: none"> – Lebewesen sind bezüglich Bau und Funktion an ihre Umwelt angepasst. Anpasstheit wird durch Variabilität ermöglicht. Grundlage der Variabilität bei Lebewesen sind Mutation, Rekombination und Modifikation – Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Sichelzellenanämie, der ökologischen Nische und der Artbildung

■ Tab. 2.5 Fortsetzung	
Bildungsstandards (BS; KMK 2005a)	Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA; KMK 1989 i.d.F. 2004)
<p>Entwicklung</p> <ul style="list-style-type: none">– Lebendige Systeme verändern sich– Individualentwicklung und evolutionäre Entwicklung werden unterschieden– Mutation und Selektion sind Ursache der innerartlichen und stammesgeschichtlichen Entwicklung	<p>Variabilität und Anpassbarkeit</p> <ul style="list-style-type: none">– Lebewesen sind bezüglich Bau und Funktion an ihre Umwelt angepasst. Anpassbarkeit wird durch Variabilität ermöglicht. Grundlage der Variabilität bei Lebewesen sind Mutation, Rekombination und Modifikation– Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Sichelzellenanämie, der ökologischen Nische und der Artbildung <p>Reproduktion</p> <ul style="list-style-type: none">– Lebewesen sind fähig zur Reproduktion, damit verbunden ist die Weitergabe von Erbinformationen– Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der identischen Replikation der DNA, der Viren, der Mitose und der geschlechtlichen Fortpflanzung <p>Geschichte und Verwandtschaft</p> <ul style="list-style-type: none">– Ähnlichkeiten und Vielfalt von Lebewesen sind das Ergebnis stammesgeschichtlicher Entwicklungsprozesse– Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Entstehung des Lebens, homologer Organe und der Herkunft des Menschen
<p>Vergleich der beiden Konzeptionen Bildungsstandards und EPA: Gemeinsamkeiten und Unterschiede in der Festlegung der Basiskonzepte. Besonderheit: Das Basiskonzept <i>Variabilität und Anpassbarkeit</i> der EPA lässt sich sowohl bei Struktur-/Funktionszusammenhängen als auch bei den Entwicklungsprozessen der Bildungsstandards einordnen.</p>	

Beispielaufgabe 2.1

Biologische Themen mithilfe von Basiskonzepten vernetzen

Zeigen Sie am Beispiel des Basiskonzepts *Variabilität und Angepasstheit* (EPA Biologie; s. Struktur und Funktion, Bildungsstandards) wie Basiskonzepte der Strukturierung von Themenbereichen im Biologieunterricht über die Sekundarstufe I und II dienen können und inhaltliche Aspekte vertikal vernetzen.

Lösungsvorschlag

Das Basiskonzept *Variabilität und Angepasstheit* (EPA Biologie; s. Struktur und Funktion, Bildungsstandards) hilft, Unterschiede bei submikroskopischen, mikro- oder makroskopischen Strukturen zu verstehen und sie mit Blick auf ihre Funktion im Organell, Organismus oder Ökosystem sinnvoll zu interpretieren. Für die Entstehung dieser Vielfalt sind Mutation, Rekombination und Modifikation verantwortlich. Dieses Basiskonzept steht daher auch in enger Verbindung zum Basiskonzept *Entwicklung* (Bildungsstandards). An diesem Beispiel wird daher gleichfalls deutlich, dass immer mehrere Basiskonzepte bzw. Konzepte zur Erklärung eines Sachverhalts herangezogen werden können. Mit der Variation des zugrunde gelegten Konzepts verändert sich auch die Perspektive auf einen bestimmten Inhalt (Schmiemann et al. 2012).

Folgende Themenbereiche lassen sich daher über das Basiskonzept *Variabilität und Angepasstheit* miteinander vernetzen (s. Lehrplan plus, ISB 2015):

Sekundarstufe I

- Veränderung und Neukombination genetischer Information (Meiose als Grundlage für die Neukombination von Genen und die Entstehung genetischer Vielfalt)
- Biodiversität bei Wirbellosen (Vergleich des Skeletts und Bewegungsapparats bei Insekten: Anpassung der Fortbewegung an unterschiedliche Lebensräume, Anpassung der Mundwerkzeuge an verschiedene Nahrungsquellen)
- Ökosystem Mensch (Symbionten, z. B. Bakterien im Darm und auf der Haut, insbesondere Anpassung des bakteriellen Stoffwechsels)

Sekundarstufe II

- Neukombination und Veränderung genetischer Information (klassische Genetik und Molekulargenetik, Erbgänge, Klärung der Neukombination von Genen für die individuelle Entwicklung und Evolution, Auswirkung auf die Biodiversität)
- Evolution (Mechanismen der Evolution: Mutation und Selektion, Artbildung als Folge von geografischer und ökologischer Isolation)
- Verhaltensökologie (Überleben des Individuums: energieeffizientes Verhalten, Nahrungserwerb, Habitatwahl, Kooperation und Altruismus bei Nahrungserwerb, Verteidigung, Jungenaufzucht)
- Ökologie und Biodiversität (Nahrungsbeziehungen, ökologische Nische, Einfluss von abiotischen und biotischen Umweltfaktoren auf Populationsentwicklung, anthropogene Einflüsse)

Literatur zur Vertiefung: Schmiemann P, Sandmann A (Hrsg.) (2011) Aufgaben im Kontext: Biologie. Friedrich Verlag, Seelze

Chemische Themen mithilfe von Basiskonzepten vernetzen

Zeigen Sie am Beispiel des *Donator-Akzeptor-Konzepts* (EPA Chemie; s. chemische Reaktion, Bildungsstandards) wie Basiskonzepte der Strukturierung von Themenbereichen im Chemieunterricht über die Sekundarstufe I und II dienen und inhaltliche Aspekte vertikal vernetzen.

Lösungsvorschlag

Das *Donator-Akzeptor-Konzept* hilft, chemische Reaktionen unter dem Aspekt des „Gebens“ und „Nehmens“ genauer zu betrachten. Ausgetauscht werden jedoch nur bestimmte Teilchen: bei Redox-Reaktionen werden Elektronen ausgetauscht, Säure-Base-Reaktionen sind durch den Austausch von Protonen gekennzeichnet.

Folgende Themenbereiche lassen sich über das *Donator-Akzeptor-Konzept* miteinander vernetzen (s. Lehrplan plus, ISB 2015):

Sekundarstufe I

Elektronenübergänge (Salzbildung und Ionengitter, Hochofenprozess, Reaktionen von Metallen in Metallsalzlösungen, reversible Redox-Reaktionen am Beispiel von Akkumulatoren)

- Protonenübergänge (saure und basische Lösungen in Alltag, Technik und biologischen Systemen, Ampholyte, Indikatoren, Neutralisation)
- Oxidation von Alkoholen, alkoholische Gärung

Sekundarstufe II

- Galvanische Zellen, Standard-Wasserstoffelektrode, Elektrolyse, Lithium-Ionen-Akkumulator, Blei-Akkumulator, Korrosion
- Carbonsäuren, Aminosäuren, Puffersysteme in der Chemie und Biologie
- Analytik: Säure-Base-Titration

Literatur zur Vertiefung: Martensen M, Demuth R (2008) Wissensdiagnose mit Concept Maps. Entwicklung eines Expertennetzes zum Donator-Akzeptor-Konzept. Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule 57(3):37–39

2.4.2.2 Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung

Der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (s. Kompetenzbereich Fachmethoden, EPA) umfasst die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen und differenziert diese disziplinspezifisch. Zu den wichtigen Erkenntnismethoden gehören:

- Beobachten, Vergleichen, Experimentieren, Modelle nutzen und Arbeitstechniken anwenden

Dem hypothesengeleiteten Experimentieren kommt in allen drei Naturwissenschaften eine besondere Bedeutung zu. Es vollzieht sich in drei Schritten:

- Fragestellung und Hypothesen aufstellen
- Planen und Durchführen einer entsprechenden Untersuchung
- Auswertung und Interpretation der erhobenen Daten

Diese Kompetenzen werden ausführlich in ► [Kap. 7](#) behandelt.

2.4.2.3 Kompetenzbereich Kommunikation

Der Kompetenzbereich Kommunikation definiert Fähigkeiten und Fertigkeiten, die dem sach- und adressatengerechten Informationsaustausch in den Naturwissenschaften und über sie hinaus dienen. Hierbei geht es um den Ausbau der Sprachkompetenz, die die fachspezifische Rezeption und Kommunikation in den Naturwissenschaften ermöglicht. Die Kommunikation ist somit das Instrument und das Objekt des Lernens zugleich.

Zu einer angemessenen Kommunikationskompetenz in den Naturwissenschaften gehört unter anderem:

- ein sachgemäßer Umgang mit Repräsentationsformen (z. B. Bilder, Grafiken, Tabellen, fachliche Symbole, Formeln, Gleichungen etc.)
- ein gelingender Wechsel von Alltagsvorstellungen und Fachunterricht sowie umgekehrt die Übertragung fachlicher Konzepte bzw. fachsprachlicher Begriffe in die Alltagssprache; diese Fähigkeit ermöglicht insbesondere den Diskurs über naturwissenschaftliche Themen der Biologie mit besonderer Gesellschafts- und Alltagsrelevanz (z. B. Reproduktionsmedizin, Ernährung, Energiewende, Mobilität, Klimawandel)
- kommunikative Kompetenzen in verschiedenen Sozialformen entwickeln und kritische Reflexion fördern; sie dient als Basis für außerschulische Kommunikation

Diese Kompetenzen werden ausführlich im ► [Kap. 5](#) sowie ► [Kap. 9](#) behandelt.

2.4.2.4 Kompetenzbereich Bewertung

Der Kompetenzbereich Bewertung umfasst die Kenntnis und Reflexion der Beziehungen zwischen Naturwissenschaft, Technik, Individuum und Gesellschaft (KMK 2005b). Im Zentrum steht die ethische Urteilsbildung für ein verantwortungsbewusstes Verhalten des Menschen gegenüber sich selbst und anderen Personen sowie gegenüber der Umwelt. Dies schließt die Fähigkeit zum Perspektivwechsel, emphatische Fähigkeiten sowie das Verständnis für Andersdenkende ein. Wichtige Perspektiven, die sich Schülerinnen und Schüler in diesem Rahmen bewusst machen sollten, sind die familiäre/Freundesperspektive, Perspektive einzelner Gruppen in der Gesellschaft, einer anderen Kultur, der Gesetzgebung oder der Dimension der Natur.

Diese Kompetenzen werden ausführlich in ► [Kap. 8](#) behandelt.

2.4.3 Anforderungsbereiche der Bildungsstandards

Da die Kompetenzmodelle zur Überprüfung der Bildungsstandards (KMK 2011a, b, c; Mayer et al. 2013; Walpuski et al. 2013; Kauertz et al. 2013), die Rückschlüsse auf die Personeneigenschaften und auf die Aufgabenschwierigkeiten zulassen, zunächst entwickelt werden mussten, wurden vorab Vereinbarungen hinsichtlich der Schwierigkeit von Aufgaben getroffen. Hierzu lehnte man sich an die EPA (KMK 1989 i.d.F. 2004) an. Diese definieren drei Anforderungsbereiche, die für die Bildungsstandards übernommen wurden.

■ Anforderungsbereich I (Reproduktion)

Sachverhalte, Methoden und Fertigkeiten können reproduziert werden; dieses Anspruchsniveau umfasst die Wiedergabe von Fachwissen und die Wiederverwendung von Methoden und Fertigkeiten.

■ Anforderungsbereich II (Reorganisation)

Sachverhalte, Methoden und Fertigkeiten können in einem neuen Zusammenhang benutzt werden; dieses Niveau umfasst die Bearbeitung grundlegender bekannter Sachverhalte in neuen Kontexten, wobei das zugrunde liegende Fachwissen bzw. die Kompetenzen auch in anderen thematischen Zusammenhängen erworben sein können.

■ Anforderungsbereich III (Transfer und Problemlösen)

Sachverhalte können neu erarbeitet und reflektiert sowie Methoden und Fertigkeiten eigenständig angewendet werden; dieses Niveau umfasst die eigenständige Erarbeitung und Reflexion unbekannter Sachverhalte und Probleme auf der Grundlage des Vorwissens. Konzeptwissen und Kompetenzen werden unter anderem genutzt für eigene Erklärungen, Untersuchungen, Modellbildungen oder Stellungnahmen.

Aus dieser Definition der Anforderungsbereiche ergibt sich in Kombination mit den Kompetenzbereichen folgende Matrix (■ Tab. 2.6):

■ Tab. 2.6 Anforderungsniveaus für die Kompetenzbereiche in den Bildungsstandards Chemie (KMK 2005b)

	AFB I	AFB II	AFB III
Fachwissen	Kenntnisse und Konzepte zielgerichtet wiedergeben und miteinander verknüpfen	Kenntnisse und Konzepte auswählen und anwenden, neue Sachverhalte erklären	Komplexere Fragestellungen auf der Grundlage von Kenntnissen und Konzepten planmäßig und konstruktiv bearbeiten
Erkenntnisgewinnung	Bekannte Untersuchungsmethoden und Modelle beschreiben und nutzen, Untersuchungen nach Anleitung durchführen und protokollieren	Geeignete Untersuchungsmethoden und Modelle zur Bearbeitung überschaubarer Sachverhalte auswählen und anwenden	Geeignete Untersuchungsmethoden und Modelle zur Bearbeitung komplexer Sachverhalte begründet auswählen und anpassen
Kommunikation	Bekannte Informationen in verschiedenen fachlich relevanten Darstellungsformen erfassen und wiedergeben, Fachsprache nutzen	Informationen erfassen und in geeignete Darstellungsformen situations- und adressatengerecht veranschaulichen, Übersetzung zwischen Alltags- und Fachsprache	Informationen auswerten, reflektieren und für eigene Argumentationen nutzen
Bewertung	Vorgegebene Argumente zur Bewertung eines Sachverhaltes erkennen und wiedergeben, Bewertungen nachvollziehen	Geeignete Argumente zur Bewertung eines Sachverhaltes auswählen und nutzen	Argumente zur Bewertung eines Sachverhaltes aus verschiedenen Perspektiven abwägen und Entscheidungsprozesse reflektieren

Diese Matrix ist ein geeignetes Hilfsmittel für die Praxis zur Aufgabenkonstruktion bei schulischen Kompetenztests (► Kap. 4). Durch die Anforderungsbereiche ist die durchschnittliche Schwierigkeit einer Aufgabe beschrieben. Je mehr Aufgaben in einem höheren Anforderungsbereich von einer Person gelöst werden können, desto kompetenter ist sie in diesem Kompetenzbereich. Im Gegensatz zu den Aufgaben der IQB-Kompetenzmodelle (► Abschn. 2.3) lassen sich die Anforderungsbereiche nur annäherungsweise stufen.

2.4.4 Aufgabenbeispiele in den Bildungsstandards

Aufgabenbeispiele in den Bildungsstandards haben die Funktion, die Anforderungen der Standards zu illustrieren. Die Aufgaben sind so konzipiert, dass sie bei der Bearbeitung mehrere Kompetenzen gleichzeitig fördern können. Sie sind ausdrücklich nicht als Prüfungsaufgaben gedacht. Das Beispiel in **Abb. 2.1** ist den Bildungsstandards Biologie entnommen.

? Kompetenzen fördern und Aufgaben den Bildungsstandards zuordnen

Ordnen Sie der obigen Aufgabe geeignete Standards zu, deren Kompetenzen Sie mithilfe der Aufgabe fördern können und begründen Sie Ihre Auswahl. Wählen Sie für die erforderliche Wissensbasis ein Basiskonzept aus. Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit dem Erwartungshorizont in den Bildungsstandards Biologie (KMK 2005a, S. 28ff.). Reflektieren Sie gegebenenfalls die abweichenden Zuordnungen.

5. Aufgabenbeispiel: Blauer Dunst

Basiskonzept System



Jede Zigarettenpackung informiert über die Gefährdung durch Rauchen. Die Zahl der Raucherinnen und Raucher nimmt kaum ab, im Gegenteil das Einstiegsalter zum Rauchen ist immer früher.

Quelle: Angelika Frank (Kommission)

Aufgabenstellung:

Entwickeln Sie für die jüngsten Schülerinnen und Schüler Ihrer Schule ein Plakat, das überzeugen soll, nicht mit dem Rauchen anzufangen.

1. Informieren Sie sich vor allem anhand des Lernbuchs über die Sachlage.
2. Entscheiden Sie selbstständig, welche Informationen Sie der angesprochenen Altersgruppe geben und verwenden Sie für Ihre Zielgruppe eine altersgerechte Sprache.

Abb. 2.1 Aufgabenbeispiel aus den Bildungsstandards Biologie (KMK 2005a)

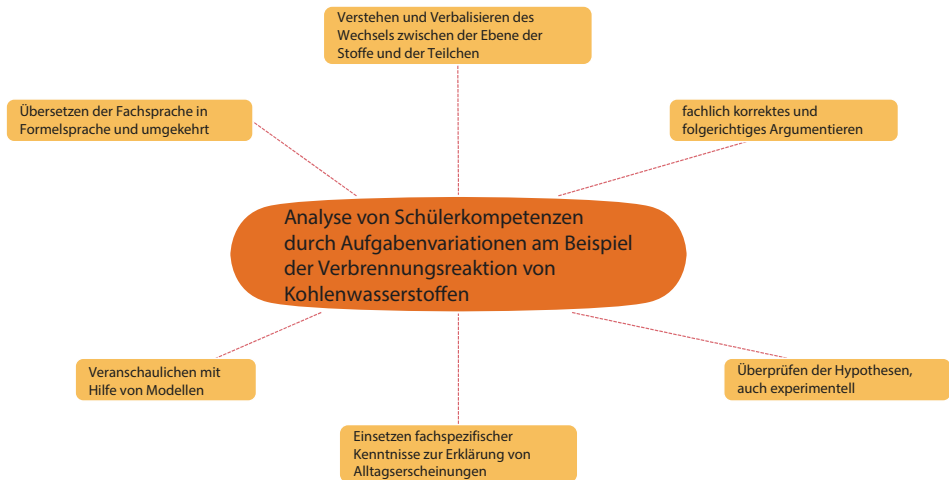
2.5 Kompetenzorientierte Aufgaben erstellen

Bereits durch die Ergebnisse der TIMSS-Studie zeigte sich, dass naturwissenschaftliches Wissen deutscher Schülerinnen und Schüler stark faktenbasiert und wenig anwendbar ist (Baumert et al. 1997). Dieser Eindruck erhärtete sich im ersten Jahrzehnt der 2000er-Jahre weiter durch die PISA-Studien (Baumert et al. 2001). Infolgedessen rückte die Gestaltung von Aufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht in den Blick. Zur Förderung einer neuen Aufgabenkultur wurden durch Bund und Länder große Programme aufgelegt, hierzu gehören SINUS (*Steigerung der Effizienz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht*, Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung 1997) und in der Folge die sogenannten *Kontext-Programme* ChiK (Chemie im Kontext, Parchmann et al. 2000), PiKo (Physik im Kontext, Mikelskis-Seifert und Duit 2007) und BiK (Biologie im Kontext, Bayrhuber et al. 2007), die auch die Kompetenzorientierung wie durch die Bildungsstandards gefordert aufgriffen und in ihren Lernmaterialien und Aufgaben abbildeten.

Aufgaben können grundsätzlich in Lernaufgaben und Prüfungsaufgaben (zu Merkmalen dieses Typs ► Kap. 4) unterschieden werden (z. B. Gropengießer 2006; Jatzwauk et al. 2008). Lernaufgaben gliedern sich in einen Informationsteil, der den kontextuellen Rahmen eines naturwissenschaftlichen Phänomens oder Problems beschreibt, und den Aufforderungsteil, der die konkrete Fragestellung umfasst und auf die Lösung abzielt. Optional kann ein Unterstützungsteil angeboten werden, der die Schülerinnen und Schüler mit gezielten strategischen oder inhaltlichen Hinweisen zur Problemlösung führt. Diese Aufgaben helfen bei der didaktischen Strukturierung von Unterrichtsstunden und sind prinzipiell in jeder Phase, d. h. zum Einstieg, zur Erarbeitung, zur Ergebnissicherung und Übung einsetzbar. Daraus ergeben sich ihre vielfältigen Funktionen im naturwissenschaftlichen Unterricht (Stäudel et al. 2014).

Lernaufgaben dienen unter anderem der ...

- **Förderung des naturwissenschaftlichen Arbeitens:** Aufgabenstellungen beim Experimentieren und Modellieren sollten offen formuliert sein, sich am Vorwissen der Schülerinnen und Schüler orientieren und ihnen eigenständige Fragestellungen ermöglichen. Hierzu können sie eigenständig oder mit Unterstützung Experimente planen, durchführen und auswerten (► Kap. 7).
- **Strukturierung von Wissen:** Die Vielfalt naturwissenschaftlicher Begriffe kann durch die Rückführung auf wesentliche Prinzipien und Basiskonzepte geordnet werden (► Abschn. 2.4.2). Für die Erarbeitung von Basiskonzepten sind z. B. *Mapping*-Techniken geeignet, um wesentliche Aspekte eines Themas mit dem Basiskonzept zu verbinden. *Mindmaps* sind geeignet, um hierarchische Strukturen zu gliedern, während *Concept-Maps* Relationen zwischen den genannten Begriffen explizit darstellen (► Kap. 6).
- **Sicherung, Wiederholung und Übung:** Ein wesentliches Kriterium für das Behalten neuer Begriffe und ihre Vernetzung ist das erneute Anwenden in weiteren fachspezifischen und fächerübergreifenden Zusammenhängen. Für die intensivere Auseinandersetzung mit einem Thema eignen sich auch verschiedene Spiele, die von den Schülerinnen und Schülern selbst gestaltet werden können (► Kap. 6).



■ Abb. 2.2 Techniken zur Erstellung kompetenzorientierter Aufgaben (MNU 2007)

■ Gestaltungsmerkmale von kompetenzorientierten Lernaufgaben (Gropengießer 2006; MNU 2007 ■ Abb. 2.2)

Wesentliche Gestaltungsmerkmale kompetenzorientierter Lernaufgaben sind ...

Förderung des naturwissenschaftlichen Grundwissens und der Fachsprache

- passen zu den Lernvoraussetzungen und berücksichtigen Schülervorstellungen,
- stellen die Bedeutung des Grundwissens in den Vordergrund, vermeiden dadurch das kleinschrittige Abfragen von Details und verknüpfen Begriffe und Prinzipien mit anderen Wissens- und Anwendungsgebieten,
- sind oft materialgeleitet und fördern die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler, mit diversen Darstellungsformen (Text, Diagramm, Abbildung usw.) umgehen zu können (► Kap. 9),

Naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten im Fokus

- enthalten offene Fragestellungen, die den Schülerinnen und Schülern Gelegenheit zur Entwicklung eigener Hypothesen und Lösungswege geben,
- animieren dazu, auch eigene Fragestellungen zu formulieren,

Kontextorientierung

- sind in alltagsnahe Situationen und Kontexte eingebettet und ermöglichen dadurch einen Lebensweltbezug,
- vernetzen Wissens Elemente, indem sie erworbene Kenntnisse aus dem im Unterricht erzeugten Kontext herauslösen und deren Übertragung auf andere Zusammenhänge ermöglichen,

Hilfen

- antizipieren Lernhürden und bieten unterschiedliche Hilfen an und
- ermöglichen die Kooperation und Kommunikation der Schülerinnen und Schüler untereinander.

Beispielaufgabe 2.2

Aufgaben aus einem gegebenen Material kompetenzorientiert umformulieren

Folgende Aufgabe (s. Demuth et al. 2006) kann dem Anforderungsbereich I des Kompetenzbereichs Fachwissen, Basiskonzept Chemische Reaktion, zugeordnet werden:

Eine galvanische Zelle ist aus den folgenden Halbzellen aufgebaut: Al/Al^{3+} und Hg/Hg^{2+}

- A) *Formulieren Sie die Zellenreaktion.*
- B) *Benennen Sie Pluspol und Minuspol der Zelle.*
- C) *Formulieren Sie das galvanische Element in der schematischen Darstellung. Bestimmen Sie die Zellenspannung ΔE_0 .*

Formulieren Sie die Aufgabe so um,

- dass sie der Kompetenzorientierung der Bildungsstandards und dem Anforderungsbereich II oder III entspricht.
- dass mit ihr experimentelle Kompetenzen gefördert werden.

Lösungsvorschlag

Die dargestellte Aufgabe ist stark auf die Reproduktion und Reorganisation von bekannten Fakten aus dem Chemieunterricht im Rahmen einer Unterrichtseinheit zum Thema *Galvanische Elemente* ausgerichtet. Daher sollten bei der Umformulierung in eine kompetenzorientierte Aufgabe folgende Kriterien beachtet werden:

- Die Aufgabe ist in einen Kontext eingebettet und ermöglicht dadurch einen Alltagsbezug im naturwissenschaftlichen Unterricht, die Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler werden berücksichtigt.
- Das naturwissenschaftliche Grundwissen steht im Vordergrund, das Abfragen von kleinschrittigen Details wird vermieden.
- Wissens Elemente werden vernetzt, indem erworbene Kenntnisse aus einem bekannten Zusammenhang herauslöst und hier auf einen neuen Kontext übertragen werden müssen.
- Eine offene Fragestellung wird formuliert, die den Schülerinnen und Schülern Gelegenheit zur Bildung eigener Hypothesen und Lösungswege gibt.

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte kann die genannte Aufgabe folgendermaßen umformuliert werden:

Wenn Du mit einer Amalgamfüllung auf ein Stückchen Alufolie beißt, kannst Du stechende Zahnschmerzen bekommen.

- *Erläutere das beobachtete Phänomen unter Berücksichtigung der biologischen und chemischen Fachsprache.*
- *Formuliere eine Vermutung, welche chemische Reaktion die Schmerzempfindung auslöst. Entwickle ein Experiment, mit dem Du Deine Vermutung überprüfen kannst.*

Die neue Aufgabe greift ein aus dem Alltag bekanntes Phänomen auf, indem biologische und chemische Fachkenntnisse angewendet und übertragen werden müssen; in Abhängigkeit von den Vorkenntnissen aus dem Unterricht ist sie damit in den Anforderungsbereich II oder III einzuordnen (■ Tab. 2.6). Die Förderung experimenteller Kompetenzen wird durch die Aufforderung zur Planung eines Experiments erfüllt (s. E2; KMK 2005b).

Beispielaufgabe 2.3**Aufgaben zur Kompetenzförderung konstruieren**

Formulieren Sie eine Aufgabenstellung, mit der Sie Kompetenzen aus dem Kompetenzbereich Kommunikation der KMK-Bildungsstandards im Chemieunterricht fördern können und stellen Sie dar, welche Kompetenzen Sie mit der Aufgabe fördern. Ordnen Sie Ihre Aufgabe einem der drei Anforderungsbereiche zu.

Lösungsvorschlag

Folgende Aufgabenstellung (Demuth et al. 2006) ist geeignet, um Kompetenzen aus dem Kompetenzbereich Kommunikation zu fördern:

Auf das Etikett geschaut.

Alle Reinigungsmittel enthalten mehr oder weniger gefährliche Substanzen als Inhaltsstoffe. Diese Stoffe werden auf den Packungen durch Gefahrenpiktogramme und Sicherheitshinweise gekennzeichnet. Daher ist es wichtig, dass vor dem Gebrauch dieser Produkte die Gebrauchsanweisung beachtet wird, denn selbst kleine Spritzer können zu schweren Verletzungen führen. Vor allem die Augen sind empfindlich und sehr gefährdet.

- *Geh in den Supermarkt oder in die Drogerie und untersuche die Etiketten verschiedener Reinigungsmittel nach Gefahrenpiktogrammen und Sicherheitshinweisen.*
- *Recherchiere im Internet nach Zeitungsartikeln über Unfälle mit Haushaltschemikalien.*
- *Diskutiere in der Klasse über die Vor- und Nachteile der Verwendung von Rohrreinigern.*

Folgende Standards aus dem Kompetenzbereich Kommunikation der Bildungsstandards Chemie (KMK 2005b) werden angesprochen:

Schülerinnen und Schüler ...

- K 1** recherchieren zu einem chemischen Sachverhalt in unterschiedlichen Quellen,
- K 5** stellen Zusammenhänge zwischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen her und übersetzen dabei bewusst Fachsprache in Alltagssprache und umgekehrt,
- K 8** argumentieren fachlich korrekt und folgerichtig und
- K 9** vertreten ihre Standpunkte zu chemischen Sachverhalten und reflektieren Einwände selbstkritisch.

Die Aufgaben können dem Anforderungsbereich III zugeordnet werden: Informationen auswerten, reflektieren und für eigene Argumente nutzen (■ Tab. 2.6).

2.6 Übungsaufgaben zum Kap. 2

1. Nennen Sie die vier Kompetenzbereiche der Bildungsstandards Ihres Unterrichtsfachs und beschreiben Sie die dort geforderten Kompetenzen exemplarisch anhand von je zwei konkreten Standards.
2. Basiskonzepte strukturieren in Bildungsstandards und EPA den Kompetenzbereich ...
 - a. Erkenntnisgewinnung
 - b. Kommunikation
 - c. Bewertung
 - d. Fachwissen
 - e. Problemlösen

3. Vergleichen Sie die Basiskonzepte der Bildungsstandards mit denjenigen der einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) im Unterrichtsfach Chemie oder Physik. Ordnen Sie die Basiskonzepte der beiden Konzeptionen für ein Unterrichtsfach einander zu.
4. Identifizieren Sie die Themenbereiche aus der Sekundarstufe II, die Sie auf das Basiskonzept *Energetische Betrachtung bei Stoffumwandlungen* (Chemie) zurückführen können. Wählen Sie eine oder mehrere Antworten:
 - a. Veresterung
 - b. Haber-Bosch-Verfahren
 - c. Nernst'sche Gleichung
 - d. Reaktionsgeschwindigkeit
 - e. Enzymkinetik
 - f. Halogenierung von Aromaten
 - g. Standardreaktionsenthalpie bei Verbrennungen
 - h. Chemisches Gleichgewicht
5. Erläutern Sie anhand des *Gleichgewichtskonzepts* (EPA Chemie), wie sich drei Themenbereiche Ihrer Wahl aus dem Lehrplan Ihres Bundeslandes darüber vernetzen lassen. Fertigen Sie eine *Concept-Map* für die zugehörigen Lerninhalte an.
6. Identifizieren Sie die Themenbereiche aus der Sekundarstufe II, die Sie auf das Basiskonzept *Stoff- und Energieumwandlung* (EPA Biologie) zurückführen können. Wählen Sie eine oder mehrere Antworten:
 - a. Fotosynthese
 - b. Mendel'sche Regeln
 - c. chemische Vorgänge an Synapsen
 - d. Antropogene Umweltbelastung
 - e. Biodiversität
 - f. Proteinbiosynthese
 - g. Atmungskette
 - h. Mitose
 - i. Genmutationen
 - j. Einfluss abiotischer Faktoren auf Ökosysteme
7. Erläutern Sie anhand des Basiskonzepts *Kompartimentierung* (EPA Biologie), wie sich drei Themenbereiche Ihrer Wahl aus dem Lehrplan Ihres Bundeslandes darüber vernetzen lassen. Fertigen Sie eine *Concept-Map* für die zugehörigen Lerninhalte an.
8. Sie lassen die folgende Aufgabe im Rahmen einer Projektwoche zum Thema Wasser bearbeiten:

Kalkgehalt von Trink- und Regenwasser.

Fülle genau 100 ml Trinkwasser und Regenwasser in jeweils einen Erlenmeyerkolben, gib einige Tropfen Indikatorlösung hinzu und schwenke um. Lass dabei so lange Salzsäure aus der Bürette zutropfen, bis die Farbe der Lösung von gelb auf orangerot umschlägt. Notiere das verbrauchte Volumen Salzsäure und rechne auf Carbonathärte um. 1 ml verbrauchte Salzsäure entspricht 2,8° dH Carbonathärte. Vergleiche den Härtegrad von Trink- und Regenwasser und diskutiere die Unterschiede.

Ordnen Sie die Aufgabe einem Kompetenzbereich der Bildungsstandards zu. Welche Kompetenzen können damit gefördert werden? Nennen Sie exemplarische Standards, denen Sie diese Kompetenzen zuordnen können.

- 2
- a. Bewertung
 - b. Kommunikation
 - c. Fachwissen, chemische Reaktion
 - d. Erkenntnisgewinnung
 - e. Fachwissen, Basiskonzept Struktur-Eigenschafts-Beziehungen
9. Ordnen Sie die folgenden Aufgabenstellungen aus der Sekundarstufe I einem Anforderungsbereich zu und begründen Sie Ihre Wahl. Nehmen Sie dazu die Bildungsstandards Chemie zur Hilfe.
 - a. Erstelle einen Steckbrief von Ammoniumchlorid (Salmiak) (Demuth et al. 2010).
 - b. Informiere Dich über den Säuregehalt der folgenden Früchte: Apfel, Orange, Zitrone, Tomate, Kiwi, Ananas. Lege eine Tabelle an. Ermittle, welche Säure jeweils vorliegt.
 - c. *Helicobacter pylori* wurde bisher nur bei Menschen nachgewiesen. Erläutere mögliche Infektionswege (Demuth et al. 2010).
 10. In den verschiedenen Regionen der Bundesrepublik trägt *Brassica oleracea* convar. *capitata* var. *rubra* L. unterschiedliche Namen: *Rotkohl* im Norden, *Blaukraut* im Süden. Sie geben Ihren Schülerinnen und Schülern die Aufgabe, Faktoren experimentell zu ermitteln, die für diese unterschiedliche Namensgebung verantwortlich sein könnten. Beschreiben Sie drei Kompetenzen, die Sie mit dieser Untersuchung fördern können. Orientieren Sie sich dabei an den Bildungsstandards Biologie oder Chemie.
 11. Bei der Überprüfung von Kompetenzen im Biologieunterricht können Arbeitsaufträge unterschiedlich schwierig gestaltet werden. Für den Schwierigkeitsgrad werden in den Bildungsstandards Biologie drei Anforderungsbereiche definiert. Erläutern Sie die drei Anforderungsbereiche anhand des Kompetenzbereichs Kommunikation. Formulieren Sie zu einem ausgewählten Standard einen Arbeitsauftrag, der dem Anforderungsbereich II oder III entspricht.
 12. Folgende Aufgabe kann dem Anforderungsbereich I des Kompetenzbereichs Fachwissen Chemie, Basiskonzept Struktur-Eigenschafts-Beziehungen, zugeordnet werden: „Stellen Sie die Reaktionsgleichung für die Verseifung eines Fettes auf.“ Formulieren Sie die Aufgabe so um, dass sie
 - a. dem Anforderungsbereich II oder III entspricht,
 - b. mit ihr experimentelle Kompetenzen fördern können.

Ergänzungsmaterial Online:



<https://goo.gl/gUf6Kv>

Literatur

- Baumert J et al (1997) TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde. Leske und Budrich, Opladen
- Baumert J, Klieme E, Neubrandt M et al (Hrsg) (2001) PISA 2000: Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Leske und Budrich, Opladen
- Bayrhuber H, Bögeholz S, Elster D et al (2007) Biologie im Kontext. MNU 60(5):282–286
- Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (1997) Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, Bonn
- Bybee RW (2002) Scientific Literacy – Mythos oder Realität? In: Gräber W et al (Hrsg) Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung. Leske und Budrich, Opladen, S 21–43
- Demuth R, Parchmann I, Ralle B (Hrsg) (2006) Chemie im Kontext. Cornelsen Verlag, Berlin
- Demuth R, Parchmann I, Ralle B (Hrsg) (2010) Chemie im Kontext, Sek I: Säuren und Laugen – nicht nur ätzend. Cornelsen Verlag, Berlin
- Dubs R (2006) Entwicklung von Schlüsselqualifikationen in der Berufsschule. In: Arnold R, Lipsmeier A (Hrsg) Handbuch der Berufsbildung, 2. Aufl. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, S 191–203
- Europäische Union (2006) Empfehlungen des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zu Schlüsselkompetenzen für lebensbegleitendes Lernen. 2006/962/EG, Amtsblatt der Europäischen Union
- Gräber W (1999) „Scientific Literacy“ – Naturwissenschaftliche Bildung in der Diskussion. In: Döbrich P (Hrsg) Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachtagung am 15. Dezember 1999. GFPF, Frankfurt am Main; DIPF 2002, S 1–28. http://www.pedocs.de/volltexte/2011/3443/pdf/Graeber_Scientific_Literacy_D_A.pdf Zugegriffen: 12.12.2016
- Gropengießer H (2006) Mit Aufgaben lernen. In: Gropengießer H, Hötteke D, Nielsen T et al (Hrsg) Mit Aufgaben lernen. Unterricht und Material 5–10, 1. Aufl. Friedrich Verlag, Seelze
- Gropengießer H, Kattmann U (2006) Fachdidaktik Biologie, 7. Aufl. Aulis Verlag Deubner, Köln
- Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München (ISB) (2015). Lehrplan Plus Gymnasium. <http://www.lehrplanplus.bayern.de/schulart/gymnasium> Zugegriffen: 12.12.2016
- Jatzwauk P, Rumann S, Sandmann A (2008) Der Einfluss des Aufgabeneinsatzes im Biologieunterricht auf die Lernleistung der Schüler – Ergebnisse einer Videostudie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 14:263–283
- Kauertz A, Fischer HE, Jansen M (2013) Kompetenzstufenmodelle für das Fach Physik. In: Pant HA, Stanat P, Schroeders U et al (Hrsg) IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I. Waxmann, Münster, S 92–100
- Klieme E, Avenarius H, Blum W et al (2007) Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise. http://edudoc.ch/record/33468/files/develop_standards_nat_form_d.pdf Zugegriffen: 12.12.2016
- Klieme E, Artelt C, Hartig J et al (Hrsg) (2010) PISA 2009 – Bilanz nach einem Jahrzehnt. Waxmann, Münster. <http://www.pedocs.de/volltexte/2011/3526> Zugegriffen: 12.12.2016
- KMK (1989 i.d.F. 2004) Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Biologie. http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/1989/1989_12_01-EPA-Biologie.pdf Zugegriffen: 12.12.2016
- KMK (2005a) Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Luchterhand (Wolters Kluwer Deutschland GmbH), München, Neuwied. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf Zugegriffen: 12.12.2016
- KMK (2005b) Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Luchterhand (Wolters Kluwer Deutschland GmbH), München, Neuwied. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf Zugegriffen: 12.12.2016
- KMK (2005c) Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Luchterhand (Wolters Kluwer Deutschland GmbH), München, Neuwied. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf Zugegriffen: 12.12.2016
- KMK (2011a) Kompetenzstufenmodelle zu den Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss – Kompetenzbereiche „Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“. <https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/ksm> Zugegriffen: 12.12.2016
- KMK (2011b) Kompetenzstufenmodelle zu den Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss – Kompetenzbereiche „Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“. <https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/ksm> Zugegriffen: 12.12.2016

- KMK (2011c) Kompetenzstufenmodelle zu den Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss – Kompetenzbereiche „Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“. <https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/ksm>
Zugegriffen: 12.12.2016
- Mayer J, Wellnitz N, Klebba N et al (2013) Kompetenzstufenmodelle für das Fach Biologie. In: Pant HA, Stanat P, Schroeders U et al (Hrsg) IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I. Waxmann, Münster, S 74–83
- Mikelskis-Seifert S, Duit R (2007) Physik im Kontext. Innovative Unterrichtsansätze für den Schulalltag. MNU 60:265–274
- MNU (Hrsg) (2007) Bildungsstandards Chemie, 1. Aufl. Verlag Klaus Seeberger, Neuss
- Parchmann I, Ralle B, Demuth R (2000) Chemie im Kontext. Eine Konzeption zum Aufbau und zur Aktivierung fach-systematischer Strukturen in lebensweltorientierten Fragestellungen. MNU 53:132–137
- Parchmann I, Gräsel C, Baer A (2006) „Chemie im Kontext“: a symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. Int J Sci Educ 28(9):1041–1062
- Renkl A (1996) Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. Psychologische Rundschau 47:78–92
- Riemeier T (2006a) Grenzflächenvergrößerung. Naturwissenschaftliche Prinzipien zum Erklären nutzen. In: Gropengießer H, Höttecke D, Nielsen T et al (Hrsg) Mit Aufgaben lernen. Unterricht und Material 5–10. Friedrich, Seelze, S 36–40
- Riemeier T (2006b) Zerkleinert und doch größer! Ein naturwissenschaftliches Prinzip erfahren. In Gropengießer H, Höttecke D, Nielsen T et al (Hrsg) Mit Aufgaben lernen. Unterricht und Material 5–10. Friedrich, Seelze, S 41–43
- Schelten A (2004) Schlüsselqualifikationen. Wirtschaft und Berufserziehung, Zeitschrift für Berufsbildung, Franz Steiner Verlag Stuttgart 56(04):11–13
- Schmiemann P, Linsner M, Wenning S et al (2012) Lernen mit biologischen Basiskonzepten. MNU – Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 65(2):105–109
- Stanat B, Artelt C, Baumert J et al (2002) PISA 2000: Die Studie im Überblick. Grundlagen, Methoden und Ergebnisse. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin. https://www.mpib-berlin.mpg.de/Pisa/PISA_im_Ueberblick.pdf Zugegriffen: 12.12.2016
- Stäudel L, Tepner O, Rehm M (2014) Mit Aufgaben lernen. Unterricht Chemie 142:2–9
- Wadouh J, Sandmann A, Neuhaus B (2009) Vernetzung im Biologieunterricht – deskriptive Befunde einer Videostudie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 15:69–87
- Walpuski M, Kampa N, Kauertz A (2008) Evaluation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 61:323–326
- Walpuski M, Sumfleht E, Pant HA (2013) Kompetenzstufenmodelle für das Fach Chemie. In Pant HA, Stanat P, Schroeders U et al (Hrsg) IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I. Waxmann, Münster, S 83–91
- Weinert FE (2001) Vergleichende Leistungsmessungen in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In Weinert FE (Hrsg) Leistungsmessungen in Schulen. Beltz Verlag Weinheim, Basel, S 17–31
- Wellnitz N, Fischer HE, Kauertz A et al. (2012) Evaluation der Bildungsstandards – eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 18(2):261–291

Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik
Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule
und Hochschule

Nerdel, C.

2017, XV, 257 S. 93 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-662-53157-0