

Sachkompetenz im Fach Chemie

Bildungsstandards im Fach Chemie für die allgemeine Hochschulreife

Erläuterungen verfasst von: Prof. Dr. Armin Lühken, Prof. Dr. Elke Sumfleth und Prof. Dr. Maik Walpuski

1 Einleitung

Die Grundlage für die Bildungsstandards für die allgemeine Hochschulreife sind die in der Sekundarstufe I erworbenen Kompetenzen (KMK, 2004 a, b, c). Die für die allgemeine Hochschulreife beschriebenen Kompetenzbereiche Sach-, Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz durchdringen einander und bilden insgesamt die **Fachkompetenz** im jeweiligen Fach. Fachkompetenz zeigt sich in der Verbindung von Wissen und Können und wird durch den Umgang mit Inhalten aufgebaut. Die einzelnen Kompetenzbereiche erfordern ein großes Spektrum an Kenntnissen über Konzepte, Theorien, Modelle, Verfahren, Denk- und Arbeitsweisen, Fachsprache, fachtypische Darstellungen und Argumentationsstrukturen, fachliche wie überfachliche Perspektiven und Bewertungsverfahren. Der Unterschied in den Kompetenzen zwischen grundlegendem und erhöhtem Anforderungsniveau liegt im Umfang und in der Tiefe der gewonnenen Kenntnisse sowie im Maß der Selbststeuerung bei der Bearbeitung von Problemstellungen.

Die Basiskonzepte dienen der generalisierenden Vernetzung der fachlichen Inhalte in allen Kompetenzbereichen und ermöglichen deren Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven. Die Basiskonzepte liegen als Strukturierungshilfe und Perspektivmerkmal allen Kompetenzbereichen zugrunde, nicht nur der Sachkompetenz wie in den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss (KMK, 2004). Mit Bezug auf die Basiskonzepte sind die zentralen Inhalte beschrieben, über die die Lernenden zum Zeitpunkt des Erwerbs der Allgemeinen Hochschulreife verfügen sollen. Die zentralen Inhalte dienen als Richtschnur für die Erstellung von Aufgaben im Rahmen der Prüfung für die Allgemeine Hochschulreife und sind mit Blick auf den niedrigsten über die Bundesländer zu erwartenden Stundenanteil ausgewählt worden. Es ist schwierig, hierbei einen sinnvollen Grad der Detailliertheit der Beschreibung festzulegen. Die gewählte Form gibt einen Überblick, mit dem die Lehrkräfte umgehen können und sollen, bietet aber jederzeit die Möglichkeit zu darüberhinausgehenden Vertiefungen und Erweiterungen.

Die Kompetenzbereiche sind in Teilkompetenzbereiche untergliedert.

2 Allgemeine Einführung in die Sachkompetenz Chemie

Die in den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife für alle naturwissenschaftlichen Fächer beschriebene Sachkompetenz ersetzt den in den Bildungsstandards für den

mittleren Schulabschluss beschriebenen Kompetenzbereich Fachwissen (KMK, 2004) begrifflich und schließt inhaltlich an ihn an. Die Bezeichnung „Fachwissen“ als Bezeichnung für einen Kompetenzbereich ist irreführend, da Kompetenz mehr ist als Wissen und Fachkompetenz Kompetenzen aus allen Kompetenzbereichen umfasst. Um Missverständnisse zu vermeiden, wurde der Name dieses Kompetenzbereichs auf „Sachkompetenz“ geändert, verstanden als inhaltliches Wissen und Können in einem bestimmten Sachgebiet, hier der Chemie. Die Sachkompetenz der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von Konzepten und Theorien und der Fähigkeit, dieses Fachwissen zu beschreiben und zu erklären sowie geeignet auszuwählen und zu nutzen, um Sachverhalte aus fach- und alltagsbezogenen Anwendungsbereichen zu bearbeiten.

In den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss (KMK, 2004) werden in diesem Kompetenzbereich vier Basiskonzepte beschrieben, die in den Bildungsstandards für die allgemeine Hochschulreife zu dreien zusammengefasst wurden, um auf die inhaltlichen Kernbereiche der Chemie, nämlich Struktur und Eigenschaften von Stoffen, Stoffumwandlungen und damit verbundene energetische Prozesse zu fokussieren:

- ◆ Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen
- ◆ Konzept der chemischen Reaktion
- ◆ Energiekonzept

Das Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen führt zu einem Verständnis des Zusammenhangs von der Art, der Anordnung und der Wechselwirkung der Teilchen mit den Eigenschaften von Stoffen. In diesem Basiskonzept werden also die stoffliche Betrachtung auf Phänomenebene und die theoretische modellhafte Auseinandersetzung mit der Teilchenstruktur einerseits zusammengeführt und andererseits konsequent voneinander unterschieden, um z. B. Eigenschaften von Stoffen über die Teilchenebene zu erklären und daraus auf Verwendungsmöglichkeiten zu schließen. Das Konzept der chemischen Reaktion umfasst z. B. Donator-Akzeptor-Prinzipien bei Protonen- und Elektronenübergängen in Säure-Base-Reaktionen, in Redoxreaktionen oder in Additions- bzw. Substitutionsreaktionen, aber auch Fällungsreaktionen. Das Energiekonzept wird sowohl bei der Beschreibung von Teilchen- und Stoffumwandlungen und der Beeinflussung von Reaktionsabläufen als auch von Teilchen- und Stoffstrukturen benötigt. Diese Beschreibung der drei Basiskonzepte macht die mit ihnen verbundenen unterschiedlichen Perspektiven deutlich.

Zusammenfassend gilt, dass die Reproduktion von erworbenem Wissen nicht ausreicht, sondern es soll sowohl fachintern als auch fachübergreifend angewendet werden können. Im Mittelpunkt steht hierbei die modellhafte Deutung beobachtbarer Phänomene auf Teilchenebene. Zur Konkretisierung werden vier sich überlappende Teilkompetenzbereiche unterschieden, um Schwerpunkte der Sachkompetenz zu verdeutlichen:

1. Chemische Konzepte und Theorien zum Klassifizieren, Strukturieren, Systematisieren und Interpretieren nutzen
2. Chemische Konzepte und Theorien auswählen und vernetzen
3. Chemische Zusammenhänge qualitativ-modellhaft erklären
4. Chemische Zusammenhänge quantitativ-mathematisch beschreiben

3 Konkretisierung der Kompetenzteilbereiche durch Standards

Im Bereich der Sachkompetenz ist es wichtig, Konzepte und Theorien nicht nur zu kennen, sondern sie nutzen zu können, um Inhalte, Sachverhalte und Problemstellungen so zu beschreiben und zu strukturieren, dass die Perspektive der Chemie z. B. auch bei alltagsweltlichen oder wirtschaftlichen Phänomenen deutlich wird. Dazu müssen diese Phänomene aus chemischer Sicht interpretiert und verstanden werden. Hierzu ist es notwendig, unterschiedliche Theorien und Konzepte zu verknüpfen. Charakteristisch für diese chemische Sicht sind qualitativ-modellhafte und quantitativ-mathematische Beschreibungen.

Die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife schließen trotz ihrer unterschiedlichen Strukturierung an die Standards für den mittleren Schulabschluss (KMK, 2004) an. Einige Standards werden wieder aufgegriffen, um sie zu vertiefen und in komplexeren Zusammenhängen anzuwenden, andere werden ergänzt. Außerdem treten Überlappungen mit den weiteren Kompetenzbereichen auf und sind beabsichtigt; die Kompetenzbereiche stehen nicht isoliert voneinander.

Bezogen auf die Teilkompetenzbereiche ergibt sich folgendes Bild:

Teilbereich 1: „Chemische Konzepte und Theorien zum Klassifizieren, Strukturieren, Systematisieren und Interpretieren nutzen“

Zu diesem Teilbereich gehören die folgenden fünf Standards:

Die Lernenden ...

- S 1 beschreiben und begründen Ordnungsprinzipien für Stoffe und wenden diese an;
- S 2 leiten Voraussagen über die Eigenschaften der Stoffe auf Basis chemischer Strukturen und Gesetzmäßigkeiten begründet ab;
- S 3 interpretieren Phänomene der Stoff- und Energieumwandlung bei chemischen Reaktionen;
- S 4 bestimmen Reaktionstypen;
- S 5 beschreiben Stoffkreisläufe in Natur oder Technik als Systeme chemischer Reaktionen.

In diesem Teilbereich stehen verschiedene Merkmale des Strukturierens im Vordergrund, und zwar sowohl von Stoffen (**S 1** und **S 2**) als auch von Reaktionen (**S 3** und **S 4**). Dabei spielen in den ersten beiden Standards auch Reaktionen eine Rolle, wenn man z. B. an Reaktivitäten und Reaktionsverhalten von chemischen Elementen einer Hauptgruppe denkt, und bei den Standards **S 3** und **S 4** spielen auch Stoffe und ihre Eigenschaften auf Phänomen- und Teilchenebene eine Rolle. Das bedeutet gleichzeitig, dass schon in diesen vier Standards jeweils die beiden Basiskonzepte, das Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen und das Konzept der chemischen Reaktion angesprochen sind, nur nicht in gleichem Maße und aus unterschiedlichen Perspektiven. Auch das dritte Basiskonzept, das Energiekonzept wird mit allen vier Standards angesprochen, in jedem Fall spielen energetische Betrachtungen eine Rolle, beim Reaktionsverhalten (z. B. Aktivierungsenergien) genauso wie bei Eigenschaften von Stoffen und Teilchen (z. B. Ionisierungsenergien und Gitterenergien). Der Standard **S5** kombiniert dann die vorhergehenden Standards und nutzt die entsprechend erworbenen Kompetenzen in komplexen Systemen wie Stoffkreisläufen in unterschiedlichen Kontexten wie biologischen oder technischen Anwendungen.

Teilbereich 2: „Chemische Konzepte und Theorien auswählen und vernetzen“

In Ergänzung zum ersten Kompetenzteilbereich mit dem Schwerpunkt Strukturieren geht es im zweiten Teilbereich um das richtige Auswählen von Konzepten und ihr Vernetzen.

Die Lernenden ...

- S 6 unterscheiden konsequent zwischen Stoff- und Teilchenebene;
- S 7 beschreiben die Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen, das dynamische Gleichgewicht und das Donator-Akzeptor-Prinzip und wenden diese an;
- S 8 beschreiben Einflussfaktoren auf chemische Reaktionen und Möglichkeiten der Steuerung durch Variation von Reaktionsbedingungen sowie durch den Einsatz von Katalysatoren;
- S 9 erklären unterschiedliche Reaktivitäten und Reaktionsverläufe;
- S 10 nutzen chemische Konzepte und Theorien zur Vernetzung von Sachverhalten innerhalb der Chemie sowie mit anderen Unterrichtsfächern.

Während es also bei den Standards S 1 und S 2 um Ordnungsprinzipien wie z. B. das Periodensystem und Stoffklassen geht, steht beim Standard **S 6**, der auch auf das Basiskonzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen bezogen ist, das konsequente Unterscheiden von Stoff- und Teilchenebene im Vordergrund, und zwar sowohl sprachlich, wobei eine Vernetzung zur Kommunikationskompetenz vorliegt, als auch inhaltlich im Sinne von Phänomen- und Modellebene als Erklärungsebene, wobei auch Standards in der Erkenntnisgewinnungskompetenz eine Rolle spielen. Hier wird deutlich, dass weder die Kompetenzbereiche isoliert betrachtet werden können oder sollen, es werden nur unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt, noch lassen sich die Basiskonzepte auf die Sachkompetenz beschränken. Den inhaltlichen Schwerpunkt bildet hier der Bereich „Stoffe, Strukturen, Eigenschaften“ mit seinen verschiedenen Teilbereichen. Genauso gehen die Standards **S 7 – S 9**, bei denen das Basiskonzept der chemischen Reaktion den Schwerpunkt bildet, über das grundlegende Strukturieren der Standards S 3 und S 4 hinaus. Es müssen geeignete Konzepte ausgewählt, angewendet und mit anderen Ansätzen, hier z. B. energetischen Betrachtungen (Basiskonzept Energie) vernetzt werden. Der Standard S 10 geht dann nochmals über das fachinterne Vernetzen hinaus und öffnet die fachübergreifende Perspektive, in erster Linie mit Blick auf die anderen Naturwissenschaften.

Für die Kompetenzteilbereiche 3 und 4 wurde ein anderer Betrachtungsfokus gewählt, nämlich die Unterscheidung zwischen qualitativ-modellhaftem Erklären und quantitativ-mathematischem Erfassen. Schon bei diesen Formulierungen werden die Überlappungen der Kompetenzteilbereiche deutlich, denn derartige Prozesse spielen z. B. auch bei den Standards S 6 oder S 8 eine Rolle.

Teilbereich 3: „Chemische Zusammenhänge qualitativ-modellhaft erklären“

Die Lernenden ...

- S 11 erklären die Vielfalt der Stoffe und ihrer Eigenschaften auf der Basis unterschiedlicher Kombinationen und Anordnungen von Teilchen;
- S 12 deuten Stoff- und Energieumwandlungen hinsichtlich der Veränderung von Teilchen sowie des Umbaus chemischer Bindungen;
- S 13 nutzen Modelle zur chemischen Bindung und zu intra- und intermolekularen Wechselwirkungen;

S 14 beschreiben ausgewählte Reaktionsmechanismen;

S 15 grenzen mithilfe von Modellen den statischen Zustand auf Stoffebene vom dynamischen Zustand auf Teilchenebene ab.

Mit Blick auf den Standard **S 11** zeigt sich deutlich die Vertiefung des Standards S 6. Hier geht es nicht mehr nur um das Unterscheiden von Stoff- und Teilchenebene, sondern darum, auf der Basis von Teilchenstrukturen Stoffeigenschaften nicht nur zu erklären, sondern auch aus Strukturen Eigenschaften unbekannter Stoffe abzuleiten. Dieselbe Aussage trifft auf die Standards **S 12** und **S 13** zu, nimmt hierbei aber das Basiskonzept der chemischen Reaktion in den Blick. Beim Standard **S 14** geht es ergänzend um die mechanistische Betrachtung ausgewählter Reaktionstypen. Der inhaltliche Schwerpunkt wechselt also vom Bereich „Stoffe, Strukturen, Eigenschaften“ zu „Chemische Reaktionen“. Schließlich weitet der Standard **S 15** noch einmal den Blick und fokussiert den vermeintlichen Widerspruch zwischen statischem und dynamischem Zustand auf den beiden Betrachtungsebenen.

Teilbereich 4: „Chemische Zusammenhänge quantitativ-mathematisch beschreiben“

Die Lernenden ...

S 16 entwickeln Reaktionsgleichungen;

S 17 wenden bekannte mathematische Verfahren auf chemische Sachverhalte an.

Diesem vierten Teilkompetenzbereich kommt die besondere Bedeutung zu, mathematische Beschreibungen von Inhalten zu betonen. Die beiden Standards thematisieren zwei prinzipiell unterschiedliche Aspekte: **S 16** klingt zunächst so, als würde er über die Anforderungen für den mittleren Schulabschluss nicht hinausgehen. Empirische Befunde – auch die Ergebnisse der Ländervergleiche bzw. des Bildungstrends – zeigen eindeutig, dass die Kompetenz des Formulierens von Reaktionsgleichungen in der Sekundarstufe I selbst bei einfachen Beispielen nicht durchgehend erworben wird. Dieses Ziel muss in der Sekundarstufe II deshalb in besonderer Weise im Vordergrund stehen und die Kompetenz soll auch für komplexere Beispiele genutzt werden. Dieser Inhaltsbereich ist schließlich ein Kernbereich der Chemie und Grundlage für alle weiteren mathematischen Beschreibungen, die mit dem Standard **S 17** betont werden. Es sind eine Reihe von Inhalten genannt, die mit Fokus auf diesen Standard bearbeitet werden sollen. Dies geht über pH-Wert-Berechnungen und die Nernst'sche Gleichung durchaus hinaus. Gerade ein auf die Mathematik bezogener Blick auf chemische Zusammenhänge ist sowohl für eine fachbezogene berufliche Ausbildung wie auch als Vorbereitung auf ein naturwissenschaftliches Studium unabdingbar.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass auch in den Teilkompetenzbereichen 3 und 4 alle drei Basiskonzepte eine Rolle spielen sowie Beispiele aus allen vier Inhaltsbereichen gewählt werden können. In den vorangegangenen Ausführungen ist an verschiedenen Stellen auf die Inhaltsbereiche „Stoffe, Strukturen, Eigenschaften“ und „Chemische Reaktionen“ hingewiesen worden. Die beiden weiteren Inhaltsbereiche „Arbeitsweisen“ und „Lebenswelt und Gesellschaft“ sind nicht weniger bedeutsam, liegen nur quer zu den ersten beiden Bereichen: Analysen und Synthesen sind immer mit chemischen Reaktionen und Stoffeigenschaften verknüpft und aktuelle Technologien, chemische Produkte sowie ökonomische und ökologische Aspekte stehen für ausgewählte Anwendungsfelder.

Der Unterschied in den Kompetenzen zwischen grundlegendem und erhöhtem Anforderungsniveau zeigt sich in der Sachkompetenz z. B. daran, dass auf erhöhtem Niveau Sachverhalte auf Basis von Modellen mit höherer Komplexität detaillierter betrachtet werden. Darüber hinaus ist dieses Niveau durch eine umfangreichere und tiefere Mathematisierung geprägt.

4 Konkretisierung der Standards in Lernaufgaben

Nach der Erläuterung der Standards im Bereich der Sachkompetenz folgt in diesem letzten Kapitel die Verdeutlichung der Standards am Beispiel einiger ausgewählter Lernaufgaben.

Als Beispiel zur Förderung im Kompetenzteilbereich *Chemische Konzepte und Theorien zum Klassifizieren, Strukturieren, Systematisieren und Interpretieren* nutzen dient die Lernaufgabe *Fructose-Malabsorption*, in der es um das Verständnis einer weit verbreiteten Nahrungsmittelunverträglichkeit geht. In diesem Zusammenhang werden wesentliche Begrifflichkeiten, Strukturen und chemische Reaktionen der Monosaccharide wiederholt. In der Teilaufgabe 1.1 entwerfen die Lernenden auf Grundlage eines Textes ein Schaubild zum Fructosestoffwechsel. Dazu müssen die Lernenden den im Text beschriebenen Stoffkreislauf strukturieren und übersichtlich darstellen, was der Förderung der im Standard **S 5** (Lernende beschreiben Stoffkreisläufe in Natur oder Technik als Systeme chemischer Reaktionen.) beschriebenen Kompetenz entspricht. Im Unterschied dazu beschäftigen sie sich in Teilaufgabe 2.1 mit unterschiedlichen Darstellungsformen des Sorbit-Moleküls. Hier steht der Standard **S 1** (Lernende beschreiben und begründen Ordnungsprinzipien für Stoffe und wenden diese an.) im Vordergrund, auch wenn hier nicht die Stoff- sondern die Teilchenebene angesprochen wird. Die unterschiedlichen Darstellungen stehen für verschiedene Ordnungsprinzipien: Summenformeln ermöglichen andere Klassifizierungen als Strukturformeln, die wiederum in ihren unterschiedlichen Varianten verschiedene Eigenschaften betonen und sich deutlich von Kalottenmodellen unterscheiden. Nutzt man diese Kriterien, um Stoffe zu ordnen, würde man bei Summenformeln zu anderen Stoffgruppen kommen als durch Struktur- oder Kalottenmodelle. Bei der Teilaufgabe 2.3, in der es um die Herstellung von Sorbit aus D-Glucose geht, sind die Standards **S 3** (Lernende interpretieren Phänomene der Stoff- und Energieumwandlung bei chemischen Reaktionen.) und **S 4** (Lernende bestimmen Reaktionstypen.) dominant. Die Stoffumwandlung muss interpretiert und der Reaktionstyp bestimmt werden. Die Teilaufgaben schließen nicht aus, dass auch Kompetenzen aus anderen Bereichen gleichzeitig gefördert werden. Abhängig vom Unterricht kann der Schwerpunkt auch in verschiedenen Kompetenzbereichen liegen. Die Teilaufgabe 4 dieser Aufgabe hat ihren Schwerpunkt im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung, berücksichtigt aber gleichzeitig die Standards **S 2**, **S 3** und **S 4** im Bereich der Sachkompetenz.

Für die Förderung von Kompetenzen im Teilbereich *Chemische Konzepte und Theorien auswählen und vernetzen* steht beispielhaft die Lernaufgabe *Pulverförmiges Bleichmittel und der „Müsli-Effekt“*. Ziel der Lernaufgabe ist es, experimentell zu prüfen, ob der „Müsli-Effekt“ bei einem sauerstoffbasierten Bleichmittel dazu führt, dass Bestandteile wie Wasserstoffperoxid und Carbonat ungleich verteilt sind. Im Mittelpunkt dieser Aufgabe steht die Teilaufgabe 3, in der es um die experimentelle Untersuchung des Phänomens am Beispiel des Bleichmittels geht. Damit werden Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung angesprochen, aber dies geht nicht ohne die Adressierung von Kompetenzen im Bereich der Sachkompetenz, wie die Teilaufgaben 3.1 und 3.2 zeigen. In diesen werden zunächst die Reaktionen von Kaliumpermanganat-Lösung mit Wasserstoffperoxid und von Natriumcarbonat-Lösung mit Chlorwasserstoffsäure beschrieben, Reaktionsgleichungen aufgestellt (**S 16**) und die Reaktionsart mit Blick auf das Donator-Akzeptor-Prinzip begründet. Hierbei steht der Standard **S 7** (Lernende beschreiben die Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen, das dynamische Gleichgewicht und das Donator-Akzeptor-Prinzip und wenden diese an.) im Mittelpunkt. Gleichzeitig muss dabei explizit zwischen Stoff- und Teilchenebene unterschieden werden (**S 6**). In der vorausgehenden Teilaufgabe 2.1, bei der erläutert werden soll, wie die Freisetzung des besonders reaktiven Sauerstoffs aus Bleichmitteln auf Sauerstoffbasis bei verschiedenen Temperaturen erfolgt, werden die Standards **S 8** (Lernende beschreiben Einflussfaktoren auf chemische

Reaktionen und Möglichkeiten der Steuerung durch Variation von Reaktionsbedingungen sowie durch den Einsatz von Katalysatoren.) und **S 9** (Lernende erklären unterschiedliche Reaktivitäten und Reaktionsverläufe.) fokussiert. Lediglich der Standard **S 10** (Lernende nutzen chemische Konzepte und Theorien zur Vernetzung von Sachverhalten innerhalb der Chemie sowie mit anderen Unterrichtsfächern.) wird mit diesem Aufgabenbeispiel nicht angesprochen. Hierfür könnte aber z. B. auch das bei der Lernaufgabe zur *Fructose-Malabsorption* aufzustellende Fließschema genutzt werden.

Die Förderung von Kompetenzen im Teilbereich *Chemische Zusammenhänge qualitativ-modellhaft erklären* steht bei der Lernaufgabe *Hart, Härter, Duroplast* im Mittelpunkt, in der die Synthese eines Duroplasts thematisiert wird. Die Lernende bauen verschiedene Funktionsmodelle, erklären damit die einzelnen Syntheseschritte und beurteilen abschließend die Eignung der unterschiedlichen Modelle zur Visualisierung der Duroplastsynthese. Da verschiedene Modelle eingesetzt werden, um Eigenschaften und Reaktionsschritte zu untersuchen, fördert diese Lernaufgabe in besonderem Maße die Erkenntnisgewinnungskompetenz, aber das geht nicht ohne Sachkompetenz, wie die Teilaufgabe 2 verdeutlicht. Hier soll materialbasiert ein Strukturformelausschnitt des ausgehärteten Hartlackes dargestellt werden, welcher mögliche Quervernetzungen zwischen zwei Polyesterketten (Reaktionsharz) und mehreren Styrol-Monomeren aufzeigt. Dies unterstützt den Standard **S 13** (Lernende nutzen Modelle zur chemischen Bindung und zu intra- und intermolekularen Wechselwirkungen.). Anschließend muss der Kunststoff benannt, einer Kunststoffklasse zugeordnet und für die Synthese ein Reaktionstyp und ein Reaktionsmechanismus angegeben werden. Hier werden also gleichzeitig die Standards **S 14** (Lernende beschreiben ausgewählte Reaktionsmechanismen.), **S 1** und **S 4** adressiert. Die beiden Standards (Lernende erklären die Vielfalt der Stoffe und ihrer Eigenschaften auf der Basis **S 11** unterschiedlicher Kombinationen und Anordnungen von Teilchen.) und **S 12** (deuten Stoff- und Energieumwandlungen hinsichtlich der Veränderung von Teilchen sowie des Umbaus chemischer Bindungen.) werden mit dieser Aufgabe nicht angesprochen. Ein Beispiel für die Förderung von **S 11** stellt aber die Teilaufgabe 2.2 der Lernaufgabe zur *Fructose-Malabsorption* dar, in der es um den Vergleich der Strukturen eines Sorbit-, D-Glucose- und D-Fructose-Moleküls geht. **S 12** kann anhand der Lernaufgabe *Pulverförmiges Bleichmittel und der „Müsli-Effekt“* in den Blick genommen werden, wenn die Wirkung des Aktivators TAED thematisiert wird. Der Standard **S 15** (Lernende grenzen mithilfe von Modellen den statischen Zustand auf Stoffebene vom dynamischen Zustand auf Teilchenebene ab.) wird in der Teilaufgabe 1.2 der Lernaufgabe *Ist Sport Mord?* angesprochen, wenn nach dem Aufstellen der Reaktionsgleichung zur Protolyse von Milchsäure nach der Erklärung der Aussage „Die Reaktion kommt auf stofflicher Ebene zum Stillstand, bleibt auf der Teilchenebene aber dynamisch“ gefragt wird.

Beispiele zur Förderung im Kompetenzteilbereich *Chemische Zusammenhänge quantitativ-mathematisch beschreiben* treten gehäuft auf. Sie sind sowohl im Chemieunterricht als auch in der hier vorliegenden Sammlung von Lernaufgaben gängig. In diversen Aufgaben werden Reaktionsgleichungen entwickelt (**S 16**) oder mathematische Verfahren auf chemische Sachverhalte angewendet, wenn z. B. pH- bzw. pKs-Werte oder Ausbeuten berechnet werden sollen (**S 17**).

5 Literatur zum Weiterlesen

- ◆ KMK (2020). Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Chemie.pdf (Zugriff am 18.06.2020)
- ◆ KMK (2020). Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Chemie.pdf (Zugriff am 18.06.2020)
- ◆ H. A. Pant, P. Stanat, U. Schroeders, A. Roppelt, T. Siegle & C. Pöhlmann (Hrsg.). (2013). IQB-Ländervergleich 2012 - Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I. Münster: Waxmann
- ◆ P. Stanat, S. Schipolowski, N. Mahler, S. Weirich & S. Henschel (Hrsg.). (2019). IQB-Bildungstrend 2018 – Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich. Münster: Waxmann
- ◆ K. Sommer, J. Wambach-Laicher & P. Pfeifer (Hrsg.). (2018). Konkrete Fachdidaktik Chemie. (S. 109-117). Seelze: Aulis Verlag in Friedrich Verlag (Kapitel 5: Bildungsstandards – Kompetenzen – Lehrpläne)
- ◆ S. Streller, C. Bolte & D. Dietz (2019). Chemiedidaktik an Fallbeispielen: Anregungen für die Unterrichtspraxis. Berlin: Springer (Kapitel 1: Kompetenzorientierung und Basiskonzepte)