Institut zur Qualitätsentwicklung
im Bildungswesen

Erkenntnisgewinnungskompetenz 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 Allgemeine Einführung

Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung gehören zum Kern naturwissenschaftlicher Bildung. Sie haben als wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen sowie als wissenschaftspropädeutisches Arbeiten eine lange Tradition im naturwissenschaftlichen Unterricht. Die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss definieren dafür einen eigenen Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung,* der in den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife für alle naturwissenschaftlichen Fächer fortgeführt und weiterentwickelt wird. Während die Kenntnisse über naturwissenschaftliche Fachinhalte und ihre Anwendung durch den Kompetenzbereich der Sachkompetenz beschrieben werden, umfasst der Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung vor allem Kompetenzen, die sich auf das Verständnis, die Nutzung und die Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozesse (wie z. B. das Experimentieren oder Modellieren) und das Wissenschaftsverständnis aus naturwissenschaftlicher Perspektive beziehen. Die Erkenntnisgewinnungskompetenz der Lernenden zeigt sich also in der Kenntnis von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen und in der Fähigkeit, diese zu beschreiben, zu erklären und zu verknüpfen, um Erkenntnisprozesse nachvollziehen oder gestalten zu können und deren Möglichkeiten und Grenzen zu reflektieren.

Die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife umfassen in diesem Kompetenzbereich vier Teilbereiche, die diesen Aspekten Rechnung tragen:

1. Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden
2. Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen
3. Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren
4. Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren

Typisch für naturwissenschaftliche Denkweisen ist das hypothetisch-deduktive Vorgehen bei der Durchführung von wissenschaftlichen Untersuchungen. Kennzeichnend ist dabei die deduktive Ableitung von Hypothesen aus Theorien sowie deren Stützung bzw. Falsifikation mittels empirischer (qualitativer oder quantitativer) Daten. Schritte des wissenschaftlichen Vorgehens sind z. B. die Formulierung von Fragestellungen und Hypothesen, die Planung und Durchführung von Untersuchungen sowie deren Auswertung und methodische Reflexion. Insbesondere bei der Ableitung von Hypothesen sowie der theoriebezogenen Deutung von

Evidenzen und deren Generalisierung weisen wissenschaftliches Denken und Fachwissen eine enge Verzahnung auf.

Die Erkenntnisgewinnung ist also häufig an die praktische Durchführung von Experimenten zur Datengewinnung gebunden, entsprechend haben Experimente auch für den Unterricht einen hohen Stellenwert. Insbesondere in der Oberstufe spielen zusätzlich (auch mathematische) Modellierungen eine wichtige Rolle für die Erkenntnisgewinnung. Ein Modell kann dabei ein theoretisches Konstrukt, aber auch ein materielles oder virtuelles Objekt sein. Es entspricht dem ausgewählten naturwissenschaftlichen Untersuchungsgegenstand in bestimmten Eigenschaften oder Relationen und wird häufig anstelle aufwändiger oder nicht durchführbarer experimenteller Untersuchungen für Erklärungs- und Demonstrationszwecke verwendet.

Nicht immer folgt das Vorgehen in der Wissenschaft diesem typischen Schema, aber seine Kenntnis und sichere Anwendung ermöglichen es in der Folge auch mögliche Abweichungen zu reflektieren. Die hier thematisierten drei Schritte

- Fragestellung / Hypothesenbildung,
- Planung und Durchführung einer Untersuchung,
- Auswertung / Interpretation der Ergebnisse

werden also nicht als der einzige Weg für naturwissenschaftliches Arbeiten verstanden, stellen aber dennoch einen typischen Weg dar, der auf viele naturwissenschaftliche Probleme – vor allem im schulischen Umfeld – anwendbar ist. Weitere Einflussfaktoren, die unter anderem dafür verantwortlich sind, dass in der Wissenschaft auch andere Wege gewählt werden und zum Erfolg führen, sollten daher im Teilbereich *Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren* eine entsprechende Rolle spielen. So können auf einer Metaebene auch die Merkmale naturwissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisiert und von nicht-naturwissenschaftlichen Aussagen und Methoden abgegrenzt werden.

2 Konkretisierung der Kompetenzteilbereiche durch Standards

Im Bereich der Erkenntnisgewinnungskompetenz ist es wichtig, nicht nur das Experimentieren als chemische Untersuchungsmethode zu kennen und Experimente zur Datengewinnung nutzen zu können, sondern sowohl die experimentelle Methode als auch Modelle sachgerecht zur Beschreibung eines Phänomens oder zur Gewinnung von Erkenntnissen z. B. im Zuge einer Hypothesenprüfung oder einer angemessenen Modellierung eines Phänomens einsetzen zu können. Auch der Reflexion über naturwissenschaftliches Wissen und über naturwissenschaftliche Methoden kommt eine besondere Bedeutung zu. Entsprechend werden diese Kompetenzen in den Standards der vier Teilbereiche weiter ausdifferenziert. Im Wesentlichen werden die Kompetenzen bereits durch die Standards für den mittleren Schulabschluss angebahnt, sie sollen jedoch bis zum Abitur vertieft und erweitert werden und in komplexeren Zusammenhängen mit einem höheren Grad der Selbstständigkeit angewendet werden können.

Wichtig ist, die Kompetenzbereiche nicht isoliert voneinander zu sehen. So werden Prozesse der Erkenntnisgewinnung benötigt, um Kompetenzen im Bereich der Sachkompetenz zu gewinnen oder zu erweitern, die Ergebnisse müssen anschließend im Sinne der Kommunikationskompetenz aufbereitet und weitergegeben werden oder können zur Bewertung von naturwissenschaftlichen Sachverhalten herangezogen werden. Entsprechend sind die Basiskonzepte eine Strukturierungshilfe, die alle vier Kompetenzbereiche durchdringen.

Die vier Teilbereiche des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung sind:

1. Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden
2. Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen
3. Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren
4. Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren

Teilbereich 1: „Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden“

Zu diesem Teilbereich gehören drei Standards:

Die Lernenden …

E 1 leiten chemische Sachverhalte aus Alltagssituationen ab;

E 2 identifizieren und entwickeln zu chemischen Sachverhalten Fragestellungen;

E 3 entwickeln theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen.

Ziel ist es, sicherzustellen, dass die Lernenden die Chemie nicht als isoliertes Fach wahrnehmen, sondern die Bedeutung in der Gesellschaft und im täglichen Leben erkennen. Dazu ist es notwendig, in meist komplexen Alltagssituation zunächst zu erkennen, welche Sachverhalte aus der Perspektive der Chemie überhaupt zugänglich sind (**E 1**). In einem weiteren Schritt müssen die Lernenden erkennen, welche Fragestellungen mit entsprechenden Theorien, Experimenten oder Modellen aus der Chemie grundsätzlich zu beantworten sind und entsprechende Fragestellungen formulieren können (**E 2**). Dabei ist es wichtig, dass die Lernenden reflektieren, dass nicht alle Fragestellungen naturwissenschaftlich beantwortet werden können. In vielen Fällen können die Naturwissenschaften nur Daten und Hinweise zur Beurteilung eines Sachverhalts liefern (siehe auch Kompetenzbereich Bewertung), während für konkrete Handlungsempfehlungen oft auch eine normative, moralische, ethische, politische oder wirtschaftliche Perspektive einbezogen werden muss. Viele naturwissenschaftlich relevante und interessante Fragestellungen ergeben sich aus dem vorhandenen Wissen oder aus bestehenden Theorien, sodass diese oft nicht explorativ, sondern theoriegeleitet sind. Daher sollen Lernenden über die Kompetenz verfügen, entsprechende Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen aus der Theorie abzuleiten (**E 3**).

Teilbereich 2: „Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen“

Die Chemie nutzt verschiedene Verfahren der Erkenntnisgewinnung und die darauf bezogenen Kompetenzen werden durch vier Standards beschrieben:

Die Lernenden …

E 4 planen, ggf. unter Berücksichtigung der Variablenkontrolle, experiment- oder modellbasierte Vorgehensweisen, auch zur Prüfung von Hypothesen oder zur Bestätigung von Aussagen oder Theorien;

E 5 führen qualitative und quantitative experimentelle Untersuchungen – den chemischen Arbeitsweisen und Sicherheitsregeln entsprechend – durch, protokollieren sie und werten diese aus;

E 6 nutzen digitale Werkzeuge und Medien zum Aufnehmen, Darstellen und Auswerten von Messwerten, für Berechnungen, Modellierungen und Simulationen;

E 7 wählen geeignete Real- oder Denkmodelle (z. B. Atommodelle, Periodensystem der Elemente) aus und nutzen sie, um chemische Fragestellungen zu bearbeiten.

Unabhängig davon, ob Experimente oder Modelle zur Prüfung von Hypothesen herangezogen werden, zeichnet sich ein wissenschaftliches Vorgehen dadurch aus, dass durch eine gewissenhafte Variablenkontrolle Fehlinterpretationen nach Möglichkeit vermieden werden. Gerade mit der selbstständigen Identifikation relevanter Kontrollvariablen haben Lernende bis zum mittleren Schulabschluss jedoch häufig Probleme, sodass die Kompetenz bis zum Abitur weiter ausgebaut werden muss (**E 4**). Bezogen auf die experimentellen Untersuchungen spielen sowohl qualitative als auch quantitative Verfahren in der Chemie eine wichtige Rolle. Lernende sollen daher nicht nur in der Lage sein, diese fachgerecht und sicher durchzuführen, sondern auch, diese so zu protokollieren und auszuwerten, dass die experimentellen Ergebnisse zielführend in den Prozess der Erkenntnisgewinnung einfließen (**E 5**). In chemischen Laboren hat die Digitalisierung von Arbeitsprozessen schon lange Einzug gehalten. Die oft komplexen technischen Verfahren und kostenintensiven Geräte stehen in den Schulen in der Regel jedoch nicht zu Verfügung und wären dort auch nicht adäquat einsetzbar. Dennoch nimmt die Verfügbarkeit digitaler Werkzeuge zur Erfassung, Darstellung und Auswertung von Messwerten für den schulischen Kontext stetig zu. Auch entsprechende Software für Modellierungen und Simulationen sind verfügbar. In Übereinstimmung mit der KMK-Strategie zur Bildung in der digitalen Welt sollen Lernende bis zum Abitur daher über entsprechende Kompetenzen zur Nutzung solcher digitalen Werkzeuge verfügen (**E 6**). Neben experimentellen Untersuchungen spielen Modelle in der Chemie eine wichtige Rolle in der Erkenntnisgewinnung. Auf der submikroskopischen Ebene lassen sich Stoffe und Reaktionen nur modellhaft beschreiben, sodass hier insbesondere abstrakte Denkmodelle eine wichtige Rolle spielen. Aber auch Realmodelle, z. B. zur Modellierung von technischen Prozessen sind in der Chemie von Bedeutung. Lernende müssen daher über entsprechende Kompetenzen verfügen, um auch Modelle zu Bearbeitung von chemischen Fragestellungen zu nutzen (**E 7**).

Teilbereich 3: Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren

Eine wissenschaftspropädeutische schulische Ausbildung kommt darüber hinaus nicht ohne ein gutes Reflexionsvermögen aus, die entsprechenden Kompetenzen bilden sich in vier Standards ab:

Die Lernenden …

E 8 finden in erhobenen oder recherchierten Daten Strukturen, Beziehungen und Trends, erklären diese theoriebezogen und ziehen Schlussfolgerungen;

E 9 diskutieren Möglichkeiten und Grenzen von Modellen;

E 10 reflektieren die eigenen Ergebnisse und den eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung;

E 11 stellen bei der Interpretation von Untersuchungsbefunden fachübergreifende Bezüge her.

Insbesondere bei der Auswertung quantitativer Daten ist es wichtig die experimentell oder am Modell gewonnenen Daten sinnvoll zu strukturieren, um darin Beziehungen und Trends erkennen zu können. Diese Methoden sollen aber keine isolierte Tätigkeit bleiben, sondern zur Erweiterung von Sachkompetenzen genutzt werden können. Daher müssen sie im Unterricht sinnvoll zu Theorien in Beziehung gesetzt werden, um Schlussfolgerungen aus den Daten ziehen zu können (**E 8**). Insbesondere bei der Nutzung von Modellen ist zu beachten, dass diese in der Regel einem bestimmten Zweck angepasst sind. Modelle müssen daher immer in Bezug zum Zweck gesetzt und beurteilt werden. Der kompetente Umgang mit Modellen umfasst daher nicht nur die Fähigkeiten, mit Modellen zweckbezogen Erkenntnisse gewinnen zu

können, sondern auch die Fähigkeiten, Möglichkeiten und Grenzen von Modellen zweckbezogen beurteilen zu können (**E 9**). Unabhängig davon, ob Ergebnisse aus Experimenten oder Modellen stammen, ist es immer notwendig, die Sinnhaftigkeit der Ergebnisse und den Prozess zu Erlangung der Ergebnisse kritisch zu reflektieren (**E 10**). Nur so können Prozesse der Erkenntnisgewinnung sinnvoll ausgewählt und optimiert werden. Da sich viele Probleme nicht nur aus dem Blickwinkel der Chemie betrachten lassen und reale Probleme in der Regel selten von einem Fach bestimmt oder gelöst werden, soll auch im Chemieunterricht die Kompetenz erworben werden, fachübergreifende Bezüge zu erkennen und zu berücksichtigen (**E 11**).

Teilbereich 4: „Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren“

Der vierte Teilbereich der Standards im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung nimmt die Merkmale naturwissenschaftlicher Erkenntnisse näher in Betracht:

Der diesem Teilbereich zugeordnete Standard

Die Lernenden …

E12 reflektieren Möglichkeiten und Grenzen der gewonnenen Erkenntnisse sowie des Erkenntnisgewinnungsprozesses (z. B. Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Wertfreiheit, Intersubjektivität, logische Widerspruchsfreiheit, Vorläufigkeit).

nimmt Bezug auf verschiedene Merkmale des naturwissenschaftlichen Wissens. Naturwissenschaftliches Wissen ist empirisch geprägt und daher immer vorläufig und kann sich im Lauf der Zeit ändern, wie zum Beispiel an der Entwicklung von Atommodellen gut zu erkennen ist. Trotz eines hohen Anspruchs an die Objektivität und Reproduzierbarkeit der Erkenntnisse sind diese doch immer zu einem gewissen Grad auch subjektiv, da sie z. B. auch durch den persönlichen Hintergrund des Forschenden, seine Einstellungen und Möglichkeiten geprägt werden. Die Lernenden sollen daher über die Kompetenz verfügen, diese Merkmale zu charakterisieren und zu reflektieren.

3 Konkretisierung der Standards in Lernaufgaben

Die erste Gruppe von Standards (**E 1-E 3**) bildet den Kompetenzteilbereich *Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden* und spielt daher eine wichtige Rolle z. B. im problemorientierten Unterricht. Die beispielhaften Lernaufgaben sind ebenfalls oftmals problemorientiert gestaltet. Bei der Nutzung im Unterricht können natürlich im Material bereits vorgegebene Fragestellungen auch gemeinsam mit den Lernenden im Unterricht entwickelt und anschließend auf Basis des Materials bearbeitet werden.

Der Standard **E 1** (Die Lernenden leiten chemische Sachverhalte aus Alltagssituationen ab.) steht im Unterricht oft am Anfang des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozesses. In der Lernaufgabe Aufgabe *Aluminium – ein Leichtmetall mit schweren Folgen?* kann er daher der Einstiegsaufgabe 1.1 zugeordnet werden. Im Zentrum der gesamten Lernaufgabe steht die Verwendung von Aluminium in verschiedenen Alltagsprodukten. So stellt sich zum Beispiel die Frage, warum Aluminium in modernen Produkten wie Flugzeugen zum Teil als elektrischer Leiter verbaut wird, aber sich grundsätzlich gegen Kupfer nicht durchgesetzt hat. Aus dieser Alltagssituation leiten die Lernenden die Frage ab, welche chemischen Eigenschaften zur Klärung dieser Frage herangezogen werden können. Bei der Bearbeitung der Aufgabe nutzen sie im Anschluss ihre Sachkompetenz über das Elektronengasmodell zur

Beschreibung metallischer Eigenschaften, wie z. B. der elektrischen Leitfähigkeit und bewerten im Vergleich mit Kupfer den Einsatz von Aluminium in Elektrokabeln. Der Standard **E 2** (Die Lernenden identifizieren und entwickeln zu chemischen Sachverhalten Fragestellungen.) ist mit dem ersten Standard eng verwandt. In den beispielhaften Lernaufgaben ist die Fragestellung meist vorgegeben, um den Aufgaben eine Struktur zu geben. Die Lernaufgaben sind aber explizit so gestaltet, dass sie modular in den Unterricht integriert werden können. Am Beispiel der Lernaufgabe Aufgabe *Aluminium – ein Leichtmetall mit schweren Folgen?* können im Prinzip zu allen Teilaufgaben auch selbstständig Fragestellungen entwickelt werden – insbesondere Modul 3 der Aufgabe bietet sich aufgrund seines hohen Alltagsbezugs dazu an. Der Standard **E 3** (Die Lernenden entwickeln theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen.) schließt sich logisch an die ersten beiden Standards an, und wird zum Beispiel in der Lernaufgabe *Ungetrübtes Badevergnügen* aufgegriffen. In Teilaufgabe 1 wird grundlegendes Fachwissen zum chemischen Gleichgewicht sowie zur Säure-Base-Reaktionen im Kontext der Schwimmbaddesinfektion angewendet. Auf Basis dieses Wissens können die Lernenden eigene Hypothesen zur Funktion von Natriumcarbonat in sogenannten Chlorreinigern aufstellen.

Die zweite Gruppe von Standards (**E 4-E 7**) bilden den Kompetenzteilbereich *Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen*. Da die Untersuchung naturwissenschaftlicher Sachverhalte ein zentraler Aspekt der Lernaufgaben ist, werden diese Standards in fast allen Lernaufgaben adressiert.

In der Aufgabe *Sofort-Kälte-Kompressen* steht der Standard **E 4** (Die Lernenden planen, ggf. unter Berücksichtigung der Variablenkontrolle, experiment- oder modellbasierte Vorgehensweisen, auch zur Prüfung von Hypothesen oder zur Bestätigung von Aussagen oder Theorien.) im Zentrum der dritten Teilaufgabe. Zunächst planen die Lernenden mit zur Auswahl gestellten Materialien einen Versuch zur Ermittlung der Lösungsenthalpie von Harnstoff. Dazu führen sie eine kalorimetrische Untersuchung durch, protokollieren sie und werten sie aus. Hier werden explizit auch mögliche Fehlerquellen (z. B. der Wärmemaustausch mit der Umgebung oder die Wärmekapazität des Kalorimeters) im Sinne der Variablenkontrolle in Aufgabe 3c thematisiert. Dieselbe Aufgabe kann daher auch als Beispiel für den Standard **E 5** (Die Lernenden führen qualitative und quantitative experimentelle Untersuchungen – den chemischen Arbeitsweisen und Sicherheitsregeln entsprechend – durch, protokollieren sie und werten diese aus.) herangezogen werden. Zur Illustration der Standards **E 6** (Die Lernenden nutzen digitale Werkzeuge und Medien zum Aufnehmen, Darstellen und Auswerten von Messwerten, für Berechnungen, Modellierungen und Simulationen.) und **E 7** (Die Lernenden wählen geeignete Real- oder Denkmodelle, z. B. Atommodelle, Periodensystem der Elemente, aus und nutzen sie, um chemische Fragestellungen zu bearbeiten.) kann die Lernaufgabe *Carbon Capture and Storage: eine vielversprechende Strategie?* genutzt werden. In der Lernaufgabe geht es darum, wie die Kohlenstoffdioxid-Emissionen aus Kohlekraftwerken durch CO_2-Abtrennung und -lagerung verringert werden können und wie Kohlenstoffdioxid über eine Bindung in Silicaten dauerhaft gespeichert werden kann. In Teilaufgabe 3.2 wird in diesem Zusammenhang mit digitalen Messgeräten die Änderung der Leitfähigkeit eines Mineralwasserfiltrats in Abhängigkeit von der Anzahl der Kohlenstoffdioxid-Sequestrierungen mit Hilfe von Olivin ermittelt (Bezug zu **E 6**). In Teilaufgabe 3.1 wird hingegen die Bindigkeit von Silicium-Atomen in Siliciumdioxid unter Verwendung des Periodensystems und von Bindungsmodellen geklärt (Bezug zu **E 7**).

Die dritte Gruppe von Standards (**E 8-E 11**) nimmt das Ergebnis des Erkenntnisgewinnungsprozesses stärker in den Blick und bildet den Kompetenzteilbereich *Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren* ab. Zur Illustration der Standards **E 8** (Die Lernenden finden in erhobenen oder recherchierten Daten Strukturen, Beziehungen und Trends, erklären diese theoriebezogen und ziehen Schlussfolgerungen.) und **E 11** (Die Lernenden

stellen bei der Interpretation von Untersuchungsbefunden fachübergreifende Bezüge her.) wird die Aufgabe *Ist Sport Mord?* herangezogen, während zur Illustration der Standards **E 9** (Die Lernenden diskutieren Möglichkeiten und Grenzen von Modellen.) und **E 10** (Die Lernenden reflektieren die eigenen Ergebnisse und den eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung.) die Aufgabe *Hart, härter, Duroplast* dient. Bei der ersteren Aufgabe geht es um den Effekt, dass beim Sport entstehende Milchsäure den pH-Wert des Blutes absenkt, während durch schnelles Atmen das Kohlenstoffdioxid aus dem Blut herausgetrieben wird und der pH-Wert wieder ansteigt. Zur Simulation dieses Effekts wird in Teilaufgabe 2.4 ein entsprechendes Modellexperiment durchgeführt. Die im Experiment gefundene Zunahme des pH-Werts muss als Trend erkannt und mit Hilfe des Prinzips von Le Châtelier theoriebezogen interpretiert werden. Dieser Befund wird (zusammen mit weiteren Ergebnissen der Lernaufgabe) genutzt, um die Frage zu beantworten, warum ein Sportler einen schnellen Sprint überleben kann, ohne dass ihm eine Verschiebung des pH-Werts im Blut gefährlich wird. Damit werden die Ergebnisse auch fachübergreifend mit Blick auf die in den Fächern Biologie und Sport wichtigen physiologischen Prozesse interpretiert (Bezug **E 11**). Die Lernaufgabe *Hart, härter, Duroplast* nutzt hingegen verschiedene Modelle, um die Eigenschaften von Duroplasten und die Reaktionsschritte zu deren Herstellung zu untersuchen. Dabei vergleichen die Lernenden in Teilaufgabe 3.2 und 3.3 verschiedene Baukästen in Hinblick auf ihre Möglichkeiten und Grenzen zur Darstellung der Monomere und der Modellierung der Syntheseschritte (Bezug **E 9** und **E 10**).

Der vierte Teilbereich *Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren* fokussiert die Merkmale naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und wird durch den Standard **E 12** repräsentiert.

Der Standard **E 12** (Die Lernenden reflektieren Möglichkeiten und Grenzen der gewonnenen Erkenntnisse sowie des Erkenntnisgewinnungsprozesses, z. B. Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Wertfreiheit, Intersubjektivität, logische Widerspruchsfreiheit, Vorläufigkeit.) wird in der Lernaufgabe *Carbon Capture and Storage: eine vielversprechende Strategie?* aufgegriffen.

4 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)