

Leitfaden zu den Fachanforderungen Chemie

Allgemein bildende Schulen

Sekundarstufe I

Sekundarstufe II

2. überarbeitete Auflage

Impressum

Herausgeber: Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur des Landes Schleswig-Holstein
Brunswiker Straße 16 -22, 24105 Kiel

Layout: Stamp Media GmbH, Agentur für Kommunikation & Design, Medienhaus Kiel, Ringstraße 19, 24114 Kiel, www.stamp-media.de

Druck: Schmidt & Klaunig, Druckerei & Verlag seit 1869, Medienhaus Kiel, Ringstraße 19, 24114 Kiel, www.schmidt-klaunig.de
Kiel, Juni 2022, 2. überarbeitete Auflage

Die Landesregierung im Internet: www.schleswig-holstein.de

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der schleswig-holsteinischen Landesregierung herausgegeben.
Bestellungen können unter www.fachanforderungen.de aufgegeben werden.

Sie darf weder von Parteien noch von Personen, die Wahlwerbung oder Wahlhilfe betreiben, im Wahlkampf zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Leitfaden zu den Fachanforderungen Chemie

Allgemein bildende Schulen

Sekundarstufe I

Sekundarstufe II

2. überarbeitete Auflage

Inhalt

I Einleitung	4
II Hinweise zur Kompetenzorientierung	5
1 Der Chemieunterricht im Kontext naturwissenschaftlicher Grundbildung	5
2 Bildung für nachhaltige Entwicklung	6
3 Kompetenzen und Basiskonzepte	6
3.1 Naturwissenschaftliche Kompetenz.....	6
3.2 Kompetenzbereiche	7
3.3 Aufbau und Zusammenhang der Basiskonzepte.....	8
III Hinweise für den Unterricht	11
1 Grundlegende Prinzipien	11
2 Verknüpfung von situationsbezogenem und systematischem Lernen	11
3 Die Rolle des Experiments im Chemieunterricht	12
4 Grundsätzliches zur Arbeit mit Modellen	13
5 Mathematisierung im Chemieunterricht	15
6 Hinweise zum schulinternen Fachcurriculum	16
6.1 Erstellen des schulinternen Fachcurriculums	16
6.2 Planungsbeispiele für die Sekundarstufe I	20
6.3 Die Förderung der prozessbezogenen Kompetenzen in der Sekundarstufe I am Beispiel ausgewählter Unterrichtseinheiten	33
6.4 Planungsbeispiele für die Sekundarstufe II	37
6.5 Die Förderung der Kompetenzen in den Bereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung in der Sekundarstufe II am Beispiel ausgewählter Unterrichtseinheiten	57

IV Die Förderung der Sprachkompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht - durchgängige Sprachbildung im Chemieunterricht	61
1 Sprachebenen im Chemieunterricht	61
2 Darstellungsebenen	62
3 Methoden zur Unterstützung des Erwerbs der Bildungs- und der Fachsprache	63
3.1 Planung des Unterrichts - Berücksichtigung der Sprachbildung	63
3.2 Das Unterrichtsgespräch - Hören und Sprechen.....	63
3.3 Vermittlung von Wortschatz - Wortschatzarbeit	64
3.4 Leseförderung - Didaktisieren von Texten	65
4 Eine gemeinsame Fachsprache für die Naturwissenschaften	65
V Einsatz digitaler Medien im Chemieunterricht	67
VI Die Rolle der Aufgaben im Chemieunterricht	70
1 Aufgabekultur im Fach Chemie - Lern- und Leistungsaufgaben	70
2 Gleichwertige Leistungen in der Sekundarstufe II	71
3 Hinweise zur Gestaltung von experimentellen Aufgaben zur Leistungsmessung	72
VII Literatur	73

I Einleitung

Dieser Leitfaden soll Lehrkräfte und Fachschaften dabei unterstützen, Unterricht auf der Grundlage der Fachanforderungen zu planen. Dabei steht die Unterstützung bei der Erstellung und Fortschreibung des schulinternen Fachcurriculums im Mittelpunkt.

Die Fachanforderungen verzichten auf kleinschrittige Detailregelungen. Themen und Inhalte sind nicht einzelnen Jahrgangsstufen zugeordnet, weil eine solche Zuordnung neben pädagogischen und didaktischen Abwägungen auch von der Ausgestaltung der Kontingenzstundentafel an der Schule abhängt. Es ist Aufgabe des schulinternen Fachcurriculums, die zentralen Inhalte und Kompetenzen, die in den Fachanforderungen ausgewiesen sind, über die einzelnen Jahrgangsstufen hinweg aufzubauen (Fachanforderungen Chemie, 2022, Kapitel 4). Der Leitfaden soll die Fachschaften bei der Erstellung und Fortschreibung dieses schulinternen Fachcurriculums unterstützen, indem er folgende Aspekte in den Blick nimmt:

- den curricularen Aufbau der Basiskonzepte
- Vorschläge für die kontext- und kompetenzorientierte Planung des Unterrichts
- Anregungen zur Erstellung eines schulinternen Fachcurriculums
- die Umsetzung der durchgängigen Sprachbildung im Chemieunterricht.

II Hinweise zur Kompetenzorientierung

1 Der Chemieunterricht im Kontext naturwissenschaftlicher Grundbildung

In unserer Gesellschaft gehören Naturwissenschaften und Technik zu den gesamtgesellschaftlichen Bereichen und Entwicklungen, die unseren Alltag und unsere Identität prägen. Das Wechselspiel zwischen naturwissenschaftlicher Erkenntnis und technischer Anwendung bewirkt Fortschritte auf allen Gebieten. Ein grundsätzliches Verständnis naturwissenschaftlicher Phänomene, Zusammenhänge und Methoden sollte daher zu den unentbehrlichen Elementen einer zeitgemäßen Allgemeinbildung gehören. Dieses Anliegen wird in der Didaktik unter der Bezeichnung naturwissenschaftliche Grundbildung „Scientific Literacy“ diskutiert.

„Naturwissenschaftliche Grundbildung ermöglicht dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklung und naturwissenschaftliche Forschung und ist deshalb wesentlicher Bestandteil der Allgemeinbildung. Ziel naturwissenschaftlicher Grundbildung ist es, Phänomene erfahrbar zu machen, die Sprache und Historie der Naturwissenschaften zu verstehen, ihre Ergebnisse zu kommunizieren sowie sich mit ihren spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen auseinanderzusetzen.“²

Das Besondere an diesem Konzept ist, dass die erworbenen naturwissenschaftlichen Kompetenzen und Erkenntnisse als integrale Bestandteile Eingang in das alltägliche Denken und Handeln finden sollen. Aufgabe des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist es daher, die Entwicklung von Fähigkeiten, Fertigkeiten und Haltungen der Lernenden zu fördern, die verantwortliches Handeln auf der Basis eines naturwissenschaftlichen Verständnisses im Alltag ermöglichen.

Die Deutung naturwissenschaftlicher Phänomene ist stets auch mit fehlerhaften Vorstellungen verbunden. Wie in der Wissenschaft gilt es auch im Unterricht, diese Vorstellungen kritisch zu hinterfragen und angemessenere Erklärungen und Modellvorstellungen zu entwickeln. Diese Lernprozesse müssen von der Lehrkraft initiiert und unterstützt werden. Sie führen dazu, dass der aktuelle Wissensstand immer wieder revidiert und durch ein besseres Verständnis der Zusammenhänge erweitert und vertieft wird. Naturwissenschaftliche Grundbildung hat somit den Anspruch, Einfluss auf das alltägliche Denken und Handeln der jungen Menschen zu nehmen. Sie wird im Wesentlichen durch prozedurale und konzeptuelle Aspekte gekennzeichnet, die durch die folgenden Fähigkeiten bestimmt werden:

- Erkennen von Fragestellungen, die mit naturwissenschaftlichen Zugängen bearbeitet werden können
- Beschreibung, Vorhersage und Erklärung naturwissenschaftlicher Phänomene
- Verständnis grundlegender naturwissenschaftlicher Basiskonzepte
- Vertrautheit mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen
- Verwendung von Fachsprache in der fachlichen Kommunikation und Umgang mit unterschiedlichen Repräsentationen
- Kritische Reflexion der Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnis

In der Sekundarstufe II werden die Kompetenzen, deren Grundlagen in der Sekundarstufe I gelegt wurden, aufgegriffen, vertieft und weiterentwickelt. Dabei steigen der Abstraktionsgrad sowie der Grad der Mathematisierung und des wissenschaftspropädeutischen Arbeitens.

¹ Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2005): Beschlüsse der Kultusministerkonferenz – Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München (Luchterhand).

2 Bildung für nachhaltige Entwicklung

Der Bildungsauftrag der Schule und damit auch des naturwissenschaftlichen Unterrichts beschränkt sich nicht allein auf die Vermittlung und Nutzung von Wissen in unterrichtlichen Zusammenhängen. Der naturwissenschaftliche Unterricht soll die Schülerinnen und Schüler vor allem befähigen, sich mit gesellschaftlich relevanten Fragen im Sinne der Kernprobleme des gesellschaftlichen Lebens (Fachanforderungen Chemie, 2022, S. 8 f.) auseinanderzusetzen.

Im naturwissenschaftlichen Unterricht spielen dabei die „Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen“ und die „Technikfolgenabschätzung“ zentrale Rollen. Aber auch die Fragen nach dem „Zusammenleben in der einen Welt“, nach „Demokratie“, „Gleichberechtigung“ und „Frieden“ müssen berücksichtigt werden. Das Konzept der **Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)** ist für den naturwissenschaftlichen Unterricht sehr gut geeignet, diesen Bildungsauftrag zu erfüllen, indem die Themen des Unterrichts nicht nur unter naturwissenschaftlicher Perspektive betrachtet werden, sondern stets die ökologischen, ökonomischen und sozialen Implikationen unseres Handelns untersucht und bewertet werden. Zu vielen Unterrichtsthemen können Unterrichtsprjekte entwickelt werden, die den Schülerinnen und Schülern ein Probehandeln in realitätsnahen Zusammenhängen ermöglichen. Dadurch werden sie befähigt, verantwortlich Entscheidungen für die Gegenwart und die Zukunft zu treffen und abzuschätzen, wie sich das eigene Handeln auf die Umwelt, auf die Gesundheit und auf andere Menschen und Lebewesen auswirkt. Dieses Wissen über nachhaltige Entwicklung gilt es im täglichen Leben und somit auch in der Schule und im Unterricht anzuwenden. Der Unterricht nach dem Konzept der **Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)** fördert folgende Fähigkeiten:

- vorausschauendes Denken
- interdisziplinäres Wissen

- autonomes Handeln
- Partizipation an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen

Schülerinnen und Schüler erfahren, dass ihr Handeln Konsequenzen für jeden Einzelnen, für das eigene Umfeld und für andere hat. Sie werden aber auch ermutigt, selbst aktiv zu werden und das eigene Handeln nachhaltig zu gestalten. Ein solches Denken und Handeln ist dringend notwendig, um Veränderungen anzustoßen und drängende globale Probleme, wie den Raubbau an der Natur oder die ungleiche Verteilung von Reichtum, anzugehen.

3 Kompetenzen und Basiskonzepte

3.1 Naturwissenschaftliche Kompetenz

Die Lernenden sollen befähigt werden, heute und in Zukunft mithilfe erworbenen Fachwissens und erworbener fachspezifischer Kompetenz verantwortlich mit sich selbst, mit anderen Menschen und mit der Natur umzugehen.

„Kompetenzen beruhen vor allem auf erlernbaren, kognitiv verankerten – weil wissensbasierten – Fähigkeiten und Fertigkeiten und auch auf Haltungen, die auf eine erfolgreiche Bewältigung zukünftiger Anforderungen in Alltags- und Berufssituationen zielen. Über derartige Anforderungen sind Kompetenzen funktional bestimmt, erlernbar und überprüfbar. Handeln als reflektive Anwendung von Fähigkeiten und Fertigkeiten in Verbindung mit Wissen bewirkt sowohl eine Entwicklung des Wissens als auch des Handelns. Erfahrungen werden beim Handeln vor dem Hintergrund von vorhandenem Wissen und Können reflektiert und kontinuierlich verändert.“⁴

Derartiges schulisches Lernen legt damit Grundlagen für ein lebenslanges Lernen.

2 ebenda

3 Deutsches Pisa-Konsortium (Hrsg.) (2000): Schülerleistungen im internationalen Vergleich: Eine neue Rahmenkonstruktion für die Erfassung von Wissen und Fähigkeiten. Berlin (Max-Planck-Institut für Bildungsforschung).

4 Fortbildungskonzepte und -materialien zur kompetenz- bzw. standardorientierten Unterrichtsentwicklung (2009), unter: www.kmk-format.de, abgerufen am 07.07.2022.

5 Weinert, F. E.: Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert, F. E. (Hrsg.) (2001) Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim und Basel (Beltz Verlag) S. 17-31.

Weinert beschreibt Kompetenzen als „bei Individuen verfügbare oder von ihnen erlernbare kognitive Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“.⁵

Schülerinnen und Schüler sind kompetent, wenn sie zur Bewältigung von Anforderungssituationen

- auf vorhandenes Wissen zurückgreifen und sich benötigtes Wissen beschaffen,
- die zentralen Zusammenhänge des Lerngebietes erkennen und verstanden haben,
- angemessene Lösungswege wählen,
- Lösungswege kreativ erproben,
- bei ihren Handlungen auf verfügbare Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten zurückgreifen und
- das Ergebnis ihres Handelns an angemessenen Kriterien überprüfen

3.2 Kompetenzbereiche

In Anlehnung an die KMK-Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss erfolgt die fachliche Ausprägung des Kompetenzbegriffs im Fach Chemie in der Sekundarstufe I durch Unterteilung in die prozessbezogenen Kompetenzen „Erkenntnisgewinnung“, „Kommunikation“ und „Bewertung“ (Fachanforderungen Chemie, 2022, Kapitel 2.1) sowie die inhaltsbezogenen Kompetenzen zum „Umgang mit Fachwissen“ (Fachanforderungen Chemie, 2022, Kapitel 2.2).

Die Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife unterteilen die gesamte Fachkompetenz der Lernenden in die Bereiche Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz, Kommunikationskompetenz und Bewertungskompetenz.

Die folgende Grafik soll veranschaulichen, wie die Kompetenzbereiche auf der Grundlage von Basiskonzepten

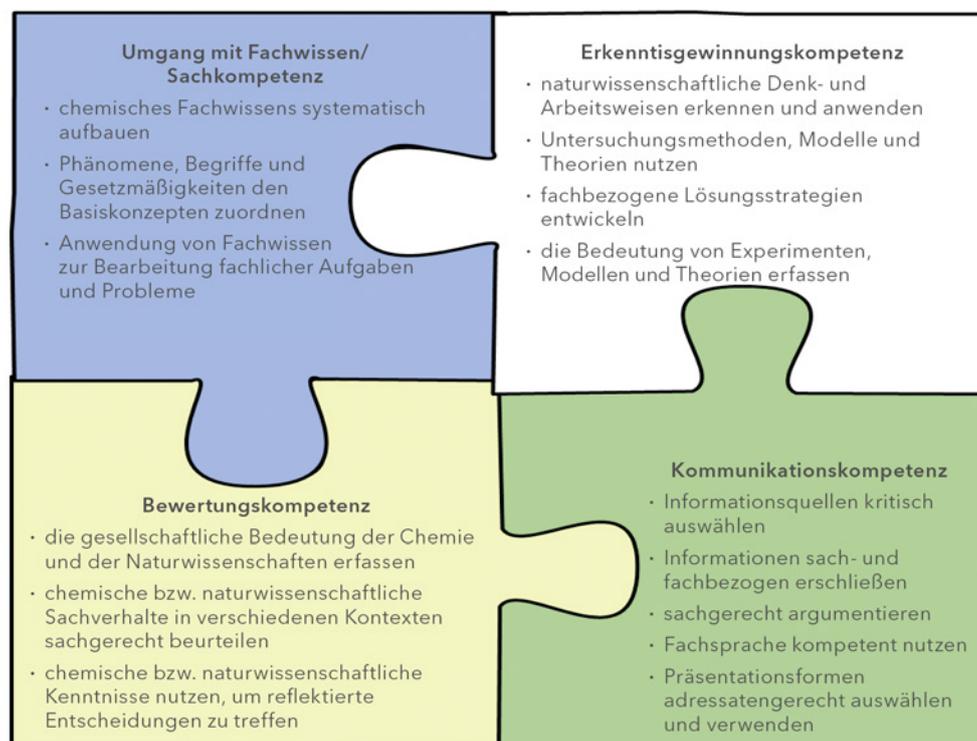


Abb. 1: Das Zusammenspiel der Kompetenzbereiche bei der Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen

Naturwissenschaftliche Kompetenz setzt Fachwissen voraus. Die kompetente Bearbeitung von Fragestellungen im Fach Chemie erfordert den **Umgang mit diesem Fachwissen** (für die Sekundarstufe II: **Sachkompetenz**) im Zusammenspiel mit den Kompetenzen der Bereiche Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung.

Schülerinnen und Schüler eignen sich dieses Wissen zu ihren Fragestellungen an, indem sie Texte lesen, Experimente durchführen und auswerten (Erkenntnisgewinnung), darüber kommunizieren und Sachverhalte begründet bewerten.

3.3 Aufbau und Zusammenhang der Basiskonzepte

Die Basiskonzepte strukturieren und beschreiben die fachwissenschaftlichen Inhalte und sollen dadurch das Verständnis von naturwissenschaftlichen Phänomenen und Zusammenhängen erleichtern.

Das Fach Chemie hat einen spezifischen Zugriff auf die Welt. Der Chemiker betrachtet Stoffe und Stoffumwandlungen und ihre energetischen Zustände; er beschreibt Stoffumwandlungen durch Reaktionsschemata; er systematisiert die Vielfalt durch Blick auf die atomare Zusammensetzung und atomare Konstellation und nutzt dabei die Gesetzmäßigkeiten des Periodensystems der Elemente; er nutzt diese Erkenntnisse, um Stoffe zielgerichtet zu analysieren und herzustellen. Die atomare Deutung steht im Mittelpunkt.⁶ Die KMK definiert das, was der Chemieunterricht in der Schule leisten soll, folgendermaßen:

„Die Chemie untersucht und beschreibt die stoffliche Welt unter besonderer Berücksichtigung der chemischen Reaktion als Einheit aus Stoff- und Energieumwandlung durch Teilchen- und Strukturveränderung und Umbau chemischer Bindungen. Damit liefert die Chemie Erkenntnisse über den Aufbau und die Herstellung von Stoffen sowie für den sachgerechten Umgang mit ihnen.“⁷

Für den fachlichen Aufbau des Chemieunterrichts werden vier Basiskonzepte formuliert:

Sekundarstufe I	Sekundarstufe II
das Stoff-Teilchen-Konzept	das Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen
die Struktur-Eigenschafts-Beziehungen	
das Konzept der chemischen Reaktion	das Konzept der chemischen Reaktion
das Energiekonzept	das Energiekonzept

In der Sekundarstufe II werden das **Stoff-Teilchen-Konzept** und das **Konzept der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen** zum **Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen** zusammengefasst.

Die Basiskonzepte stellen „eine strukturierte Vernetzung aufeinander bezogener Begriffe, Theorien und erklärender Modellvorstellungen, die sich aus der Systematik eines Faches zur Beschreibung elementarer Prozesse und Phänomene als relevant herausgebildet haben“ dar. Sie stellen Denkschemata dar, mit denen Beobachtbares (zum Beispiel die Änderung von Stoffeigenschaften durch eine chemische Reaktion) oder unzweifelhaft Bestehendes (zum Beispiel Atome) erklärt werden können und dadurch erst verstehbar werden.⁹

Die Basiskonzepte beinhalten zentrale, aufeinander bezogene Begriffe, Modellvorstellungen und Systematiken. Sie werden Schritt für Schritt durch alle Jahrgangsstufen hindurch in unterschiedlichen Zusammenhängen immer wieder aufgegriffen und weiter ausdifferenziert. So kann ein grundsätzliches Verständnis für naturwissenschaftliche Prozesse entstehen.

Die Basiskonzepte sollen das Verständnis von Phänomenen und Zusammenhängen erleichtern. Im Unterricht setzen sich die Lernenden mit Fachfragen auseinander.

6 Rehm, M., Stäudel, L. (2012): Grundbegriffe und Basiskonzepte der Chemie. In: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie. Friedrich-Verlag, Heft 128.

7 Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2005): Beschlüsse der Kultusministerkonferenz – Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München (Luchterhand), S. 6.

8 Rost, J. (2002): Umweltbildung – Bildung für eine nachhaltige Entwicklung: Was macht den Unterschied? In: ZEP: Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik 25, S. 7-12.

9 Rehm, M., Stäudel, L. (2012): Grundbegriffe und Basiskonzepte der Chemie. In: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, Heft 128.

Sie sollen wiederkehrende Muster, die als „Basiskonzepte“ beschrieben werden, erkennen. Damit die Lernenden aus den exemplarischen Unterrichtsthemen allgemeine Erkenntnisse entwickeln können, muss der kumulative Aufbau der Basiskonzepte von der Lehrkraft im Blick behalten werden. So muss bei jeder Planung einer Unterrichtseinheit bedacht werden, welche Aspekte der Basiskonzepte besonders beachtet werden sollen. Dadurch können die Erkenntnisse, die in verschiedenen Unterrichtseinheiten gewonnen werden, zur „Musterbildung“, also zur Verknüpfung und zum Transfer auf eine allgemeine Erkenntnisebene genutzt werden. Erst auf dieser Erkenntnisebene ist problemlösendes Denken und Handeln möglich.

Ein möglicher curricularer Aufbau der Basiskonzepte in der Sekundarstufe I

Die folgenden Ausführungen sollen den Aufbau der Basiskonzepte veranschaulichen.

Die im Chemieunterricht behandelten Inhalte können auf verschiedenen Abstraktionsebenen gedeutet werden. Ausgehend von Gegenständen werden Stoffe thematisiert, deren Bausteine anschließend immer weiter im submikroskopischen Bereich ausdifferenziert werden. Der curriculare Weg zum Aufbau der Basiskonzepte kann als „Lehrlinie“ dargestellt werden. Die Schülerinnen und Schüler sollen auf der Basis dieser Planung im Laufe des Unterrichts ein kumulatives und zunehmend vernetztes Verständnis der komplexen Basiskonzepte der Wissensbestände hinzugefügt. Ziel ist es, neue Erklärungsebenen mit bereits vorhandenen so zu verknüpfen, dass diese wieder aufgegriffen und vertieft werden können.

• Das Stoff-Teilchen-Konzept

Zentrale Bedeutung hat im Unterricht der Sekundarstufe I der Aufbau des Stoff-Teilchen-Konzepts. Die Unterscheidung zwischen der stofflichen Ebene und der Teilchenebene sowie der immer differenziertere Aufbau der Teilchen bilden die Basis für die Betrachtung der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen, der chemischen Reaktion und der energetischen Phänomene. Beginnend mit einer einfachen Teilchenvorstellung wird über die gesamte Lernzeit der Sekundarstufe I ein immer differenzierteres Verständnis vom Aufbau der Materie geschaffen (siehe auch Abb. 4, Seite 21):

Teilchenvorstellung ↔ **Atommodell nach Dalton (ohne die Aussage zur Unteilbarkeit der Atome)** ↔ **Atommodell nach Rutherford** ↔ **Schalenmodell beziehungsweise Energie-stufenmodell** ↔ **Kugelwolkenmodell beziehungsweise Elektronenpaarabstoßungsmodell.**

• Die Struktur-Eigenschafts-Beziehungen

Auch die Struktur-Eigenschafts-Beziehungen können auf den oben genannten Abstraktionsebenen gedeutet werden. Die Deutung der Eigenschaften der Stoffe auf der Basis der Struktur der Teilchen und der Wechselwirkungen zwischen den Teilchen erfolgt auf der Basis der immer differenzierteren Betrachtung des Aufbaus der Materie:

Eigenschaften von Gegenständen ↔ **Eigenschaften von Stoffen** ↔ **Bausteine und Atomsorten** ↔ **Bindungstypen und Stoffklassen** ↔ **Struktur von Verbänden; Wechselwirkungen - intermolekulare Kräfte.**

Somit besteht eine direkte Verbindung zwischen den beiden Basiskonzepten.

Insbesondere in der Sekundarstufe II ist die Beziehung zwischen der Struktur einer chemischen Verbindung und den Eigenschaften des Stoffes zentraler Bestandteil des Unterrichts im Fach Chemie.

• Das Konzept der chemischen Reaktion

Das Basiskonzept der chemischen Reaktion nimmt in den Bildungsstandards einen großen Raum ein. Auch in diesem Bereich kann eine Lehrlinie aufgezeigt werden, die den Konzeptaufbau vom Anfangsunterricht bis hin zur Allgemeinen Hochschulreife verfolgt und den Schülerinnen und Schülern hilft, ein zunehmend vernetztes Verständnis vom Konzept der chemischen Reaktion aufzubauen:

Prozesse ↔ **Stoffbildung und Stoffzerlegung** ↔ **Atom-erhaltung** ↔ **Typisierung von chemischen Reaktionen** ↔ **Steuerung und Dynamik chemischer Reaktionen.**

Auch die Betrachtung der Vorgänge bei einer chemischen Reaktion erfolgt in Anlehnung an die Entwicklung des Verständnisses des Stoff-Teilchen-Konzepts entsprechend der oben genannten Abstraktionsebenen.

• Das Energiekonzept

Bei jeder chemischen Reaktion ist Energie in irgendeiner Form beteiligt. Die Freisetzung von Energie oder die Speicherung von Energie sind für unseren Energiehaushalt fundamental wichtig. Somit muss den energetischen Erscheinungen bei chemischen Reaktionen eine besondere Aufmerksamkeit zukommen.

Die Entwicklung dieses Basiskonzepts ist eng mit den Lehrlinien des Stoff-Teilchen-Konzepts und des Konzepts der chemischen Reaktion verbunden. Auch in diesem Bereich erfolgt die Betrachtung der Vorgänge entsprechend der oben genannten Abstraktionsebenen:

Energieformen, System und Umgebung ↔ **Energieträger, Energiespeicher, Energieumwandlung durch chemische Reaktionen** ↔ **Deutung auf Teilchenebene (Bewegung, Bindungen)** ↔ **Energiestufenmodelle** ↔ **Steuerung, Katalyse.**

In heterogen zusammengesetzten Lerngruppen können nicht alle Schülerinnen und Schüler zeitgleich die gleichen Entwicklungsschritte bewältigen. Die Lernenden werden zwar systematisch an zunehmend abstrakte Erklärungen und differenziertere Modellvorstellungen herangeführt, nicht alle werden jedoch die höheren Stufen beherrschen. Es sollte daher in der Planung berücksichtigt werden, dass Phänomene auf unterschiedlichen Ab-

straktionsebenen betrachtet und erklärt werden können und müssen. Die Lehrkraft muss, besonders in höheren Lernjahren, sowohl den schwächeren Schülerinnen und Schülern helfen, ein für sie höheres Abstraktionsniveau zu erreichen, als auch Wege finden, die guten Schülerinnen und Schüler nicht zu unterfordern.

Die Basiskonzepte Fächer Biologie, Chemie und Physik

Die Basiskonzepte der drei naturwissenschaftlichen Fächer weisen in einigen Bereichen Gemeinsamkeiten auf, sind jedoch in weiten Bereichen auch sehr unterschiedlich. Die folgende Abbildung 2 versucht die konzeptuellen Gemeinsamkeiten aufzuzeigen (fachspezifische Basiskonzepte sind in der Grafik nicht enthalten):

Gemeinsamkeiten mit dem Fach Biologie lassen sich in den Bereichen „Struktur und Funktion“, „Umwandlungen“ sowie „Energie“ feststellen, mit dem Fach Physik können Verbindungen in den Bereichen „Energie“ und „Aufbau der Materie“ hergestellt werden. Im Unterricht der Fächer sollten die konzeptuellen Gemeinsamkeiten für eine Vernetzung der fachlichen Inhalte genutzt werden.

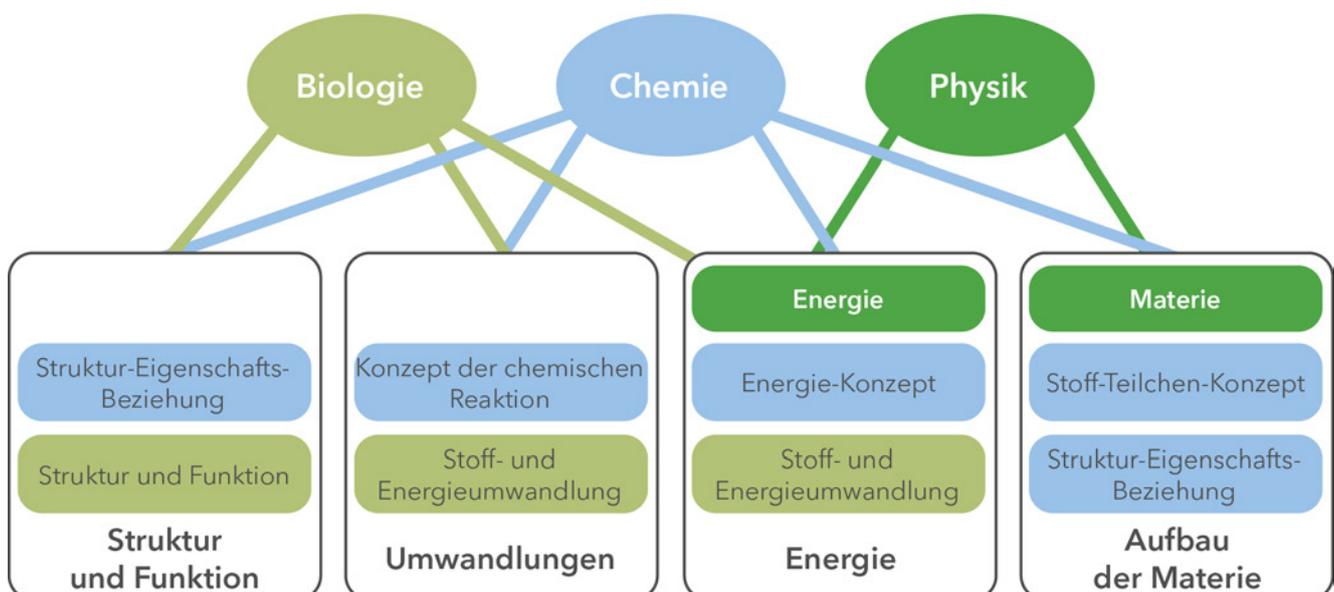


Abb. 2: Gemeinsamkeiten der Basiskonzepte der Fächer Biologie, Chemie und Physik

III Hinweise für den Unterricht

1 Grundlegende Prinzipien

Naturwissenschaftlicher Unterricht, der an den Bildungsstandards orientiert ist und damit die Kompetenzen, die die Schülerinnen und Schüler erwerben sollen, in den Mittelpunkt stellt, orientiert sich an drei didaktischen Fragen¹⁰:

1. Welche Kompetenzen sollen die Schülerinnen und Schüler in den Bereichen „Umgang mit Fachwissen“, „Erkenntnisgewinnung“, „Kommunikation“ und „Bewertung“ nach der Unterrichtseinheit erworben oder weiterentwickelt haben?
2. Was sind die dafür geeigneten und notwendigen Inhalte?
3. Welche Lernprozesse müssen mit den gewählten Inhalten verknüpft werden, um einen möglichst effizienten und nachhaltigen Kompetenzgewinn zu erreichen? Gibt es schülergeeignete Kontexte?

Als Basiswerkzeuge der naturwissenschaftlichen Welterschließung dienen im Unterricht die verschiedenen Erkenntnismethoden der Naturwissenschaften¹¹:

- distanzierteres Beobachten und Analysieren auf der Basis verschiedener Theorien
- Experimentieren
- spezifische Modellbildung und Modelldenken
- Vergleichen und Systematisieren auf der Basis wissenschaftlicher Kriterien

Ein kompetenzorientierter Unterricht muss ein durchdachter Wechsel zwischen verschiedenen Unterrichtsformen sein. Dabei ist auf eine Passung zwischen der angestrebten Kompetenzentwicklung und der geplanten Unterrichtsform zu achten. Informationen finden sich auch in der IQSH-Broschüre „Methoden im Unterricht – Anregungen für Schule und Lehrerbildung“¹².

2 Verknüpfung von situationsbezogenem und systematischem Lernen

Neues Wissen wird in der Regel verbunden mit einer konkreten Situation erworben und verknüpft neue Erfahrungen oder Erkenntnisse mit vorhandenen Wissensstrukturen. Lernprozesse sind umso erfolgreicher, je lernanregender eine Situation gestaltet ist. Zentrale Aspekte der Planung sind daher die Distanz zwischen dem Vorwissen, den Überzeugungen und den Fähigkeiten der Lernenden sowie den zu erreichenden Zielen, die Möglichkeit der Konfrontation/Vernetzung des neuen und vorhandenen Wissens durch die Nähe der Lernsituation zu einer späteren Anwendungssituation. Diese Grundannahmen liegen dem sogenannten kontextbasierten Lernen zugrunde.

Kontexte stellen eine Rahmung für fachliche Lernziele dar. Diese kann eng gefasst eine konkrete Fragestellung oder ein Phänomen sein (zum Beispiel vermittelt über eine Zeitungsmeldung), ebenso aber auch eine umfassendere Thematik sein, die zur Erarbeitung komplexerer Zusammenhänge führt (zum Beispiel die gesellschaftliche Frage nach der Bewertung und Weiterentwicklung von Treibstoffen). Idealerweise werden Kontexte so gewählt, dass sie Lernende zum Nachdenken und Weiterentwickeln ihres Wissens, ihrer Überzeugungen und Fertigkeiten anregen. Ein aus curricularer Sicht geeigneter Kontext muss dabei nicht automatisch für die Lernenden motivierend sein (siehe das Beispiel „Wasch und Reinigungsmittel“ S. 55). Hier gilt es, Ansätze zu erproben und idealerweise gemeinsam mit der Lerngruppe Kontexte im Vorfeld auszuwählen. Die empirische Forschung bietet hier eine Basis.

Der Wechsel zwischen alltagsbezogenen, gesellschaftlichen und berufsbezogenen Kontexten zeigt die verschiedenen Perspektiven und Bedeutungen der Chemie auf und bietet den Lernenden Anregungen für die eigene zukünftige Entwicklung. Ebenso ist ein Wechsel zwischen alltags- und gesellschaftsbezogenen sowie historischen und aktuellen

10 Ziener, G. (2001): Bildungsstandards in der Praxis – Kompetenzorientiert unterrichten. Stuttgart (Kallmeyer).

11 BLK-Expertengruppe (Baumert, J. et al.) (1997): Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts. Bonn, unter: www.blk-bonn.de, abgerufen am 07.07.2022.

12 Institut für Qualitätsentwicklung an Schulen Schleswig-Holstein (IQSH) (Hrsg.) (2011): Methoden im Unterricht – Anregungen für Schule und Lehrerbildung. Kronshagen.

Fragestellungen sinnvoll, um die Bandbreite und kulturelle Relevanz der Chemie zu verdeutlichen.

„Eine Balance zwischen enggeführtem, systematischem Lernen in definierten Wissensdomänen und situationsbezogenem Lernen im praktischen Umgang mit lebensweltlichen Problemen zu finden, ist konstitutiv für die Schule. Wie die Gewichte zu verteilen sind, darüber kann man im Einzelnen streiten. Ihre Verteilung wird vom Alter und Vorwissen der Schüler, von den Schulformen, aber auch von situativen Bedingungen in der einzelnen Schule abhängig sein.“

In den Planungsbeispielen für die Sekundarstufe I sowie für die Sekundarstufe II wird der fachsystematische Aufbau der Basiskonzepte entlang von Unterrichtsthemen dargestellt, die die Wahl unterschiedlicher Kontexte und Leitfragen zulassen.

3 Die Rolle des Experiments im Chemieunterricht

Die Chemie hat sich im Laufe der Jahrhunderte als experimentelle Naturwissenschaft entwickelt. In der Wissenschaft ist das Experiment das Instrument, das über die Gültigkeit von Annahmen, Gesetzmäßigkeiten und Theorien befindet. Auch wenn man heute auf zahlreiche Daten zurückgreifen kann, die meisten Versuche bereits durchgeführt worden sind und theoretische Konzepte die Vorhersage von chemischen Reaktionen und Eigenschaften chemischer Verbindungen ermöglichen, ist Erkenntnisgewinn ohne das Experiment nicht denkbar.¹⁴

In der Fachwissenschaft und im Chemieunterricht hat das Experiment unterschiedliche Funktionen:

- Bei chemischen Vorgängen kann häufig nicht auf Erfahrungen aus dem täglichen Leben zurückgegriffen werden. Daher muss die konkrete Erfahrung in den Unterricht eingebettet werden.
- Im Prozess der Erkenntnisgewinnung werden formulierte Hypothesen unter kontrollierten und systematisch variierenden Bedingungen experimentell überprüft. Einschränkend muss ergänzt werden, dass im Chemieunterricht der Weg der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung

nur nachvollzogen wird; ein Meta-Wissen über naturwissenschaftliches Wissen und naturwissenschaftliche Tätigkeiten („Nature of Science“) sollte berücksichtigt werden.

- Das Experimentieren dient der Schulung der Beobachtung sowie des kausalen und funktionalen Denkens.
- Experimente liefern Daten zur Beschreibung von Stoffen.
- Neue Stoffe werden synthetisiert.
- Der sichere Umgang mit gefährlichen Stoffen und deren fachgerechte Entsorgung werden kontrolliert geübt. Fragen des Umweltschutzes können integriert werden.
- Die Lernenden entwickeln experimentelle Fähigkeiten (Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten) und Fertigkeiten (sachgemäßer Umgang mit Apparaturen, Geräten und Chemikalien).
- Durch die praktische Arbeit sollen die Motivation und das Interesse der Schülerinnen und Schüler für das Fach Chemie gefördert werden. Es ist allerdings nicht gesichert, ob die Eigentätigkeit im Rahmen von Schülerversuchen gegenüber dem Unterricht in Demonstrationsexperimenten wirklich zu besserem Verstehen und Behalten der vermittelten Fachinhalte führt.

Das Ziel des Experimentierens besteht darin, durch theoriegeleitete Manipulation ausgewählter Phänomene Fragestellungen an die Natur zu richten. Experimente sollen dazu dienen, unsere Umwelt zu verstehen und zu begreifen. Die klassischen Experimente in der Schule beantworten nur allzu selten Fragen. Mechanisch durchgeführte, von der Lehrperson vorgegebene Experimente, in denen die Versuchsvorschriften Schritt für Schritt nach Kochbuchmanier abgearbeitet werden, helfen wenig, tieferes Verständnis zu fördern, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen. Es gilt daher, die folgenden Anforderungen im experimentellen Unterricht zu berücksichtigen:

- Die Fragestellungen, die experimentell untersucht werden, sollten so weit wie möglich ergebnisoffen formuliert sein. Sie sollten möglichst Beziehungen zur Lebenswelt der Lernenden haben und die Alltagsvorstellungen der Schülerinnen und Schüler aufgreifen.

13 Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (1997): Gutachten zur Vorbereitung des Programms "Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts", BLK, Heft 60, Bonn, unter: www.pedocs.de/volltexte/2008/259/pdf/heft60.pdf, abgerufen am 14.07.2022.

14 Vgl.: Pfeifer, P. et al. (2002): Konkrete Fachdidaktik Chemie. München (Oldenbourg Schulbuchverlag). Pfeifer, P. et al. (2011): Schülerexperimente im Unterricht. In: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie. Friedrich Verlag, Heft 126, S. 2 ff. Barke, H.-D. (2011): Chemiedidaktik kompakt. Lernprozesse in Theorie und Praxis. Heidelberg (Springer-Verlag).

- Über Phänomene aus der Umwelt der Schülerin oder des Schülers kann kognitive Aktivierung erfolgen, wenn Lernende selbsttätig Hypothesen generieren und daraus hergeleitete Fragestellungen über experimentelle Designs eigenständig beantwortet werden. So lernen die Schülerinnen und Schüler die Problemlage einer Situation zu erfassen, Fragestellungen selbsttätig mithilfe von Experimenten zu lösen und manuelle mit kognitiven Fähigkeiten zu verknüpfen. Nur so werden ihnen kognitive Umstrukturierungsprozesse und Konzeptwechsel ermöglicht.

In die konkrete Planung des Unterrichts können Experimente auf unterschiedliche Weise integriert werden. Man unterscheidet Schülerübungen im Sinne¹⁵ ...

- **des Nacharbeitens einer Versuchsvorschrift:**
 - Schülerinnen und Schüler werden Schritt für Schritt durch eine Versuchsanleitung geführt; diese wird im Sinne eines Kochrezepts abgearbeitet. Dieses geschieht jedoch nicht unreflektiert.
 - Ziel ist das Erlernen und Einüben chemischer Fachmethoden, Arbeitstechniken sowie naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen.
- **anwendungsorientierter Aufgaben:**
 - Variante A:
Ein lebensnahes Beispiel (Anwendungsbezug) wird gegeben; die Vorschrift wird an einem Beispiel nachgearbeitet, um die Aufgabe zu lösen.
 - Variante B:
Ein lebensnahes Beispiel (Anwendungsbezug) wird gegeben; das Vorwissen (Fachwissen, Fachmethoden) muss angewendet werden, um die Aufgabe zu lösen.
- **problemlösenden Experimentierens:**
 - Dieses Vorgehen ist sehr anspruchsvoll, da der Lösungsweg im Sinne eines produktiven Problemlösens eigenständig zu finden ist.

4 Grundsätzliches zur Arbeit mit Modellen

Unterrichtliche Voraussetzungen

Im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht sammeln die Schülerinnen und Schüler viele Erfahrungen im vertrauten Bereich der direkten Anschauung und der erfahrbaren Phänomene¹⁶. Im weiteren Verlauf ist ein Unterricht ohne „Atommodelle“ jedoch nicht mehr möglich; der Atombegriff ist unentbehrlich im Begriffsfachwerk der Naturwissenschaften, speziell der Chemie.¹⁷ Das Verständnis der chemischen Reaktion, der Bindungslehre und aller weiterführenden Inhalte baut auf der Kenntnis vom Aufbau der Atome auf. An das Abstraktionsvermögen der Lernenden werden zunehmend höhere Anforderungen gestellt, die es durch geeignete Lernhilfen zu unterstützen gilt.

Aus quantitativen Betrachtungen chemischer Reaktionen werden das erste chemische Grundgesetz (Gesetz von der Erhaltung der Masse) sowie eine grundlegende Vorstellung vom Aufbau der Materie im Sinne des Atommodells nach Dalton abgeleitet. Auf die Aussage, Atome seien massiv und unteilbar, sollte verzichtet werden, um im weiteren Verlauf Unstimmigkeiten bei der Konzeptentwicklung zu vermeiden.

Didaktische Entscheidungen

Didaktisch stehen die Lehrkräfte vor der schwierigen Aufgabe, die Modellvorstellungen und das heute wissenschaftlich anerkannte Konzept von Atomen und Atomverbänden einzuführen, ohne es direkt aus einer Beobachtung auf makroskopischer Ebene ableiten zu können. Atome bleiben damit eine „Welt“, die sich die Schülerinnen und Schüler mithilfe von Modellen rekonstruieren müssen.¹⁸ Ziel sollte eine Vorstellung vom Aufbau der Atome sein, die sowohl den Kern-Hülle-Aufbau des Atoms als auch den Schalenaufbau der Atomhülle umfasst.

Häufig wird im weiteren Verlauf entlang der historischen Entwicklung gearbeitet. Dieses Vorgehen erfordert eine verhältnismäßig lange Unterrichtszeit, in der wenige schülerorientierte Zugänge und Akzente angeboten werden und wenige Experimente die theoretische Erar-

15 Vgl.: Pfeifer, P. et al. (2011): Schülerexperimente im Unterricht. In: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie. Friedrich Verlag, Heft 126, S. 2 ff.

16 Vgl. Barke, H.-D. (2011): Chemiedidaktik kompakt. Lernprozesse in Theorie und Praxis. Heidelberg (Springer-Verlag).

17 Vgl. Rehm, M. und Parchmann, I. (Hrsg.) (2009): Naturwissenschaften im Unterricht Chemie. Friedrich Verlag, Heft 114.

18 ebenda

beitung untermauern und auflockern. Der Weg führt außerdem nur teilweise zu einem hinreichenden Verständnis über den Umgang mit den verschiedenen Modellen. Die Abgrenzung der verschiedenen Modelle und ihrer Grundlagen voneinander sowie die Bezüge zwischen den unterschiedlichen Modellen, das Erkennen der jeweiligen Tragfähigkeit und deren Grenzen, aber auch die Unterscheidung zwischen Modell und Realität stellen sich als problematisch dar. Außerdem hat sich gezeigt, dass einige Modelle nachhaltiger und dauerhafter in den Köpfen der Schülerinnen und Schüler verhaftet bleiben.¹⁹

Gerade in diesem sensiblen Bereich ist ein angemessenes Maß an inhaltlicher und zeitlicher Differenzierung erforderlich, das bei einem klassischen, parallelen und lehrerzentrierten Vorgehen kaum erreichbar ist. Das Ziel sollte sein, dass die Schülerinnen und Schüler das Schalen- und Energiestufenmodell erfassen und im weiteren Verlauf zur Erklärung der Anordnung der Elemente im Periodensystem der Elemente heranziehen können. Außerdem sollten sie aus dem Aufbau der Materie Voraussagen über den Ablauf chemischer Reaktionen ableiten können.

Notwendig ist darüber hinaus eine pragmatische und, bezogen auf andere Phasen des naturwissenschaftlichen Unterrichts, anschlussfähige Vermittlung eines Konzepts vom Atombau. Sowohl die diskontinuierliche Struktur der Materie an sich, als auch der Atombau sollten als eine – aus heutiger Sicht – hinreichend gesicherte naturwissenschaftliche Erkenntnis thematisiert werden. Das Konzept sollte in erster Linie an den Notwendigkeiten seiner Anwendungen auf die entsprechenden schulrelevanten Inhalte orientiert werden. Folgende Kernaussagen sollten berücksichtigt werden:

- Die Teilchen, aus denen alle Stoffe bestehen, sind aus Atomen aufgebaut.
- Atome sind kugelförmig und bestehen aus einem Atomkern und einer Atomhülle. Der Atomkern nimmt nur etwa 1/100000 des Volumens ein, enthält aber nahezu die gesamte Masse.

- Der Atomkern ist aus Protonen und Neutronen aufgebaut, in der Atomhülle befinden sich die Elektronen. Im ungeladenen Zustand sind gleich viele Protonen und Elektronen vorhanden.
- Elektronen besitzen eine negative Ladung, Protonen tragen eine positive Ladung, Neutronen besitzen keine Ladung. Atomkerne sind durch chemische Reaktionen nicht veränderbar. Atomkerne verändern sich nur beim radioaktiven Zerfall und der Kernspaltung.
- Zusätzlich für die Anforderungsebenen II und III: Die Elektronen befinden sich auf unterschiedlichen Energiestufen. Man stellt sich diese Energiestufen als Schalen mit unterschiedlich großem Abstand zum Kern vor. In die innere Schale passen 2, in die nächste 8, in die dritte 18 Elektronen. Über den jeweils genauen Aufenthaltsort der Elektronen innerhalb der Schalen kann man keine Aussage treffen.
- Für jedes chemische Element sind Atome mit einer bestimmten Anzahl an Protonen im Kern charakteristisch.
- Wünschenswert sind eine enge Verbindung der stofflich-phänomenologischen Ebene mit der Erklärung auf der Basis des Atombaus sowie die Straffung der Erarbeitung, wobei auf die Trennung der beiden Ebenen geachtet werden muss.²⁰

Methodische Entscheidungen

Die Arbeit mit Modellen hat eine zentrale Stellung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Durch einen zunehmend selbstständigen Umgang mit den verwendeten Modellen erschließen sich die Schülerinnen und Schüler neue Lerngegenstände und lernen, kritisch und kompetent mit den Modellen umzugehen.

Das Denken in Modellen gilt als wichtigste Voraussetzung für das Verständnis der Naturwissenschaften. Die Lernenden kennen bereits Modelle, die gegenständlicher Natur sind (Globus, Modellautos usw.). Daran anknüpfend sollte eine erste Klassifikation verschiedener Modelle vorgenommen werden. Dabei sollte grundsätzlich zwischen materiellen Anschauungs- und Denkmodellen unterschieden

19 Leerhoff, G. und Eilks, I. (2002): Schüler erarbeiten sich den Atombau – Erfahrungen mit einem Gruppenpuzzle. In: Praxis Schule 5 - 10, S. 48 - 54.

20 Eilks, I. & Möllering, J. (2001): Neue Wege zu einem fächerübergreifenden Verständnis des Teilchenkonzepts, unter: www.chemiedidaktik.uni-bremen.de/projekte.php?id=65, abgerufen am 07.07.2022.

werden. Die Denkmodelle werden zur Erklärung naturwissenschaftlicher Phänomene herangezogen. Hierzu werden zielgerichtet Vermutungen aufgestellt, die in geeigneten Experimenten widerlegt oder bestätigt werden.

Die Beispiele für das Arbeiten mit Modellen sollten so gewählt werden, dass die Schülerinnen und Schüler die Einsicht in die prinzipielle Begrenztheit von Modellen erfahren können. Die in den Fachanforderungen genannte Reihenfolge der verwendeten Modelle ist zu beachten.

Das verwendete Modell muss

- zum Entwicklungsstand der Schülerinnen und Schüler passen,
- einen motivierenden Charakter besitzen,
- anschaulich sein,
- nicht zu komplex sein,
- die Erkenntnisgewinnung fördern,
- von den Lernenden weiterentwickelt werden können.

Darüber hinaus sollte der Eindruck vermieden werden, dass ein Modell ein Universalwerkzeug für die Beschreibung verschiedenster Phänomene ist. Entscheidend ist die Erkenntnis, dass Modelle keine Beweiskraft besitzen, sondern mehr oder weniger brauchbar sind, um naturwissenschaftliche Phänomene zu erklären.

Der Prozess der Modellbildung

Unabhängig von der konkret im Unterricht verwendeten Methode sollte der Prozess der Modellbildung von einer konkreten Beobachtung oder einem Phänomen ausgehen. Im ersten Schritt sollten wesentliche Merkmale dieses Phänomens beziehungsweise der Beobachtung herausgearbeitet werden, aus denen dann eine modellhafte Darstellung konstruiert werden sollte. Nach Festlegung der Konstruktionsdaten werden die theoretische Modellkonstruktion und die Modellvorstellungen formuliert. Eine gegenständliche Darstellung des Modells kann dieses veranschaulichen. Abschließend sollte das Modell an Phänomen beziehungsweise an der Beobachtung überprüft werden.

Gestaltung des Unterrichts

Im Zusammenhang mit der Erarbeitung des Aufbaus der Materie werden häufig sehr kritische Rückmeldungen von Schülerinnen und Schülern festgestellt. Der Unterricht sollte daher so gestaltet werden, dass die Erarbeitung einer Vorstellung vom diskontinuierlichen Aufbau der Materie in einer nicht zu langen Zeitspanne erfolgt. Der Unterricht sollte den Schülerinnen und Schülern die Gelegenheit und Unterstützungen für die eigene Konstruktion des Wissens geben und mit schülerorientierten Elementen ausgestaltet werden. Die stofflich-phänomenologische Ebene und die Erklärung auf der Basis des Atombaus müssen eng aneinandergebunden werden.

5 Mathematisierung im Chemieunterricht

Mit Einführung der Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife steigt in der Sekundarstufe II der geforderte Grad der Mathematisierung – insbesondere im Profilunterricht. Es ist daher wichtig, bei der Unterrichtsplanung die folgenden vier Grundideen zu berücksichtigen.

- Mathematisierung im naturwissenschaftlichen Unterricht darf nie Selbstzweck sein. Sie muss immer dem tieferen Verständnis chemischer Zusammenhänge dienen, also dem Kompetenzfortschritt der Schülerinnen und Schüler. Sie ist nur Mittel zum Zweck!
- Mathematisierung findet ausschließlich innerhalb gewählter Kontexte statt – und auch nur dann, wenn daraus ein tieferes Verständnis der Kontexte resultiert. Dies dient der Transparenz des Unterrichts und damit der Akzeptanz notwendiger Mathematisierungen.
- Im Mittelpunkt der Mathematisierung stehen in erster Linie die Verstehensprozesse der Schülerinnen und Schüler für chemische Zusammenhänge und nicht das Erlernen von Algorithmen.
- Mathematisierung erfordert in besonderem Maße die Berücksichtigung der Heterogenität der Lerngruppen durch geeignete differenzierte Unterstützungsmaßnahmen. Beispielsweise ist es möglich, Formelzusammenhänge durch geeignete Verbalisierung, durch Näherung, durch gezieltes Probieren oder durch grafische Umsetzung zu erschließen.

Einige zentrale Größen und Zusammenhänge sind von so großer Bedeutung, dass es sinnvoll ist, sie in mehreren Kontexten im Sinne eines Spiralcurriculums immer wieder zu nutzen. Dies sind Molare Masse und Konzentration, Molvolumen von Gasen und Dichte. Hinzu kommen generelle Betrachtungen über die Stöchiometrie von Reaktionen.

Insgesamt benötigen die Schülerinnen und Schüler die Kompetenz, chemisch-mathematische Probleme durch Modellierung zu lösen. Modellierung bedeutet in diesem Fall den sinnvollen Einsatz bekannter Größen und Algorithmen und deren Anpassung an die Problemstellung.

Die Fachanforderungen und auch der Leitfaden planen einen systematischen Aufbau der chemisch-mathematischen Kompetenz in den Bereichen der Säure-Base-Chemie, der energetischen Betrachtungen (Verbrennungsreaktionen; energetische Erscheinungen beim Lösen von Salzen; Reaktionswärme - Reaktionsenthalpie - freie Enthalpie) und der Elektrochemie.

6 Hinweise zum schulinternen Fachcurriculum

Der Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern wird durch Unterrichtsthemen und fachliche Kontexte strukturiert, die in einem thematischen Zusammenhang stehen. Sie ermöglichen eine schülerorientierte Erarbeitung der Sachverhalte, die Entwicklung und Nutzung fachlicher Kompetenzen sowie die Kommunikation und Re-

flexion naturwissenschaftlicher Aussagen. Sie knüpfen an Erfahrungen und Vorwissen der Schülerinnen und Schüler an und greifen diese unter relevanten Fragestellungen auf, die mit naturwissenschaftlichen Verfahren bearbeitet werden können. Damit ermöglichen sie Zugänge zu einer naturwissenschaftlichen Betrachtungsweise der Welt und schaffen die Möglichkeit, prozess- und konzeptbezogene Kompetenzen in geeigneten fachlichen Kontexten zu erwerben und Basiskonzepte weiterzuentwickeln.

6.1 Erstellen des schulinternen Fachcurriculums

Das schulinterne Fachcurriculum ist das zentrale Instrument zur Gestaltung des Chemieunterrichts. Es wird von allen Mitgliedern der Fachschaft gemeinsam geschrieben und kontinuierlich weiterentwickelt. Es ist für die gesamte Fachschaft verbindlich und dient neuen Mitgliedern einer Fachschaft als unentbehrliche Orientierung.

Die nachfolgenden Ausführungen sollen die Fachschaften beim Erstellen des schulinternen Fachcurriculums unterstützen. Dabei liegt der Schwerpunkt auf didaktischen Überlegungen zum Aufbau der Basiskonzepte im Laufe der Schuljahre.

Im schulinternen Fachcurriculum müssen Vereinbarungen zu folgenden Aspekten festgehalten werden (siehe Fachanforderungen Chemie 2022, S. 27 und S. 62):

Aufgaben der Fachschaft gemäß der Fachanforderungen

Aspekte	Vereinbarungen für die Sekundarstufe I	Vereinbarungen für die Sekundarstufe II
Unterricht	<ul style="list-style-type: none"> • Gestaltung von Unterrichtseinheiten; Festlegung der Unterrichtsthemen • Absprachen zu den Kontexten im Zusammenhang mit dem Wahlpflichtunterricht zum Zwecke der Vermeidung inhaltlicher Dopplungen 	<ul style="list-style-type: none"> • notwendige Absprachen zur Gestaltung von Unterrichtseinheiten in den unterschiedlichen Profilen
	<ul style="list-style-type: none"> • Beitrag der jeweiligen Unterrichtseinheit zum Erwerb und zur Erweiterung der Erkenntnisgewinnungskompetenz, der Kommunikationskompetenz, der Bewertungskompetenz und des Aufbaus der Basiskonzepte • fächer- und themenübergreifendes Arbeiten • Einbeziehung außerunterrichtlicher Lernangebote und Projekte 	
Fachsprache	<ul style="list-style-type: none"> • Festlegung von einheitlichen Bezeichnungen und Begriffen; einheitliche Formelsprache • Möglichkeiten für durchgängige Sprachbildung 	
Fördern und Fordern	<ul style="list-style-type: none"> • Vorschläge für Angebote für besonders leistungsstarke, motivierte bzw. leistungsschwache Schülerinnen und Schüler • Fördermaßnahmen für Schülerinnen und Schüler mit hohem Förderbedarf sowie für besonders begabte Schülerinnen und Schüler • Fördermaßnahmen für Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlichen Fähigkeiten und Interessen • Ausgestaltung der Binnendifferenzierung • außerunterrichtliche Angebote für besonders interessierte Schülerinnen und Schüler 	
Sicherung von Basiswissen, Nachhaltigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Maßnahmen zur Sicherung von Wissensbeständen, die ohne Nachschlagewerke wie Chemiebücher oder Lexika aus dem Gedächtnis abrufbar sein sollen 	
Medien, Lehr- und Lernmaterial	<ul style="list-style-type: none"> • Anschaffungen und Einsatz von Experimentiergeräten und elektronischen Medien • Einbindung von digitalen Medien in den Unterricht • Beitrag des Faches zur Förderung der Medienkompetenzen 	
Leistungsbewertung	<ul style="list-style-type: none"> • Grundsätze zur Leistungsbewertung und zur Gestaltung von Leistungsnachweisen 	
Überprüfung und Weiterentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> • Regelmäßige Evaluation und Weiterentwicklung getroffener Verabredungen • Regelmäßige Absprachen über den Fortbildungsbedarf 	

Zu den einzelnen Aspekten sollen im Folgenden Hinweise gegeben werden.

• Unterricht

Die Fachanforderungen geben grundlegende Zusammenhänge vor, leiten daraus Kompetenzen ab und legen verbindliche Fachinhalte fest. Es bietet sich daher an, die Themen und Inhalte zunächst den Jahrgangsstufen zuzuordnen.

Darüber hinaus ist es sinnvoll, die verwendeten Kontexte abzustimmen. Es ist nicht notwendig, dass alle Kolleginnen und Kollegen in den Klassen einer Stufe

dieselben Kontexte verwenden; insbesondere in den unterschiedlichen Profilen der Sekundarstufe II sind verschiedene Anbindungen sinnvoll. Außerdem ist die Beteiligung der Schülerinnen und Schüler bei der Schwerpunktsetzung wünschenswert. Bei der Überprüfung und Weiterentwicklung des Fachcurriculums müssen die verwendeten Kontexte einer kritischen Evaluation unterzogen werden (siehe unten „Überprüfung und Weiterentwicklung“).

Eine Zuordnungstabelle könnte folgende Struktur haben:

Übersicht Verteilung der Themen und Inhalte auf die Klassenstufen

7. Jahrgangsstufe	Kontexte	Verbindliche Inhalte
1. Einführung in das Fach Chemie	Arbeiten wie eine Chemikerin/ein Chemiker Lebensmittel unter der „chemischen Lupe“	<ul style="list-style-type: none"> • Abgrenzung des Faches zu den Fächern Biologie und Physik • Sicherheit im Chemieraum • Stoffeigenschaften • Reinstoffe und Stoffgemische • homogene und heterogene Stoffgemische • Trennverfahren • Teilchenmodell
2. Luft und Verbrennung	Feuer und Flamme	<ul style="list-style-type: none"> • Kennzeichen chemischer Reaktionen • Eigenschaften und Reaktionen der Bestandteile der Luft – Verbrennungsreaktionen • Elemente und chemische Verbindungen • exotherme Reaktionen • Energiegehalt von Stoffen • Energieverlauf bei chemischen Reaktionen
3. Massenerhaltung und das Atommodell nach Dalton	In der Chemie geht nichts verloren. Müll verbrennen und weg ist er?	<ul style="list-style-type: none"> • Gesetz von der Erhaltung der Masse • Entwicklung einer einfachen Atomvorstellung im Sinne Daltons • Atomsymbole • Aufstellen einfacher Reaktionsschemata

Die Umsetzung im Unterricht ergibt sich, wenn die Inhalte konkretisiert und gegebenenfalls ergänzt und in eine zeitliche Reihenfolge gebracht werden. Die unterrichtliche Umsetzung liegt in der persönlichen Kreativität der Kolleginnen und Kollegen. Entsprechende Planungsbeispiele für die Sekundarstufe I und die Sekundarstufe II werden in diesem Leitfaden in den Kapiteln III 5.2 und III 5.4 dargestellt. Wie wichtig die Wahl des Kontextes für die Schwerpunktsetzung in der Entwicklung der Erkenntnisgewinnungskompetenz, der Kommunikationskompetenz und der Bewertungskompetenz ist, wird in den Kapiteln III 6.3 und III 6.5 exemplarisch verdeutlicht.

Im schulinternen Fachcurriculum sollen über die Inhalte hinaus die mit dem jeweiligen Thema verbundenen Fachbegriffe sowie – soweit möglich – Vereinbarungen für die methodische Gestaltung des Unterrichts und der zur Verfügung stehenden Materialien festgehalten werden. Diese Vereinbarungen sollen die Kolleginnen und Kollegen nicht einengen, jedoch Vergleichbarkeit in der Unterrichtsgestaltung gewährleisten, sodass ein Wechsel der Lehrkraft möglich ist.

Darüber hinaus müssen die Aspekte der Differenzierung, der Leistungsbewertung und des Medieneinsatzes berücksichtigt werden.

• **Fördern und Fordern**

Der Unterricht in leistungsheterogen zusammengesetzten Lerngruppen erfordert in jeder Unterrichtsplanung eine angemessene Binnendifferenzierung. Der Austausch über die Ausgestaltung binnendifferenzierender Maßnahmen sowie die Bereitstellung konkreter Materialien in der Fachschaft ist daher sehr hilfreich. Darüber hinaus

sollten die Kolleginnen und Kollegen Absprachen darüber treffen, welche außerunterrichtlichen Angebote für besonders leistungsstarke und/oder motivierte, beziehungsweise leistungsschwache Schülerinnen und Schüler gemacht werden können. Hierfür können außerschulische Lernorte und für besonders motivierte Schülerinnen und Schüler Wettbewerbe sehr gut genutzt werden.

• **Hilfsmittel und Medien**

Bewährte Materialien und Aufgaben sind für die Durchführung des Unterrichts unerlässlich. Auch in diesem Bereich ist daher der Austausch über die Ausgestaltung sowie die Bereitstellung konkreter Materialien und Aufgaben in der Fachschaft sehr hilfreich. Dies gilt auch für im Unterricht einzusetzende digitale Medien (siehe auch Kapitel V).

• **Leistungsbewertung**

Die Rahmenbedingungen für die Leistungsbewertung werden in den Fachanforderungen festgelegt (Fachanforderungen Chemie, 2022, S. 28 und S. 63). Ergänzt werden diese Vorgaben durch aktuelle Erlasse. Die Umsetzung dieser Vorgaben muss im Fachcurriculum konkretisiert und schriftlich fixiert werden.

Hinweise zur Verknüpfung mit anderen Themen oder Fächern ergänzen die Ausführungen mit dem Ziel, nachhaltiges und vernetztes Lernen anzulegen.

Die Konkretisierung der Verteilung der Themen und Inhalte könnte damit für das erste Thema der Sekundarstufe I die folgende Struktur haben:

Konkretisierung der Verteilung der Themen und Inhalte

Themen	Fachbegriffe	Unterrichtsmethode; Materialien, Hilfsmittel und Medien	Fördern und Fordern; Leistungsbewertung	Verknüpfungen mit anderen Themen bzw. Fächern
1. Einführung in das Fach Chemie	Siedetemperatur Schmelztemperatur Dichte Aggregatzustände verdampfen - kondensieren schmelzen - erstarren sublimieren - resublimieren Teilchenvorstellung Stoffgemisch - Reinstoff homogen - heterogen Gemenge, Suspension, Emulsion, Lösung	Erstellen von Steckbriefen in arbeitsteiliger Gruppenarbeit (kooperatives Arbeiten) Stationsarbeit Trennverfahren Arbeitsbögen und Versuchsanleitungen zur Erarbeitung der Teilchenvorstellung	differenzierte Hilfsangebote und Zusatzmaterial Markt der Möglichkeiten (jede Gruppe stellt eine Station als Plakat dar - Bewertungsbogen)	Dichte und Teilchenvorstellung (Physikunterricht) gesunde Ernährung (Biologie)

Für die folgenden Aspekte des Fachcurriculums empfiehlt es sich, die Absprachen in Textform zu fixieren, um eine inhaltliche Überlastung der Jahrgangstabellen zu vermeiden.

• Fachsprache

Anregung zum Umgang mit der Fachsprache und zur durchgängigen Sprachförderung finden sich in Kapitel IV. Im schulinternen Fachcurriculum sollten Absprachen getroffen werden, welche Inhalte/Bedeutungen sich hinter zentralen Fachbegriffen verbergen (einheitliche Verwendung der Begriffe im Bereich der Redox- und Säure-Base-Chemie). Die Fachschaft muss im fachlichen Diskurs gemeinsame Definitionen festlegen. Hilfreich ist es, sich auf ein gemeinsames Glossar zu einigen, das auch die Schülerinnen und Schüler in ihren Aufzeichnungen führen.

• Überprüfung und Weiterentwicklung

Alle Absprachen zum Fachcurriculum werden schriftlich fixiert. Zu Beginn eines neuen Schuljahres muss ein Erfahrungsaustausch stattfinden, der neue Impulse zur Weiterentwicklung des Curriculums setzt („Was hat sich bewährt - was muss geändert werden?“).

Die kontinuierliche Weiterentwicklung des Fachcurriculums ist aufgrund der sich stetig ändernden sozialen Bedingungen an der Schule und der wachsenden Zahl neuer fachwissenschaftlicher Erkenntnisse unerlässlich.

6.2 Planungsbeispiele für die Sekundarstufe I

Die schulisch relevanten chemischen Fachinhalte für die Sekundarstufe I werden in der folgenden Übersicht Unterrichtsthemen zugeordnet, die den Kern des problem- und handlungsorientierten Unterrichts bilden. Die folgende Übersicht stellt eine mögliche **Abfolge der Unterrichtsthemen** dar und folgt einer an der Kompetenzentwicklung orientierten Struktur. Sie ist allerdings nicht starr, sondern kann durch die Fachkonferenz didaktisch begründet verändert werden. Je nach zur Verfügung stehender Unterrichtszeit ist die Berücksichtigung weiterer Themen möglich. Für den Chemieunterricht in der Sekundarstufe I werden hier die folgenden Themen angesprochen:

- Einführung in das Fach Chemie
- Luft und Verbrennung
- Massenerhaltung und das Atommodell nach Dalton

- Kern und Hülle der Atome
- Salze
- Metalle und Metallgewinnung
- die Atome in Molekülen
- Säuren und Basen, saure und alkalische/basische Lösungen
- Einführung in die Organische Chemie

Die Themenfolge orientiert sich an einem kumulativen Kompetenzerwerb entlang des Aufbaus des zentralen, auch den anderen Basiskonzepten zugrundeliegenden Stoff-Teilchen-Konzepts:

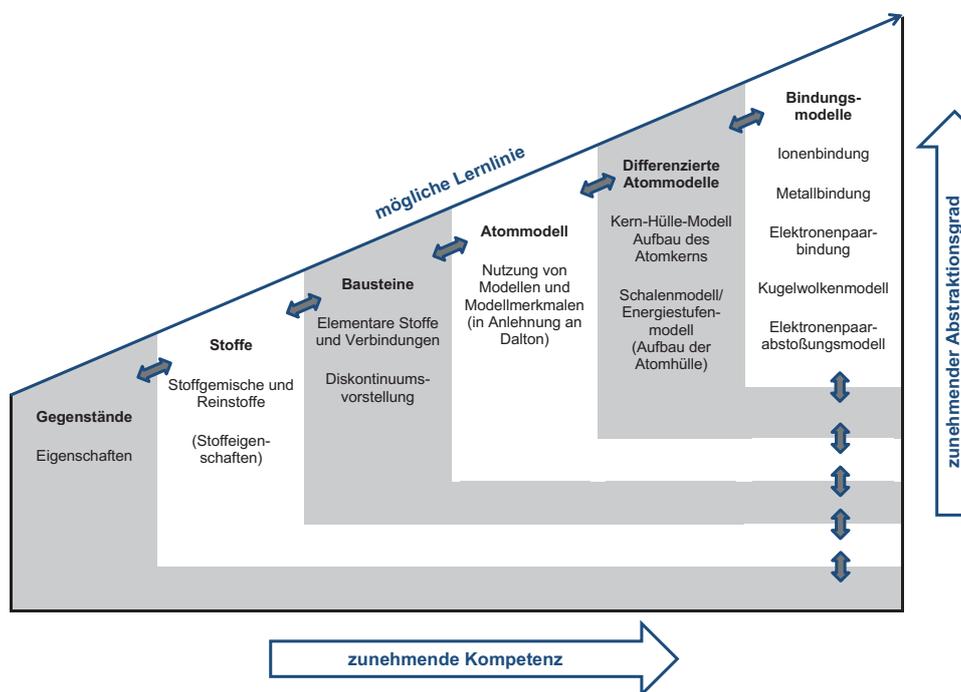


Abb. 3: Möglicher Aufbau des Stoff-Teilchen-Konzepts

Wie bereits in Kapitel II 3.3 erwähnt, bewältigen in heterogen zusammengesetzten Lerngruppen nicht alle Schülerinnen und Schüler zeitgleich die gleichen Entwicklungsschritte. Die Lernenden werden zwar systematisch an zunehmend abstrakte Erklärungen und differenziertere Modellvorstellungen herangeführt, nicht alle werden jedoch die höheren Stufen beherrschen. In der Abbildung 3 sollen die Doppelpfeile verdeutlichen, dass im Unterricht in einer Lerngruppe auf verschiedenen Abstraktionsniveaus gearbeitet werden kann und muss.

Darüber hinaus sind häufig Rückbezüge von höheren Erklärungsstufen auf die einfacheren erforderlich, um Wissen anwendbar zu machen. Dieses gilt zum Beispiel für die Deutung von Stoffeigenschaften mithilfe von Bindungsmodellen.

Bei der Behandlung der Unterrichtsthemen können unterschiedliche **Kontexte** genutzt werden. Die in den folgenden Übersichten dargestellten Vorschläge stellen lediglich eine Auswahl der zur Verfügung stehenden Mög-

lichkeiten dar. Je nach regionaler Lage der Schule, aktuellen Ereignissen, Interessen der Schülerinnen und Schüler, aber auch der Lehrkraft, sowie geplantem Schwerpunkt in der Entwicklung der Kompetenzen in den Bereichen der Erkenntnisgewinnung, der Kommunikation und der Bewertung ergeben sich viele weitere Möglichkeiten.

Die Unterrichtsthemen mit den entsprechend gewählten Kontexten sollten möglichst in einem zusammenhängenden Abschnitt unterrichtet werden. Eine Aufteilung kann jedoch sinnvoll sein, wenn zum Beispiel der Unterricht an aktuelle Ereignisse angepasst wird. Der zeitliche Umfang für die Behandlung kann durch Tiefe und Breite der Ausgestaltung sowie die zur Verfügung stehende Unterrichtszeit variiert werden.

Planungsbeispiele für die Sekundarstufe I

In den folgenden Tabellen werden für die oben genannten Themen exemplarisch mögliche Unterrichtsgänge vorgeschlagen. Die Unterrichtsgänge gehen überwiegend von einem Kontext aus und folgen einer an den Kompetenzen orientierten Entwicklung.

Inhalte, die sich im Kontext bewegen, sind in den Auflistungen mit Punkten (• bzw. ◦) gekennzeichnet. Inhalte, die den Kontext fachsystematisch ergänzen, sind mit Pfeilen (⇒ bzw. →) gekennzeichnet.

Die Abfolge der Pflichtinhalte ist nicht starr, sondern kann didaktisch begründet verändert werden. Darüber hinaus werden teilweise weitere mögliche Kontexte genannt, die sich für das genannte Thema anbieten. Diese stellen eine Auswahl dar und können beliebig ergänzt werden. Die erläuternden Hinweise beschreiben, welche Überlegungen der Abfolge zugrunde liegen.

Im Kapitel III 5.2 wird die Förderung von Kompetenzen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I am Beispiel eines ausgewählten Themas ausführlich dargestellt.

Vorab sind Empfehlungen zu finden, ab welcher Jahrgangsstufe die jeweiligen Themen und Inhalte berücksichtigt werden können. Wird mit dem Unterricht im Fach Chemie erst zu einem späteren Zeitpunkt begonnen, müssen die hier für die entsprechenden Themen und Inhalte entsprechend stufengerecht Berücksichtigung finden.

Themen und Inhalte, die bereits für die Jahrgangsstufen 5 und 6 geeignet sind:

Thema 1: Einführung in das Fach Chemie
<p>Hinweise:</p> <p>Im Anfangsunterricht werden im Rahmen des Themas nach einer kurzen Einführung in das Fach sowie in das sichere Arbeiten im Chemieunterricht die Inhalte zu den Aspekten „Eigenschaften von Stoffen“ und „Mischen und Trennen“ behandelt. Eine erste Teilchenvorstellung stellt den Anfang der Kompetenzentwicklung auf dem Weg zum differenzierten Atommodell dar.</p> <p>Neben der Förderung der inhaltsbezogenen Kompetenzen eignet sich dieses Thema besonders zur Einführung der Denk- und Arbeitsweisen von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler.</p> <p>Die Inhalte „Dichte“ und „Teilchenmodell“ überschneiden sich mit Inhalten des Physikunterrichts. Es ist daher erforderlich, in Zusammenarbeit mit der Fachkonferenz Physik Absprachen im inhaltlichen, methodischen und organisatorischen Bereich zu treffen.</p>
Kontext: Arbeiten wie eine Chemikerin/ein Chemiker
<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in das sichere Arbeiten im Chemieunterricht <ul style="list-style-type: none"> ○ Sicherheit im Chemieraum ○ Arbeit mit dem Gasbrenner ○ Einführung in das Protokollieren von Experimenten
Kontext: Lebensmittel unter der „chemischen Lupe“
<ul style="list-style-type: none"> • Zusammensetzung von Lebensmitteln • Stoffe und ihre Eigenschaften <ul style="list-style-type: none"> ○ Eigenschaften ausgewählter Lebensmittel, z. B. Zucker, Salz, Mehl, Öl (Siede- und Schmelztemperatur, Leitfähigkeit, Dichte) ○ Steckbriefe von Stoffen, Stoffbegriff; erster Zugang zu chemischen Fachbegriffen und Benennungen → Reinstoffe und Stoffgemische ○ Lebensmittel als homogene und heterogene Stoffgemische (z. B. Lösungen, Emulsionen, Suspensionen, Gemenge, Nebel) ○ Trennverfahren (Filtration, Chromatographie, Destillation) ○ Bewertungen von Aussagen wie „ohne Chemie“, „frei von chemischen Stoffen“ ○ erster Zugang zu halbquantitativen Betrachtungen („Die Dosis macht.“) <p>⇒ Einführung einer Teilchenvorstellung</p> <ul style="list-style-type: none"> → Erklärung von Aggregatzuständen und Aggregatzustandsänderungen → Betrachtung von Stoffgemischen auf Teilchenebene
Beispiele für weitere mögliche Kontexte
<p>Die Chemie ersetzt den Vorkoster – Eigenschaften erkennen; Stoffe nachweisen, trennen und mischen</p> <p>Die Chemie überführt den Täter – Stoffeigenschaften und Trennverfahren in Kriminalgeschichten</p>

Thema 2: Luft und Verbrennung**Hinweise:**

Im Rahmen des Themas „Luft und Verbrennung“ werden erste chemische Reaktionen am Beispiel der Verbrennung durchgeführt. An dieser Stelle wird auf eine Definition des Redox-Begriffs auf der Basis des Sauerstoffaustausches verzichtet, um die Entwicklung der Begriffsvorstellung zu diesem Bereich für die Schülerinnen und Schüler nicht durch eine später notwendige Umstrukturierung zu erschweren. Stattdessen kann mit den Begriffen „chemische Reaktion“ und „Oxidbildung“ gearbeitet werden. Darüber hinaus werden die Begriffe „chemisches Element“ und „chemische Verbindung“ eingeführt.

Kontext: Feuer und Flamme

- **Feuer - es brennt!**
 - Untersuchung der Brennbarkeit von Stoffen (Kerze, Holz, Papier usw.)
- **Chemische Betrachtung von Verbrennungsvorgängen**
 - naturwissenschaftliche Betrachtung der Flamme
 - Betrachtung der Edukte und Produkte; Einführung des Begriffs „chemische Reaktion“
 - Verbrennungsdreieck (Brennmaterial, Sauerstoff, Energie - aufbauend auf den Vorkenntnissen der Grundschule)
 - Luft als homogenes Stoffgemisch
 - Einführung der Begriffe „Element“ und „chemische Verbindung“
- **Energetische Betrachtung von Verbrennungsprozessen**
 - Brennstoffe liefern durch chemische Reaktionen Energie
 - Brennwerte von Stoffen
 - Energieverlauf bei chemischen Reaktionen
 - exotherme chemische Reaktionen
 - Aktivierungsenergie als Startenergie

Beispiele für mögliche Kontexte

Erwünschte Brände, (un)erwünschte Folgen
 Feuer löschen, aber richtig
 Metalle sind nicht brennbar - oder doch?

Themen und Inhalte, die bereits für die Jahrgangsstufe 7 geeignet sind:

Thema 3: Massenerhaltung und das Atommodell nach Dalton
<p>Hinweise:</p> <p>Das Thema „Massenerhaltung und das Atommodell nach Dalton“ führt nach der Erarbeitung des Gesetzes der Erhaltung der Masse zur Einführung des Atombegriffs. Die einfache Atomvorstellung beschränkt sich auf Aussagen zu Masse, Größe und Form; die Aussage über die Unteilbarkeit der Atome sollte nicht thematisiert werden. Die stofflich-phänomenologische Ebene und die Erklärung auf Modellebene müssen eng aneinandergelunden werden.</p>
Kontext: In der Chemie geht nichts verloren - Müll verbrennen und weg ist er?
<ul style="list-style-type: none"> • Müllverbrennung <ul style="list-style-type: none"> ○ Vorgänge in einer Müllverbrennungsanlage ○ Betrachtung verschiedener Verbrennungsprozesse und Fokussierung auf entstehende Produkte (z. B. Abgase) ○ Hinführung auf die Untersuchung der Masse als Hinweis auf Vernichtung oder Erhaltung; quantitative Betrachtung ausgewählter Reaktionen (Verbrennung der Kerze; Reaktion von Eisenwolle mit Sauerstoff; Verbrennung von Streichhölzern; usw.) ○ Nachweis des Kohlenstoffdioxids und des Wassers <p>⇒ Das Gesetz von der Erhaltung der Masse</p> <p>⇒ Einführung des Atombegriffs und des Atommodells nach Dalton</p> <ul style="list-style-type: none"> → Stoffe sind aus Atomen bzw. Verbindungen von Atomen aufgebaut → Atomsorten und -symbole; erste Hinweise auf das PSE → Atommassen und atomare Masseneinheit u <ul style="list-style-type: none"> • Müllverbrennung und Recycling von Wertstoffen (Bewertungskompetenz)
<p>Beispiele für weitere mögliche Kontexte</p> <p>Klimagas Kohlenstoffdioxid - ein Verbrennungsprodukt als lebensnotwendiger Stoff für Pflanzen, aber in der richtigen Dosis!</p> <p>Lavoisier - ein Naturwissenschaftler widerlegt die Phlogiston-Theorie</p>

Themen und Inhalte, die für die Jahrgangsstufe 8 geeignet sind:

Thema 4: Kern und Hülle der Atome

Hinweise:

Diese Einheit wird innerchemisch – also ohne Kontext – dargestellt. Der Fokus liegt hier auf der Bedeutung von tragfähigen Modellvorstellungen und zeigt damit ein charakteristisches Merkmal der Chemie. Die Bedeutung für alltägliche und gesellschaftliche Prozesse und Produkte wird nachfolgend durch Übungs- und Anwendungskontexte aufgezeigt.

Im Verlauf dieser Unterrichtseinheit sollten nur Modelle erarbeitet werden, die anschlussfähig sind, sodass ein Umlernen nicht notwendig wird (vgl. Kapitel III 4).

Eine differenzierte Modellvorstellung vom Aufbau der Atome aus Atomkern und Atomhülle hilft den Schülerinnen und Schülern, die chemischen Reaktionen und die Anordnung der Elemente im Periodensystem der Elemente zu verstehen. Nach der Einführung des ersten Atommodells sollte deshalb anschließend zeitnah die Betrachtung des differenzierten Aufbaus der Atome erfolgen.

Über das Kern-Hülle-Modell nach Rutherford wird die Vorstellung der Schülerinnen und Schüler weiter bis zum Schalen- bzw. Energiestufenmodell ausdifferenziert. Dieses Thema sollte in einer nicht zu langen Zeitspanne (ca. 6 Zeitstunden) behandelt werden. Der Unterricht sollte den Schülerinnen und Schülern die Gelegenheit zur möglichst selbstständigen Konstruktion des Wissens geben und mit schülerorientierten Elementen ausgestaltet werden.

Bei der aktiven Auseinandersetzung mit Materialien über den Aufbau der Atome werden besonders Kompetenzen aus den Bereichen Erkenntnisgewinnung und Kommunikation gefördert. Auch aus diesem Grund hat sich eine handlungsorientierte Herangehensweise mit differenzierten Materialien im Rahmen dieses Themas bewährt.

Die Inhalte dieses Themas überschneiden sich mit Inhalten des Physikunterrichts. Es ist daher erforderlich, in Zusammenarbeit mit der Fachkonferenz Physik Absprachen im inhaltlichen, methodischen und organisatorischen Bereich zu treffen.

Atome - wie Chemikerinnen und Chemiker sich die Welt vorstellen

⇒ Fragen, Experimente und Modellentwicklung zum Aufbau der Atome

- Streuversuch von Rutherford
- Modell aus Atomkern und Atomhülle

⇒ Der Aufbau des Atomkerns

- Protonen und Neutronen
- Isotopie

⇒ Der Aufbau der Atomhülle

- Ionisierungsenergie
- Schalen- bzw. Energiestufenmodell

⇒ Rastertunnelmikroskopie macht Atome darstellbar

⇒ Anwendung: Das Periodensystem der Elemente

Thema 5: Salze
<p>Hinweise:</p> <p>Auf der Basis eines differenzierten Atommodells werden in diesem Vorschlag die Salze und die Reaktionen von Metallen mit Halogenen im Unterricht thematisiert. Die im vorausgehenden Unterricht entwickelte Vorstellung vom Aufbau der Atome ermöglicht ein besseres Verständnis von chemischen Bindungen (Ionenbindung). Die Bildung von Salzen aus Metallatomen und Nichtmetallatomen kann zur Einführung der Definitionen der Oxidation, Reduktion und Redoxreaktion im Sinne der Elektronenübertragung genutzt werden. Dieses Konzept wird dann im folgenden Thema „Metalle“ vertieft.</p> <p>Die Abfolge der Themen 5 und 6 kann getauscht werden. Die Inhalte, die sich überschneiden (Oxidation und Reduktion; Redoxreaktionen), werden dann dem zuerst behandelten Thema zugeordnet.</p>
Kontext: Salz – mehr als nur ein Gewürz
<ul style="list-style-type: none"> • Vorkommen und Verwendung von Salzen <ul style="list-style-type: none"> ○ Kochsalz als Gewürz, Konservierungsmittel usw. ○ Entstehung von Salzlagerstätten ○ Salze in Sportgetränken ○ Untersuchung der elektrischen Leitfähigkeit von Sportgetränken, Leitungswasser, destilliertem Wasser, Meerwasser, Mineralwasser ○ physiologische Bedeutung der Salze ○ Geschmack von Leitungswasser, destilliertem Wasser, Mineralwasser ⇒ elektrische Leitung in einer Elektrolyt-Lösung <ul style="list-style-type: none"> → Einführung der Begriffe Anion und Kation → Atome und Ionen im Vergleich → Erklärung der chemischen Bindung in Salzen: Ionen, elektrostatische Anziehung, Ionengitter ⇒ Eigenschaften von Salzen und Salzlösungen <ul style="list-style-type: none"> → Erklärung der spezifischen Eigenschaften von Salzen (hohe Schmelztemperatur, Sprödigkeit; Behandlung der Hydrathülle jedoch erst, nachdem Dipolmoleküle besprochen wurden) → Bestandteile von Salzen; gegebenenfalls Anionen- und Kationennachweise ⇒ Salzbildung: Darstellung von Kochsalz aus den Elementen <ul style="list-style-type: none"> → Edelgaszustand bzw. Oktettregel → Bildung von Ionen durch Elektronenübertragung → Konzept der Elektronegativität (Elektronegativität als relatives Maß für die Fähigkeit eines Atoms, die Elektronen eines anderen Atoms anzuziehen) → Erweiterung des Salzbegriffs über Kochsalz hinaus: Nutzung des Periodensystems der Elemente zur Vorhersage von Verhältnisformeln von Salzen
<p>Beispiele für mögliche Kontexte</p> <p>Kochsalzgewinnung – vom „weißen Gold“ zu weiteren Salzgewinnungsverfahren</p> <p>Salz im Essen – geschmackvoll, unentbehrlich oder gefährlich?</p>

Thema 6: Metalle und Metallgewinnung
<p>Hinweise:</p> <p>Auf der Basis eines differenzierten Atommodells werden in diesem Vorschlag die Reaktionen der Metalle im Unterricht thematisiert. Das Thema „Metalle und Metallgewinnung“ bietet zahlreiche Gelegenheiten, um die Inhalte zum Aufbau der Atome zu festigen und zu vertiefen.</p> <p>Die Abfolge der Themen 5 und 6 kann getauscht werden. Die Inhalte, die sich überschneiden (Oxidation und Reduktion; Redoxreaktionen), werden dann dem zuerst behandelten Thema zugeordnet. Der Edelgaszustand und die Ionenbildung müssen dann am Anfang dieser Einheit behandelt werden.</p> <p>Für den Einstieg in das Thema werden zwei Varianten vorgestellt, die im weiteren Verlauf identisch geplant werden können. Bei beiden Vorschlägen werden Metalloxide erst zum Ende der jeweiligen Einheit behandelt. Dies ist vor dem Hintergrund der notwendigen Verankerung des modernen Redox-Begriffes notwendig. Die Reaktionen Metall/Metalloxid dienen lediglich als Anwendung und Vertiefung des Gelernten. Sie sind für Schülerinnen und Schüler auf Teilchenebene schwerer zu fassen als die elektrochemischen Reaktionen.</p>
Variante 1: Reaktionen von Metallen mit Metallsalzlösungen Variante 2: Metalle mithilfe elektrischer Energie herstellen
<p>Variante 1: Reaktionen von Metallen mit Metallsalzlösungen</p> <p>⇒ Die Reaktionen der Metalle</p> <ul style="list-style-type: none"> → Oxidation als Abgabe von Elektronen und Reduktion als Aufnahme von Elektronen → edle und unedle Metalle → Leitfähigkeit von Metallsalzlösungen → experimentelles Erarbeiten einer Metallreihe <p>Variante 2: Metalle herstellen mithilfe elektrischer Energie</p> <p>⇒ Elektrolysen</p> <ul style="list-style-type: none"> → Reduktion als Aufnahme von Elektronen am Beispiel Verzinken oder Verkupfern (Reaktion an der Kathode) → Spezifische Eigenschaften von Metallen – elektrische Leitfähigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Verformbarkeit → Oxidation als Abgabe von Elektronen (Reaktion an der Anode) → Raffination (z. B. Kupferraffination) als Anwendung <p>Weiterer Verlauf bei beiden Varianten:</p> <p>⇒ Die spezifischen Eigenschaften von Metallen</p> <ul style="list-style-type: none"> → elektrische Leitfähigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Verformbarkeit <p>⇒ Das Konzept der Metallbindung</p> <ul style="list-style-type: none"> → chemische Bindung in Metallen (Elektronengasmodell) <p>⇒ Bereitstellung elektrischer Energie auf chemischem Weg</p> <ul style="list-style-type: none"> → Daniell-Element als klassisches Beispiel für ein galvanisches Element; Prozess der Elektronenübertragung → Aufbau von galvanischen Elementen, die Notwendigkeit von Halbzellen <p>⇒ Reaktionen von Metallen/Metalloxiden</p> <ul style="list-style-type: none"> → energetische Betrachtung der Redoxreaktionen (Aktivierungsenergie als Energie, die man benötigt, um Stoffe in einen reaktionsbereiten Zustand zu versetzen) → Anwendung des Wissens über den Aufbau der Materie für die Vorhersage möglicher chemischer Reaktionen (Metallgewinnung). <p>⇒ elektrochemische Reaktionen (nur bei Variante 1)</p> <ul style="list-style-type: none"> → Umwandlung von chemischer in elektrische Energie und Umkehrbarkeit
<p>Beispiele für mögliche Kontexte</p> <p>Steinzeit – Kupferzeit – Bronzezeit – Eisenzeit</p> <p>Metalle – vielfältige und besondere Werkstoffe</p> <p>Rost – der Eisenfresser</p>

Themen und Inhalte, die für die Jahrgangsstufe 9 geeignet sind:

Thema 7: Die Atome in Molekülen
<p>Hinweise:</p> <p>In den vorangegangenen Unterrichtseinheiten haben die Schülerinnen und Schüler vorwiegend mit Stoffen gearbeitet, die aus Ionen aufgebaut sind. Experimentell gewonnene Erkenntnisse über die Eigenschaften von Stoffen und deren Verhalten bei chemischen Reaktionen erfordern eine erneute Betrachtung der Vorstellungen von der Materie und den chemischen Bindungen.</p> <p>Auf die Behandlung der Gasgesetze wird verzichtet.</p>
Kontext: Wasser - ein besonderer Stoff
<ul style="list-style-type: none"> • Betrachtung der Eigenschaften des Wassers <ul style="list-style-type: none"> ○ Untersuchung von Eigenschaften und Identifikation von Besonderheiten (z. B. Oberflächenspannung, Dichte von Eis) ○ Untersuchung der Flüssigkeit Wasser: Leitfähigkeitsuntersuchung, Ablenkung eines Wasserstrahls, Lösungsverhalten ⇒ Atome bilden Moleküle <ul style="list-style-type: none"> → Einführung der Elektronenpaarbindung → Betrachtung zunächst einfacher und später komplexerer Molekülformeln und Gegenüberstellung von atomar vorkommenden Edelgasen → Lewis-Schreibweise ⇒ Das Elektronenpaarabstoßungsmodell bzw. das Kugelwolkenmodell <ul style="list-style-type: none"> → räumlicher Bau von Molekülen • zurück zum Phänomen Wasser - Erklärung der Eigenschaften eines ungewöhnlichen Stoffes <ul style="list-style-type: none"> ○ Oberflächenspannung, Dichteanomalie, Löslichkeit von Stoffen in Wasser ○ Versuch: elektrostatische Ablenkung eines Wasserstrahls, vergleichende Untersuchung von z. B. Heptan, Wasser, Glycerin ○ Ableitung und Einführung bzw. Vertiefung des Konzepts der Elektronegativität ○ Dipolcharakter des Wassermoleküls → Gegenüberstellung von unpolaren Molekülen, polaren Molekülen und Ionen → intermolekulare Wechselwirkungen (Dipol-Dipol-Kräfte, Wasserstoffbrücken und Van-der-Waals-Kräfte) → Ausbildung einer Hydrathülle in Salzlösungen; Deutung des Lösungsvorgangs von Salzen mithilfe des Konzepts der Hydratisierung (gegebenenfalls leicht- und schwerlösliche Salze, Wärmetönung des Lösungsprozesses: Erklärung über Hydratationsenergie und Gitterenergie) → gegebenenfalls Diffusion und Osmose • Gewinnung von Wasserstoff durch Zerlegung von Wasser <ul style="list-style-type: none"> → Zerlegung von Wasser als chemische Reaktion, Stoffeigenschaften von Wasserstoff • Nutzung des Periodensystems der Elemente zur Vorhersage ausgewählter Strukturen und Eigenschaften <ul style="list-style-type: none"> ○ räumlicher Bau, Ionenbindung, polare Elektronenpaarbindung, unpolare Elektronenpaarbindung, Dipolmolekül usw.
<p>Beispiele für weitere mögliche Kontexte</p> <p>Die Ostsee - Wasser, Sand und Salz unter der „chemischen Lupe“</p> <p>Wasserstoff als möglicher Energieträger der Zukunft</p> <p>Ein Blick in die Welt der Chemie: Die Struktur bestimmt die Eigenschaft</p>

Thema 8: Säuren und Basen, saure und alkalische/basische Lösungen**Hinweise:**

Nach der Einführung der Elektronenpaarbindung bietet das Thema „Säuren und Basen, saure und alkalische/basische Lösungen“ vielfältige Möglichkeiten, die theoretischen Grundlagen anzuwenden und zu vertiefen.

Besonders wichtig ist die exakte Verwendung der Fachsprache, um den Lernenden die differenzierte Betrachtung von Säuren (= Protonendonatoren) und Basen (= Protonenakzeptoren) sowie sauren Lösungen (= Lösungen, die Oxonium-Ionen enthalten) und alkalischen / basischen Lösungen (= Lösungen, die Hydroxid-Ionen enthalten) zu erleichtern.

Die Berücksichtigung organischer Säuren ist sinnvoll. Je nach Zeitpunkt der Einführung in die organische Chemie (Thema 9) muss gegebenenfalls deutlich didaktisch reduziert werden: (z. B. HAc – Ethansäure/Essigsäure, Ac⁻ – Acetat-Ion, H₃Cit – Citronensäure, Cit³⁻ – Citrat-Ion)

Auf die Darstellung der anorganischen Sauerstoffsäuren in Lewis-Schreibweise sollte verzichtet werden (Oktetterweiterung bei Schwefel- und Phosphoratomen, Mesomerie beim Nitrat-Ion); die Behandlung als Summenformel ist aber möglich.

Zur Vertiefung der in diesem Thema behandelten Inhalte bieten an der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler orientierte Projekte vielfältige Gelegenheiten.

Die Abfolge der Themen 8 und 9 kann getauscht werden. Erste organische Moleküle werden in Thema 7 „Die Atome in Molekülen“ betrachtet; gegebenenfalls ist eine direkte Vertiefung im Anschluss sinnvoll.

Einstiegskontext: Saure Lebensmittel

- **Untersuchung von sauren Lebensmitteln**
 - z. B. Zitrone, Essig, Säfte, Brausepulver/-bonbon, ‚saure Stäbchen‘, frisches Sprudelwasser, saure Erfrischungsgetränke, Instant-Salatsauce, usw.
 - **gemeinsame Eigenschaften**
 - saurer Geschmack, charakteristische Färbung von Säure-Base-Indikatoren
 - Hinführung zur Frage der chemischen Identifizierung von Säuren – Gemeinsamkeiten und Unterschiede
 - **Säuren im Alltag? - Das sind fast immer saure Lösungen!**
- ⇒ **Was kennzeichnet saure Lösungen chemisch?**
- gemeinsame Eigenschaften saurer Lösungen (charakteristische Färbung von Säure-Base-Indikatoren, gegebenenfalls Reaktion mit unedlen Metallen)
 - saure Lösungen enthalten Oxonium-Ionen (H₃O⁺), diese entstehen aus der Reaktion von Säuren mit Wasser (Säure + Wasser → Oxonium-Ion + Säurerest-Ion); diese bedingen die gemeinsamen Eigenschaften saurer Lösungen
 - Vertiefung (gegebenenfalls auch später im Unterrichtsgang): Deutung der Reaktionen saurer Lösungen mit unedlen Metallen als Kombination aus Redox-Reaktion (Thema 6 „Metalle“) und Protonenübertragungsreaktion
- **Saure Stäbchen und Brausepulver genauer betrachtet**
 - Citronensäure, Weinsäure etc. sind Säuren auf der Stoff- und auf der Teilchenebene

Fortführung der Tabelle »

Thema 8: Säuren und Basen, saure und alkalische/basische Lösungen

⇒ Was sind Säuren chemisch gesehen?

- Einführung eines Modell-Teilchens, an dem die Vorgänge auf molekularer Ebene erarbeitet werden können: das Wasserstoffchlorid-Molekül (Lewis-Schreibweise, Elektronegativitätsdifferenz, Protolyse)
- Definition „Säure“ nach Brönsted: Teilchen, die Protonen abgeben können (Protonendonatoren)
- Betrachtung anderer Säuren aus dem Einstiegskontext: Essigsäure, Citronensäure, usw.

⇒ alkalische/basische Lösungen und Basen

- Definition „Base“ nach Brönsted: Teilchen, die Protonen aufnehmen können (Protonenakzeptoren)
- alkalische/basische Lösungen enthalten Hydroxid-Ionen

⇒ Neutralisation

- Neutralisationsreaktion innerhalb des Kontextes
- propädeutische Einführung des pH-Werts ($\ll 7$, < 7 , $= 7$, > 7 , $\gg 7$)

• Kohlensäure und Carbonate

- Kohlensäure - eine besondere Säure
- Kalk im Wasserkocher
- Welche Säure ist am besten zum Entkalken geeignet?
- Chemische Reaktionen sind umkehrbar

• gegebenenfalls Anwendung und Vertiefung (z. B. Konzentration)

Beispiele für weitere mögliche Kontexte

Säuren und Laugen - nicht nur ätzend

Der Säuretanker

Säuren im Haushalt genauer untersucht

Tropfsteinhöhlen und Korallenriffe

Thema 9: Einführung in die Organische Chemie**Hinweise:**

Am Beispiel der Kohlenwasserstoffe gewinnen die Schülerinnen und Schüler einen ersten Eindruck davon, wie aus den im Thema 7 erarbeiteten Bindungsverhältnissen bei Kohlenstoffverbindungen die strukturelle Vielfalt der organischen Moleküle entstehen kann.

Der Zusammenhang zwischen Molekülstruktur und Stoffeigenschaften wird am Beispiel organischer Verbindungen aus der homologen Reihe der Alkane und der Alkanole betrachtet. Vorgeschlagen werden hier zwei mögliche kontextorientierte Unterrichtsgänge für die Einführung der Alkane sowie ein Beispiel für die Behandlung der grundlegenden Inhalte zum Thema Alkanole.

Neben den Stoffeigenschaften stehen auch chemische Reaktionen und die gesellschaftlich relevanten Aspekte (Nutzung fossiler Brennstoffe; physiologische Wirkung des Alkohols) im Zentrum.

Kontext: Aus Organismen werden Brennstoffe (Erdöl, Erdgas oder Biogas)**Variante 1: Erdöl und Erdgas**

- **Entstehung und Zusammensetzung von Erdöl und Erdgas**

- Entstehung, Förderung und Verarbeitung von Erdöl und Erdgas
- Erarbeitung der Eigenschaften und Strukturen der Bestandteile (Alkane, Alkene)
- Anwendung des Elektronenpaarabstoßungsmodells, Strukturformeln (Lewis-Schreibweise)
- Verbrennungsreaktionen
- Erarbeitung der Eigenschaften der Stoffklassen (homologe Reihe) und der Veränderungen der Eigenschaften (Stärke der intermolekularen Kräfte)

Variante 2: Biogas

- **Entstehung und Zusammensetzung von Biogas**

- Entstehung und Verarbeitung von Biogas
- Erarbeitung der Eigenschaften und der Strukturen von Methan

⇒ **Weitere Vertreter der homologen Reihe der Alkane**

⇒ **Erarbeitung der Eigenschaften und Strukturen der Alkane und Alkene**

- Erarbeitung der Eigenschaften der Stoffklassen (homologe Reihe) und der Veränderungen der Eigenschaften (Stärke der intermolekularen Kräfte)
- Anwendung des Elektronenpaarabstoßungsmodells, Strukturformeln (Lewis-Schreibweise)

- **Verbrennungsreaktionen**

Kontext: Alkohol - zum Trinken viel zu schade!

- **Vorkommen, Eigenschaften und Verwendung der Alkanole**

- Zusammenhänge zwischen Struktur und Eigenschaften: Erklärung (und Vorhersage) der spezifischen Eigenschaften von Stoffen mithilfe intermolekular wirkender Wechselwirkungen

- **Erarbeitung der Vorgänge bei der Verstoffwechslung des Ethanols (Oxidation)**

- physiologische Wirkung und Verstoffwechslung des Ethanols
- Alkoholismus
- Methanolvergiftung

Beispiele für weitere mögliche Kontexte

Biogas im Mix der erneuerbaren Energien

Erdöl - Rohstoff versus Brennstoff?

Die Entwicklung von Treibstoffen

Unbedingt erforderlich ist eine **Zusammenarbeit der Fachkonferenzen** Chemie, Biologie und Physik, um Absprachen im inhaltlichen, methodischen und organisatorischen Bereich sowie das gemeinsame Verständnis von Konzepten zu treffen. Es ist Aufgabe der Fachkonferenzen, die Themen, die sich inhaltlich überschneiden, den entsprechenden Fächern zuzuordnen sowie die Zusammenarbeit und die Bezüge zu planen und festzulegen.

Entsprechendes gilt für eine Reihe **übergeordneter Fragestellungen** (Gesundheit, Nachhaltigkeit, Umgang mit Ressourcen, Umweltschutz, Nutzung von fossilen Brennstoffen, regenerativen Energien und Kernenergie, Verantwortung der Naturwissenschaften, ...), die im Unterricht nicht isoliert betrachtet werden sollten. Absprachen innerhalb und zwischen den Fachkonferenzen sind notwendig, um Redundanzen zu vermeiden.

6.3 Die Förderung der prozessbezogenen Kompetenzen in der Sekundarstufe I am Beispiel ausgewählter Unterrichtseinheiten

Der Unterricht in den Fächern Biologie, Chemie und Physik in der Sekundarstufe I ermöglicht den Erwerb von Kompetenzen, die eine naturwissenschaftliche Grundbildung charakterisieren. Die Bewältigung naturwissenschaftlicher Probleme erfordert das permanente Zusammenspiel von prozess- und inhaltsbezogenen Kompetenzen. Die prozessbezogenen Kompetenzen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung sind daher untrennbar mit dem Fachwissen verbunden.²¹

Während die Kompetenzerwartungen im Bereich **Umgang mit Fachwissen** verbindlich an den jeweiligen Unter-

richtsschwerpunkt gebunden sind, können im Bereich der **prozessbezogenen Kompetenzen** durch die Wahl des Kontextes besondere Akzente gesetzt werden. Die Lehrkraft entscheidet dabei, welcher Schwerpunkt in der Entwicklung der prozessbezogenen Kompetenzen mit dem jeweiligen Kontext verbunden werden soll. Unabhängig von der Schwerpunktsetzung hat das Experiment im Unterricht stets eine zentrale Stellung.

Am Beispiel des Unterrichtsthemas „Säuren und Basen, saure und alkalische/basische Lösungen“ soll verdeutlicht werden, wie die Wahl des Kontextes die Förderung der prozessbezogenen Kompetenzen beeinflusst. Dargestellt werden drei mögliche Unterrichtsgänge, die zur Erarbeitung der Säure-Base-Theorie nach Brönsted genutzt werden können (die in der Übersicht auf S. 29 genannten systematischen Inhalte werden verkürzt wiedergegeben):

• Kontext 1: Der Säuretanker

Im Zentrum dieser Unterrichtsplanung steht der Weg der Erkenntnisgewinnung durch forschendes Lernen (Fragen identifizieren oder Probleme diagnostizieren; Informationen suchen; Hypothesen formulieren und Vorhersagen treffen; Untersuchungen durchführen oder planen und durchführen; Daten aufbereiten, analysieren, interpretieren und evaluieren; Erklärungen entwickeln; evidenzbasiert argumentieren (alternative Erklärungen, Generalisieren). Die Schülerinnen und Schüler entwickeln Untersuchungsdesigns, mit deren Hilfe sie die Reaktionen von Metallen mit sauren Lösungen erarbeiten und einen fiktiven Säureunfall chemisch erklären können.

²¹ Vgl. Fachanforderungen Chemie (2022)

Kontext 1: Ein Säuretankschiff kentert auf dem Rhein		
Unterrichtsplanung		
<ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung der Fragestellung <i>Gibt es Metalle, deren Verwendung im Schiffbau Gefahrenquellen mindern oder darstellen?</i> • Erarbeitung der Beantwortung der Frage <ul style="list-style-type: none"> ○ Formulierung von Vermutungen, welche Metalle sehr stark und welche Metalle weniger heftig mit der Schiffsladung reagieren ○ Planung von Experimenten ○ experimentelle Überprüfung der Vermutungen ○ Erarbeitung der chemischen Reaktion von sauren Lösungen mit unedlen Metallen • Säuren im Alltag? - Das sind fast immer saure Lösungen! 		
⇒ Was kennzeichnet saure Lösungen chemisch?		
<ul style="list-style-type: none"> → gemeinsame Eigenschaften saurer Lösungen → saure Lösungen enthalten Oxonium-Ionen (H_3O^+) → Vertiefung: Deutung der Reaktionen saurer Lösungen mit unedlen Metallen als Kombination aus Redox-Reaktion (Thema 6 „Metalle“) und Protonenübertragungsreaktion 		
⇒ Was sind Säuren chemisch gesehen?		
<ul style="list-style-type: none"> → Einführung eines Modell-Teilchens → Definition „Säure“ nach Brönsted ○ Betrachtung der Säuren aus dem Einstiegskontext und weiterer Säuren 		
• Begründung der Beantwortung der Fragestellung		
⇒ Vertiefung: alkalische Lösungen und Basen		
<ul style="list-style-type: none"> → Definition „Base“ nach Brönsted → alkalische Lösungen enthalten Hydroxid-Ionen 		
⇒ Vertiefung: Neutralisation		
<ul style="list-style-type: none"> ○ Verdünnung und Neutralisationsreaktion innerhalb des Kontextes 		
Förderung der prozessbezogenen Kompetenzen		
		
Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> • Formulierung von Hypothesen, welche Metalle mit einer sauren Lösung reagieren • Entwicklung und Anwendung eines Untersuchungsdesigns; experimentelle Untersuchung der Reaktion von sauren Lösungen mit unedlen und edlen Metallen • Auswertung und Dokumentation der Ergebnisse • Entwicklung von Erklärungen und Begründung der Schlussfolgerung 	<ul style="list-style-type: none"> • Informationen erschließen • Informationen innerhalb der Gruppen austauschen • argumentieren 	<ul style="list-style-type: none"> • Kriterien festlegen (und weiterentwickeln) • Handlungsfolgen formulieren

• **Kontext 2: Säure im Essen - lecker und gefährlich?**

Sauer schmeckende Lebensmittel sind den Schülerinnen und Schülern hinreichend bekannt. Ausgehend von den Alltagsvorstellungen, was sich hinter diesem sauren Geschmack verbergen könnte, werden im Unterricht die sauren Bestandteile der Nahrungsmittel, deren chemi-

sche Eigenschaften sowie die Wirkung auf den Körper oder die Zähne erarbeitet. Durch die Erschließung und Auswertung von Informationsmaterial sollen begründete Forderungen für ein die Zahngesundheit förderndes Verhalten abgeleitet und dokumentiert werden.

Kontext 2: Säure im Essen - lecker und gefährlich?

Unterrichtsplanung

- **Erarbeitung der Fragestellungen**
Sauer, neutral, alkalisch - was ist in unseren Lebensmitteln?
Welchen Einfluss haben saure und alkalische Lebensmittel auf unseren Körper?
Wie sieht eine zahngesunde Ernährung aus?
 - **Recherche und Untersuchung der Bestandteile der Lebensmittel**
 - Planung und Durchführung von Experimenten zur Untersuchung der sauren, neutralen oder alkalischen Eigenschaften der Lebensmittelbestandteile
 - **Säuren im Alltag? - Das sind fast immer saure Lösungen!**
- ⇒ **Was kennzeichnet saure Lösungen chemisch?**
- gemeinsame Eigenschaften saurer Lösungen
 - saure Lösungen enthalten Oxonium-Ionen (H_3O^+)
- **Saure Stäbchen und Brausepulver genauer betrachtet**
 - Citronensäure, Weinsäure etc. sind Säuren auf der Stoff- und auf der Teilchenebene

- ⇒ **Was sind Säuren chemisch gesehen?**
- Einführung eines Modell-Teilchens
 - Definition „Säure“ nach Brönsted
 - Betrachtung der Säuren aus dem Einstiegskontext und weiterer Säuren
- ⇒ **alkalische Lösungen und Basen**
- Definition „Base“ nach Brönsted
 - alkalische Lösungen enthalten Hydroxid-Ionen
- ⇒ **Neutralisation**
- Verdünnung und Neutralisationsreaktion innerhalb des Kontextes
- **Begründung der Beantwortung der Fragestellung**
 - **Dokumentation der Ergebnisse der Arbeit (Film, Ausstellung, Plakat, Anfertigung einer Broschüre etc.)**

Förderung der prozessbezogenen Kompetenzen



Erkenntnisgewinnung

- Hypothesen formulieren
- Untersuchungsdesigns entwickeln und anwenden
- Datenauswertungen vornehmen und dokumentieren

Kommunikation

- **Informationen zur Zusammensetzung der Nahrungsmittel sowie zu Säuren in den Lebensmitteln und deren Eigenschaften erschließen**
- **Informationen innerhalb der Gruppen austauschen**
- **argumentieren**
- **Auswahl einer geeigneten Darstellungs- und Präsentationsform**

Bewertung

- Kriterien festlegen (und weiterentwickeln)
- Handlungsfolgen formulieren

• **Kontext 3: Wasch- und Reinigungsmittel genauer untersucht**

Wasch- und Reinigungsmittel sind aus dem täglichen Leben nicht wegzudenken. Sowohl für die Körperpflege als auch für die Reinigung der Wäsche und in verschiedenen Bereichen des Haushalts kommen die Schülerinnen und Schüler mit ihnen in Berührung. Für die Lernenden ist der Kontext selbst unter Umständen nicht sehr motivierend;

die Experimente, Zeitungsmeldungen über Unfälle oder Ähnliches sind allerdings sehr wohl geeignet, das Interesse für die Erarbeitung der Inhalte zu wecken.

Im Mittelpunkt dieser Unterrichtsplanung steht die Bewertung der im Haushalt genutzten Wasch- und Reinigungsmittel hinsichtlich ihrer Eignung und Umweltverträglichkeit.

Beispiel 3: Wasch- und Reinigungsmittel genauer untersucht

Unterrichtsplanung

• **Erarbeitung der Fragestellungen**

Was ist in unseren Wasch- und Reinigungsmitteln?

Säuren und Basen im Alltag - gefährlich oder hilfreich?

Welche Wasch- und Reinigungsmittel benötigen wir im Haushalt oder zur Körperpflege wirklich?

• **Analyse der Wasch- und Reinigungsgewohnheiten**

- Planung und Durchführung einer Befragung in den Elternhäusern

• **Festlegung von Kriterien zur Bewertung von Wasch- und Reinigungsmitteln**

• **Recherche und Untersuchung der Bestandteile der Wasch- und Reinigungsmittel**

- Planung und Durchführung von Experimenten zur Untersuchung der sauren, neutralen oder alkalischen Wasch- und Reinigungsmittel

• **Säuren im Alltag? - Das sind alles saure Lösungen!**

⇒ **Was kennzeichnet saure Lösungen chemisch?**

→ gemeinsame Eigenschaften saurer Lösungen

→ saure Lösungen enthalten Oxonium-Ionen (H_3O^+)

⇒ **Was sind Säuren chemisch gesehen?**

→ Einführung eines Modell-Teilchens

→ Definition „Säure“ nach Brönsted

- Betrachtung der Säuren aus dem Einstiegskontext und weiterer Säuren

⇒ **alkalische Lösungen und Basen**

→ Definition „Base“ nach Brönsted

→ alkalische Lösungen enthalten Hydroxid-Ionen

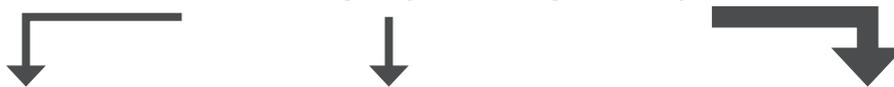
⇒ **Neutralisation**

- Verdünnung und Neutralisationsreaktion innerhalb des Kontextes

• **Formulierung von Handlungsfolgen bei der Verwendung von Wasch- und Reinigungsmitteln**

• **Begründung der Beantwortung der Fragestellung**

Förderung der prozessbezogenen Kompetenzen



Erkenntnisgewinnung

- Hypothesen formulieren
- Untersuchungsdesigns entwickeln und anwenden
- Datenauswertungen vornehmen und dokumentieren

Kommunikation

- Informationen erschließen
- Informationen innerhalb der Gruppen austauschen
- argumentieren

Bewertung

- **Kriterien für die Bewertung von Reinigungsmitteln festlegen und weiterentwickeln**
- **Folgen der Verwendung von Reinigungsmitteln für Umwelt und Haut abschätzen**
- **Kriterien für die Kaufentscheidung anwenden und reflektieren**

6.4 Planungsbeispiele für die Sekundarstufe II

Unterricht in der Einführungsphase

Die Einführungsphase im Chemieunterricht der Sekundarstufe II stellt die Verbindung zwischen der Sekundarstufe I und der Hauptphase der Sekundarstufe II, der Qualifikationsphase dar. Die Schülerinnen und Schüler wenden hier die Grundkonzepte aus der Sekundarstufe I wiederholend an und bauen ihr Wissen und Können strukturiert weiter aus. Durch die Wiederaufnahme von Inhalten vorhergehender Jahrgangsstufen, die in eine Erweiterung um neue Inhalte eingebettet ist, wird eine Festigung und Übung erreicht. Darüber hinaus werden methodisch die typischen Arbeits- und Denkweisen der Chemie auf dem Niveau der Sekundarstufe II weiterentwickelt. In der Einführungsphase wird in den zu behandelnden Sachgebieten ein grundlegendes Basiswissen angelegt, das in der Qualifikationsphase durch Wahl geeigneter Anwendungsfelder vertieft wird. Fachinhalte können dabei aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet werden, eine Vernetzung und Weiterentwicklung erfolgt entlang der Basiskonzepte. Im Chemieprofil wird bereits in der Einführungsphase vertiefend auf erhöhtem Anforderungsniveau gearbeitet (siehe Fachanforderungen Chemie 2022, S. 59f).

Für die Einführungsphase sind drei Sachgebiete vorgesehen:

- Chemie und Leben
- Chemie und Energie
- Chemie und funktionale Stoffe und Materialien

In den folgenden Tabellen werden für die drei Sachgebiete der Einführungsphase exemplarisch mögliche Unterrichtsgänge vorgeschlagen. Die Unterrichtsgänge gehen jeweils von einem Kontext aus und folgen einer an den Kompetenzen orientierten Entwicklung.

Inhalte, die sich im Kontext bewegen, sind in den Auflistungen mit Punkten (• bzw. ◦) gekennzeichnet. Inhalte, die den Kontext fachsystematisch ergänzen, sind mit Pfeilen (⇒ bzw. →) gekennzeichnet.

Die Abfolge der Sachgebiete und Pflichtinhalte ist nicht starr, sondern kann durch die Fachkonferenz didaktisch begründet verändert werden. Neben den Pflichtinhalten werden Hinweise zu möglichen ergänzenden/vertiefenden Inhalten aufgeführt. Darüber hinaus werden weitere

mögliche Kontexte genannt, die sich für das genannte Sachgebiet ebenfalls anbieten. Diese stellen eine Auswahl dar und können beliebig ergänzt werden.

Einige Inhalte können sowohl in der Einführungsphase als auch in der Qualifikationsphase berücksichtigt werden. In der Unterrichtsplanung muss vor Beginn des Unterrichtsgangs festgelegt werden, an welcher Stelle (Einführungs- oder Qualifikationsphase) diese Inhalte eingeführt beziehungsweise wieder aufgegriffen und vertieft werden sollen. Überwiegend werden diese Inhalte im Folgenden in der Qualifikationsphase berücksichtigt. Möglichkeiten, diese Inhalte bereits in den Unterrichtsgang der Einführungsphase zu integrieren, werden mit einem *Stern gekennzeichnet.

Im Folgenden wird eine Auflistung dieser Inhalte dargestellt:

- Stöchiometrische Betrachtungen und Berechnungen
- Berechnungen von pH-Werten
- **Puffer**
- Säure-Base-Titrationen
- Reaktionsmechanismen
 - radikalische Substitution
 - elektrophile Addition
 - **nucleophile Substitution**
 - **Estersynthese**
 - **elektrophile Substitution an Aromaten**
- **Mesomerie und mesomerer Effekt**
- **koordinative Bindung**
- **Nanostruktur; Nanomaterialien**
- **Chiralität**
- **Chromatographie**
- **ein technisches Syntheseverfahren**
- **ein Verfahren der instrumentellen Analyse (zum Beispiel Konduktometrie, potenziometrische pH-Wert-Bestimmung, Fotometrie, Polarimetrie)**
- **ein technisches Syntheseverfahren**
- moderne Werkstoffe
- Rohstoffgewinnung und Verarbeitung
- Recycling
- **Wertstoffkreisläufe**

Vertiefende Inhalte für das Profulfach Chemie sind grau unterlegt und kursiv gedruckt. Diese Inhalte können jedoch auch Bestandteile des Unterrichts sein, wenn Chemie als profilergänzendes oder nicht ergänzendes Fach angeboten wird.

Einführungsphase - Sachgebiet: Chemie und Leben
<p>Ziel: Erarbeitung der Systematik von Stoffklassen (allgemein)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Betrachtung der funktionellen Gruppen der organischen Stoffklassen und der Eigenschaften der entsprechenden Stoffe (Alkanole, Alkanale, Alkanone, Alkansäuren) ➤ Erarbeitung der Reaktionen der Stoffe; Betrachtung der Strukturen und der Eigenschaften
<p>Hinweise:</p> <p>Im Sachgebiet „Chemie und Leben“ werden die Kenntnisse der Schülerinnen und Schüler aus dem Chemie- und Biologieunterricht der Sekundarstufe I wieder aufgegriffen. Durch dieses Vorgehen findet man nicht nur interessante Kontexte, sondern fördert gleichzeitig den Aufbau eines fächerübergreifend vernetzten Wissens.</p> <p>Gegebenenfalls müssen die Inhalte des Themas 9 der Sekundarstufe I „Einführung in die Organische Chemie“ wiederholt oder in verkürzter Form berücksichtigt werden.</p> <p>Inhalte, die mit einem Stern gekennzeichnet sind, können in der Einführungsphase im Rahmen des vorgeschlagenen Kontextes behandelt werden. Sollte die zur Verfügung stehende Unterrichtszeit nicht ausreichen, können diese Inhalte auch in der Qualifikationsphase im Rahmen des Kontextes „Ernährungstrends“ aufgenommen werden</p>
Kontext: Bau- und Speicherstoffe der Natur - Kohlenhydrate, Fette und Proteine
<ul style="list-style-type: none"> • Klassifizierung von Naturstoffen <ul style="list-style-type: none"> ○ Vorkommen und Bedeutung der Stoffgruppen (Kohlenhydrate, Proteine, Fette) / Sammlung von Vorkenntnissen ○ Vergleich der Modellvorstellungen, die im Biologieunterricht der Sekundarstufe I verwendet werden, mit den Strukturformeln des Chemieunterrichts <p>⇒ Rückschluss auf die zugrundeliegenden Stoffklassen</p> <ul style="list-style-type: none"> → Identifizierung/Einführung der funktionellen Gruppen (Hydroxygruppe, Carbonylgruppe, Carboxylgruppe, Estergruppe, Aminogruppe), der zugrundeliegenden Stoffklassen (Alkanole, Alkanale, Alkanone und Alkansäuren sowie Aminosäuren) sowie deren Kondensationsprodukte (Di- und Polysaccharide, Fettsäureester, Peptide) → Mechanismus der Estersynthese (am Beispiel der Fruchtester) → homologe Reihen und Entwicklung der Eigenschaften entlang einer Reihe (Alkane, Alkanole, Carbonsäuren) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>Mathematisierung: Einführung des Mols und der Molmasse am Beispiel der Verbrennung von Alkanen und Alkanolen (z. B. Berechnung der Kohlenstoffdioxidemission bei der Verbrennung von Kraftstoffen)</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> → Beziehungen zwischen Struktur und Eigenschaften → intermolekulare Wechselwirkungen → räumlicher Bau der Moleküle; erste Einführung der Konstitutionsisomerie und der Nomenklatur nach IUPAC <p>⇒ Reaktionsverhalten organischer Verbindungen</p> <ul style="list-style-type: none"> → Redoxreaktionen → Säure-Base-Reaktionen und chemisches Gleichgewicht im Kontext der Carbonsäuren (Säure-Base-Theorie nach Brønsted, pH-Wert, starke und schwache Säuren, Ionenprodukt des Wassers K_W, Säurekonstante, Basenkonstante, pKS und pKB-Wert) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>Mathematisierung: Einführung der Konzentration; Berechnung des pH-Werts bei vollständiger Protolyse; Berechnung von Gleichgewichtskonstanten (Säurekonstante, Basenkonstante, Ionenprodukt des Wassers K_W) und logarithmisierte Werte (pKS und pKB-Wert); Berechnung des pH-Werts bei unvollständiger Protolyse Beispiel: Vergleich Salzsäure - Essigsäure gleicher Konzentration</p> </div>
<i>Fortführung der Tabelle »</i>

Fortführung: Kontext: Bau- und Speicherstoffe der Natur – Kohlenhydrate, Fette und Proteine
<ul style="list-style-type: none"> • Bau- und Speicherstoffe der Natur • Fette als Bau- und Speicherstoffe <ul style="list-style-type: none"> ○ Betrachtung der Eigenschaften der Fette und Lipide (Struktur-Eigenschafts-Beziehung) ○ Fette als Triglyceride und Ester → Mechanismus der Estersynthese (wenn nicht am Beispiel der Fruchtester hier alternative Möglichkeit am Beispiel der Fette) ○ Unterscheidung von gesättigten und ungesättigten Fettsäuren → Bromierung von gesättigten und ungesättigten Fetten (Reaktionsmechanismen der radikalischen Substitution und der elektrophilen Addition) • Kohlenhydrate als Bau- und Speicherstoffe <ul style="list-style-type: none"> ○ Di- und Polysaccharide als Kondensationsprodukte von Monosacchariden → Betrachtung der Kohlenhydrate als Aldosen und Ketosen → Ringstruktur - offenkettige Struktur (Stereoisomerie in der Qualifikationsphase) → Nachweis der Aldehydgruppe • Proteine <ul style="list-style-type: none"> ○ Betrachtung der Eigenschaften der Aminosäuren (Struktur-Eigenschafts-Beziehung) ○ Nachweis der Aminogruppe ○ Exemplarische Betrachtung von Proteinstrukturen (z. B. Haare oder Enzyme) ○ Peptidbindung ○ Strukturebenen
<p>Weitere mögliche Kontexte</p> <p>Essig - nicht nur für den Salat</p> <p>Die unterschätzten Vorgänge bei der Verdauung - eine Betrachtung aus Sicht der Chemie</p> <p>Sauerkrautherstellung - nie mehr Skorbut</p>
<p>Mögliche Inhalte zur Ergänzung/Vertiefung</p> <p>Reaktionsgeschwindigkeit und Beeinflussung von Gleichgewichtsreaktionen</p> <p>alkoholische Gärung</p>

Einführungsphase – Sachgebiet: Chemie und Energie
<p>Ziel: Chemische Reaktionen haben immer energetische Aspekte; diese können zur Bereitstellung und zur Speicherung von Energie genutzt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bereitstellung von Wärmeenergie aus Verbrennungsreaktionen ➤ Nutzung der bei Redoxreaktionen übertragenen Elektronen als elektrische Energie ➤ Möglichkeiten der elektrochemischen Energiespeicherung ➤ Ansätze zur Bewertung der Nachhaltigkeit verschiedener Prozesse
<p>Hinweise:</p> <p>Im Sachgebiet „Chemie und Energie“ werden die Kenntnisse der Schülerinnen und Schüler aus dem Chemieunterricht der Sekundarstufe I wieder aufgegriffen. Der Schwerpunkt in der Einführungsphase liegt in den Bereichen Bereitstellung, Speicherung und Transport von Energie.</p>
Kontext: Bereitstellung von Energie heute
<ul style="list-style-type: none"> • Vergleichende Betrachtung energetischer Prozesse in verschiedenen Kontexten <ul style="list-style-type: none"> → Energieformen, Energieträger, Energieumwandlung → 1. Hauptsatz der Thermodynamik ⇒ Energetische Beschreibung von Verbrennungsreaktionen <ul style="list-style-type: none"> → Energiebilanzen chemischer Reaktionen → kalorimetrische Bestimmung von Verbrennungsenthalpien (halbquantitativer Vergleich verschiedener Stoffe; siehe Kapitel 5) → Deutung über Bindungsenergie und Teilchenbewegung („innere Energie“ in vereinfachter Darstellung) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>Mathematisierung: Einfache Berechnungen im Rahmen einer Verbrennungsreaktion (z. B.: Reaktion von Methan mit Sauerstoff) mithilfe von Standardbildungsenthalpien</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Bereitstellung elektrischer Energie in den verschiedenen Kraftwerkstypen <ul style="list-style-type: none"> ○ exemplarische Erarbeitung der Grundlagen der Bereitstellung elektrischer Energie in den verschiedenen Kraftwerkstypen (Kohle, Erdgas, Müll, Nuklear, Wasser (Staudamm, Gezeiten, Strömung), Wind, Geothermie, Sonne usw.) ⇒ Redoxreaktionen/Grundlagen der Elektrochemie (gegebenenfalls Wiederholung aus Sek. I) <ul style="list-style-type: none"> → Beschreibung von Redoxreaktionen als Elektronenübertragungsreaktionen → Begründung der Umkehrbarkeit von Redoxreaktionen (Donator-Akzeptor-Konzept; Redoxreihe der Metalle); Möglichkeiten der Reaktionssteuerung • Batterien, Akkumulatoren, Brennstoffzellen <ul style="list-style-type: none"> ○ Erklärung der Bereitstellung elektrischer Energie aus Redoxreaktionen (einfache galvanische Zellen, beispielsweise Zink-Kupfer) ○ experimentelle Betrachtung mindestens einer Zelle (Batterie, Akkumulator oder Brennstoffzelle) • Bewertung der Nachhaltigkeit <ul style="list-style-type: none"> ○ Vergleich fossiler Brennstoffe mit alternativen Energieträgern ○ Bewertung in Bezug auf die Nachhaltigkeit
<p>Weitere mögliche Kontexte:</p> <p>Mobil dank Chemie: Mobile Energiequellen Energetische Autarkie, nur eine Fiktion? (Haus, Siedlung, Insel, Region, Land usw.)</p>
<p>Mögliche Inhalte zur Ergänzung/Vertiefung siehe Qualifikationsphase</p>

Einführungsphase - Sachgebiet: Funktionale Stoffe und Materialien
<p>Ziel: Betrachtung der Zusammenhänge zwischen der Struktur chemischer Verbindungen und den Eigenschaften der Stoffe</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Wiederholung der funktionellen Gruppen der organischen Stoffklassen und der Eigenschaften der entsprechenden Stoffe ➤ Deutung auf molekularer Ebene (Einflüsse der intermolekularen Wechselwirkungen und der Umgebungsbedingungen) ➤ Reaktionen der Stoffe; Vergleich der Strukturen und der Eigenschaften der Edukte und der Produkte
Kontext: Welcher Kunststoff für welchen Zweck?
<ul style="list-style-type: none"> • Betrachtung der Eigenschaften unterschiedlicher Kunststoffe <ul style="list-style-type: none"> ○ Erklärung der Stoffeigenschaften in Abhängigkeit von der Molekülstruktur und der intermolekularen Wechselwirkungen (Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere) • Strukturen von Kunststoffen und Ableitung möglicher Monomere <p>⇒ Reaktionstyp der Polykondensation → Herstellung und Vergleich unterschiedlicher Polyester - Vernetzungsgrad in Relation zu den Edukten</p> <p>⇒ Mechanistische Betrachtung der Estersynthese (Wiederholung bzw. Einführung, wenn nicht schon im Rahmen des Sachgebiets „Chemie und Leben“ eingeführt)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsbeispiele für die betrachteten Kunststoffe
<p>Weitere mögliche Kontexte: Biologisch abbaubare Kunststoffe Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen</p>
<p>Mögliche Inhalte zur Ergänzung/Vertiefung: Chemisches Gleichgewicht und Massenwirkungsgesetz; Beeinflussung von Gleichgewichtsreaktionen</p>

Unterricht in der Qualifikationsphase

In der Qualifikationsphase werden die Inhalte der Einführungsphase wieder aufgenommen, vertieft und ergänzt. Die Sachgebiete stellen zudem verschiedene Schwerpunkte chemischer Denk- und Arbeitsweisen exemplarisch heraus:

- die Nutzung und Erweiterung von Modellen zur Deutung von Struktur-Eigenschafts-Beziehungen
- die qualitative und quantitative Betrachtung von Reaktionsprozessen als Basis für deren Nutzung
- die Analyse und Modellierung von (Kreislauf-) Prozessen als Basis für Nachhaltigkeit
- die Nutzung chemischer Fachkenntnisse und Verfahren für technologische Entwicklungen
- die erkenntnistheoretische Betrachtung des Zusammenspiels von Wissenschaft, Technologie und Gesellschaft

Die in der Qualifikationsphase zu behandelnden Inhalte werden den folgenden vier Sachgebieten zugeordnet. Alle Sachgebiete müssen im Laufe der zweijährigen Qualifikationsphase behandelt werden. Die Wahl thematischer Schwerpunkte (siehe Unterpunkte) sowie der zeitliche Umfang hängen von der jeweiligen Lerngruppe ab und werden entsprechend von der Fachkonferenz festgelegt. Eine Kopplung der Sachgebiete an Schulhalbjahre ist nicht vorgesehen.

- **Chemie und Leben**
 - biochemische Aspekte von Gesundheit und Ernährung
 - Lebensmittel und Naturstoffchemie
- **Chemie und Umwelt**
 - analytische Verfahren
 - Umweltbereich Wasser
 - Umweltbereich Boden
 - ergänzend: Umweltbereich Luft
- **Chemie und Energie**
 - chemische Grundlagen von Energiekonzepten
 - chemische Stromgewinnung
 - großtechnische Verfahren
 - Korrosion
- **Chemie der funktionalen Stoffe und Materialien**
 - Kunststoffe
 - Aromatische Verbindungen und Farbstoffe
 - Nanochemie
 - Wasch- und Reinigungsmittel, kosmetische Chemie
 - Chemie und Medikamente

In den folgenden Tabellen werden für die Themenbereiche der vier Sachgebiete exemplarisch mögliche Unterrichtsgänge mit einer sinnvollen Abfolge der verbindlich zu berücksichtigenden Inhalte vorgeschlagen. Die Unterrichtsgänge gehen jeweils von einem Kontext aus und folgen einer an den Kompetenzen orientierten Entwicklung.

Inhalte, die sich im Kontext bewegen, sind in den Auflistungen mit Punkten (• bzw. ◦) gekennzeichnet. Inhalte, die den Kontext fachsystematisch ergänzen, sind mit Pfeilen (⇒ bzw. →) gekennzeichnet.

Die Abfolge der Sachgebiete, der Themenbereiche und der Pflichtinhalte ist nicht starr, sondern kann durch die Fachkonferenz didaktisch begründet verändert werden. Neben den Pflichtinhalten werden Hinweise zu möglichen ergänzenden beziehungsweise vertiefenden Inhalten aufgeführt. Darüber hinaus werden weitere mögliche Kontexte genannt, die sich für das genannte Thema ebenfalls anbieten. Diese stellen eine Auswahl dar und können beliebig ergänzt werden.

* **Die mit einem Stern gekennzeichneten Inhalte** müssen im Laufe der Sekundarstufe II behandelt werden, wenn für das Fach Chemie in der Sekundarstufe II drei Jahre vorgesehen sind. Die inhaltliche Anbindung kann jedoch variieren. In der Unterrichtsplanung muss daher vor Beginn des Unterrichtsgangs festgelegt werden, an welcher Stelle diese Inhalte eingeführt/wieder aufgegriffen und vertieft werden sollen.

Vertiefende Inhalte für das Profulfach Chemie sind grau unterlegt und kursiv gedruckt. Diese Inhalte können jedoch auch Bestandteile des Unterrichts sein, wenn Chemie als profilergänzendes oder nicht ergänzendes Fach angeboten wird.

Je nach zur Verfügung stehender Unterrichtszeit ist die Berücksichtigung mehrerer Themen eines Sachgebiets möglich.

Qualifikationsphase - Chemie und Leben
<p>Hinweise:</p> <p>Das Sachgebiet „Chemie und Leben“ bietet viele lebensnahe Kontexte, die einen kompetenzorientierten Unterricht auf dem Niveau der Sekundarstufe II ermöglichen. Absprachen und die Zusammenarbeit mit den Fachschaften Biologie, Geografie und Wirtschaft/Politik sind hier besonders gewinnbringend, da im Chemieunterricht Grundlagen für die Stoffwechselphysiologie und Genetik gelegt werden und fächerübergreifende Projekte mit Geografie und Wirtschaft/Politik möglich sind, die insbesondere die Kompetenzen der Bereiche „Kommunikation“ und „Bewertung“ im Sinne einer naturwissenschaftlichen Grundbildung fördern.</p>
<p>Die Aspekte des Bereichs „Biochemische Aspekte von Gesundheit und Ernährung“ werden mindestens innerhalb des gewählten Bereichs (Proteine oder Kohlenhydrate oder Fette) unterrichtet. Die ausführliche Behandlung eines Bereichs ist verpflichtend.</p> <p>Auf erhöhtem Anforderungsniveau muss einer der beiden Themenbereiche „Proteine“ oder „Kohlenhydrate“ behandelt werden; die Behandlung eines weiteren Themenbereichs ist verpflichtend, wenn nicht „Farbstoffe“ (vergleiche „Chemie der funktionalen Stoffe und Materialien“) gewählt werden.</p> <p>Um auf erhöhtem Anforderungsniveau die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife im Fach Chemie zu erfüllen, erscheint es sinnvoll, den Themenbereich „Proteine“ ausführlich und gegebenenfalls die Inhalte des Themenbereichs „Kohlenhydrate“ ergänzend und verkürzt zu behandeln. Im umgekehrten Fall müssen die verbindlich vorgeschriebenen Inhalte Chromatographie und Puffer an anderer Stelle behandelt werden.</p>
Kontext: Ernährungstrends (z. B. vegane Ernährung)
<ul style="list-style-type: none"> • Vergleich verschiedener Ernährungstrends mit den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (Analyse von Werbung und Artikeln in Zeitschriften, historische Texte, Berichte aus unterschiedlichen Regionen der Erde usw.) <ul style="list-style-type: none"> ○ Erarbeitung von Bestandteilen der unterschiedlichen Nahrungsmittel, essentielle Lebensmittelbestandteile ○ physikalischer und biologischer Brennwert ○ Unterscheidung von Baustoff- und Energiestoffwechsel ○ Vorteile und Nachteile von Ernährungstrends ○ der Umweltfaktor bei der Ernährung <p>⇒ systematische Klassifizierung von Nahrungsbestandteilen</p>

Themenbereich Proteine
<ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung der Unterschiede zwischen Nahrungsmitteln tierischer und pflanzlicher Herkunft <ul style="list-style-type: none"> ○ Betrachtung tierischer und pflanzlicher Proteine ○ Nachweis von Aminosäuren und Proteinen (Ninhydrin, Biureth, Xanthoprotein) → koordinative Bindung (zwischen Metallkation und freien Elektronenpaaren der Liganden am Beispiel der Biureth-Reaktion) ○ Bedeutung der Aminosäuren für den Baustoffwechsel, essentielle Aminosäuren ⇒ Erarbeitung des Proteinaufbaus aus Aminosäuren, Strukturebenen (Primär- bis Quartärstruktur) <ul style="list-style-type: none"> → Konfigurationsisomerie, D- und L-Aminosäuren, Chiralität, asymmetrisch substituierte Kohlenstoff-Atome, optische Aktivität → Zwitterionen und deren Eigenschaften (pH, pK_S, pK_B, IEP) → Puffersysteme: Bedeutung, Zusammensetzung, Funktionsweise <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <p>Mathematisierung: Berechnungen der pH-Werte von Pufferlösungen mithilfe der Henderson-Hasselbalch-Gleichung (z. B. vom pH-Wert des Bluts oder im Rahmen der Elektrophorese)</p> </div> • Analyse zur Unterscheidung von tierischen und pflanzlichen Aminosäuregemischen <ul style="list-style-type: none"> → Dünnschichtchromatographie von Aminosäuregemischen (z. B. Hühnereiweiß, Orangensaft, Sojaprotein) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <p>Mathematisierung: Ermittlung und Interpretation von Rf-Werten</p> </div> • Zubereitung der Nahrung <ul style="list-style-type: none"> ○ Denaturierung von Proteinen • Ableitung und Erklärung von möglichen Problemen bei Ernährungstrends (z. B. bei veganer Ernährung) <ul style="list-style-type: none"> ○ Mangelerscheinungen (essentielle Aminosäuren, Fettsäuren, Vitamine, Spurenelemente) ○ Auswege und Empfehlungen
<p>Beispiele für weitere Kontexte: Proteinshakes Protein-Energie-Mangelsyndrom Proteine beim Backen und Braten Der genetische Fingerabdruck</p>
<p>Mögliche Inhalte zur Ergänzung/Vertiefung Bedeutung der Ernährung für sportliche Erfolge Maßgeschneiderte Proteine der Natur (Haare, Enzyme, Rezeptormoleküle, Muskelfasern etc.) Proteinchemie beim Friseur</p>

Themenbereich Kohlenhydrate
<ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften der Stoffe <ul style="list-style-type: none"> ○ Energiegehalt von Stärke, Cellulose und Saccharose ○ Struktur-Eigenschaftsbeziehung der ausgewählten Moleküle ⇒ Aufbau der Polysaccharide aus Monosacchariden und deren Eigenschaften <ul style="list-style-type: none"> → Monosaccharide als Hydrolyseprodukte → Darstellung der Moleküle mithilfe verschiedener Modelle (Fischer-, Haworth-Projektion) → Konfigurationsisomerie, Chiralität, asymmetrisch substituierte Kohlenstoff-Atom, optische Aktivität → Nachweisreaktionen der Monosaccharide (z. B. Fehling-Probe, Silberspiegel-Probe oder Benedict-Probe) → koordinative Bindung (zwischen Metallkation und freien Elektronenpaaren der Liganden am Beispiel einer der o. g. Reaktionen) → Überblick über die verschiedenen Isomeren (Konfigurationsisomerie; Konstitutionsisomerie) → glykosidische Bindung → reduzierende - nicht reduzierende Disaccharide • Bewertung der nachwachsenden Rohstoffe unter Aspekten der Nachhaltigkeit <ul style="list-style-type: none"> ○ Konkurrenz: Flächen für den Anbau von Nahrungsmitteln - Flächen für den Anbau nachwachsender Rohstoffe • Ableitung und Erklärung von möglichen Problemen bei Ernährungstrends (z. B. bei veganer Ernährung) <ul style="list-style-type: none"> ○ Probleme einer zu kohlenhydratlastigen Ernährung ○ Mangelerscheinungen (essentielle Aminosäuren, Fettsäuren, Vitamine, Spurenelemente) ○ Auswege und Empfehlungen
<p>Beispiele für weitere Kontexte: Nachwachsende Rohstoffe Wie viel und welcher Zucker ist gesund? Nahrung oder Treibstoff?</p>
<p>Mögliche Inhalte zur Ergänzung/Vertiefung: Zuckergewinnung aus Zuckerrüben Zuckeraustauschstoffe Bedeutung von Stärke und Cellulose für Tiere und Pflanzen Cyclodextrine</p>

Themenbereich Fette
<ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften der Stoffe <ul style="list-style-type: none"> ○ Energiegehalt ○ Struktur-Eigenschaftsbeziehung ⇒ Analyse zur Unterscheidung von tierischen und pflanzlichen Fetten <ul style="list-style-type: none"> → gesättigte/ungesättigte Fettsäuren; → Konfigurationsisomerie (cis-trans-Isomerie) → qualitative Bewertung von Fetten anhand von Kennzahlen (z. B.: Iodzahl, Säurezahl, Verseifungszahl) → experimentelle Ermittlung und Bewertung von Kennzahlen (z. B.: Iodzahl, Säurezahl, Verseifungszahl) • Gesichtspunkte der Nachhaltigkeit <ul style="list-style-type: none"> ○ Welternährung - Anbau von Energieträgern aus nachwachsenden Rohstoffen • Ableitung und Erklärung von möglichen Problemen bei Ernährungstrends (z. B. bei veganer Ernährung) <ul style="list-style-type: none"> ○ Mangelerscheinungen (essentielle Fettsäuren, Aminosäuren, Vitamine, Spurenelemente) ○ Auswege und Empfehlungen
<p>Weitere mögliche Kontexte: Ölpflanzen - Kraftstoff oder Nahrung? Fette in kosmetischen Produkten</p>
<p>Mögliche Inhalte zur Ergänzung/Vertiefung: Beurteilung von Butter und Margarineprodukten für die Ernährung Bedeutung von Lipiden für Zellmembranen Fett als Ausgangsstoff für Seifen Gefahren einer fettreichen Ernährung</p>

Qualifikationsphase - Sachgebiet: Chemie und Umwelt**Hinweise:**

Die Behandlung eines der beiden Umweltbereiche Wasser oder Boden ist verpflichtend. Die Analytik wird mindestens innerhalb des gewählten Umweltbereichs behandelt.

Die anderen Umweltbereiche können ergänzend behandelt werden.

Analytik allgemein

- Stoffmengen und Konzentrationen (Wiederholung)
- Analysegenauigkeit, Fehlerbetrachtung und Nachweisgrenzen
- qualitative und halbquantitative Analyse (Ionennachweise)
- quantitative Analysemethoden (Säure-Base-Titration und Konzentrationsberechnung)
- **qualitative und halbquantitative sowie quantitative Analysemethoden erhöhter Komplexität**
- **Löslichkeitsgleichgewicht und Löslichkeitsprodukt K_L (qualitativ und quantitativ) am Beispiel der gewählten Fällungsreaktion**
- **quantitative Analysemethoden (Säure-Base-Titration, Redox-Titration)**
- Säurekonstante, Basenkonstante, pKS- und pKB-Werten (Wiederholung)
- **Titrationen**
- **Chromatographie**
- **ein Verfahren der instrumentellen Analyse (z. B. Konduktometrie, potentiometrische pH-Wert-Bestimmung, Fotometrie, Polarimetrie)**

Mathematisierung:

Berechnungen der Säure- bzw. Basenkonzentration aufgrund von Titrationsergebnissen (starke Säure/ starke Base)

Berechnung von Ionenkonzentrationen bei Fällungsreaktionen (Löslichkeitsgleichgewicht und Löslichkeitsprodukt K_L)

Berechnung der Säure- bzw. Basenkonzentration aufgrund von Titrationsergebnissen (schwache Säure/ starke Base bzw. schwache Base/starke Säure)

Berechnung von Anfangspunkt, Halbäquivalenzpunkt und Äquivalenzpunkt bei Titrationskurven

Umweltbereich Wasser und Meereschemie
Kontext: Verschmutzung der Weltmeere (durch z. B. Mikroplastik, Verklappung, Treibhauseffekt usw.)
<ul style="list-style-type: none"> • Recherche und Nachweis möglicher Verschmutzungen <ul style="list-style-type: none"> ○ Identifizierung möglicher Gewässerverschmutzungen und deren Ursachen ○ qualitative, halbquantitative und quantitative Analysemöglichkeiten für typische Anionen und Kationen; Prinzipien von Nachweisreaktionen (Fällungsreaktion, Farbreaktion, Flammfärbung, Gasentwicklung) Zum Beispiel: Bestimmung des pH-Werts, Nachweise für Chlorid, Hydrogencarbonat und Carbonat, Nitrit und Nitrat, Sulfat, Phosphat, Natrium, Calcium, Kupfer, Eisen und Ammonium • Problematik der Datengrundlage (wenige Messpunkte bei 360 Millionen km² - und das ist nur die Oberfläche) • Zusammenhänge im System Ozean, z. B. Temperatur, Kohlenstoffdioxid, pH-Wert → Einführung bzw. Vertiefung von chemischem Gleichgewicht und Massenwirkungsgesetz • moderne Ozeanographie - Datenlogsysteme, Messbojen usw. • praktische Durchführung von Analysen <ul style="list-style-type: none"> ○ Probeentnahme, Aufbereitung der Proben, Durchführung, Berechnung der Ionenkonzentrationen und Gehalte, Fehlerbetrachtungen und Ermittlung der Genauigkeit ○ Säure-Base-Titration und Konzentrationsberechnung; Titration (starke Säure/starke Base) → Titrationenkurven und Berechnungen von charakteristischen Punkten (schwache Säure/starke Base bzw. schwache Base/starke Säure) → Redoxtitration → ein Verfahren der instrumentellen Analyse (z. B. Gaschromatographie, Konduktometrie, potentiometrische pH-Messung, Fotometrie, Polarimetrie) → Nachweisgrenzen und deren Bedeutung für die Bewertung von Ergebnissen ⇒ Umgang mit Analyseergebnissen → Bedeutung und Bewertung von Grenzwerten und Verdünnung • Bewertung der Ergebnisse der Unterrichtseinheit (hier sollten Handlungsoptionen eine wichtige Rolle spielen)
Beispiele für weitere Kontexte: Unser See kippt um! Fischsterben im Meer
Mögliche Inhalte zur Ergänzung/Vertiefung Eutrophierung Strömungssystem der Weltmeere

Umweltbereich Boden und Agrarchemie
Kontext: Mögliche Belastung des Bodens durch landwirtschaftliche Nutzung
<ul style="list-style-type: none"> • Recherche und Nachweis möglicher Verschmutzungen <ul style="list-style-type: none"> ○ Identifizierung möglicher Bodenbelastungen und deren Ursachen ○ qualitative, halbquantitative und quantitative Analysemöglichkeiten für typische Anionen und Kationen; Prinzipien von Nachweisreaktionen (Fällungsreaktion, Farbreaktion, Flammfärbung, Gasentwicklung) Zum Beispiel: Bestimmung des pH-Werts, Nachweise für Chlorid, Carbonat, Nitrit und Nitrat, Phosphat, Natrium, Calcium, Kupfer, Eisen und Ammonium • praktische Durchführung der Analysen <ul style="list-style-type: none"> ○ Probeentnahme, Aufbereitung der Proben, Durchführung, Berechnung der Ionenkonzentrationen und Gehalte, Fehlerbetrachtungen und Ermittlung der Genauigkeit → Boden-pH, Säure-Base-Titration und Konzentrationsberechnung; Titration mit Umschlagspunkt ○ Säure-Base-Titration und Konzentrationsberechnung; Titration (starke Säure/starke Base) → Titrationen und Berechnungen von charakteristischen Punkten (schwache Säure/starke Base bzw. schwache Base/starke Säure) → Redoxtitration → ein Verfahren der instrumentellen Analyse (z. B. Gaschromatographie, Konduktometrie, potentiometrische pH-Messung, Fotometrie, Polarimetrie) → Nachweisgrenzen und deren Bedeutung für die Bewertung von Ergebnissen <p>⇒ Umgang mit Analyseergebnissen</p> <ul style="list-style-type: none"> → Bedeutung und Bewertung von Grenzwerten ○ Maßnahmen der Bodenverbesserung (hier sollten Handlungsoptionen eine wichtige Rolle spielen)
<p>Weitere mögliche Kontexte: Aus Industriestandorten werden Wohngebiete? Waldsterben durch sauren Boden Die Mülldeponie ist undicht</p>
<p>Mögliche Inhalte zur Ergänzung/Vertiefung: Düngemittelverordnung Belastung des Trinkwassers</p>

Umweltbereich Luft und Atmosphärenchemie
Kontext: Klimakatastrophen - selbstgemacht?
<ul style="list-style-type: none"> • Recherche und Nachweis klimarelevanter Stoffe - Kohlenstoffdioxid, Wasser, Methan <ul style="list-style-type: none"> ○ Identifizierung klimarelevanter Stoffe und deren Quellen ○ qualitative, halbquantitative und quantitative Analysemöglichkeiten für Kohlenstoffdioxid • Zusammenhänge im System Atmosphäre (z. B. Temperatur, Kohlenstoffdioxid, Wasserdampfgehalt); Beeinflussung des Wetters durch den Wasserdampfgehalt der Atmosphäre <ul style="list-style-type: none"> → Vertiefung von chemischem Gleichgewicht und Massenwirkungsgesetz (am Beispiel von Kohlensäure-Gleichgewichten) • Quellen und Senken von Klimagasen, Formen der Freisetzung und der Fixierung <ul style="list-style-type: none"> ○ Weiterreaktionen z. B. im Ozean mit entsprechenden Folgen (Versauerung, Auflösung der Kalkstrukturen von Algen und Korallen usw.) <p>⇒ Praktische Durchführung von Analysen - Probenahme, Aufbereitung der Proben, Analyse, Fehlerbetrachtungen und Ermittlung der Genauigkeit</p> <p>→ Nachweisgrenzen und deren Bedeutung für die Bewertung von Ergebnissen</p> <p>⇒ Umgang mit Analyseergebnissen</p> <p>→ Bedeutung und Bewertung von Grenzwerten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bewertung der Ergebnisse der Unterrichtseinheit - hier sollten Handlungsoptionen eine wichtige Rolle spielen <ul style="list-style-type: none"> ○ Ökologischer Fußabdruck ○ alternative Energiequellen bzw. -träger (übergreifend mit dem Sachgebiet „Chemie und Energie“) ○ CCS (<i>carbon capture and storage</i>), CCU (<i>carbon capture and usage</i>)
Weitere mögliche Kontexte: Diesel oder Benzin? Landstrom für Kreuzfahrtschiffe?
Mögliche Inhalte zur Ergänzung/Vertiefung: Ozon-Gleichgewichte Rauchgasreinigung

Qualifikationsphase - Sachgebiet: Chemie und Energie
Kontext: : Heiß und kalt - Nutzung von thermodynamischen Effekten im Alltag
<ul style="list-style-type: none">• Taschenwärmer, Kühl-Pack und Co<ul style="list-style-type: none">○ Untersuchung z. B. von Knick-Handwärmern, Sofort-Kältekompressen, Wärmepads auf Redoxbasis und selbst-erhitzenden Kaffeebechern○ Betrachtung der Differenz zwischen Gitterenthalpie und Hydratationsenthalpie zur Erklärung der energetischen Erscheinungen⇒ kalorimetrische Untersuchungen<ul style="list-style-type: none">→ Zum Beispiel: Vergleich der freiwerdenden Energie bei der Verbrennung von Alkanen und Alkanolen→ Berechnung der molaren Standardreaktionsenthalpien für die betrachteten Reaktionen und Vergleich mit den Messwerten→ Vertiefung des Enthalpie-Begriffs (Ermittlung von Reaktionsenthalpien über den Born-Haber-Kreisprozess/Satz von Hess, z. B. für die Natriumchlorid-Synthese)• Reaktionsentropie, 2. Hauptsatz der Thermodynamik und Gibbs-Helmholtz-Gleichung am Beispiel freiwillig ablaufender endothermer Reaktionen in Kältemischungen• Bewertung der unterschiedlichen Möglichkeiten zur Nutzung thermodynamischer Effekte<ul style="list-style-type: none">○ Abkühlung und Erwärmung beim Einsatz von Alltagsprodukten○ Vergleich von chemischen und physikalischen Verfahren○ Betrachtung von ökologischen und ökonomischen Aspekten
Mathematisierung: Berechnung der molaren Standardreaktionsenthalpie

Kontext: Wohin mit dem Strom aus regenerativen Quellen? Energiespeicher für die Zukunft
<ul style="list-style-type: none"> • Bereitstellung elektrischer Energie heute <ul style="list-style-type: none"> ○ Wiederholung und Vertiefung der Inhalte aus der Einführungsphase: Grundlagen der Energieumwandlung in den verschiedenen Kraftwerkstypen (Kohle, Erdgas, Müll, Nuklear, Wasser, Wind, Geothermie, Solar usw.) ○ Vergleich der verschiedenen Systeme im Hinblick auf Ökobilanz/Fußabdruck • Batterien, Akkumulatoren, Brennstoffzellen (gegebenenfalls Vertiefung der Inhalte aus der Einführungsphase) <ul style="list-style-type: none"> → exemplarische Betrachtung einzelner Batterien (z. B. Zink-Luft, Zink-Kohle, Alkali-Mangan, Lithium-Mangan) → Berechnung der Zellspannung ΔE aus den Standardpotenzialen → Vergleich mit einfachen galvanischen Elementen und Erarbeitung bzw. Wiederholung grundlegender Prinzipien (Funktionsweise von galvanischen Zellen, Oxidationszahlen, korrespondierende Redoxpaare, elektrochemische Doppelschicht, Kopplung zweier Redox-Gleichgewichte, Potenzialdifferenzen, Spannungsreihe) ○ exemplarische Betrachtung einzelner Akkumulatoren (z. B. Bleiakkumulator, Lithium-Ionen-Akku oder moderne Akkumulatoren aus dem Bereich der Elektromobilität) ○ „Was brennt in der Brennstoffzelle?": exemplarische Betrachtung einzelner Brennstoffzellen (z. B. Knallgas-Brennstoffzelle, Erdgas-Brennstoffzelle, Methanol- oder Ethanol-Brennstoffzelle) <p>⇒ Mathematische Betrachtung der Umwandlung von chemischer in elektrische Energie</p> <ul style="list-style-type: none"> → Erarbeitung des Einflusses der Konzentration auf das Halbzellenpotenzial → Berechnung von Potenzialen in Abhängigkeit von den Konzentrationen bei Standardtemperatur mit der Nernst-Gleichung in der Form $E = E^0 + \frac{0,059}{z} \lg \frac{c(Ox)}{c(Red)}$ → Erweiterung der Spannungsreihe mit Nichtmetallen (z. B. Sauerstoff) <ul style="list-style-type: none"> • Vergleich und Bewertung unterschiedlicher Energiespeicher <ul style="list-style-type: none"> ○ Zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> • Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Batterie - Akkumulator - Brennstoffzelle • Einsatzmöglichkeiten und -orte • Energiedichte in Bezug auf Volumen oder Masse • Gesichtspunkte der Nachhaltigkeit bei der Nutzung von Energiespeichern <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Mathematisierung: Berechnung der Zellspannung ΔE aus den Standardpotenzialen Berechnung von Potenzialen in Abhängigkeit von den Konzentrationen bei Standardtemperatur</p> </div>
Anwendungsbeispiele elektrochemischer Reaktionen
<p>⇒ Korrosion und Korrosionsschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> → Vorgänge bei der Korrosion von Metallen elektrochemisch betrachtet → Korrosion als volkswirtschaftliches Problem → aktiver und passiver Korrosionsschutz (Erklärung der Wirkungsweise von Opferanoden und Schutzbeschichtungen) <p>Übergreifend mit dem Sachgebiet „Funktionale Stoffe und Materialien“ kann hier der Korrosionsschutz durch nano-strukturierte Oberflächen behandelt werden.</p> <p>⇒ Elektrolyse</p> <ul style="list-style-type: none"> → Erarbeitung der Vorgänge bei der Elektrolyse; exemplarische Betrachtung technischer Elektrolysen: (z. B. Aluminiumherstellung, Kupferraffination, Chlor-Alkali-Elektrolyse) → Abhängigkeit der bei einer Elektrolyse abgeschiedenen Masse eines Stoffes von Stromstärke und Elektrolysezeit (Faraday-Gesetze) → Überspannung: Ursachen und Auswirkung → Vergleich Elektrolyse - galvanisches Element
Fortführung der Tabelle »

Anwendungsbeispiele elektrochemischer Reaktionen
Weitere mögliche Kontexte ergeben sich aus den Anwendungsbeispielen
<p>Mögliche Inhalte zur Ergänzung/Vertiefung: Standardwasserstoffhalbzelle Redoxtitration pH-Abhängigkeit von Redoxpotenzialen wirtschaftliche Faktoren: Rohstoffgewinnung und -verfügbarkeit, Recycling, Entsorgung Korrosionsschutz durch Fremdstrom Rostumwandler Wasserstoff als Energieträger der Zukunft? - Produktion, Speicherung und Nutzung</p>
Qualifikationsphase - Sachgebiet: Funktionale Stoffe und Materialien
<p>Innerhalb des Sachgebiets „Chemie der funktionalen Stoffe und Materialien“ wird auf grundlegendem Anforderungsniveau mindestens der Themenbereich „Kunststoffe“ unterrichtet.</p> <p>Ergänzend können auf grundlegendem Niveau weitere Themenbereiche behandelt werden. Das für das erhöhte Anforderungsniveau vorgesehene Thema „Nanochemie“ kann in didaktisch reduzierter Form berücksichtigt werden.</p> <p>Auf erhöhtem Anforderungsniveau ist die Behandlung der aromatischen Verbindungen unabhängig von der Anbindung an den Schwerpunkt „Farbstoffe“ verpflichtend.</p> <p>Auf erhöhtem Anforderungsniveau ist die Behandlung des Themenbereichs „Farbstoffe“ verpflichtend, wenn nicht ein weiterer Themenbereich des Sachgebiets „Chemie und Leben“ behandelt wird.</p> <p>Auf erhöhtem Anforderungsniveau ist die Behandlung des Themenbereichs „Nanochemie“ verpflichtend. Es ist jedoch möglich, diesen Themenbereich in das Sachgebiet „Chemie und Energie“ zu integrieren.</p>
Themenbereich Polymerchemie
Kontext: Das Kunststoffzeitalter
<ul style="list-style-type: none"> • Von natürlichen Makromolekülen zu Kunststoffen nach Maß <ul style="list-style-type: none"> ○ Wiederholung und Vertiefung der Inhalte der Einführungsphase • Polyethylen <ul style="list-style-type: none"> ○ Herstellung und Eigenschaften → Mechanismus der radikalischen Polymerisation • Die Vielfalt der Kunststoffe <ul style="list-style-type: none"> ○ wichtige Kunststoffe, deren Herstellung und Verwendung ○ Polyester → Mechanismus der Estersynthese • Verarbeitung von Kunststoffen <ul style="list-style-type: none"> ○ Verarbeitungsverfahren ○ Zusatzstoffe (z. B. Farbstoffe, Weichmacher usw.); Funktion und Risiken • Kunststoffe – besser als die Natur? <ul style="list-style-type: none"> ○ Polytetrafluorethylen, Neopren usw. • Kunststoffe und Umwelt <ul style="list-style-type: none"> ○ Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen ○ „Biokunststoffe“ ○ Probleme durch Kunststoffmüll, biologische Abbaubarkeit ○ Recycling
<i>Fortführung der Tabelle »</i>

Themenbereich Polymerchemie
Weitere mögliche Kontexte: Stärke und Cellulose als Ausgangsstoff für Folien; halbsynthetische Kunststoffe Wie klebt ein Kleber?
Mögliche Inhalte zur Ergänzung/Vertiefung: Polystyrol, PVC, Polyurethane Lösliche Kunststoffe Polymerisationsgrad
Themenbereich Aromaten
Die Struktur des Benzol-Moleküls
⇒ Strukturaufklärung von Benzol → Ermittlung der Molekülformel von Benzol → Konstruktion von Strukturformeln ⇒ Benzol - ungesättigt oder gesättigt? → Einführung des wellenmechanischen Atommodells → Hybridisierung → Erarbeitung der Struktur aromatischer Systeme → Darstellung mesomerer Grenzstrukturen ⇒ Reaktionsverhalten aromatischer Verbindungen → Erarbeitung des Mechanismus der elektrophilen Substitution → Einfluss des mesomeren Effekts → Ausgewählte Substitutionsprodukte des Benzols (z. B. Phenol und Anilin)
Mögliche Inhalte zur Ergänzung/Vertiefung: Erarbeitung der Zweitsubstitution an Benzolderivaten Induktiver Effekt Reaktivitätsvergleiche und mechanistische Vergleiche: elektrophile Addition, radikalische Substitution, elektrophile Substitution Syntheseführung und Syntheseplanung (z. B. SSS, KKK) Phenole und deren Säure-Eigenschaften Giftigkeit und Arbeitsplatzgrenzwerte
Themenbereich Farbstoffe
Kontext: Was fluoresziert denn da?
<ul style="list-style-type: none"> • Licht im Dunkeln <ul style="list-style-type: none"> ○ Erarbeitung der Hintergründe der Fluoreszenz, der Phosphoreszenz und der Chemilumineszenz ⇒ Grundlagen der Farbigkeit → Erarbeitung der Grundlagen (z. B. Strukturen von Carotin, Brillantgrün, Fluorescein, Aesculin und Luminol; Absorption und Emission, Lichtspektrum, Grundzustand und angeregter Zustand, Komplementärfarbe, additive und subtraktive Farbmischung) → Erarbeitung des strukturellen Zusammenhangs zwischen Molekülstruktur und Farbigkeit (konjugierte Doppelbindungen, Mesomerie, delokalisierte Elektronen, Grenzformeln) → Einführung des wellenmechanischen Atommodells → delokalisierte π-Elektronen → Substituenteneffekte: auxochrome Gruppen
<i>Fortführung der Tabelle »</i>

Fortführung: Kontext: Was fluoresziert denn da?
<ul style="list-style-type: none"> • Farbstoffe herstellen und Färben <ul style="list-style-type: none"> ○ Herstellung von Fluorescein und weiteren Farbstoffen (z. B. Azofarbstoffen und Triphenylmethanfarbstoffen) → Erarbeitung des Mechanismus der elektrophilen Substitution → Färben mit verschiedenen Farbstoffen (z. B. Azo-, Triphenylmethan-, Antrachinonfarbstoffe)
<p>Weitere mögliche Kontexte: Das Auge isst mit – Farbstoffe als Lebensmittelzusatzstoffe Die bunte Welt der Pflanzen Dem Täter auf der Spur – Nachweis von Blutspuren</p>
<p>Mögliche Inhalte zur Ergänzung/Vertiefung: Erarbeitung der Zweitsubstitution an Benzolderivaten induktiver Effekt bathochromer und hypsochromer Effekt Farbstoffe und Pigmente – Definitionen und Unterschiede Lebensmittelfarbstoffe Pflanzenfarbstoffe Vorgänge beim Färben von Haaren biologische Aspekte: Stäbchen, Zapfen; Rezeptormoleküle und Absorptionsbereiche Zusammenhang zwischen Textilstruktur, Farbstoffstruktur und passendem Färbeverfahren Naturfarbstoffe Malerfarben und Zusatzstoffe (Sikkative, Firnis usw.)</p>
Themenbereich Grenzflächenaktive Stoffe; Wasch- und Reinigungsmittel und kosmetische Produkte
Kontext: Von der Pottasche zum Tensid – der Waschvorgang im Laufe der Jahrtausende
<ul style="list-style-type: none"> • Die Geschichte der Körperpflege <ul style="list-style-type: none"> ○ Betrachtung der Geschichte des Waschens von den ersten Seifen bis zu seifenfreien Waschstücken • Wie wäscht Seife bzw. ein Tensid? <ul style="list-style-type: none"> ○ vom Fett zur Seife: Herstellung und Eigenschaften von Seifen und Tensiden ○ Erarbeitung der Beziehung von Struktur und Eigenschaften; Oberflächen- und Grenzflächenaktivität; Mizellen als Struktureinheiten von Emulsionen ○ anionische, kationische, zwitterionische und nichtionische Tenside ○ Qualitätskriterien für Tenside • Welcher Reiniger für welchen Schmutz? <ul style="list-style-type: none"> ○ Erarbeitung der typischen Inhaltsstoffe von Wasch- und Reinigungsmitteln ○ Betrachtung von Zusammensetzung und Funktionalität von Produkten unterschiedlicher Aufgabe ○ Klassen von Inhaltsstoffen ○ kritische Betrachtung von Inhaltsstoffen: biologische Abbaubarkeit, Monokulturen (Palmöl), Allergene, Nanopartikel
<p>Weitere mögliche Kontexte: Tensid oder Emulgator – Waschmittel als Lebensmittelzusatzstoffe? Das richtige Waschmittel für verschiedene Flecken und Materialien</p>
<p>Mögliche Inhalte zur Ergänzung/Vertiefung: Wasserhärte: Kalkseifen und Enthärtung Zusammensetzung kosmetischer Produkte anhand der Funktion „Naturkosmetik“</p>

Themenbereich Chemie und Medizin
Kontext: Schmerzmedikamente
<p>Hinweise: Dieser Kontext eignet sich besonders gut für fächerübergreifenden Unterricht mit dem Fach Biologie. In Lerngruppen, die parallel das Fach Biologie belegt haben, ist es somit sinnvoll, die neurobiologischen Aspekte in den Mittelpunkt zu stellen. Im Chemie-Profil ist es sinnvoll, die Arzneistoffsynthesen in den Mittelpunkt zu stellen. Vor der Bearbeitung des gewählten Beispiel-Kontextes ist es dann notwendig, die Reaktionen der Aromaten zu behandeln. Andernfalls ist es für die Schülerinnen und Schüler problematisch, die Vorgänge bei der Herstellung der Medikamente (im Sinne des Basiskonzepts „Chemische Reaktion“) sowie die Planung der Syntheseschritte zu erschließen. Weitere Kontextanteile sind davon unberührt.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Schmerzentstehung und Schmerztypen - ein kurzer Ausflug in die Neurobiologie • Von der Salicylsäure zu ASS <ul style="list-style-type: none"> ○ Salicylsäure als Beispiel für „Kräutermedizin“ bereits im Altertum ○ Einsatz als Schmerzmittel, weitere Verwendungsmöglichkeiten ○ Entwicklung und Synthese von Acetylsalicylsäure ○ Wirkmechanismus und Nebenwirkungen • Applikationsort und Wirkort <ul style="list-style-type: none"> ○ Einnahmeweg oral - mögliche Reaktionen mit der Magensäure ○ Löslichkeit in Wasser und pH-Abhängigkeit der Löslichkeit ○ magensäureresistente Beschichtung - Funktionsweise und Notwendigkeit <p>⇒ Andere Aromaten basierte Arzneiwirkstoffe: Ibuprofen, Diclophenac, Dopamin → Synthesepaltung und Reaktionsführung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schmerzmittel und Abhängigkeit <ul style="list-style-type: none"> ○ ein Wirkmechanismus (z. B. Dopamin) - unterschiedliche Wirkorte - unterschiedliche Wirkung und Konsequenzen für Einnahmeweg ○ Suchtentstehung und Suchtpotenzial eines ausgewählten Schmerzmittels ○ Tabletten oder Salben?
<p>Weiterer möglicher Kontext: Fingerhut, Baldrian und Melisse - Arzneistoff oder Gift?</p>
<p>Mögliche Inhalte zur Ergänzung/Vertiefung: Patentrecht und Generika Herstellerländer und Lieferketten Diabetes und Insulin</p>
Themenbereich Nanochemie
Kontext: Nano - mehr als nur klein
<ul style="list-style-type: none"> • Struktur-Eigenschafts-Beziehungen auf verschiedenen Systemebenen <ul style="list-style-type: none"> ○ Systemebenen Makro, Nano und Mikro ○ Erarbeitung der Besonderheiten von Nanopartikeln und nanostrukturierten Oberflächen: Verhältnis Oberfläche zu Volumen) ○ Erarbeitung des Lotuseffekts (Oberflächen mit Mikro- und Nanostrukturen) ○ Herstellung einer nanostrukturierten Oberfläche (z. B. Beschichtung von Metalloberflächen) ○ exemplarische Betrachtung von Sonnencreme (Titandioxid-Partikel, Anbindung an Solarzellen) • Bewertung der Verwendung von Nanopartikeln, z. B. in Kosmetika, als Korrosionsschutz usw.

6.5 Die Förderung der Kompetenzen in den Bereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung in der Sekundarstufe II am Beispiel ausgewählter Unterrichtseinheiten

In der Sekundarstufe II wird der Erwerb der Kompetenzen, die eine naturwissenschaftliche Grundbildung charakterisieren, im Unterricht der Fächer Biologie, Chemie und Physik fortgesetzt. Das permanente Zusammenspiel der Kompetenzen aus allen vier Bereichen ist weiterhin ein zentraler Schwerpunkt bei der Planung des Unterrichts.

In den Fachanforderungen werden verbindliche Kompetenzerwartungen im Bereich der Sachkompetenz (Aufbau der Basiskonzepte) formuliert. Diese sind an den jeweiligen Unterrichtsschwerpunkt gebunden. In den Bereichen der Erkenntnisgewinnungskompetenz, der Kommunikationskompetenz und der Bewertungskompetenz können auch in der Sekundarstufe II durch die Wahl des Kontextes besondere Akzente gesetzt werden. Unabhängig von der Schwerpunktsetzung hat das Experiment im Unterricht stets eine zentrale Stellung.

Am Beispiel des Themenbereichs „Proteine“ aus dem Sachgebiet „Chemie und Leben“ soll verdeutlicht werden, wie die Wahl des Kontextes die Förderung der Kompetenzen in den oben genannten Bereichen beeinflusst. Dargestellt werden drei mögliche Unterrichtsgänge, die zur Erarbeitung genutzt werden können (die in der Übersicht auf S. 43ff. genannten systematischen Inhalte werden verkürzt wiedergegeben).

• Kontext 1: *Proteine in der Küche*

Im Zentrum steht der Weg der Erkenntnisgewinnung beim forschenden Lernen: Fragen identifizieren oder Probleme diagnostizieren; Informationen suchen; Hypothesen formulieren und Vorhersagen treffen; Untersuchungen durchführen beziehungsweise planen und durchführen; Daten aufbereiten, analysieren, interpretieren und evaluieren; Erklärungen entwickeln; evidenzbasiert argumentieren.

Die Schülerinnen und Schüler entwickeln Untersuchungsdesigns, mit deren Hilfe sie die Proteine in Nahrungsmitteln untersuchen und die Vorgänge beim Backen und Braten chemisch erklären können.

Kontext 1: Proteine beim Backen und Braten		
Unterrichtsplanung		
<ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung der Fragestellungen: Woraus bestehen Proteine? Wie entsteht der Geschmack beim Backen und Braten? <ul style="list-style-type: none"> ○ Wiederholung der Inhalte der Einführungsphase zur Proteinchemie ○ Unterscheidung von Baustoff- und Energiestoffwechsel ⇒ systematische Klassifizierung von Nahrungsbestandteilen • Erarbeitung am Beispiel des Schwerpunkts „Proteine beim Backen und Braten“: Unterschiede zwischen Nahrungsmitteln tierischer und pflanzlicher Herkunft <ul style="list-style-type: none"> ○ Betrachtung tierischer und pflanzlicher Proteine, Nachweis von Proteinen (Biureth, Xanthoprotein) ⇒ Erarbeitung des Proteinaufbaus aus Aminosäuren, Strukturebenen (Primär- bis Quartärstruktur) <ul style="list-style-type: none"> ○ Bedeutung der Aminosäuren für den Baustoffwechsel, essentielle Aminosäuren → D- und L-Aminosäuren, optische Aktivität → Säure-Base-Reaktionen; Bildung von Zwitterionen und deren Eigenschaften (pH, pKS, pKB , IEP; Puffereigenschaften) • Analyse zur Unterscheidung von tierischen und pflanzlichen Aminosäuregemischen <ul style="list-style-type: none"> → Dünnschichtchromatographie von Aminosäuregemischen (z. B. Hühnereiweiß, Orangensaft, Soja) → ergänzende Einblicke in die Lebensmittelanalytik • Zubereitung der Nahrung <ul style="list-style-type: none"> ○ Denaturierung von Proteinen ○ Maillard-Reaktion • Ableitung und Erklärung von möglichen Problemen bei Ernährungstrends (z. B. bei veganer Ernährung) <ul style="list-style-type: none"> ○ Mangelerscheinungen (essentielle Aminosäuren, Fettsäuren, Vitamine, Spurenelemente) ○ Auswege und Empfehlungen 		
Förderung der Kompetenzen aus den Bereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung		
		
Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> • Formulierung von Fragestellungen zur Chemie des Backens und Bratens • Entwicklung und Anwendung eines Untersuchungsdesigns; experimentelle Untersuchung der Aminosäuren und Proteine • Auswertung und Dokumentation der Ergebnisse 	<ul style="list-style-type: none"> • Informationen erschließen • Informationen innerhalb der Gruppen austauschen • argumentieren 	<ul style="list-style-type: none"> • Kriterien festlegen (und weiterentwickeln) • Handlungsfolgen formulieren

• Kontext 2: Der genetische Fingerabdruck

Der genetische Fingerabdruck ist unter anderem in der Kriminologie sehr bedeutend. Er wird zum Beispiel für die Identifizierung von Lebewesen oder die Klärung verwandtschaftlicher Beziehungen genutzt. Fachlich stehen im Zen-

trum dieser Unterrichtsplanung der Aufbau der DNA sowie die Nutzung des genetischen Codes bei der Proteinbiosynthese. Nach der Erschließung und Auswertung von Informationsmaterial soll eine Ausstellung zur Nutzung des genetischen Fingerabdrucks in der Kriminalistik geplant werden.

Kontext 2: Der genetische Fingerabdruck

Unterrichtsplanung

• Erarbeitung der Fragestellungen

Was ist ein genetischer Fingerabdruck?

Wie entsteht aus der DNA ein Protein?

• Recherche

- Wiederholung der Inhalte der Einführungsphase zur Proteinchemie
- Watson und Crick entdecken die Struktur der DNA
- Grundlagen der Proteinbiosynthese

⇒ Systematische Klassifizierung von Proteinen

• Erarbeitung am Beispiel des Schwerpunkts „genetischer Fingerabdruck“:

- Betrachtung tierischer und pflanzlicher Proteine, Nachweis von Proteinen
- Erarbeitung des Proteinaufbaus aus Aminosäuren, Strukturebenen (Primär- bis Quartärstruktur)
- Bedeutung der Aminosäuren, essentielle Aminosäuren
- Nachweisreaktionen für Aminosäuren
- Säure-Base-Reaktionen; Bildung von Zwitterionen und deren Eigenschaften

⇒ Analyse zur Unterscheidung von tierischen und pflanzlichen Aminosäuregemischen

- **Dünnschichtchromatographie von Hühnereiweiß und Soja**
- **Denaturierung von Proteinen**

• Proteinbiosynthese und Aufbau der DNA

- Erschließung von Materialien zu den Phasen der Proteinbiosynthese
- Recherche zum genetischen Fingerabdruck
- Nutzung des genetischen Fingerabdrucks in der Kriminalistik

• Planung und Durchführung einer Ausstellung zum Thema

Förderung der Kompetenzen aus den Bereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung



Erkenntnisgewinnung

- Hypothesen formulieren
- Untersuchungsdesigns entwickeln und anwenden
- Datenauswertungen vornehmen und dokumentieren

Kommunikation

- Informationen zum Aufbau der DNA und zur Proteinbiosynthese erschließen
- Informationen innerhalb der Gruppen austauschen
- argumentieren
- Auswahl einer geeigneten Darstellungs- und Präsentationsform

Bewertung

- Kriterien festlegen (und weiterentwickeln)
- Handlungsfolgen formulieren

• Kontext 3: Proteinshakes

Proteinshakes werden in der Werbung als Nahrungsergänzungsmittel sowie als Bestandteile einer Diät zur Gewichtsreduktion oder zum Muskelaufbau angeprie-

sen. Im Mittelpunkt dieser Unterrichtsplanung steht die Bewertung dieser Shakes hinsichtlich ihrer Eignung und gesundheitlichen Verträglichkeit.

Kontext 3: Proteinshakes		
<p>Unterrichtsplanung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung der Fragestellungen <i>Was ist in Proteinshakes?</i> <i>Proteinshakes - gefährlich oder hilfreich?</i> <i>Passen Proteinshakes zu einer gesunden Ernährung?</i> • Festlegung von Kriterien zur Bewertung der Zusammensetzung von Nahrungsmitteln • Recherche <ul style="list-style-type: none"> ○ Inhaltsstoffe von Proteinshakes ○ Wiederholung der Inhalte der Einführungsphase zur Proteinchemie <p>⇒ Systematische Klassifizierung von Proteinen am Beispiel des Schwerpunkts „Proteinshakes“:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung am Beispiel des Schwerpunkts „Proteinshakes“: <ul style="list-style-type: none"> ○ Betrachtung tierischer und pflanzlicher Proteine, Nachweis von Proteinen → Erarbeitung des Proteinaufbaus aus Aminosäuren, Strukturebenen (Primär- bis Quartärstruktur) ○ Unterscheidung von Baustoff- und Energiestoffwechsel ○ Bedeutung der Aminosäuren, essentielle Aminosäuren → Nachweisreaktionen für Aminosäuren → Säure-Base-Reaktionen; Bildung von Zwitterionen und deren Eigenschaften <p>⇒ Analyse zur Unterscheidung von tierischen und pflanzlichen Aminosäuregemischen</p> <ul style="list-style-type: none"> → Dünnschichtchromatographie von Hühnereiweiß und Sojaprotein → Denaturierung von Proteinen <ul style="list-style-type: none"> • Vergleich der Zusammensetzung von Proteinshakes mit den Eiweißbestandteilen einer ausgewogenen Ernährung • Bewertung der Verwendung 		
<p>Förderung der Kompetenzen aus den Bereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung</p> 		
<p>Erkenntnisgewinnung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hypothesen formulieren • Untersuchungsdesigns entwickeln und anwenden • Datenauswertungen vornehmen und dokumentieren 	<p>Kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Informationen erschließen • Informationen innerhalb der Gruppen austauschen • argumentieren 	<p>Bewertung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kriterien für die Bewertung von Proteinshakes festlegen und weiterentwickeln • Folgen des Konsums von Proteinshakes abschätzen • Kriterien für die Bewertung von Proteinshakes anwenden und reflektieren

IV Die Förderung der Sprachkompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht – durchgängige Sprachbildung im Chemieunterricht

Eine unzureichende Sprachkompetenz ist eine der wesentlichen Ursachen für schulischen Misserfolg. Gerade in den Naturwissenschaften führt ein Mangel an Bildungs- und Fachsprache bei Schülerinnen und Schülern dazu, dass sie neue Erkenntnisse kaum erlangen und bereits vorhandenes Verständnis nicht adäquat artikulieren können.

Eine durchgängige Sprachförderung der Schülerinnen und Schüler ist eine wichtige Aufgabe für die naturwissenschaftliche Lehrkraft.

Die Schülerinnen und Schüler starten mit sehr unterschiedlichen Voraussetzungen in den naturwissenschaftlichen Unterricht: Nicht nur das Vorwissen differiert stark, sondern auch die sprachlichen Fähigkeiten. Daher ist die durchgängige Sprachbildung eine Aufgabe aller Fächer (siehe Fachanforderungen Chemie 2022, Kapitel 1.3). Sie beinhaltet nicht nur, dass den Schülerinnen und Schülern die jeweilige Fachsprache beigebracht wird, sondern auch, dass sie in ihrer Lese- und Schreibkompetenz, beim Hörverständnis und beim freien Reden gefördert und unterstützt werden.

1 Sprachebenen im Chemieunterricht

Im Fach Chemie wird Sprache benötigt, die sich deutlich von der Alltagssprache unterscheidet. Sprechen die Schülerinnen und Schüler miteinander, so bedienen sie sich gewöhnlich der **Alltagssprache**, die man eher aus dem Kontext heraus versteht; viele Bezüge werden durch Gesten hergestellt. Im Unterrichtsgespräch sollen die Lernenden zumeist so in vollständigen Sätzen sprechen, dass auch jemand den Sinn entnehmen kann, der nur den Text hört. Hier ist das Sprechen kontext- und situationsunabhängig und erfolgt damit auf der Ebene der konzeptionellen Schriftlichkeit, auch **Bildungssprache** genannt. Die Aussagen der Schülerinnen und Schüler werden dadurch eindeutig. Werden zudem noch fachsprachliche Redewendungen und Fachbegriffe verwendet, so spricht man von **Fachsprache**.

Ziel des Unterrichts aller Fächer ist auch, dass sich die Schülerinnen und Schüler bildungs- und fachsprachlich ausdrücken können. Um dieses zu erreichen, sollte der Unterricht auch die Alltagssprache gezielt einbeziehen, um Grundvorstellungen zu den Fachbegriffen aufzubauen.

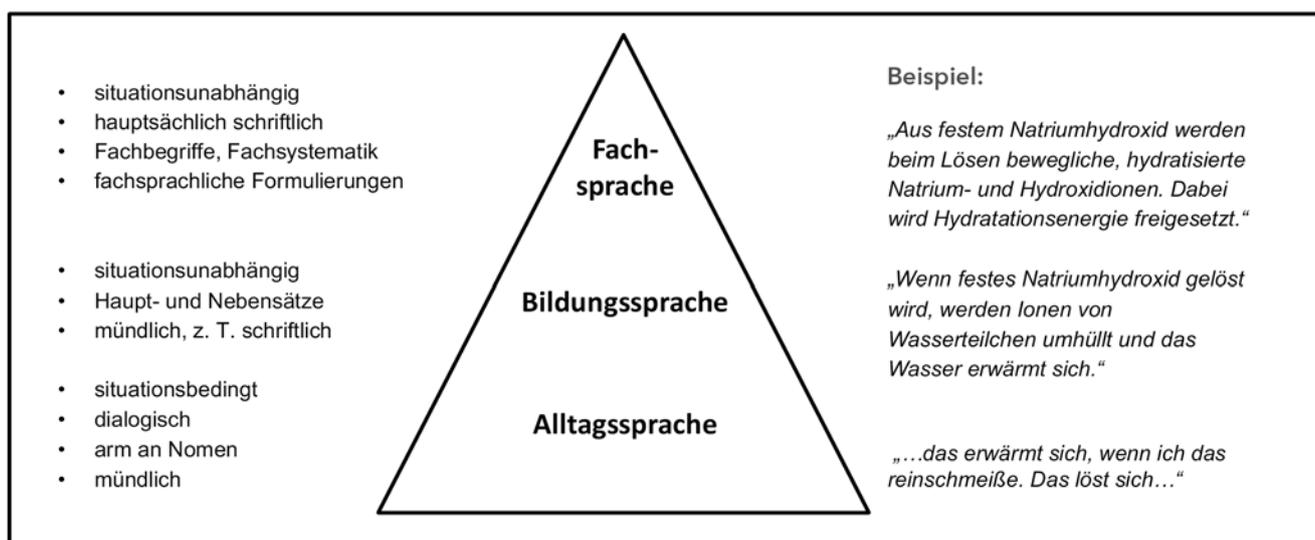


Abb. 4: Sprachebenen

Hinzu kommen im Laufe des naturwissenschaftlichen Unterrichts Begriffe aus der Fachsprache, die präzise und unmissverständlich Sachverhalte beschreiben, erklären und verallgemeinern. Schülerinnen und Schüler sollten lernen, die Fachsprache zu verstehen. Für leistungsstarke Schülerinnen und Schüler ist zumindest im schriftlichen Bereich die Verwendung einer angemessenen Fachsprache das Ziel.

Beim Aufbau der Fachsprache sollten folgende Grundsätze beachtet werden²²:

- Gleichen Sachverhalten sollten auch die gleichen Formulierungen zugeordnet werden.
- Sollten sich unterschiedliche Terminologien eingebürgert haben, muss den Schülerinnen und Schülern auch der jeweilige Zusammenhang zwischen den konkurrierenden Begriffen vermittelt werden.
- Umgangssprachliche oder pseudowissenschaftliche Formulierungen sollten mit der Fachwissenschaft korrespondieren. Begriffe, die aus der Fachsprache kommend in die Umgangssprache eingeflossen sind oder umgekehrt (zum Beispiel „Wärme“, „mir ist warm“), sollten vorsichtig verwendet werden.
- Unbedachte Formulierungen, die bei Schülerinnen und Schülern ein falsches Bild vermitteln zum Beispiel „Ener-

gieverbrauch“) sollten vermieden werden; stattdessen sollten Formulierungen, die den wissenschaftlichen Hintergrund stärker hervortreten lassen, bevorzugt werden.

2 Darstellungsebenen

Beim Aufbau der Fachsprache resultieren Verstehens- und Sprachprobleme häufig aus einer Vermischung der Darstellungsebenen. Das „Chemische Dreieck“²³ von *Johnstone* sollte daher als leitendes Prinzip zugrunde gelegt werden.

*Mahaffy*²⁴ erweitert das Chemische Dreieck zu einem Tetraeder und fügt das „human element“ hinzu, das man als „lebensweltliche Komponente“ übersetzen könnte.

Für die Lernenden sollte immer transparent gemacht werden, auf welcher Ebene man sich gerade befindet.

Wenn es der Lehrkraft gelingt, geeignete Darstellungsformen zu wählen, bieten sich durch den Wechsel der Darstellungsebene (Lebenswelt ↔ makroskopische Ebene ↔ submikroskopische Ebene ↔ Formel / symbolische Ebene) zahlreiche ergänzende Gelegenheiten zum sprachlichen und fachlichen Lernen. Schülerinnen und

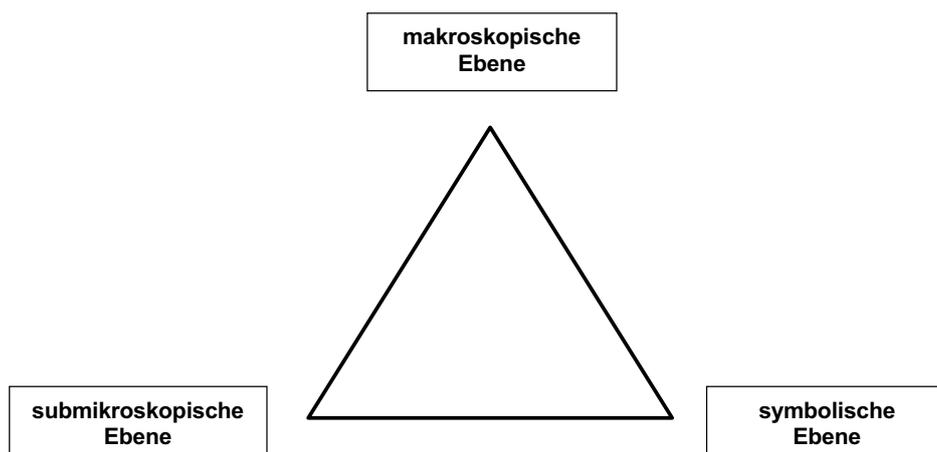


Abb. 5: Das Chemische Dreieck nach Johnstone

22 Landesinstitut für Schulentwicklung (Hrsg.) (2006): Knotenpunkte der Naturwissenschaften. Auf dem Weg zu einer gemeinsamen Fachsprache der Naturwissenschaften. Stuttgart (Landesinstitut für Schulentwicklung).

23 Barke, H.-D. (2002): Das Chemische Dreieck. In: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie. Friedrich-Verlag, Heft 67, S. 45 - 46.

24 Johnstone, A. H. (2000): Teaching of Chemistry - logical or psychological? CERAPIE 1, S. 9-15.

Schüler erlangen häufig erst durch den Wechsel zwischen den verschiedenen Darstellungsebenen ein tieferes fachliches Verstehen. Sprachliches und fachliches Lernen unterstützen sich so gegenseitig.

3 Methoden zur Unterstützung des Erwerbs der Bildungs- und der Fachsprache

Wie bereits erwähnt, ist es das Ziel des Unterrichts aller Fächer, dass sich die Schülerinnen und Schüler bildungs- und fachsprachlich ausdrücken können. Es ist somit nicht der richtige Weg, im naturwissenschaftlichen Unterricht die Formulierungen so weit zu vereinfachen, dass das fachliche Lernen darunter leidet. Vielmehr geht es darum, die sprachlichen und die fachlichen Herausforderungen bewusst zu verknüpfen.

In diesem Zusammenhang wird im pädagogisch-psychologischen Kontext die Unterstützung des Lernprozesses durch die Bereitstellung eines „Lerngerüsts“ diskutiert („Scaffolding“). Das Scaffolding bezeichnet eine zunächst vollständige Orientierungsgrundlage in Form von Anleitungen, Denkanstößen und anderen Hilfestellungen. Es wird jedoch nur so viel Hilfe angeboten, wie die Lernenden unbedingt benötigen, um eine gestellte Aufgabe selbstständig bearbeiten zu können. Sobald Lernende fähig sind, (Teil-) Aufgaben eigenständig zu bearbeiten, wird das „Gerüst“ schrittweise wieder entfernt²⁵. Verschiedene Möglichkeiten bei der Unterstützung des Lernprozesses werden im Folgenden dargestellt.

3.1 Planung des Unterrichts – Berücksichtigung der Sprachbildung

• Bedarfsanalyse:

Bei der Unterrichtsplanung muss berücksichtigt werden, welche Textsorten behandelt werden sollen, welche sprachlichen Redemittel die Schülerinnen und Schüler benötigen und welche Fachwörter und fachsprachlichen Redewendungen eingeführt werden sollen (Verben, Kollokationen, Adjektive, Synonyme usw.). Darüber hinaus

muss geklärt werden, welche Textsorte die Schülerinnen und Schüler lesen und welche sie produzieren sollen.

• Lernstandsanalyse:

Es muss überprüft werden, ob den Schülerinnen und Schülern diese Textsorten vertraut sind und welche Schwierigkeiten in diesen Texten auftreten (Fachbegriffe, gehäuftes Auftreten von bestimmten grammatischen Strukturen wie zum Beispiel Passivformen, bestimmten Nebensatztypen, Gebrauch der unpersönlichen Form, Verwendung des Konjunktivs usw.).

• Sprachensible Unterrichtsplanung:

Im Unterricht sollten möglichst Anschauungsmaterialien verwendet und verschiedene Darstellungsformen genutzt werden (Bilder, Texte, Tabellen, Graphen, Symbole). Die Sequenzierung der Aufgaben und der Darstellungen sollte von konkret zu abstrakt, von der Alltagssprache zur Fachsprache erfolgen. Der Einsatz von „reichem“ Input, d.h. Material, das etwas oberhalb des Sprachstands der Lernenden liegt, das Einbeziehen metasprachlicher Reflexion (soweit möglich die Wortbedeutungen ableiten) und das Einplanen von Wortschatzarbeit (siehe Kapitel 3.3) müssen berücksichtigt werden.

• Sprachsensibles Unterrichten:

Die Schülerinnen und Schüler müssen beim Hören und Sprechen (Unterstützung im Unterrichtsgeschehen) sowie beim Lesen und Schreiben (Wortschatzarbeit und Leseförderung) unterstützt werden.

3.2 Das Unterrichtsgespräch – Hören und Sprechen

Insbesondere im Unterrichtsgespräch ist die Lehrperson sprachliches Vorbild. Daher sollte die Lehrkraft besonders darauf achten, langsam und verständlich zu sprechen, immer knapp oberhalb des Sprachstands der Schülerinnen und Schüler, sodass sie zwar stetig dazulernen, aber die Lehrkraft auch verstehen können. Die Aussagen von Lehrkraft und von den Schülerinnen und Schülern können mit Gesten und Bildern unterstützt werden und indem Fachbegriffe oder neue Begriffe (mit zugehörigem Artikel)

²⁵ Ahrenholz, B. (2010): Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache. Tübingen (Gunter Narr Verlag).

an die Tafel geschrieben werden. Zur Beantwortung von Fragen empfiehlt es sich, den Lernenden ausreichend Zeit für das Nachdenken zu geben, denn insbesondere Schülerinnen und Schüler mit sprachlichen Schwierigkeiten benötigen mehr Zeit, um sprachlich produktiv zu werden. Äußerungen können durch Murmelphasen, Partnerarbeit, Gruppenarbeit oder kooperativ gestaltete Phasen vorbereitet werden.

Hilfreich ist es auch, Aussagen wiederholen zu lassen, gegebenenfalls unter Verwendung von Fachbegriffen; so sind mehr Schülerinnen und Schüler am Gespräch beteiligt, der Fachwortschatz wird trainiert und die Lehrkraft erhält ein klareres Bild, inwieweit die Inhalte verstanden und reproduziert werden können.

3.3 Vermittlung von Wortschatz – Wortschatzarbeit

Damit Wörter in den aktiven Wortschatz eingehen, müssen sie etwa 50-mal gehört worden sein.²⁶ Diese Anzahl lässt sich bei der Einführung neuer Begriffe reduzieren, wenn man die Schülerinnen und Schüler systematisch unterstützt, indem man ihnen die Gelegenheit gibt, die Phasen des Wortschatzerwerbs zu durchlaufen²⁷:

- **Einen neuen Begriff bilden:**

Im Unterrichtsgespräch wird mit Hilfe der Alltagssprache ein Gegenstand, Vorgang, Experiment oder eine Handlung beschrieben, vorgeführt oder gezeichnet.

- **Gezieltes Üben des neuen Wortschatzes:**

Die Schülerinnen und Schüler arbeiten nun eigenständig in Partner- oder Gruppenarbeit mit dem neuen Wortschatz. Sie führen beispielsweise Experimente durch, füllen Lückentexte aus oder formulieren Texte um. Da-

bei können die Schülerinnen und Schüler durch Mustersätze (Formulierungen für häufig benötigte Aussagen), Satzanfänge, Lückentexte, Wortlisten (Liste von Fachbegriffen mit Artikeln, fachsprachliche Redewendungen, Verben), Wortgeländer (die wesentlichen Elemente eines Satzes werden im Nominativ beziehungsweise Infinitiv vorgegeben), Beispielsätze oder Satzbaukästen (Anordnen von Satzbausteinen, sodass ein sinnvoller Text entsteht) unterstützt werden.

- **Verwenden des neuen Wortschatzes:**

Nachfolgend produzieren die Schülerinnen und Schüler Texte – das kann zunächst auch mündlich erfolgen –, in denen der Wortschatz nützlich ist, beispielsweise indem sie ein Protokoll anfertigen, einen Text kommentieren, eine Erklärung schreiben oder einen Lehrfilm drehen. Da dem Schreiben von Protokollen eine besondere Bedeutung in den Naturwissenschaften zukommt, ist es günstig, sich unter den Fachschaften abzusprechen und eine gemeinsame Vorlage, ein Musterprotokoll, zu verfassen, an dem sich die Schülerinnen und Schüler orientieren können. Auch kann es hilfreich sein, sie mit gezielten Übungen zum Verfassen unpersönlicher Texte an das Schreiben von Protokollen heranzuführen.²⁸

- **Reflektieren des neuen Wortschatzes:**

Um den Wortschatz zu festigen und die Fachbegriffe zu vernetzen können die Schülerinnen und Schüler zum Beispiel ein Glossar oder eine Concept-Map erstellen.

Wird der Fachwortschatz regelmäßig abgeprüft, in kleinen Vokabeltests, in mündlicher Form (Kopfaufgaben²⁹) oder in spielerischer Form als Kreuzworträtsel oder als Tabuspiel, so wird den Schülerinnen und Schülern vermittelt, dass der Fachwortschatz Teil des Fachlernens ist.

26 Apelthauer, E. (2010): Wortschatzentwicklung und Wortschatzarbeit. In: Winfried, U. (Hrsg.), Deutschunterricht in Theorie und Praxis. Hohengehren (Schneider Verlag) S. 239ff.

27 Nach: Neugebauer, C., & Nodari, C. (2012): Förderung der Schulsprache in allen Fächern. Praxisvorschläge für Schulen in einem mehrsprachigen Umfeld. Kindergarten bis Sekundarstufe I. Bern (Schulverlag plus). Sowie: Abshagen, M. (2015): Praxishandbuch Sprachbildung Mathematik. Sprachsensibel unterrichten – Sprache fördern. Stuttgart (Ernst Klett Sprachen).

28 Krämer, S. (2011): Der Walsumer Fachsprachentag Protokolle schreiben, unter: www.uni-due.de/imperia/md/content/prodaz/fachsprachentag_protokolle_schreiben.pdf, abgerufen am 07.07.2022.

29 Abshagen, M. (2015): Praxishandbuch Sprachbildung Mathematik. Sprachsensibel unterrichten – Sprache fördern. Stuttgart (Ernst Klett Sprachen).

3.4 Leseförderung – Didaktisieren von Texten

Laut PISA (2000 ff.) ist die Lesekompetenz eine entscheidende Qualifikation für den Schulerfolg. Gerade die naturwissenschaftlichen Fachtexte sind anspruchsvoll, und zwar nicht bezogen auf den Fachinhalt, sondern auf die Wort- und Satzebene. Daher sollten die Schülerinnen und Schüler dabei unterstützt werden, Lesestrategien zu erlernen und an Texte herangeführt werden.

Fachtexte zeichnen sich häufig dadurch aus, dass sie neben einer Vielzahl von Fachbegriffen auch eine Häufung von **Schwierigkeiten auf der Wort- und Satzebene**³⁰ enthalten, wie zum Beispiel zusammengesetzte Wörter (Komposita), fehlende Artikel (Nullartikel), Vor- und Nachsilben, Präpositionen, Partizipialkonstruktionen, verkürzte Nebensätze, Proformen und unpersönliche Ausdrucksweisen. Eine Häufung dieser Schwierigkeiten findet sich auch in Schulbüchern, die für den Anfangsunterricht Chemie gedacht sind.

Anspruchsvolle Texte können entlastet werden, indem man **vor dem Lesen** gemeinsam über die Überschrift spricht oder ein dazugehöriges Bild betrachtet oder auch nach den Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler fragt. Auch sollten Schlüsselwörter besprochen werden und unbekannter Wortschatz zur Verfügung gestellt werden.

Während des Lesens sollten die Schülerinnen und Schüler begleitende Leseaufträge erhalten. Diese Aufträge sollten die Aufmerksamkeit auf den Hauptgedanken des Textes lenken und zunächst das globale, dann das gezielte und dann das detaillierte Verstehen in den Fokus nehmen. Statt also direkt im Anschluss an das Lesen nach nicht Verstandenem oder nach speziellen Details zu fragen, sollte das in den Fokus genommen werden, was verstanden wurde.

Zum Beispiel kann das gezielte Suchen nach Informationen dazu dienen, den Text zu überfliegen. Anschließend können zu jedem Abschnitt Stichwörter oder Sätze aufgeschrieben und Fragen gestellt werden, die man mit Hilfe des Textes beantworten kann. Es kann etwas gezeichnet werden oder globale Aussagen können beurteilt werden, um so den roten Faden des Textes zu erkennen. Bei längeren Texten kann abschnittsweise vorgegangen werden und beispielsweise zu jedem Abschnitt ein Satz geschrieben werden. Fragen zu Details helfen anschließend sicherzustellen, dass der Text auch im Detail verstanden wurde.

Nach dem Lesen geht es darum, den Text in das vorhandene Wissensgerüst einzuordnen. Hierzu können beispielsweise Aussagen des Textes beurteilt oder eine Stellungnahme geschrieben werden.

4 Eine gemeinsame Fachsprache für die Naturwissenschaften

Im Chemieunterricht muss der Umgang mit Fachbegriffen zu einer fachlich korrekten Nutzung der Begriffe weiterentwickelt werden.

Viele Begriffe sind Bestandteile des Alltags und werden im Kontext der Situation benutzt und verstanden. Im Unterricht gilt es jedoch, weder die Umgangssprache zu eliminieren, noch ausschließlich fachsprachlich korrekte Formulierungen zuzulassen. Beide haben an der richtigen Stelle ihren Platz. Die umgangssprachliche Formulierung kann Ansatzpunkt für den Unterricht sein, an dessen Ende eine altersgemäße Formulierung in der Fachsprache steht. Durch die Fähigkeit, einen Sachverhalt umgangssprachlich korrekt darzustellen, beweist ein Schüler oder eine Schülerin eine größere Kompetenz als durch „Nachplappern“ eines Lehrsatzes³¹.

30 Weis, I. (2013): DaZ im Fachunterricht, Sprachbarrieren überwinden - Schüler erreichen und fördern. Mülheim an der Ruhr (Verlag an der Ruhr).

31 Landesinstitut für Schulentwicklung (Hrsg.) (2006): Knotenpunkte der Naturwissenschaften. Auf dem Weg zu einer gemeinsamen Fachsprache der Naturwissenschaften. Stuttgart (Landesinstitut für Schulentwicklung).

Zu folgenden Themen sind sprachliche Ungenauigkeiten zu erwarten:

- Energie, Wärme, Elektrizitätslehre, Stoffe (Struktur der Materie), chemische Reaktion, Masse und Gewicht, Kraft, Umgang mit Modellen

Besonders für Kolleginnen und Kollegen, die fachfremd unterrichten, ergeben sich hier Schwierigkeiten. Die Fachkonferenzen der Fächer Biologie, Chemie und Physik sollten die einheitliche Verwendung dieser Begriffe abstimmen.

V Einsatz digitaler Medien im Chemieunterricht

Die Möglichkeiten, digitale Medien im Chemieunterricht gewinnbringend einzusetzen, sind vielfältig. Die Kultusministerkonferenz der Länder hat in ihrem Strategiepapier „Bildung in der digitalen Welt“³² einen Rahmen formuliert. In diesem Rahmen werden die Kompetenzen bestimmt, über die die Schülerinnen und Schüler verfügen sollen,

um künftigen Anforderungen der digitalen Welt zu genügen. Die „Kompetenzen in der digitalen Welt“ umfassen sechs Bereiche, in denen Lernenden gefördert werden sollen. Die folgende Auflistung gibt einen Überblick über die Arbeitsmöglichkeiten in den sechs Kompetenzbereichen im Fach Chemie.

Kompetenzbereich Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren
<ul style="list-style-type: none"> • Arbeits- und Suchinteressen klären und festlegen • Suchstrategien nutzen und weiterentwickeln • in verschiedenen digitalen Umgebungen suchen • relevante Quellen identifizieren und zusammenführen • Informationen und Daten analysieren, interpretieren und kritisch bewerten • Informationsquellen analysieren und kritisch bewerten • Informationen und Daten sicher speichern, wiederfinden und von verschiedenen Orten abrufen • Informationen und Daten zusammenfassen, organisieren und strukturiert aufbewahren <p>Beispiele: Informationen suchen, analysieren, interpretieren und bewerten (Denkmodelle, Reaktionsmechanismen, virtuelle Experimente, Animationen, Simulationen oder Videosequenzen, Darstellungen zur Verteilung der Elektronen in den Atomen der Elemente, Darstellungen zum Aufstellen von Reaktionsschemata)</p>
Kompetenzbereich Kommunizieren und Kooperieren
<ul style="list-style-type: none"> • mit Hilfe verschiedener digitaler Kommunikationsmöglichkeiten kommunizieren • digitale Kommunikationsmöglichkeiten zielgerichtet und situationsgerecht auswählen • Dateien, Informationen und Links teilen • Referenzierungspraxis beherrschen (Quellenangaben) • digitale Werkzeuge für die Zusammenarbeit bei der Zusammenführung von Informationen, Daten und Ressourcen nutzen • digitale Werkzeuge bei der gemeinsamen Erarbeitung von Dokumenten nutzen • Verhaltensregeln bei digitaler Interaktion und Kooperation kennen und anwenden • Kommunikation der jeweiligen Umgebung anpassen • ethische Prinzipien bei der Kommunikation kennen und berücksichtigen • kulturelle Vielfalt in digitalen Umgebungen berücksichtigen • öffentliche und private Dienste nutzen • Medienerfahrungen weitergeben und in kommunikative Prozesse einbringen • als selbstbestimmter Bürger aktiv an der Gesellschaft teilhaben <p>Beispiele: • interaktive Nutzung von Darstellungen • gemeinsam an Projekten arbeiten • Produkte korrigieren und kommentieren • Ergebnisse veröffentlichen</p>

32 Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2016): Bildung in der digitalen Welt - Strategie der Kultusministerkonferenz, unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf, abgerufen am 07.07.2022.

Kompetenzbereich Produzieren und Präsentieren

- technische Bearbeitungswerkzeuge kennen und anwenden
- eine Produktion planen und in verschiedenen Formaten gestalten, präsentieren, veröffentlichen oder teilen
- Inhalte in verschiedenen Formaten bearbeiten, zusammenführen, präsentieren und veröffentlichen oder teilen
- Informationen, Inhalte und vorhandene digitale Produkte weiterverarbeiten und in bestehendes Wissen integrieren
- Bedeutung von Urheberrecht und geistigem Eigentum kennen
- Urheber- und Nutzungsrechte (Lizenzen) bei eigenen und fremden Werken berücksichtigen
- Persönlichkeitsrechte beachten

Beispiele:

- Denkmodelle und Formeln darstellen
- Messwerte erfassen
- Messwerte darstellen
- Konstruktion von Apparaturen
- Filme von Versuchsdurchführungen produzieren, auch in Zeitlupe
- Informationen als Text und Bild präsentieren
- Animationen und Simulationen herstellen und präsentieren
- Videosequenzen (auch in Zeitlupe oder im Zeitraffer) präsentieren
- virtuelle Experimente präsentieren (wenn diese einen Mehrwert besitzen und keine realen Experimente möglich sind)

Kompetenzbereich Schützen und sicher Agieren

- Risiken und Gefahren in digitalen Umgebungen kennen, reflektieren und berücksichtigen
- Strategien zum Schutz entwickeln und anwenden
- Maßnahmen für Datensicherheit und gegen Datenmissbrauch berücksichtigen
- Privatsphäre in digitalen Umgebungen durch geeignete Maßnahmen schützen
- Sicherheitseinstellungen ständig aktualisieren
- Jugendschutz- und Verbraucherschutzmaßnahmen berücksichtigen
- Suchtgefahren vermeiden, sich selbst und andere vor möglichen Gefahren schützen
- digitale Technologien gesundheitsbewusst nutzen
- digitale Technologien für soziales Wohlergehen und Eingliederung nutzen
- Natur und Umwelt schützen
- Umweltauswirkungen digitaler Technologien berücksichtigen

Kompetenzbereich Problemlösen und Handeln

- Anforderungen an digitale Umgebungen formulieren
- technische Probleme identifizieren
- Bedarfe für Lösungen ermitteln und Lösungen finden bzw. Lösungsstrategien entwickeln
- eine Vielzahl von digitalen Werkzeugen kennen und kreativ anwenden
- Anforderungen an digitale Werkzeuge formulieren
- passende Werkzeuge zur Lösung identifizieren
- digitale Umgebungen und Werkzeuge zum persönlichen Gebrauch anpassen
- eigene Defizite bei der Nutzung digitaler Werkzeuge erkennen und Strategien zur Beseitigung entwickeln
- eigene Strategien zur Problemlösung mit anderen teilen
- effektive digitale Lernmöglichkeiten finden, bewerten und nutzen
- persönliches System von vernetzten digitalen Lernressourcen selbst organisieren können
- Funktionsweisen und grundlegende Prinzipien der digitalen Welt kennen und verstehen
- algorithmische Strukturen in genutzten digitalen Tools erkennen und formulieren
- eine strukturierte, algorithmische Sequenz zur Lösung eines Problems planen und verwenden

Beispiele

- Arbeitsprozesse mithilfe digitaler Medien entwickeln und strukturieren
- digitale Medien beim Experimentieren einsetzen, z. B. zur Erfassung von Messwerten
- Fachinhalte strukturieren
- digitale Karteien zum Lernen nutzen

Kompetenzbereich Analysieren und Reflektieren

- Gestaltungsmittel von digitalen Medienangeboten kennen und bewerten
- interessengeleitete Setzung, Verbreitung und Dominanz von Themen in digitalen Umgebungen erkennen und beurteilen
- Wirkungen von Medien in der digitalen Welt (z. B. mediale Konstrukte, Stars, Idole, Computerspiele, mediale Gewaltdarstellungen) analysieren und konstruktiv damit umgehen
- Vielfalt der digitalen Medienlandschaft kennen
- Chancen und Risiken des Mediengebrauchs in unterschiedlichen Lebensbereichen erkennen, eigenen Mediengebrauch reflektieren und gegebenenfalls modifizieren
- Vorteile und Risiken von Geschäftsaktivitäten und Services im Internet analysieren und beurteilen
- wirtschaftliche Bedeutung der digitalen Medien und digitalen Technologien kennen und sie für eigene Geschäftsideen nutzen
- die Bedeutung von digitalen Medien für die politische Meinungsbildung und Entscheidungsfindung kennen und nutzen
- Potenziale der Digitalisierung im Sinne sozialer Integration und sozialer Teilhabe erkennen, analysieren und reflektieren

Beispiele

- Einsatz von digitalen Medien planen
- Web-Seiten mit Bezug zu chemischen Inhalten reflektieren und bewerten
- Risiken digitaler Medien einschätzen können

VI Die Rolle der Aufgaben im Chemieunterricht

Im Kapitel III 5 wurden mögliche Unterrichtsgänge für den Chemieunterricht in der Sekundarstufe I/der Sekundarstufe II genannt, die eine strukturierte und inhaltlich schlüssige, kontinuierliche Gestaltung des Unterrichts sowie einen kumulativen Kompetenzaufbau ermöglichen.

1 Aufgabenkultur im Fach Chemie - Lern- und Leistungsaufgaben

Über alle Schulartgrenzen hinweg müssen Lehrerinnen und Lehrer differenzierte Lernangebote für Schülerinnen und Schüler machen. Sie müssen Lern- und Arbeitssituationen so planen, dass alle Lernenden Chancen zum Kompetenzerwerb vorfinden.³³ Im Rahmen der Unterrichtsplanung spielen Aufgaben hier eine zentrale Rolle und erfüllen im Unterricht verschiedene Funktionen:

Die Schülerinnen und Schüler ...

- erschließen sich neues Wissen.
- wenden das Gelernte routiniert an.
- übertragen das Gelernte auf neue Anwendungsgebiete.
- wiederholen und vernetzen Inhalte.
- entwickeln Problemlösungsstrategien.

Die Qualität von Aufgaben ist zentral mit dem Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler verbunden. Wahrscheinlicher wird dieser Erfolg, wenn die Aufgaben die folgenden Kriterien erfüllen:

Gute Aufgaben ...

- sind sinnvoll und interessant; sie greifen lebensweltliche Kontexte auf.
- passen zu den Lernvoraussetzungen: Die Schülerinnen und Schüler fühlen sich herausgefordert. Sie können etwas lernen und sie erleben ihre Kompetenz.
- berücksichtigen Schülervorstellungen und setzen sie zu fachlichen Vorstellungen und wissenschaftlichen Theorien in Beziehung.
- antizipieren Lernhürden und Verständnisschwierigkeiten und bieten Bearbeitungshinweise und Lösungshilfen an.

- verknüpfen das Erarbeitete mit anderen Wissens- und Anwendungsgebieten, fordern Kenntnisse von naturwissenschaftlichen Fakten sowie von qualitativem Verständnis und dem Aufbau logischer Beziehungen.
- fördern naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten.
- fördern die Fähigkeit, Probleme selbstständig, beharrlich und einfallreich zu lösen.
- unterstützen die Kooperation und Kommunikation der Schülerinnen und Schüler untereinander.³⁴
- fördern die Fähigkeit, zielgerichtet verschiedene Darstellungsformen zu nutzen.

In allen Schülergruppen besteht die Notwendigkeit, die Aufgaben differenziert an die jeweilige Schülergruppe anzupassen. Maßnahmen zur Differenzierung sind am Beispiel der Sprachförderung bereits im Kapitel IV dargestellt worden. Darüber hinaus müssen inhaltliche und strukturelle Maßnahmen zur Differenzierung wesentlicher Bestandteil der Planung und des Unterrichts sein.

Lernende konstruieren neues Wissen vor dem Hintergrund vorhandenen Wissens. Das neue Lernmaterial muss daher mit dem Vorwissen korrespondieren und an den Lernprozess angepasst werden. Neben dem Vorwissen, den fachlichen Kompetenzen, sind die methodischen Kompetenzen (unter anderem Arbeits- und Lerntechniken, Fähigkeit zur Selbstregulation des eigenen Lernprozesses) wichtige Voraussetzungen, die bei der individuellen Gestaltung des Lernprozesses berücksichtigt werden müssen.³⁵

Lernaufgaben sind schriftlich oder mündlich formulierte Lernangebote, die einen Informations-, einen Aufforderungs- und einen Unterstützungsteil enthalten. Teilweise wird die Lösung mitgeliefert. Im **Informationsteil** wird auf einen Kontext verwiesen oder ein Phänomen beschrieben. Im **Aufforderungsteil** wird mindestens eine Anweisung gegeben oder eine Frage gestellt, die auf die Lösung zielt. Häufig wird die erwartete Leistung der Lernenden mit einem entsprechenden Operator (siehe Anhang) präzise beschrieben. Im **Unterstützungsteil** werden

33 Klinger, U. et al. (2011): Wie fragt man nach Kompetenzen? *Unterricht Chemie* Nr. 124/125, S. 14.

34 Gropengießer, H. (2006): Mit Aufgaben lernen. In: Gropengießer, Hötteke, Nielsen und Stäudel (Hrsg.), *Mit Aufgaben lernen*, (Friedrich Verlag), S. 4ff.

35 Hänze, M. und Jurkowski, S. (2011): Diagnostizieren in Lern- und Prüfungssituationen. *Unterricht Chemie* Nr. 124/125, S. 2.

Bearbeitungshinweise oder Lösungshilfen angeboten. So werden die Lernenden durch eine Aufgabe zur eigenständigen Lernaufgabe angeregt.³⁶

Bei der Bearbeitung von Lernaufgaben sind Fehler durchaus willkommen und können als Lernchance genutzt werden. Die Möglichkeit zur Nachbesserung ist vorhanden; es gibt häufig unterschiedliche Lösungen und Wege zum Ziel.

In **Leistungsaufgaben** stehen die Überprüfung und die Benotung/Bewertung der individuellen Lernleistung im Vordergrund. Am Ende eines Lernprozesses wird das erreichte Niveau der Kompetenzen und Fertigkeiten überprüft. In einer Leistungssituation geht es „in erster Linie darum, Erfolge zu erzielen und Misserfolge zu vermeiden“³⁷ und Gelerntes möglichst umfassend und sicher darstellen zu können. Dieses gilt insbesondere, wenn die Leistungsüberprüfung tatsächlich in einer Note mündet.

Lern- und Leistungssituationen sollten im Unterricht voneinander getrennt werden, da sie unterschiedlichen psychologischen Gesetzmäßigkeiten folgen. Allerdings sollte auch in Leistungssituationen „intelligentes Wissen“ – also Wissen, das angewendet werden kann und auf andere Situationen übertragbar ist – gefordert werden.

2 Gleichwertige Leistungen in der Sekundarstufe II

In der Oberstufe können neben Klassenarbeiten gleichwertige Leistungen gemäß § 11 Abs. 2 OAPVO (2020) treten. Dabei ist sicherzustellen, dass die individuelle Leistung des einzelnen Schülers/der einzelnen Schülerin bewertet wird. Dies ist möglich, wenn die Leistung im Unterricht erbracht wird. Für diese Leistungen gelten ebenfalls die in den Fachanforderungen genannten Aspekte, insbesondere sollten die Bedingungen für die einzelnen Schülerinnen und Schüler vergleichbar sein und von jeder Schülerin beziehungsweise jedem Schüler Leistungen in den drei Anforderungsbereichen gefordert werden.

Die Fachkonferenz beschließt Kriterien, nach denen Leistungen einer Klassenarbeit im Fach Chemie gleichwertig sind. Empfehlenswert ist es, ein Beurteilungsraster, auch gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern, zu entwickeln. In diesen Prozess eingebunden werden sollte auch die Entscheidung, wie die Gewichtung durch Punkte erfolgt. So kann eine Kultur des transparenten Sichegenseitig-Beurteilens etabliert werden.

Das folgende Beispiel zeigt eine experimentelle Ersatzleistung, die im Rahmen einer Doppelstunde von allen Schülerinnen und Schülern gleichzeitig erbracht wird. Die unterrichtlichen Voraussetzungen sind dabei:

Im Unterricht der Qualifikationsphase wurden im Sachgebiet „Biomoleküle“ die Proteine ausführlich behandelt, bei den Themen Kohlenhydrate und Lipide wurden Schwerpunkte gesetzt und die Pflichtinhalte entsprechend deutlich reduziert. Im Sachgebiet „Chemie der funktionalen Stoffe und Materialien“ wurde der Schwerpunkt im Thema „Grenzflächenaktive Stoffe: Wasch- und Reinigungsmittel“ gewählt.

Die Schülerinnen und Schüler dürfen alle eigenen Unterlagen aus dem Unterricht (keine Kopien von Mitschülerinnen oder Mitschülern oder aus Schulbüchern) sowie das Periodensystem der Elemente als Hilfsmittel verwenden. Dies verschiebt den Schwerpunkt in der Vorbereitungszeit vom (Auswendig-)Lernen der Unterrichtsinhalte hin zu einer sorgfältigen Organisation vorhandener Materialien und damit verbunden zu einer Restrukturierung und Vernetzung vorhandenen Wissens.

Die Lernenden erhalten zu Beginn der Doppelstunde einen Baumwollappen, auf dem sich ein Fleck aus Kakao und Milch befindet. Die damit verbundene Aufgabenstellung lautet wie folgt:

36 Gropengießer, H. (2006): Mit Aufgaben lernen. In: Gropengießer, Hötteke, Nielsen und Stäudel (Hrsg.), Mit Aufgaben lernen, (Friedrich Verlag), S. 4ff.

37 Weinert, F. E. (1999): Die fünf Irrtümer der Schulreformer. Welche Lehrer, welchen Unterricht braucht das Land? *Psychologie heute* 26, S. 28 - 34.

Aufgabe „Wäschewaschen“

Hartnäckige Flecken, wie zum Beispiel Kakao auf dem weißen T-Shirt, lassen sich in der Praxis häufig nur schwer entfernen.

1. Entwickeln Sie einen Versuchsplan, wie die Kakaoflecken aus dem Stoff entfernt werden können und setzen Sie diesen in die Praxis um. Ziel ist, dass Sie den Baumwolllappen am Ende der Stunde sauber abgeben.
2. Erläutern Sie, welche Bestandteile der Waschmittel für die Reinigung wichtig sind und wie diese wirken. Gehen Sie dabei auch ausführlich auf die exakten Versuchsbedingungen ein.
3. Dokumentieren Sie Ihre Vorgehensweise vollständig und nachvollziehbar.
4. Beurteilen Sie die Umweltverträglichkeit Ihres Vorgehens.

Die Schülerinnen und Schüler nutzen vorbereitete Geräte und Chemikalien.

Da den Schülerinnen und Schülern alle Aufzeichnungen während der Ersatzleistung zur Verfügung stehen, liegt der Schwerpunkt der Aufgaben 1 und 2 im Anforderungsbereich I und II. Da aber auch die Vernetzung vorhandenen Wissens aus zwei Sachgebieten sowie die Anwendung auf die neue, experimentell zu lösende Aufgabe erforderlich ist, liegt ein Teil der Anforderungen im Anforderungsbereich III. Da im Unterricht Protokolle zu Experimenten angefertigt wurden, die den Lernenden zur Verfügung stehen, liegt der Schwerpunkt von Aufgabe 3 im Anforderungsbereich II. Die Schwerpunkte der Aufgabe 4 liegt in den Anforderungsbereichen II und III.

Die Bewertung der Leistungen sollte den Schülerinnen und Schülern individualisiert und konkret mitgeteilt werden.

3 Hinweise zur Gestaltung von experimentellen Aufgaben zur Leistungsmessung

Ziel experimenteller Aufgaben ist es, die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler im Bereich der Erkenntnisgewinnung sichtbar zu machen. Im Rahmen einer Aufga-

be den gesamten Prozess der Erkenntnisgewinnung zu bewerten – von der Hypothesenbildung bis zum Aufzeigen von Konsequenzen für eine weitere Experimentalplanung – ist sehr zeitaufwendig und nicht sinnvoll. Daher sollte mindestens in der Sekundarstufe I der Gesamtprozess in messbare Einzelschritte unterteilt werden, die im Rahmen auch kleiner Aufgaben bewertbar sind.

Solche Teilschritte können beispielsweise wie folgt aussehen:

- Aufstellen geeigneter Hypothesen und deren Begründung sowie die Abgrenzung zwischen Hypothesen und Vermutungen
- Entwickeln eines Untersuchungsdesigns auf der Basis einer Hypothese (im Rahmen sinnvoller Vorgaben, zum Beispiel Auswahlliste der Materialien usw.) und Voraussage, unter welchen Bedingungen die Hypothese verifiziert oder falsifiziert ist (Woran erkenne ich / worauf muss ich beim Beobachten besonders achten?)
- zielgerichtetes Experimentieren vor dem Hintergrund angemessener Sicherheitsvorkehrungen
- gezieltes Beobachten und Dokumentieren von Beobachtungen, beispielsweise im Rahmen eines Versuchsprotokolls
- Deutung von Beobachtungen in Hinblick auf die Hypothese sowie Reflexion, ob das Experiment geeignet war, die Hypothese in vollem Umfang zu beantworten

Zur konkreten Messung der Schülerkompetenzen sind geeignete Beobachtungsbögen zwingend erforderlich, da nur so in kurzer Zeit auch das praktische Vorgehen von Schülerinnen und Schülern einer Lerngruppe dokumentiert werden kann. Auch daher ist es sinnvoll, den Prozess der Erkenntnisgewinnung aufzuteilen und Schwerpunkte zu setzen.

Es ist zum Beispiel möglich, den Schülerinnen und Schülern eine Hypothese vorzugeben, zu der sie aus vier unterschiedlichen Vorschlägen für Experimente begründet die sinnvollste Variante auswählen. Möglich wäre auch, einen Filmausschnitt zu einem Experiment inklusive Experimentalanleitung zu zeigen und die Lernenden begründet entscheiden zu lassen, inwieweit das Experiment zur Überprüfung einer gegebenen Hypothese geeignet ist. Gegebenenfalls können sie ein alternatives Experiment als Verbesserung planen.

VII Literatur

- Abshagen, M. (2015): Praxishandbuch Sprachbildung Mathematik. Sprachsensibel unterrichten – Sprache fördern. Stuttgart (Ernst Klett Sprachen).
- Apelthauer, E. (2010): Wortschatzentwicklung und Wortschatzarbeit. In: Winfried, Ulrich (Hrsg.), *Deutschunterricht in Theorie und Praxis*. Hohengehren (Schneider Verlag) S. 239ff.
- Ahrenholz, B. (2010): *Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache*. Tübingen (Gunter Narr Verlag).
- Barke, H.-D. (2002): *Das Chemische Dreieck. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*. Friedrich-Verlag, Heft 67, S. 45 - 46.
- Barke, H.-D. (2011): *Chemiedidaktik kompakt. Lernprozesse in Theorie und Praxis*. Heidelberg (Springer-Verlag).
- BLK-Expertengruppe (Baumert, J. et al.) (1997): *Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts*. Bonn, unter: www.blk-bonn.de, abgerufen am 07.07.2022.
- Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (1997): *Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“*, BLK, Heft 60, Bonn, unter www.pedocs.de/volltexte/2008/259/pdf/heft60.pdf, abgerufen am 14.07.2022.
- Deutsches Pisa-Konsortium (Hrsg.) (2000): *Schülerleistungen im internationalen Vergleich: Eine neue Rahmenkonstruktion für die Erfassung von Wissen und Fähigkeiten*. Berlin (Max-Planck-Institut für Bildungsforschung).
- Eilks, I. & Möllering, J. (2001): *Neue Wege zu einem fächerübergreifenden Verständnis des Teilchenkonzepts*, unter: www.chemiedidaktik.uni-bremen.de/projekte.php?id=65, abgerufen am 07.07.2022.
- Fortbildungskonzepte und -materialien zur kompetenz- bzw. standardorientierten Unterrichtsentwicklung (2009), unter: www.kmk-format.de, abgerufen am 07.07.2022.
- Gropengießer, H. (2006): *Mit Aufgaben lernen*. In: Gropengießer, Hötteke, Nielsen und Stäudel (Hrsg.), *Mit Aufgaben lernen* (Friedrich Verlag) S. 4ff.
- Hänze, M. und Jurkowski, S.: (2011) *Diagnostizieren in Lern- und Prüfungssituationen. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*. Friedrich Verlag, Heft 124/125, S. 2.
- Institut für Qualitätsentwicklung an Schulen Schleswig-Holstein (IQSH) (Hrsg.) (2011): *Methoden im Unterricht – Anregungen für Schule und Lehrerbildung*. Kronshagen.
- Johnstone, A. H. (2000): *Teaching of Chemistry – logical or psychological? CERAPIE 1*, S. 9-15.
- Klinger, U. et al. (2011): *Wie fragt man nach Kompetenzen? Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*. Friedrich Verlag, Heft 124/125, S. 14.
- Krämer, Silke (2011): *Der Walsumer Fachsprachentag Protokolle schreiben*, unter: www.uni-due.de/imperia/md/content/prodaz/fachsprachentag_protokolle_schreiben.pdf, abgerufen am 07.07.2022.
- Landesinstitut für Schulentwicklung (Hrsg.) (2006): *Knotenpunkte der Naturwissenschaften. Auf dem Weg zu einer gemeinsamen Fachsprache der Naturwissenschaften*. Stuttgart (Landesinstitut für Schulentwicklung).
- Leerhoff, G. und Eilks, I. (2002): *Schüler erarbeiten sich den Atombau – Erfahrungen mit einem Gruppenpuzzle. Praxis Schule 5 – 10*. S. 48 – 54.

- Leisen, J. (2010): Handbuch Sprachförderung im Fach. Bonn (Varus Verlag).
- Neugebauer, Claudia, & Nodari, Claudio (2012): Förderung der Schulsprache in allen Fächern. Praxisvorschläge für Schulen in einem mehrsprachigen Umfeld. Kindergarten bis Sekundarstufe I. Bern (Schulverlag plus).
- Neugebauer, Claudia (2006): Grundlagen Didaktisierung. Netzwerk SIMS, Sprachförderung in mehrsprachigen Schulen, Institut für Interkulturelle Kommunikation, Zürich, unter: www.netzwerk-sims.ch/wp-content/uploads/2013/08/grundlagen_didaktisierung.pdf, abgerufen am 07.07.2022.
- Pfeifer, P. et al. (2002): Konkrete Fachdidaktik Chemie. München (Oldenbourg Schulbuchverlag).
- Pfeifer, P. et al. (2011): Schülerexperimente im Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*. Friedrich Verlag, Heft 126, S. 2 ff.
- Ralle, B., Di Fuccia, D., Bremkes, T. (2009): Experiment und Erkenntnisgewinnung in Schule und Lehrerbildung – eine differenzierende Betrachtung. In: MNU, Experiment und Modell. Tagungsband zur 15. Fachleitertagung. (Verlag Klaus Seeberger).
- Rehm, M., Stäudel, L. (2012): Grundbegriffe und Basiskonzepte der Chemie. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*. Friedrich Verlag, Heft 128.
- Rehm, M. und Parchmann, I. (Hrsg.) (2009): *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*. Friedrich Verlag, Heft 114.
- Rost, J. (2002): Umweltbildung – Bildung für eine nachhaltige Entwicklung: Was macht den Unterschied? *ZEP: Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik* 25, S. 7-12.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2005): *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz – Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. München (Luchterhand), S. 6.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2020): *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife*. Hürth (Wolters Klüwer).
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2016): *Bildung in der digitalen Welt - Strategie der Kultusministerkonferenz*, unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf, abgerufen am 07.07.2022.
- Weinert, F. E. (1999): Die fünf Irrtümer der Schulreformer. Welche Lehrer, welchen Unterricht braucht das Land? *Psychologie heute* 26, S. 28 – 34.
- Weinert, F. E. (2001): Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert, F. E. (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen*. Weinheim und Basel (Beltz Verlag) S. 17-31.
- Weis, Ingrid (2013): *DaZ im Fachunterricht, Sprachbarrieren überwinden - Schüler erreichen und fördern*. Mülheim an der Ruhr (Verlag an der Ruhr).
- Ziener, G. (2001): *Bildungsstandards in der Praxis – Kompetenzorientiert unterrichten*. Stuttgart (Kallmeyer).

