

# Bildungsplan Studienstufe

# Chemie

# Impressum

## **Herausgeber:**

Freie und Hansestadt Hamburg  
Behörde für Schule und Berufsbildung

Alle Rechte vorbehalten.

**Referat:** Unterrichtsentwicklung mathematisch-naturwissenschaftlich-  
technischer Fächer und Aufgabengebiete

**Referatsleitung:** Dr. Najibulla Karim

**Fachreferentin:** Gabriele Feldhusen

**Redaktion:** Dr. Sandra Haubrich  
Claudia Körper  
Lars Radtke  
Prof. Dr. Mirjam Steffensky

Hamburg 2022

## Inhaltsverzeichnis

1	Lernen im Fach Chemie .....	4
1.1	Didaktische Grundsätze .....	5
1.2	Beitrag des Faches zu den Leitperspektiven .....	9
1.3	Sprachbildung als Querschnittsaufgabe .....	12
2	Kompetenzen und Inhalte im Fach Chemie .....	12
2.1	Überfachliche Kompetenzen.....	13
2.2	Fachliche Kompetenzen .....	14
2.3	Inhalte und Kerncurriculum.....	22

# 1 Lernen im Fach Chemie

Naturwissenschaftlich-technische Entwicklungen spielen mit ihren Fortschritten, aber auch Risiken sowohl für das alltägliche individuelle Leben als auch für gesamtgesellschaftliche und globale Herausforderungen eine zentrale Rolle. Der Umgang mit natürlichen Ressourcen oder gesundheitsrelevanten Fragen ist ein Beispiel für Herausforderungen, die sowohl individuelle als auch gesamtgesellschaftliche Entscheidungen betreffen. Naturwissenschaftlich-technische Entwicklungen sind dabei nicht isoliert, sondern stehen in einem wechselseitigen Zusammenhang mit ökologischen, ökonomischen und sozialen Systemen, was beispielsweise bei dem Klimawandel oder der Ernährung der Weltbevölkerung deutlich wird.

Voraussetzung sowohl für das Verstehen unserer Lebenswelt (Welterschließung) als auch für die Auseinandersetzung mit gesellschaftlich relevanten naturwissenschaftsbezogenen Themen über die Schulzeit hinaus ist eine naturwissenschaftliche Grundbildung (*Scientific Literacy*). Letztere ist beispielsweise notwendig, um naturwissenschaftliche Informationen hinsichtlich ihrer Plausibilität einzuschätzen, von nichtwissenschaftlichen Aussagen (oder Fake News) zu differenzieren, fundierte Meinungen zu komplexen mehrperspektivischen Problemen zu entwickeln und Entscheidungen zu treffen. Allgemeiner formuliert: Teilhabe an der Gesellschaft erfordert naturwissenschaftliche Grundbildung.

Zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung gehört ein breites Spektrum von Wissen und Fähigkeiten, aber auch motivationalen Orientierungen. Wissen und Fähigkeiten beziehen sich a) auf Inhalte, z. B. über Konzepte, Theorien, Zusammenhänge, Fachsprache, b) auf Denk- und Arbeitsweisen und Verfahren zur Generierung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse sowie c) auf die Einschätzung und die Bewertung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse im Zusammenspiel mit sozialen, ethischen, ökonomischen und ökologischen Aspekten.

Zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung tragen die drei Fächer Biologie, Chemie und Physik gleichermaßen durch ihre spezifischen Perspektiven bei. Dabei gibt es große Überschneidungen zwischen den Bereichen. Das zentrale Konzept Energie ist beispielsweise für alle drei Fächer bedeutend. Der spezifische Beitrag der Biologie liegt in der Auseinandersetzung mit dem Lebendigen. Eine herausragende Rolle spielt dabei die Evolutionstheorie. Sie stellt einen integrativen Rahmen für die verschiedenen Teilbereiche der Biologie dar und liefert Erklärungen über die Entwicklung des Lebens auf der Erde sowie die Mechanismen und die Dynamiken von Evolutionsprozessen. Biologische Erkenntnisse leisten aber auch für die Gesundheitsförderung und die Umweltbildung einen wichtigen Beitrag.

Chemische Konzepte und deren Anwendungsmöglichkeiten sind kulturelle Errungenschaften, die unsere Umwelt mit geformt haben. Die Chemie ermöglicht es, die stoffliche Welt auf der makroskopischen Ebene und der Teilchenebene zu verstehen. Kenntnisse über Stoffe, deren Aufbau, Eigenschaften, Reaktionen und Verwendbarkeit helfen dabei, alltägliche Phänomene, z. B. das Lösen von Kalk, globale Herausforderungen, etwa die „Versauerung“ der Meere, aber auch moderne chemisch-technische Entwicklungen, beispielsweise die Entwicklung neuer Materialien und Arzneimittel, zu verstehen.

Die Physik beschreibt Naturphänomene und liefert Gesetzmäßigkeiten sowie Erklärungen für diese. Ähnlich wie in der Chemie spielen dabei der Aufbau und die Eigenschaften der Materie eine wichtige Rolle. Die Physik nimmt spezifisch Prozesse und Vorgänge sowie die dafür verantwortlichen, zwischen den Materiebausteinen bzw. -aggregaten bestehenden Kräfte und Wechselwirkungen in den Blick.

Naturwissenschaftlicher Unterricht soll nicht isolierte Kenntnisse und Fähigkeiten vermitteln, die lediglich zum Lösen typischer schulischer Aufgaben ausreichen, sondern vielmehr die Entwicklung von Fachkompetenz fördern. Kompetenz wird dabei als ein Zusammenspiel aus disziplinär und interdisziplinär vernetztem Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten verstanden, die flexibel nutzbar sind, um naturwissenschaftliche Probleme zu lösen. In den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife (KMK, 2020) sind konkrete und überprüfbare Kompetenzen formuliert, die Schülerinnen und Schüler im Verlauf der Sekundarstufe II in den vier Kompetenzbereichen der naturwissenschaftlichen Fächer (Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz, Kommunikationskompetenz und Bewertungskompetenz) erwerben sollen.

Die Entwicklung naturwissenschaftlicher grundlagen- und anwendungsorientierter Forschungserkenntnisse macht es für Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler unmöglich, diese im Unterricht vollständig zu bearbeiten. Ziel ist es vielmehr, dass die in der Schule erworbene Fachkompetenz eine selbstgesteuerte lebenslange Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Themen ermöglicht. Voraussetzung hierfür sind auch motivationale Orientierungen. Dazu gehören beispielsweise Interesse, Einstellungen und Fähigkeitsselbsteinschätzungen in einem Schulfach. Nur wer ein Fach (oder eine Fächergruppe) als reizvoll und für sich oder die Gesellschaft als wichtig annimmt und Freude an der Beschäftigung mit Inhalten hat, wird sich langfristig damit auseinandersetzen. Abgesehen davon sind motivationale Orientierungen auch für entsprechende Berufs- und Studienpräferenzen zentral. Die gezielte Berücksichtigung motivationaler Orientierungen ist insbesondere für die Fächer Physik und Chemie wichtig, da im Vergleich zur Biologie Schülerinnen und Schüler ihr Interesse in diesen Fächern im Mittel als niedriger einschätzen.

Neben einer vertieften naturwissenschaftlichen Grundbildung zielt die Sekundarstufe II im Sinne einer wissenschaftspropädeutischen Bildung verstärkt darauf ab, Voraussetzungen für erfolgreiche Übergänge in ein Studium oder eine Berufsausbildung zu schaffen. Neben der Anbahnung von Fachkompetenz müssen dafür Einblicke in die vielfältigen Berufsfelder der Naturwissenschaften und angrenzenden Bereiche wie Technik und Ingenieurwissenschaften geschaffen werden.

## 1.1 Didaktische Grundsätze

Lernwirksamer naturwissenschaftlicher Unterricht ist neben generischen Merkmalen wie einer optimalen Nutzung der zur Verfügung stehenden Lernzeit durch kognitiv aktivierende Lerngelegenheiten gekennzeichnet. Kognitiv aktivierende Lerngelegenheiten regen Schülerinnen und Schüler z. B. an, über relevante und kognitiv herausfordernde Inhalte und Vorgehensweisen nachzudenken, eigene Vorstellungen zu hinterfragen, neue Erkenntnisse in verschiedenen Kontexten anzuwenden und Inhalte zueinander in Beziehung zu setzen. Dabei müssen die unterschiedlichen Voraussetzungen von Schülerinnen und Schülern, etwa hinsichtlich ihres Vorwissens, ihrer Erfahrungen, ihrer Interessen sowie ihrer fach- und bildungssprachlichen Kompetenzen, berücksichtigt werden. Dies erfordert regelmäßige diagnostische Fragen oder Aufgaben zur Einschätzung der Voraussetzungen und der aktuellen Lernentwicklung (vgl. formatives Assessment).

Im Folgenden werden einige zentrale didaktische Grundsätze von lernwirksamem naturwissenschaftlichem Unterricht ausgeführt.

## *Strukturierung durch Basiskonzepte*

Die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife der KMK (2020) benennen für alle drei naturwissenschaftlichen Fächer zentrale übergeordnete Konzepte der Biologie bzw. Chemie bzw. Physik. Diese sogenannten Basiskonzepte sind über viele Beispiele, Phänomene und Sachverhalte hinweg erklärungs wirksam. Sie verbinden mehrere zentrale Zusammenhänge oder Ideen. Z. B. gehören zum Basiskonzept chemische Reaktion das Donator-Akzeptor-Prinzip und die Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen. Die Basiskonzepte beziehen sich übergreifend auf die vier Kompetenzbereiche.

Basiskonzepte haben eine wichtige didaktische Funktion für den Lernprozess. So können sie Schülerinnen und Schüler dabei unterstützen, neue Inhalte einzuordnen und zu erschließen und mit bereits bekannten Inhalten vertikal oder horizontal zu vernetzen. Ein zunehmend tiefergehendes und differenziertes Verständnis der Basiskonzepte entwickelt sich kumulativ über den Fachunterricht der Sekundarstufe I bis zum Abitur. Voraussetzung hierfür ist, dass das Herstellen von Zusammenhängen zwischen Inhalten anhand von Basiskonzepten explizit im Unterricht vorkommt und Schülerinnen und Schüler Gelegenheiten bekommen, Basiskonzepte über einzelne Themen oder spezifische Kontexte hinweg anzuwenden.

### Basiskonzepte Chemie

Das Fach Chemie ist im Besonderen durch eine Betrachtung der Analyse und Synthese von Stoffen, der Beschreibung des Aufbaus und der Eigenschaften von Stoffen sowie der Berücksichtigung energetischer Zusammenhänge bei stofflichen Veränderungen gekennzeichnet. Daraus leiten sich die folgenden drei Basiskonzepte ab: Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen, Konzept der chemischen Reaktion und das Energiekonzept (KMK, 2020).

#### **Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen**

Im Zentrum der Chemie stehen die zwei Betrachtungsebenen von Materie: die Stoff- und die Teilchenebene. Beide Ebenen müssen voneinander abgegrenzt, gleichzeitig aber auch in Beziehung gesetzt werden. So bestimmen Art, Anordnung und Wechselwirkung der Teilchen die Struktur sowie die Eigenschaften eines Stoffes und können daher durch ein Basiskonzept inhaltlich kohärent beschrieben werden.

Die Betrachtung auf der Stoffebene und der Teilchenebene zeigt sich u. a. in den nachfolgend aufgelisteten Aspekten:

- dem Atom- und Molekülbau,
- der chemischen Bindung,
- den Modifikationen,
- den funktionellen Gruppen,
- der Isomerie,
- den inter- und intramolekulare Wechselwirkungen,
- den Stoffeigenschaften,
- den Stoffklassen,
- den analytischen Verfahren (qualitativ/quantitativ),
- den Verwendungsmöglichkeiten.

Es können z. B. Kenntnisse über inter- und intramolekulare Wechselwirkungen (Teilchenebene) genutzt werden, um Eigenschaften von Stoffen auf der Stoffebene zu erklären. Somit werden Phänomene auf der Stoffebene und deren Deutung auf der Teilchenebene unterschieden und gleichzeitig zueinander in Beziehung gesetzt. Daneben wird der Zusammenhang zwischen den Eigenschaften ausgewählter Stoffe und deren Verwendung hergestellt.

### **Konzept der chemischen Reaktion**

Chemische Reaktionen spielen in der Chemie eine zentrale Rolle. Aufbauend auf den bisherigen Kompetenzen zu chemischen Reaktionen werden die folgenden Ideen systematisch und vertiefend betrachtet:

- das Donator-Akzeptor-Prinzip,
- die Umkehrbarkeit,
- das Gleichgewicht,
- die Reaktionstypen,
- die Mechanismen,
- die Steuerung.

Es können beispielsweise mit dem Donator-Akzeptor-Prinzip Protonen- und Elektronenübergänge beschrieben werden, um so chemische Reaktionen sowohl in der anorganischen als auch in der organischen Chemie erschließen zu können.

### **Energiekonzept**

Energetische Betrachtungen spielen eine wichtige Rolle bei der Beschreibung von Teilchen- und Stoffumwandlungen. Im Zentrum stehen dabei die Veränderungen der Energie bei chemischen Reaktionen und Möglichkeiten der Beeinflussung von Reaktionsabläufen durch die Änderung energetischer Parameter:

- Energieformen, -umwandlung, -kreislauf,
- Aktivierungsenergie/Katalyse,
- Energie chemischer Bindungen/Wechselwirkungen,
- Reaktionskinetik,
- Enthalpie/Entropie.

Es können z. B. thermodynamische Prinzipien bei chemischen und physikalischen Vorgängen und kinetische Prinzipien bei chemischen Reaktionen betrachtet werden, um so Abläufe und Steuerungsmöglichkeiten zu erklären.

### *Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen*

Naturwissenschaften sind nicht nur durch ihre Inhalte gekennzeichnet, sondern auch durch ihre spezifischen Denk- und Arbeitsweisen, z. B. durch Vermuten, Messen, Versuche-Planen und -Umsetzen, Analysieren von Daten oder Evidenz-basiertes Argumentieren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es nicht eine Universalmethode in den Naturwissenschaften gibt, sondern eine Vielzahl von experimentellen, aber auch theoretischen Vorgehensweisen. Hier zeigen sich zum Teil Unterschiede zwischen den drei Fächern. Beispielsweise werden Daten in

der Biologie häufig durch Beobachtungen generiert, während das experimentelle Vorgehen gerade in der Chemie eine wichtige Rolle einnimmt.

Ein Verständnis dieser naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen ist neben dem Verständnis der Inhalte ein gleichwertiger Bestandteil naturwissenschaftlicher Grundbildung. Der Anspruch, das Verständnis des Vorgehens in den Naturwissenschaften zu fördern, spiegelt sich insbesondere in den Kompetenzen des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung wider. Zudem finden sich im Kompetenzbereich Kommunikation verschiedene Kompetenzen zum naturwissenschaftlichen Argumentieren (K9-K13).

Vor diesem Hintergrund sind Lerngelegenheiten im naturwissenschaftlichen Unterricht, in denen naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen umgesetzt werden, essentiell. Ziel ist es dabei, Denk- und Arbeitsweisen kennenzulernen, umsetzen zu können sowie den sicheren Umgang mit gefährlichen Stoffen einzuüben, aber auch ein Verständnis der Denk- und Arbeitsweisen zu entwickeln. Die alleinige Umsetzung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen reicht nicht aus, um ein tieferes Verständnis aus einer Metaperspektive zu entwickeln. Hierzu ist es notwendig, die Denk- und Arbeitsweisen, aber auch die Bedeutung der gewonnenen Erkenntnisse explizit zu reflektieren. Beispiele für solche Reflexionsanlässe sind die unterschiedliche Deutung von Beobachtungen, die Bedeutung der Kontrolle von Variablen in Experimenten sowie die Begrenztheit von Modellen.

Gerade in der Vor- und Nachbereitung von Versuchen kommen viele Denk- und Arbeitsweisen zum Tragen, die ein hohes Potenzial zur kognitiven Aktivierung haben und damit lernwirksam zu sein. Beispiele sind das Aufstellen begründeter Vermutungen, das Suchen nach Mustern in Daten sowie das evidenzbasierte Argumentieren. Dementsprechend gelten insbesondere Ansätze des forschenden Lernens (Inquiry-based Science Education), in denen Schülerinnen und Schüler selbst (partiell) einen Erkenntnisgewinnungsprozess durchlaufen, als besonders relevant für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

### *Kontexte*

Für einen kompetenzorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht stellen Kontexte eine wichtige Rahmung fachlicher Inhalte dar. Sie können Schülerinnen und Schüler unterstützen, Gelerntes in variierenden und z. T. komplexen Anwendungssituationen zu nutzen. Gleichzeitig benötigt ein kontextualisierter Unterricht auch Phasen der Dekontextualisierung, in denen folglich Fachinhalte vom spezifischen Kontext abstrahiert werden, um generalisierbare und auf andere Zusammenhänge transferierbare Erkenntnisse anzubahnen. Basiskonzepten und den dazugehörigen zentralen Ideen kommt dabei eine große Bedeutung zu, da sie über verschiedene Kontexte hinweg genutzt werden können.

Kontexte spielen auch im Hinblick auf die Entwicklung motivationaler Orientierungen eine wichtige Rolle, da Kontextualisierung gerade in den Fächern Chemie und Physik Schülerinnen und Schülern dabei hilft, Inhalte als subjektiv bedeutsam zu erkennen. Allerdings eignet sich nicht jeder Kontext gleichermaßen für alle Schülerinnen und Schülern. Ein Wechsel von lebensweltlich-, gesellschafts- und berufsbezogenen sowie historischen Kontexten ist eine Möglichkeit, den unterschiedlichen motivationalen Voraussetzungen von Schülerinnen und Schülern zu begegnen. Aus einer berufsbezogenen Perspektive ist vor allem die Bedeutung von Zukunftstechnologien als Kontexte für Themen wie Kunststoffe, Mobilität oder Energie u. Ä. besonders hervorzuheben, da diese Möglichkeiten bieten, weniger bekannte, aber enorm wichtige MINT-Berufsfelder stärker in den Mittelpunkt zu rücken und das Zusammenspiel zwischen naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und technologischen Anwendungen zu verdeutlichen.

Im Hinblick auf verantwortungsvolle gesellschaftliche Teilhabeprozesse, das übergeordnete Ziel einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, spielen Kontexte, die sich auf komplexe gesellschaftliche Problemstellungen beziehen (Socio-scientific Issues), eine besondere Rolle. Oft sind es genau solche Probleme, die (später) eine fundierte Meinungs- und Entscheidungsfindung erfordern, so dass eine exemplarische Bearbeitung im Unterricht sinnvoll ist. Beispiele hierfür wären Klimawandel und -schutz, der schonende und gerechte Umgang mit Ressourcen, weltweite Gesundheitsgefahren oder verantwortungsvolles Konsumverhalten, die beispielsweise im Chemieunterricht bei den Themen alternative Energieträger und Kunststoffe oder natürliche Makromoleküle bearbeitet werden können. Kompetenzen, die auf die Interaktion zwischen naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und Anwendungen und ökologischen, sozialen sowie ökonomischen Systemen fokussieren, finden sich insbesondere im Kompetenzbereich Bewertung wieder. Hier zeigen sich zudem vielfältige Anknüpfungspunkte zur Leitperspektive BNE.

### *Lernen mit digitalen Werkzeugen*

Abgesehen von einer fachunspezifischen Förderung digitaler Kompetenzen (siehe Abschnitt 2.5) können digitale Medien oder Werkzeuge an vielen Stellen des naturwissenschaftlichen Unterrichts sinnvoll eingesetzt werden, um den fachspezifischen Lernprozess gezielt zu unterstützen. So können digitale Medien erstens enaktive, ikonische und symbolische Repräsentationsformen wie Text, Bild und abstrakte Darstellungen (z. B. Formeln, Diagramme), die typisch für die Naturwissenschaften sind, flexibel kombinieren und in Beziehung setzen. Beispielsweise können Bewegungsabläufe und dazugehörige Diagramme dargestellt werden (Zeit-Ort, Zeit-Geschwindigkeit), um so die Verknüpfung zwischen den Repräsentationsformen zu erleichtern.

Zweitens können Sachverhalte visualisiert werden, die nicht unmittelbar wahrnehmbar sind. Beispiele hierfür wären die Darstellungen von Reaktionsmechanismen und Atommodellen, Bewegungsabläufe von Tieren oder die Entstehung und die Ausbreitung von Druckwellen. Drittens stellen Simulationsprogramme eine wichtige Möglichkeit dar, Schülerinnen und Schülern das Explorieren von Sachverhalten und Zusammenhängen zu ermöglichen. Für das Analysieren von Zusammenhängen eignen sich Simulationen besonders gut, weil die Schülerinnen und Schüler auf das Wesentliche fokussiert werden und Dinge mehrfach erproben können.

Darüber hinaus gibt es eine Reihe digitaler Werkzeuge, die nicht naturwissenschaftsspezifisch sind, die aber trotzdem zielführend im naturwissenschaftlichen Unterricht genutzt werden können, wie Quizsysteme zur Überprüfung von Lernständen. Auch digitale Endgeräte können vielfach eingesetzt werden, um Beobachtungen, Messungen und Versuche zu dokumentieren und sich beispielsweise über unterschiedliche Beobachtungen auszutauschen.

## 1.2 Beitrag des Faches zu den Leitperspektiven

### *Wertebildung/Werteorientierung (W)*

Der Chemieunterricht trägt auf unterschiedlichen Ebenen zu der Leitperspektive Wertebildung/Werteorientierung bei. So bietet die Auseinandersetzung mit Wechselwirkungen zwischen chemiebezogenen Erkenntnissen und deren Anwendungen mit Umwelt und Gesellschaft (siehe Kompetenzbereich Bewertung) vielfältige Zugänge zu der Leitperspektive. Neben den eng fachlichen Aspekten spielen hier Fragen der Verantwortung von Wissenschaft und der sozialen Gerechtigkeit eine wichtige Rolle, anhand derer entsprechende Werthaltungen reflektiert und angebahnt werden können. Beispiele aus der Wissenschaftsgeschichte sind die Arbeiten von Alfred Nobel und Fritz Haber, die die Kriegstechnik stark beeinflusst

haben. Zugleich waren die Arbeiten von Haber elementar zur Sicherung der Nahrungsmittelversorgung einer wachsenden Weltbevölkerung. Aktuelle Anknüpfungspunkte sind zum Beispiel Risikobewertungen neuer Materialien oder Abbaubedingungen von Technologie-Rohstoffen, wie Seltenen Erden, anhand derer auch das eigene Konsumverhalten reflektiert werden kann. Auch die Auseinandersetzung mit offenen und mehrperspektivischen Problemen, zum Beispiel der Einsatz von Kunststoff-basierten Verpackungen, oder die Umsetzung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse in rechtliche Vorgaben kann die Entwicklung von Ambiguitätstoleranz fördern, die als grundlegend für demokratische Gesellschaften angesehen wird.

Neben Haltungen bietet insbesondere der für den naturwissenschaftlichen Unterricht wichtige Ansatz des forschenden Lernens Gelegenheiten, selbstregulative Fähigkeiten, Anstrengungsbereitschaft und Teamfähigkeit zu fördern. Diese Aspekte stellen wichtige individuelle Grundkompetenzen dar.

### *Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)*

Naturwissenschaftliche Grundbildung wird neben anderen Bildungsbereichen als grundlegend für die Auseinandersetzung mit globalen Herausforderungen angenommen, zu denen beispielsweise Klima- und Bodenschutz, nachhaltiger Konsum und Energie-, und Wasserversorgung gehören und die in den UN-Nachhaltigkeitszielen (2015) angeführt werden. Der naturwissenschaftliche Unterricht bietet hier viele unmittelbare Anknüpfungspunkte, die sich in den Kompetenzen und den Inhalten der Oberstufe widerspiegeln. Diese sind z. B. Klimawandel, Düngesalze im Boden, Kunststoffe/Mikroplastik im Ozean oder Artenvielfalt.

Nachhaltige Entwicklung beschränkt sich allerdings nicht nur auf eine ökologische oder naturwissenschaftliche Perspektive. Sie erfordert ein mehrperspektivisches Denken, bei dem ökologische, soziale und ökonomische Gesichtspunkte gleichberechtigt berücksichtigt werden (Rat für Nachhaltige Entwicklung 2020). Für den naturwissenschaftlichen Unterricht bedeutet dies z. B., die ökologischen, die ökonomischen, die politischen und die sozialen Implikationen von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und Anwendungen, aber auch unseres individuellen Handelns zu thematisieren. Dieses wird explizit in den Kompetenzen im Kompetenzbereich Bewertung beschrieben. Um diesem Anspruch gerecht zu werden, müssen Fachthemen mit größeren Zusammenhängen verknüpft werden. Beispielsweise können Schülerinnen und Schüler beim Thema alternative Energieträger die ökonomischen und die sozialen Folgen des Kohleausstiegs diskutieren. Beim Thema natürliche Makromoleküle kann die Rohstoffnutzung im globalen Vergleich thematisiert werden oder beim Plastikmüll können Fragen nach dem Erhalt von globalen Gemeinschaftsgütern wie Ozeanen erarbeitet werden. Hierbei gilt es auch moderne ingenieurtechnische Lösungen aufzuzeigen und einzubeziehen und die Schülerinnen und Schüler zu motivieren, sich den Herausforderungen der Zukunft zu stellen. Es müssen neue Zukunftstechnologien entwickelt werden, die CO<sub>2</sub>-neutral oder sogar CO<sub>2</sub>-senkend auf nachwachsenden Rohstoffen und erneuerbaren Energien basieren. Eine besondere Herausforderung dabei stellt die geoglobale und jahreszeitabhängige Variation der biologischen Rohstoffe dar. Es bedarf hierfür neuer, smarter chemischer und biotechnologischer Prozesstechnologien.

Ein solches Vorgehen kostet Lernzeit, die damit nicht mehr für die „reinen“ Fachinhalte zur Verfügung steht. Um Schülerinnen und Schüler aber tatsächlich darauf vorzubereiten, sich aktiv in Gesellschaften einzubringen und fundierte Meinungen und Entscheidungen zu treffen, müssen sie Gelegenheiten im Unterricht bekommen, Themen kontrovers aus verschiedenen Perspektiven und teils ohne eine eindeutige Lösung zu erarbeiten. Ein moderner naturwissenschaftlicher Unterricht kann hier einen wichtigen Beitrag leisten.

## *Leben und Lernen in einer digital geprägten Welt (D)*

Digitale Kompetenzen nehmen aufgrund der fortschreitenden Digitalisierung in allen Lebensbereichen eine zentrale Rolle ein. Sie zielen darauf ab, digitale Werkzeuge, z. B. zur Kommunikation oder zur Produktion und Analyse von Informationen, zu nutzen, zu verstehen und zu reflektieren. Digitale Werkzeuge sind dabei Unterrichtsmedien, sie werden aber auch selbst zum Lerngegenstand. Die von der KMK (2016) beschriebenen „Kompetenzen in der digitalen Welt“ umfassen sechs ineinandergreifende Kompetenzbereiche, in denen Schülerinnen und Schüler Kompetenzen entwickeln sollen.

Im Folgenden wird ausgeführt, wie der Chemieunterricht zu diesen sechs Kompetenzbereichen einen Beitrag leisten kann.

### 1. Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren

Im naturwissenschaftlichen Unterricht können vielfältige Anlässe geschaffen werden, in denen Schülerinnen und Schüler Informationen zu Fachthemen suchen und analysieren. Es geht in diesem Kompetenzbereich folglich um das effiziente Nutzen von Suchmaschinen und Datenbanken, z. B. zur Artenbestimmung, die Anwendung geschickter Suchstrategien, z. B. Nutzung verschiedener Suchbegriffe, und die Sicherung der Daten.

### 2. Kommunizieren und Kooperieren

Im naturwissenschaftlichen Unterricht können Schülerinnen und Schüler gemeinsam an digital gestützten Projekten arbeiten und Dateien austauschen bzw. Dokumente kollaborativ bearbeiten sowie Kommunikationswerkzeuge, wie Wikis, Blogs, Foren, nutzen lernen.

### 3. Produzieren und Präsentieren

Im naturwissenschaftlichen Unterricht können Schülerinnen und Schüler Messwerte mit digitalen Werkzeugen erfassen. Zudem können sie ihre Versuchsaufbauten, Daten und Auswertungen z.B. in digitalen Protokollen visualisieren und präsentieren.

### 4. Schützen und sicher Agieren

Wenn Schülerinnen und Schüler digitale Kommunikationswerkzeuge nutzen und kollaborativ an digitalen Dokumenten arbeiten (siehe Kompetenzbereich 3), treten im Unterricht auch rechtliche und ethische Fragen auf, die den Datenschutz bzw. das Verhalten in digitalen sozialen Settings betreffen. Zudem können im naturwissenschaftlichen Unterricht Fragen der Umweltauswirkungen digitaler Technologien thematisiert werden.

### 5. Problemlösen und Handeln

Neben der Nutzung digitaler Messdaten oder recherchierter Information für fachspezifische Problemlöseprozesse, können digitale Werkzeuge im Unterricht genutzt werden, um eigene Lernprozesse zu steuern, z. B. mit Mapping-Tools, mit denen Begriffe und Konzepte in Beziehung gesetzt werden können.

### 6. Analysieren und Reflektieren

In Anbetracht der zunehmenden Fülle von Informationen, die über das Internet verfügbar sind, wird die Kompetenz, relevante Informationen zu identifizieren und Informationen sowie deren Quellen zu beurteilen, zunehmend wichtiger. Im naturwissenschaftlichen Unterricht müssen folglich nicht nur Informationen gesammelt werden (siehe Kompetenzbereich 1), sondern auch Lerngelegenheiten geschaffen werden, in denen Internetquellen hinsichtlich ihrer Relevanz, ihrer Verständlichkeit und ihrer Glaubwürdigkeit analysiert und bewertet werden. Ein für den naturwissenschaftlichen Unterricht relevantes Beispiel kann die Analyse von Internetquellen sein, in denen der anthropogene Klimawandel angezweifelt wird. Angesichts der zunehmenden Bedeutung von Fake News wird diese Kompetenz zum Teil als Facette naturwissenschaftlicher Grundbildung angeführt.

### 1.3 Sprachbildung als Querschnittsaufgabe

Für die Umsetzung der Querschnittsaufgabe Sprachbildung im Rahmen des Fachunterrichts sind die im allgemeinen Teil des Bildungsplans niedergelegten Grundsätze relevant. Die Darstellung und Erläuterung fachbezogener sprachlicher Kompetenzen erfolgt in der Kompetenzmatrix Sprachbildung. Innerhalb der Kerncurricula werden die zentralen sprachlichen Kompetenzen durch Verweise einzelnen Themen- bzw. Inhaltsbereichen zugeordnet, um die Planung eines sprachsensiblen Fachunterrichts zu unterstützen.

## 2 Kompetenzen und Inhalte im Fach Chemie

### 2.1 Überfachliche Kompetenzen

Überfachliche Kompetenzen bilden die Grundlage für erfolgreiche Lernentwicklungen und den Erwerb fachlicher Kompetenzen. Sie sind fächerübergreifend relevant und bei der Bewältigung unterschiedlicher Anforderungen und Probleme von zentraler Bedeutung. Die Vermittlung überfachlicher Kompetenzen ist somit die gemeinsame Aufgabe und gemeinsames Ziel aller Unterrichtsfächer sowie des gesamten Schullebens. Die überfachlichen Kompetenzen lassen sich vier Bereichen zuordnen:

- **Personale Kompetenzen** umfassen Einstellungen und Haltungen sich selbst gegenüber. Die Schülerinnen und Schüler sollen Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten und die Wirksamkeit des eigenen Handelns entwickeln. Sie sollen lernen, die eigenen Fähigkeiten realistisch einzuschätzen, ihr Verhalten zu reflektieren und mit Kritik angemessen umzugehen. Ebenso sollen sie lernen, eigene Meinungen zu vertreten und Entscheidungen zu treffen.
- **Motivationale Einstellungen** beschreiben die Fähigkeit und Bereitschaft, sich für Dinge einzusetzen und zu engagieren. Die Schülerinnen und Schüler sollen lernen, Initiative zu zeigen und ausdauernd und konzentriert zu arbeiten. Dabei sollen sie Interessen entwickeln und die Erfahrung machen, dass sich Ziele durch Anstrengung erreichen lassen.
- **Lernmethodische Kompetenzen** bilden die Grundlage für einen bewussten Erwerb von Wissen und Kompetenzen und damit für ein zielgerichtetes, selbstgesteuertes Lernen. Die Schülerinnen und Schüler sollen lernen, Lernstrategien effektiv einzusetzen und Medien sinnvoll zu nutzen. Sie sollen die Fähigkeit entwickeln, unterschiedliche Arten von Problemen in angemessener Weise zu lösen.
- **Soziale Kompetenzen** sind erforderlich, um mit anderen Menschen angemessen umgehen und zusammenarbeiten zu können. Dazu zählen die Fähigkeiten, erfolgreich zu kooperieren, sich in Konflikten konstruktiv zu verhalten sowie Toleranz, Empathie und Respekt gegenüber anderen zu zeigen.

Die in der nachfolgenden Tabelle genannten überfachlichen Kompetenzen sind jahrgangsübergreifend zu verstehen, d. h., sie werden anders als die fachlichen Kompetenzen in den Rahmenplänen nicht für unterschiedliche Jahrgangsstufen differenziert ausgewiesen. Die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler in den beschriebenen Bereichen wird von den Lehrkräften kontinuierlich begleitet und gefördert. Die überfachlichen Kompetenzen sind bei der Erarbeitung des schulinternen Curriculums zu berücksichtigen.

<b>Struktur überfachlicher Kompetenzen</b>	
<b>Personale Kompetenzen</b> (Die Schülerin, der Schüler...)	<b>Lernmethodische Kompetenzen</b> (Die Schülerin, der Schüler...)
<b>Selbstwirksamkeit</b> ... hat Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten und glaubt an die Wirksamkeit des eigenen Handelns.	<b>Lernstrategien</b> ... geht beim Lernen strukturiert und systematisch vor, plant und organisiert eigene Arbeitsprozesse.
<b>Selbstbehauptung</b> ... entwickelt eine eigene Meinung, trifft eigene Entscheidungen und vertritt diese gegenüber anderen.	<b>Problemlösefähigkeit</b> ... kennt und nutzt unterschiedliche Wege, um Probleme zu lösen.
<b>Selbstreflexion</b> ... schätzt eigene Fähigkeiten realistisch ein und nutzt eigene Potenziale.	<b>Medienkompetenz</b> ... kann Informationen sammeln, aufbereiten, bewerten und präsentieren.
<b>Motivationale Einstellungen</b> (Die Schülerin, der Schüler...)	<b>Soziale Kompetenzen</b> (Die Schülerin, der Schüler...)
<b>Engagement</b> ... setzt sich für Dinge ein, die ihr/ihm wichtig sind, zeigt Einsatz und Initiative.	<b>Kooperationsfähigkeit</b> ... arbeitet gut mit anderen zusammen, übernimmt Aufgaben und Verantwortung in Gruppen.
<b>Lernmotivation</b> ... ist motiviert, Neues zu lernen und Dinge zu verstehen, strengt sich an, um sich zu verbessern.	<b>Konstruktiver Umgang mit Konflikten</b> ... verhält sich in Konflikten angemessen, versteht die Sichtweisen anderer und geht darauf ein.
<b>Ausdauer</b> ... arbeitet ausdauernd und konzentriert, gibt auch bei Schwierigkeiten nicht auf.	<b>Konstruktiver Umgang mit Vielfalt</b> ... zeigt Toleranz und Respekt gegenüber anderen und geht angemessen mit Widersprüchen um.

## 2.2 Fachliche Kompetenzen

Im Fach Chemie in der Sekundarstufe II werden die in der Sekundarstufe I erworbenen Kompetenzen kumulativ in zunehmend komplexeren Lerngelegenheiten weiterentwickelt. Dabei sind die in den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife formulierten Kompetenzen der KMK (2020) in den vier Kompetenzbereichen (Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz, Kommunikationskompetenz und Bewertungskompetenz, siehe unten) verbindlich.

### *Unterschiede im Anforderungsniveaus*

Im Unterricht werden diese Kompetenzen sowohl auf grundlegenden als auch auf erhöhtem Anforderungsniveau entwickelt. Die beiden Anforderungsbereiche unterscheiden sich in allen vier Kompetenzbereichen. Die Unterschiede des erhöhten Anforderungsbereichs im Vergleich zum grundlegenden Anforderungsbereich zeigen sich

- in der Komplexität der Kompetenzen, z. B. bei Modellen, Fragestellungen, Fachtexten, Argumentationen und Experimenten,
- im Abstraktionsniveau, z. B. in den Darstellungsformen, und einer umfangreicheren und tieferen Mathematisierung,
- in einer vertieften Reflexion des Prozesses der Erkenntnisgewinnung, wie der Betrachtung der Vor- und Nachteile sowie der Aussagekraft verschiedener Mess- und Auswertungsverfahren,
- in einem umfangreicheren Fachvokabular,
- sowie im Grad der Selbstständigkeit, mit der die Schülerinnen und Schüler Aufgaben bearbeiten müssen.

## Kompetenzbereiche

Orientiert an dem Konzept einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ergeben sich für alle drei naturwissenschaftlichen Fächer die vier Kompetenzbereiche Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz, Kommunikationskompetenz und Bewertungskompetenz. Die zu den vier Kompetenzbereichen formulierten Kompetenzen bieten Anknüpfungspunkte zur vertikalen Vernetzung mit Inhalten der Sekundarstufe I sowie zur horizontalen Vernetzung zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern, so dass sich über die Bildungsetappen hinweg eine kohärente naturwissenschaftliche Fachkompetenz entwickeln kann.

Im Rahmen der KMK-Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ wurden ebenfalls Kompetenzbereiche und Kompetenzen definiert, die in die nachfolgenden fachlichen Kompetenzen integriert werden, indem sie in Klammern mit ihrer jeweiligen Nummer aus dem KMK-Strategiepapier hinter den jeweiligen fachlichen Kompetenzen aufgeführt werden. Folgende Kompetenzen aus der KMK-Strategie Bildung in der digitalen Welt wurden zugeordnet:

1. Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren
  - 1.1. Suchen und Filtern
    - 1.1.1. Arbeits- und Suchinteressen klären und festlegen
    - 1.1.2. Suchstrategien nutzen und weiterentwickeln
    - 1.1.3. In verschiedenen digitalen Umgebungen suchen
    - 1.1.4. Relevante Quellen identifizieren und zusammenführen
  - 1.2. Auswerten und Bewerten
    - 1.2.1. Informationen und Daten analysieren, interpretieren und kritisch bewerten
    - 1.2.2. Informationsquellen analysieren und kritisch bewerten
  - 1.3. Speichern und Abrufen
    - 1.3.2. Informationen und Daten sicher speichern, wiederfinden und von verschiedenen Orten abrufen
    - 1.3.3. Informationen und Daten zusammenfassen, organisieren und strukturiert aufbewahren
2. Kommunizieren und Kooperieren
  - 2.1. Interagieren
    - 2.1.1. Mit Hilfe verschiedener digitaler Kommunikationsmöglichkeiten kommunizieren
    - 2.1.2. Digitale Kommunikationsmöglichkeiten zielgerichtet- und situationsgerecht auswählen
  - 2.2. Teilen
    - 2.2.1. Dateien, Informationen und Links teilen
    - 2.2.2. Referenzierungspraxis beherrschen (Quellenangaben)
  - 2.3. Zusammenarbeiten
    - 2.3.1. Digitale Werkzeuge für die Zusammenarbeit bei der Zusammenführung von Informationen, Daten und Ressourcen nutzen
    - 2.3.2. Digitale Werkzeuge bei der gemeinsamen Erarbeitung von Dokumenten nutzen
3. Produzieren und Präsentieren
  - 3.1. Entwickeln und Produzieren

- 3.1.1. Mehrere technische Bearbeitungswerkzeuge kennen und anwenden
- 3.1.2. Eine Produktion planen und in verschiedenen Formaten gestalten, präsentieren, veröffentlichen oder teilen
- 3.2. Weiterverarbeiten und Integrieren
  - 3.2.1. Inhalte in verschiedenen Formaten bearbeiten, zusammenführen, präsentieren und veröffentlichen oder teilen
  - 3.2.2. Informationen, Inhalte und vorhandene digitale Produkte weiterverarbeiten und in bestehendes Wissen integrieren
- 3.3. Rechtliche Vorgaben beachten
  - 3.3.1. Bedeutung von Urheberrecht und geistigem Eigentum kennen
  - 3.3.2. Urheber- und Nutzungsrechte (Lizenzen) bei eigenen und fremden Werken berücksichtigen
- 5. Problemlösen und Handeln
  - 5.2. Werkzeuge bedarfsgerecht einsetzen
    - 5.2.1. Eine Vielzahl von digitalen Werkzeugen kennen und kreativ anwenden
    - 5.2.2. Anforderungen an digitale Werkzeuge formulieren
    - 5.2.3. Passende Werkzeuge zur Lösung identifizieren
    - 5.2.4. Digitale Umgebungen und Werkzeuge zum persönlichen Gebrauch anpassen
  - 5.3. Eigene Defizite ermitteln und nach Lösungen suchen
    - 5.3.1. Eigene Defizite bei der Nutzung digitaler Werkzeuge erkennen und Strategien zur Beseitigung entwickeln
    - 5.3.2. Eigene Strategien zur Problemlösung mit anderen teilen
- 6. Analysieren und Reflektieren
  - 6.1. Medien analysieren und bewerten
    - 6.1.1. Gestaltungsmittel von digitalen Medienangeboten kennen und bewerten
    - 6.1.2. Interessengeleitete Setzung, Verbreitung und Dominanz von Themen in digitalen Umgebungen erkennen und beurteilen
    - 6.1.3. Wirkungen von Medien in der digitalen Welt (z. B. mediale Konstrukte, Stars, Idole, Computerspiele, mediale Gewaltdarstellungen) analysieren und konstruktiv damit umgehen

## Sachkompetenz

Die Sachkompetenz der Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der Kenntnis naturwissenschaftlicher Konzepte, Theorien und Verfahren und der Fähigkeit, diese zu beschreiben und zu erklären sowie auszuwählen und zu nutzen, um Sachverhalte aus fach- und alltagsbezogenen Anwendungsbereichen zu verarbeiten.

Im Bereich der Sachkompetenz ist es wichtig, nicht nur das erworbene Wissen nachzuweisen, sondern es sowohl im Fach Chemie als auch fachübergreifend in unterschiedlichen Zusammenhängen sowie auf verschiedene Problemstellungen anwenden zu können. Im Mittelpunkt steht die modellhafte Deutung beobachtbarer Phänomene auf Teilchenebene. Dabei werden vier sich überlappende Teilkompetenzbereiche unterschieden. Konzepte und Theorien werden zum Strukturieren von Inhalten und Problemstellungen genutzt, um dadurch die fachliche Perspektive auf Phänomene deutlich zu machen sowie diese aus chemischer Sicht zu interpretieren und zu verstehen. Dazu sind eigenständige fachliche Konstruktionsprozesse und eine Ver-

netzung von Theorien und Konzepten notwendig. Das Charakteristische der chemischen Betrachtungsweise sind qualitativ-modellhafte sowie quantitativ-mathematische Beschreibungen der Phänomene.

### **Teilkompetenzbereich Chemische Konzepte und Theorien zum Klassifizieren, Strukturieren, Systematisieren und Interpretieren nutzen**

Die Schülerinnen und Schüler ...

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

### **Teilkompetenzbereich Chemische Konzepte und Theorien auswählen und vernetzen**

Die Schülerinnen und Schüler ...

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

### **Teilkompetenzbereich Chemische Zusammenhänge qualitativ-modellhaft erklären**

Die Schülerinnen und Schüler ...

- S 11 erklären die Vielfalt der Stoffe und ihrer Eigenschaften auf der Basis unterschiedlicher Kombinationen und Anordnungen von Teilchen;
- S 12 deuten Stoff- und Energieumwandlungen hinsichtlich der Veränderung von Teilchen sowie des Umbaus chemischer Bindungen;
- S 13 nutzen Modelle zur chemischen Bindung und zu intra- und intermolekularen Wechselwirkungen;
- S 14 beschreiben ausgewählte Reaktionsmechanismen;
- S 15 grenzen mit Hilfe von Modellen den statischen Zustand auf Stoffebene vom dynamischen Zustand auf Teilchenebene ab.

## **Teilkompetenzbereich Chemische Zusammenhänge quantitativ-mathematisch beschreiben**

Die Schülerinnen und Schüler ...

S 16 entwickeln Reaktionsgleichungen;

S 17 wenden bekannte mathematische Verfahren auf chemische Sachverhalte an.

### Erkenntnisgewinnungskompetenz

Die Erkenntnisgewinnungskompetenz der Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der Kenntnis von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie in der Fähigkeit, diese zu beschreiben, zu erklären und zu verknüpfen, um Erkenntnisprozesse nachvollziehen oder gestalten zu können und deren Möglichkeiten und Grenzen zu reflektieren.

Im Bereich der Erkenntnisgewinnungskompetenz ist es wichtig, nicht nur das Experimentieren als chemische Untersuchungsmethode zu kennen und Experimente zur Datengewinnung nutzen zu können, sondern auch Modelle sachgerecht zur Beschreibung eines Phänomens oder zur Gewinnung von Erkenntnissen einsetzen zu können. Dabei werden vier sich überlappende Teilkompetenzbereiche unterschieden. Experimente und Modelle werden eingesetzt, um durch theoriegeleitete Beobachtungen entwickelte weiterführende Fragestellungen und Hypothesen zu überprüfen und um Sachverhalte zu untersuchen. Die experimentellen Ergebnisse und die aus Modellen abgeleiteten Annahmen werden vor dem Hintergrund der theoretischen Erkenntnisse interpretiert und der gesamte Erkenntnisgewinnungsprozess wird reflektiert. Auf einer Metaebene werden die Merkmale naturwissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisiert und von nichtnaturwissenschaftlichen abgegrenzt.

Das wissenschaftliche Vorgehen umfasst, ausgehend von einem Phänomen, die Verknüpfung der zentralen Schritte des Erkenntnisprozesses:

- Formulierung von Fragestellungen,
- Ableitung von Hypothesen,
- Planung und Durchführung von Untersuchungen,
- Auswertung, Interpretation und methodische Reflexion zur Widerlegung bzw. Stützung der Hypothese sowie zur Beantwortung der Fragestellung.

## **Teilkompetenzbereich Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden**

Die Schülerinnen und Schüler ...

E 1 leiten chemische Sachverhalte aus Alltagssituationen ab;

E 2 identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu chemischen Sachverhalten;

E 3 stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf;

## **Teilkompetenzbereich Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen**

Die Schülerinnen und Schüler ...

- E 4 planen, ggf. unter Berücksichtigung der Variablenkontrolle, experiment- oder modellbasierte Vorgehensweisen, auch zur Prüfung von Hypothesen, Aussagen oder Theorien (5.2, 5.3);
- E 5 führen qualitative und quantitative experimentelle Untersuchungen – den chemischen Arbeitsweisen und Sicherheitsregeln entsprechend – durch, protokollieren sie und werten diese aus (5.2, 5.3);
- E 6 nutzen digitale Werkzeuge und Medien zum Aufnehmen, Darstellen und Auswerten von Messwerten, für Berechnungen, Modellierungen und Simulationen (5.2, 5.3);
- E 7 wählen geeignete Real- oder Denkmodelle (z. B. Atommodelle, Periodensystem der Elemente) aus und nutzen sie, um chemische Fragestellungen zu bearbeiten.

### **Teilkompetenzbereich Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren**

Die Schülerinnen und Schüler ...

- E 8 finden in erhobenen oder recherchierten Daten Strukturen, Beziehungen und Trends, erklären diese theoriebezogen und ziehen Schlussfolgerungen;
- E 9 diskutieren Möglichkeiten und Grenzen von Modellen;
- E 10 reflektieren die eigenen Ergebnisse und den eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung;
- E 11 stellen bei der Interpretation von Untersuchungsbefunden fachübergreifende Bezüge her.

### **Teilkompetenzbereich Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren**

Die Schülerinnen und Schüler ...

- E 12 reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse (z. B. Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Intersubjektivität, logische Konsistenz, Vorläufigkeit).

### **Kommunikationskompetenz**

Die Kommunikationskompetenz der Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der Kenntnis von Fachsprache, fachtypischen Darstellungen und Argumentationsstrukturen sowie in der Fähigkeit, diese zu nutzen, um fachbezogene Informationen zu erschließen, adressaten- und situationsgerecht darzustellen und auszutauschen.

Im Bereich der Kommunikationskompetenz ist es wichtig, sich nicht darauf zu beschränken, fachlich richtige Sätze zu Aufgabenstellungen zu formulieren, sondern auch fachlich und fachsprachlich richtig mit chemiebezogenen analogen und digitalen Informationsmaterialien umzugehen und unterschiedliche Repräsentationsformen adressatengerecht einzusetzen. Dabei werden drei sich überlappende Teilkompetenzbereiche unterschieden. Fachsprache und andere fachspezifische Repräsentationsformen wie chemische Formeln und Reaktionsgleichungen werden erlernt, um Inhalte aus unterschiedlichen Medien zu erschließen, sie fachgerecht und aufgabenbezogen aufzubereiten und um situationsangemessen agieren zu können. Hierzu zählt der Informationsaustausch im sozialen Umfeld genauso wie die Partizipation in einer wissenschaftlichen Diskussion auf einem angemessenen Niveau. Dazu müssen Aussagen – auch im historischen Kontext – differenziert wahrgenommen, Missverständnisse und Standpunkte geklärt sowie Lösungen angestrebt werden.

### **Teilkompetenzbereich Informationen erschließen**

Die Schülerinnen und Schüler ...

- K 1 recherchieren zu chemischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus (1.1, 1.2, 1.3);
- K 2 wählen relevante und aussagekräftige Informationen und Daten zu chemischen Sachverhalten und anwendungsbezogenen Fragestellungen aus und erschließen Informationen aus Quellen mit verschiedenen, auch komplexen Darstellungsformen;
- K 3 prüfen die Übereinstimmung verschiedener Quellen oder Darstellungsformen im Hinblick auf deren Aussagen (6.1);
- K 4 überprüfen die Vertrauenswürdigkeit verwendeter Quellen und Medien (z. B. anhand ihrer Herkunft und Qualität) (6.1);

### **Teilkompetenzbereich Informationen aufbereiten**

Die Schülerinnen und Schüler ...

- K 5 wählen chemische Sachverhalte und Informationen sach-, adressaten- und situationsgerecht aus;
- K 6 unterscheiden zwischen Alltags- und Fachsprache;
- K 7 nutzen geeignete Darstellungsformen für chemische Sachverhalte und überführen diese ineinander (3.1, 3.2);
- K 8 strukturieren und interpretieren ausgewählte Informationen und leiten Schlussfolgerungen ab.

### **Teilkompetenzbereich Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren**

Die Schülerinnen und Schüler ...

- K 9 verwenden Fachbegriffe und -sprache korrekt;
- K 10 erklären chemische Sachverhalte und argumentieren fachlich schlüssig;
- K 11 präsentieren chemische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien (3.1, 3.2);
- K 12 prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate (3.3);
- K 13 tauschen sich mit anderen konstruktiv über chemische Sachverhalte aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt (2.1, 2.2, 2.3).

### **Bewertungskompetenz**

Die Bewertungskompetenz der Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der Kenntnis von fachlichen und überfachlichen Perspektiven und Bewertungsverfahren sowie in der Fähigkeit, diese zu nutzen, um Aussagen bzw. Daten anhand verschiedener Kriterien zu beurteilen, sich dazu begründet Meinungen zu bilden, Entscheidungen auch auf ethischer Grundlage zu treffen und Entscheidungsprozesse und deren Folgen zu reflektieren.

Im Bereich der Bewertungskompetenz ist es wichtig, sich nicht darauf zu beschränken, Fakten zu vergleichen, sondern Sachverhalte und Informationen fachlich zu beurteilen und ggf.

ethisch zu bewerten. Dabei werden drei sich überlappende Teilkompetenzbereiche unterschieden. Um mit Informationen kritisch umgehen zu können, werden Quellen hinsichtlich ihrer Qualität beurteilt. Hierfür ist Wissen über den Bewertungsprozess notwendig. Die Unterscheidung von wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Aussagen erfordert Kenntnisse formaler und inhaltlicher Kriterien zur Prüfung der Glaubwürdigkeit sowie zur Beurteilung des Einflusses von Werten, Normen und Interessen. Es geht darum, sich kriteriengeleitet eigene Meinungen zu bilden, Entscheidungen zu treffen und Handlungsoptionen abzuleiten. Dazu zählt z. B. bei der Beurteilung und Bewertung von Technologien ein Abwägen von Chancen und Risiken unter Berücksichtigung von Sicherheitsmaßnahmen. Hierbei reichen die Entscheidungsfelder vom eigenen täglichen Leben bis zu gesellschaftlich oder politisch relevanten globalen Entscheidungen. Aus einer Metaperspektive heraus werden die Entscheidungsprozesse reflektiert und daraus entstehende Folgen abgeschätzt. Die Einbindung von Bewertungskompetenz in den Chemieunterricht erfordert, über die sachliche Beurteilung von naturwissenschaftlichen Aussagen hinauszugehen und fachlich relevante Handlungen und Entscheidungen aus persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Perspektive zu betrachten.

### **Teilkompetenzbereich Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen**

Die Schülerinnen und Schüler ...

- B 1 betrachten Aussagen, Modelle und Verfahren aus unterschiedlichen Perspektiven und beurteilen diese sachgerecht auf der Grundlage chemischer Kenntnisse;
- B 2 beurteilen die Inhalte verwendeter Quellen und Medien (z. B. anhand der fachlichen Richtigkeit und Vertrauenswürdigkeit) (6.1);
- B 3 beurteilen Informationen und Daten hinsichtlich ihrer Angemessenheit, Grenzen und Tragweite;
- B 4 analysieren und beurteilen die Auswahl von Quellen und Darstellungsformen im Zusammenhang mit der Intention der Autorin/des Autors (6.1).

### **Teilkompetenzbereich Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen**

Die Schülerinnen und Schüler ...

- B 5 entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich relevanten oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie gegeneinander ab;
- B 6 beurteilen Chancen und Risiken ausgewählter Technologien, Produkte und Verhaltensweisen fachlich und bewerten diese;
- B 7 treffen mit Hilfe fachlicher Kriterien begründete Entscheidungen in Alltagssituationen;
- B 8 beurteilen die Bedeutung fachlicher Kompetenzen in Bezug auf Alltagssituationen und Berufsfelder;
- B 9 beurteilen Möglichkeiten und Grenzen chemischer Sichtweisen;
- B 10 bewerten die gesellschaftliche Relevanz und die ökologische Bedeutung der angewandten Chemie;
- B 11 beurteilen grundlegende Aspekte zu Gefahren und Sicherheit in Labor und Alltag und leiten daraus begründet Handlungsoptionen ab.

## Teilkompetenzbereich Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren

Die Schülerinnen und Schüler ...

- B 12 beurteilen und bewerten Auswirkungen chemischer Produkte, Methoden, Verfahren und Erkenntnisse in historischen und aktuellen gesellschaftlichen Zusammenhängen;
- B 13 beurteilen und bewerten Auswirkungen chemischer Produkte, Methoden, Verfahren und Erkenntnisse sowie des eigenen Handelns im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Perspektive;
- B 14 reflektieren Kriterien und Strategien für Entscheidungen aus chemischer Perspektive.

## 2.3 Inhalte und Kerncurriculum

In den Vorgaben der KMK (2020) sind zentrale Inhalte aufgeführt, über die die Schülerinnen und Schüler zum Zeitpunkt des Erwerbs der Allgemeinen Hochschulreife verfügen sollen. Dabei wird, wie beschrieben, zwischen dem grundlegenden und dem erhöhten Anforderungsniveau unterschieden. Die aufgeführten Inhalte sind Grundlage für die Erstellung von Aufgaben im Rahmen der Prüfung für die Allgemeine Hochschulreife und somit verbindlich. Diese Inhalte sind von der KMK (2020) in folgende vier fachsystematische Inhaltsbereiche aufgeteilt: 1.) Stoffe, Strukturen und Eigenschaften, 2.) Chemische Reaktionen, 3.) Arbeitsweisen, 4.) Lebenswelt und Gesellschaft. Die Aufgabenvorschläge für das Abitur werden in diese vier Inhaltsbereiche klassifiziert.

Im Hamburger Bildungsplan sind die verbindlichen Inhalte dagegen in vier Themenfeldern zusammengeführt, die wiederum einzelne Themen umfassen (Tabelle 1). Die Themenfelder orientieren sich an möglichen thematischen Kontexten und damit stärker am Unterricht. Bei der Zusammenführung wurde auch die Anordnung der Inhalte in verschiedenen Schulbüchern berücksichtigt, um entsprechende Materialien für den Unterricht verfügbar zu haben.

Vorgeschlagene Semester	Themenfelder	Thema
1	1. Moleküle des Lebens	1.1 Grundwissen der Organik 1.2 Natürliche Makromoleküle – Fette 1.3 <i>Natürliche Makromoleküle – Proteine (nur eA)</i>
2	2. Chemie beeinflusst unsere Umwelt	2.1 Energie chemischer Reaktionen 2.2 Geschwindigkeit chemischer Reaktionen 2.3 Gleichgewicht chemischer Reaktionen 2.4 Protonenübergänge bei chemischen Reaktionen
3	3. Chemische Energiespeicher und Mobilität	3.1. Elektronenübergänge, elektrochemische Spannungsquellen 3.2. Elektrolyse und Korrosion 3.3. Alternative Energieträger
4	4. Moderne Werkstoffe und chemische Produkte	4.1 Synthetische Makromoleküle – Kunststoffe 4.2 <i>Nanomaterialien (nur eA)</i>

Tab. 1: Themenfelder und mögliche Verteilung auf die Semester. Dabei ist zu beachten, dass das Themenfeld 2 einen größeren Umfang hat, die einzelnen Themen aber auch im Zusammenhang mit anderen Themenfeldern unterrichtet werden können.

## *Kerncurriculum*

In den folgenden Tabellen zu den 12 Themen (vgl. Tabelle 1) finden sich in der mittleren Spalte die verbindlichen Inhalte für die Sekundarstufe II. Kursiv dargestellte Inhalte sind nur für das erhöhte Anforderungsniveau vorgesehen.

### Zum Umgang mit den Tabellen zu den Themenfeldern

Die in den Tabellen des Kerncurriculums dargestellten Themen mit den aufgeführten Kompetenzen und Bezugspunkten zu Leitperspektiven sind nicht als vorgefertigte Unterrichtseinheiten zu verstehen. Um guten adaptiven Unterricht durchzuführen, können Inhalte nicht immer in der gleichen Weise umgesetzt werden. Individuelle Anpassungen, z. B. an schulinterne Curricula, spezifische Schulprofile, aktuelle Ereignisse und Interessen von Schülerinnen und Schülern, sind notwendig und wünschenswert. Auch die Reihenfolge der Themenfelder sowie die Zuordnung der Themenfelder und Themen zu den einzelnen Semestern können individuell gestaltet werden. Die Konkretisierungen zu den Leitperspektiven sind als Anregungen für mögliche Kontexte zu verstehen.

Im Hinblick auf die im Kerncurriculum angegebenen Kompetenzen aus den vier Kompetenzbereichen müssen folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Die bei den Themen angegebenen Kompetenzen sind beispielhaft zu verstehen. So entwickeln sich Kompetenzen in der Regel über längere Zeiträume und damit über Themen bzw. Themenfelder hinweg. Beispielsweise werden die Kompetenzen, konsequent zwischen Stoff- und Teilchenebene zu unterscheiden (vgl. S6) oder experimentbasierte Vorgehensweisen planen zu können (vgl. E4), nicht in einem Themenfeld erarbeitet. Vielmehr benötigen Schülerinnen und Schüler variierende Lerngelegenheiten, um diese Kompetenzen zu entwickeln. Die angegebenen Kompetenzen sind einzelnen Themenfeldern zugeordnet, um deutlich zu machen, dass die Kompetenzen der vier Kompetenzbereiche bei der inhaltlichen Planung berücksichtigt werden müssen. Alle Kompetenzen müssen folglich über den gesamten Verlauf der Oberstufe vollständig und angemessen berücksichtigt werden.
- Die Kompetenzen aus den drei Kompetenzbereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung müssen gezielt angebahnt werden. Sie werden somit nicht beiläufig erlernt (vgl. Abschnitt über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen). Es müssen z. B. Lerngelegenheiten vorhanden sein, in denen Schülerinnen und Schüler Fach- und Alltagssprache voneinander unterscheiden (vgl. K6).

# Themenfeld 1: Moleküle des Lebens

## S 1-4 1.1 Grundwissen der Organik

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen																							
<p><b>Sprachbildung</b></p> <table border="1" data-bbox="108 573 312 618"> <tr> <td>B</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>10</td> </tr> </table> <p><b>Fachübergreifende Bezüge</b></p> <table border="1" data-bbox="108 748 153 786"> <tr> <td>Bio</td> </tr> </table>	B	5	6	10	Bio	<p><b>Grundlagen der organischen Chemie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kohlenwasserstoffe und ihre Oxidationsprodukte (Alkane, Alkene, Alkanole, Alkanale, Alkanone, Carbonsäuren, Amine)</li> <li>• Reaktionsmechanismus einer radikalischen Substitution <math>S_R</math> an Alkanen</li> <li>• Reaktionsmechanismus einer elektrophilen Addition <math>A_E</math> an Alkenen</li> <li>• Nachweisreaktionen funktioneller Gruppen</li> </ul> <p><b>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>aromatisches System: Struktur und Elektronenverteilung</i></li> <li>• <i>Mesomerie: Benzen/Benzol</i></li> <li>• <i>Erstsubstitution am Aromaten am Beispiel der Halogenierung (mit Mechanismus der elektrophilen Substitution <math>S_E</math>)</i></li> </ul>	<p><b>Kompetenzen</b></p> <table border="1" data-bbox="1015 389 1251 524"> <tr> <td>S1</td> <td>E5</td> <td>K9</td> <td>B3</td> </tr> <tr> <td>S4</td> <td>E7</td> <td>K10</td> <td>B11</td> </tr> <tr> <td>S11</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p><b>Fachbegriffe</b></p> <p>die Einfachbindung  die Doppelbindung  die Dreifachbindung  das Radikal  das elektrophile Teilchen (das Elektrophil)  die funktionelle Gruppe die Hydroxy-, Carbonyl-, Carboxy-, Aminogruppe</p> <p><b>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</b></p> <p><i>das delokalisierte Elektronensystem der Aromat</i>  <i>das Benzolderivat</i></p> <p><b>Fachinterne Bezüge</b></p> <table border="1" data-bbox="1015 1115 1270 1227"> <tr> <td>S1-4</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>S1-4</td> <td>4.1</td> </tr> <tr> <td>S1-4</td> <td>4.2</td> </tr> </table>	S1	E5	K9	B3	S4	E7	K10	B11	S11				S1-4	1.2	S1-4	4.1	S1-4	4.2	
B	5	6	10																							
Bio																										
S1	E5	K9	B3																							
S4	E7	K10	B11																							
S11																										
S1-4	1.2																									
S1-4	4.1																									
S1-4	4.2																									

# Themenfeld 1: Moleküle des Lebens

## S 1-4 1.2 Natürliche Makromoleküle – Fette

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen						
<p><b>Leitperspektiven</b></p> <p><b>W</b> <b>BNE</b></p> <p><b>Aufgabengebiete</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesundheitsförderung</li> <li>• Globales Lernen</li> </ul> <p><b>Sprachbildung</b></p> <p>2 6 8 14</p> <p><b>Fachübergreifende Bezüge</b></p> <p>Bio</p>	<p><b>Aufbau der Fette als Triglyceride</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• gesättigte und ungesättigte Fettsäuren</li> <li>• Estersynthese aus Glycerin und Fettsäuren, Veresterung</li> <li>• hydrolytische Spaltung der Fette</li> </ul> <p><b>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Reaktionsmechanismus der Veresterung (nukleophile Substitution S<sub>N</sub>)</i></li> </ul> <p><b>Eigenschaften der Fette</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• hydrophob bzw. lipophil</li> <li>• Schmelzbereich der Fette</li> <li>• Van-der-Waals-Wechselwirkungen</li> </ul> <p><b>Fette in Nahrungsmitteln</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• essenzielle Fettsäuren</li> <li>• Omega-3-Fettsäuren</li> </ul> <p><b>Bedeutung und Charakterisierung der Fette</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fette als Energiespeicher</li> <li>• Fetthärtung, trans-Fettsäuren</li> </ul> <p><b>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Bestimmung der Iodzahl mit Iodometrie als Redox titration</i></li> <li>• <i>Kennzahlen von Fetten: Verseifungszahl, Säurezahl</i></li> </ul> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive BNE</b></p> <p>Das Themenfeld bietet Anknüpfungspunkte zu Fragen nach einer fairen und ressourceneffizienten Produktion gesunder Nahrungsmitteln.</p> <p>Die chemische Synthese von Biodiesel aus nachwachsenden Rohstoffen (Öle und Fette, wie z. B. Rapsöl, aber auch Altspeisefette und tierische Alt fette) kann unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit diskutiert werden.</p> <p>Nachhaltige Waschmittel können thematisiert werden.</p> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive W</b></p> <p>Der Interessenskonflikt zwischen der Nutzung pflanzlicher Öle für die Energiegewinnung oder als Nahrungsmittel kann diskutiert und bewertet werden.</p>	<p><b>Kompetenzen</b></p> <p>S2 E1 K1 B2 S10 E9 K6 B7 S16</p> <p><b>Fachbegriffe</b></p> <p>das Lipid das Glycerin (Propan-1,2,3-triol) das Triacylglycerid die cis/trans-Fettsäure die Isomerie der Ester der Schmelzbereich die Fetthärtung die Hydrolyse die Verseifung</p> <p><b>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</b></p> <p>das Carbokation das Nucleophil die nucleophile Substitution</p> <p><b>Fachinterne Bezüge</b></p> <table border="1"> <tr> <td>S1-4</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>S1-4</td> <td>2.1</td> </tr> <tr> <td>S1-4</td> <td>2.2</td> </tr> </table>	S1-4	1.1	S1-4	2.1	S1-4	2.2	
S1-4	1.1								
S1-4	2.1								
S1-4	2.2								

# Themenfeld 1: Moleküle des Lebens

## S 1-4 1.3 Natürliche Makromoleküle – Proteine (nur erhöhtes Anforderungsniveau)

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen								
<p><b>Leitperspektiven</b></p> <p><b>W</b> <b>BNE</b> <b>D</b></p> <p><b>Aufgabengebiete</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesundheitsförderung</li> <li>• Globales Lernen</li> <li>• Umwelterziehung</li> </ul> <p><b>Sprachbildung</b></p> <p><b>B</b> <b>2</b> <b>9</b> <b>15</b></p> <p><b>Fachübergreifende Bezüge</b></p> <p><b>Bio</b> <b>Phy</b></p>	<p><b>Aminosäuren, Bausteine der Proteine</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• funktionelle Gruppen und allgemeine Strukturformel einer <math>\alpha</math>-L-Aminosäure</li> <li>• Einteilung der Aminosäuren nach physikalisch-chemischen Eigenschaften</li> <li>• Spiegelbildisomerie der Aminosäuren</li> <li>• optische Aktivität</li> </ul> <p><b>Säure-Base-Eigenschaften von Aminosäuren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwitterion</li> <li>• isoelektrischer Punkt (<math>pI</math>)</li> <li>• Pufferwirkung der Aminosäuremoleküle</li> </ul> <p><b>Peptide und Proteine</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildung der Peptidbindung durch Kondensationsreaktion</li> <li>• mesomere Grenzformeln der Peptidgruppe</li> <li>• Strukturebenen der Proteine aufgrund intra- und intermolekularer Wechselwirkungen (Primär-, Sekundär-, Tertiär- und Quartärstruktur)</li> <li>• koordinative Bindung (Wechselwirkung von Metallkationen und Teilchen mit freien Elektronenpaaren) am Beispiel der Quartärstruktur im Hämoglobin</li> <li>• Denaturierung</li> </ul> <p><b>Analyseverfahren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polarimetrie (allgemeines Prinzip)</li> <li>• qualitative Nachweise (Ninhydrin, Biuret)</li> <li>• Chromatographie (allgemeines Prinzip, Ermittlung und Interpretation von <math>R_f</math>-Werten)</li> </ul> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive BNE</b></p> <p>Fragen nach einer fairen und ressourceneffizienten Produktion von Nahrungsmitteln können diskutiert werden, z. B. anhand der Bewertung unterschiedlicher Proteinquellen, der Herstellung synthetischen Fleisches oder von Fleischersatzprodukten.</p> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive D</b></p> <p>Die Faltung von Proteinen kann anhand verschiedener Programme untersucht werden. Der Einsatz von künstlicher Intelligenz bei der Vorhersage von Proteinstrukturen und Proteinfunktionen kann erläutert und die Bedeutung solcher Programme für die Arzneimittelentwicklung diskutiert werden.</p> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive W</b></p> <p>Über die Verwendung von Nahrungsergänzungsmitteln können Körperbilder, Selbst- und Fremdwahrnehmungen und Dopingmissbrauch sowie der Wert der Fairness diskutiert werden.</p>	<p><b>Kompetenzen</b></p> <p><b>S10</b> <b>E5</b> <b>K9</b> <b>B1</b></p> <p><b>S11</b> <b>E11</b> <b>K10</b> <b>B6</b></p> <p><b>S13</b></p> <p><b>Fachbegriffe</b></p> <p>die Carboxy- und Amino- gruppe polar/unpolar sauer/basisch proteinogen essenziell das asymmetrische C- Atom der Substituent chiral/die Chiralität das Enantiomer der Ampholyt der Retentionsfaktor <math>R_f</math> die mobile und stationäre Phase das Laufmittel das Dipeptid das Tripeptid das Oligopeptid das Polypeptid die <math>\alpha</math>-Helix das <math>\beta</math>-Faltblatt die Disulfidbrücke globulär fibrillär das Zentralion der Ligand</p> <p><b>Fachinterne Bezüge</b></p> <table border="1"> <tr><td><b>S1-4</b></td><td>1.1</td></tr> <tr><td><b>S1-4</b></td><td>1.2</td></tr> <tr><td><b>S1-4</b></td><td>2.3</td></tr> <tr><td><b>S1-4</b></td><td>2.4</td></tr> </table>	<b>S1-4</b>	1.1	<b>S1-4</b>	1.2	<b>S1-4</b>	2.3	<b>S1-4</b>	2.4	
<b>S1-4</b>	1.1										
<b>S1-4</b>	1.2										
<b>S1-4</b>	2.3										
<b>S1-4</b>	2.4										

# Themenfeld 2: Chemie beeinflusst unsere Umwelt

## S 1-4 2.1 Energie chemischer Reaktionen

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen								
<p><b>Leitperspektiven</b></p> <p><b>BNE</b> <b>D</b></p> <p><b>Aufgabengebiete</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Berufsorientierung</li> <li>Gesundheitsförderung</li> <li>Globales Lernen</li> <li>Umwelterziehung</li> </ul> <p><b>Sprachbildung</b></p> <p>2 7 9 15</p> <p><b>Fachübergreifende Bezüge</b></p> <p>Mat Phy</p>	<p><b>Energetische Aspekte chemischer Reaktionen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Energieumwandlung bei chemischen Reaktionen</li> <li>Energieerhaltungssatz</li> <li>Kalorimetrie, Bestimmung der Reaktionswärme</li> </ul> <hr/> <p><b>1. Hauptsatz der Thermodynamik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Enthalpie</li> <li>Satz von Hess</li> <li>Berechnung der Standard-Reaktionsenthalpie</li> <li>fakultativ: Brennwert und Heizwert verschiedener Energieträger</li> </ul> <hr/> <p><i>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</i></p> <p><b>2. Hauptsatz der Thermodynamik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Entropie</li> <li>Gibbs-Helmholtz-Gleichung</li> <li>Berechnung der freien Reaktionsenthalpie</li> </ul> <hr/> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive BNE</b></p> <p>Das Themenfeld bietet Anknüpfungspunkte zu Fragen nach neuen nachhaltigen energiewirtschaftlichen Konzepten und der Effizienz verschiedener Energieträger. Schülerinnen und Schüler können dabei z. B. Energieträger aus ökonomischer und ökologischer Perspektive analysieren und bewerten.</p> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive D</b></p> <p>Die Schülerinnen und Schüler nutzen digitale Werkzeuge zur Messwerterfassung und Analyse thermodynamischer Daten.</p>	<p><b>Kompetenzen</b></p> <p>S3 E11 K5 B1 S12 E12 K13 B3 S17</p> <p><b>Fachbegriffe</b></p> <p>das offene, geschlossenes, isoliertes System endotherm, exotherm der Wirkungsgrad die Reaktionsenthalpie die Volumenarbeit die molare Standardbildungs-enthalpie die spezifische Wärmekapazität des Wassers</p> <p><i>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</i></p> <p>exergonisch endergonisch</p> <p><b>Fachinterne Bezüge</b></p> <table border="1"> <tr><td>S1-4</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>S1-4</td><td>3.1</td></tr> <tr><td>S1-4</td><td>3.3</td></tr> <tr><td>S1-4</td><td>4.1</td></tr> </table>	S1-4	1.2	S1-4	3.1	S1-4	3.3	S1-4	4.1	
S1-4	1.2										
S1-4	3.1										
S1-4	3.3										
S1-4	4.1										

# Themenfeld 2: Chemie beeinflusst unsere Umwelt

## S 1-4 2.2 Kinetische Aspekte chemischer Reaktionen

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen						
<p><b>Leitperspektiven</b></p> <p><b>BNE</b> <b>D</b></p> <p><b>Aufgabengebiete</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Globales Lernen</li> <li>• Umwelterziehung</li> </ul> <p><b>Sprachbildung</b></p> <p><b>B</b> <b>7</b> <b>9</b> <b>13</b></p> <p><b>Fachübergreifende Bezüge</b></p> <p><b>Bio</b> <b>Mat</b> <b>PGW</b></p>	<p><b>Reaktionsgeschwindigkeit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoßtheorie bei chemischen Reaktionen</li> <li>• Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit vom Zerteilungsgrad, der Temperatur und der Konzentration</li> <li>• Katalyse</li> </ul> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive BNE</b></p> <p>Das Themenfeld bietet Anknüpfungspunkte zu Fragen nach ökologischen und ökonomischen Auswirkungen chemischer Prozesse. Schülerinnen und Schüler können dabei z. B. Auswirkungen chemischer Prozesse unter verschiedenen Perspektiven beispielhaft analysieren und bewerten. Die Herstellung ressourcensparender Katalysatoren und die Vorteile sanfter Reaktionsbedingungen können thematisiert werden.</p> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive D</b></p> <p>Die Schülerinnen und Schüler nutzen digitale Darstellungsformen von Modellen und Simulationen zur Erschließung chemischer Vorgänge und Modellvorstellungen.</p>	<p><b>Kompetenzen</b></p> <p>S3 E6 K7 B1 S8 E9 K8 B3 E7 B9</p> <p><b>Fachbegriffe</b></p> <p>der Übergangszustand die exotherme Reaktion die endotherme Reaktion das Energiediagramm das Edukt, das Produkt der Katalysator die RGT-Regel</p> <p><b>Fachinterne Bezüge</b></p> <table border="1"> <tr><td>S1-4</td><td>1.1</td></tr> <tr><td>S1-4</td><td>2.1</td></tr> <tr><td>S1-4</td><td>2.3</td></tr> </table>	S1-4	1.1	S1-4	2.1	S1-4	2.3	
S1-4	1.1								
S1-4	2.1								
S1-4	2.3								

# Themenfeld 2: Chemie beeinflusst unsere Umwelt

## S 1-4 2.3 Gleichgewicht chemischer Reaktionen

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen										
<p><b>Leitperspektiven</b></p> <p><b>BNE</b> <b>D</b></p> <p><b>Aufgabengebiete</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Globales Lernen</li> <li>• Umwelterziehung</li> </ul> <p><b>Sprachbildung</b></p> <p><b>B</b> <b>7</b> <b>9</b> <b>13</b></p> <p><b>Fachübergreifende Bezüge</b></p> <p><b>Bio</b> <b>Mat</b> <b>Phy</b></p>	<p><b>Chemisches Gleichgewicht</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• dynamisches Gleichgewicht</li> <li>• Gleichgewichtslage und Massenwirkungsgesetz <math>K_c</math></li> <li>• Prinzip von Le Chatelier</li> <li>• chemisches Gleichgewicht an einem Beispiel in der Natur</li> </ul> <p><b>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzentrationsberechnungen mit dem Massenwirkungsgesetz <math>K_c</math></li> <li>• Haber-Bosch-Verfahren</li> </ul> <hr/> <p><b>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</b></p> <p><b>Löslichkeitsgleichgewicht</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• qualitative und quantitative Betrachtung des Löslichkeitsgleichgewichtes</li> <li>• Löslichkeitsprodukt <math>K_L</math></li> </ul> <hr/> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive BNE</b></p> <p>Das Themenfeld bietet Anknüpfungspunkte zu Fragen nach ökologischen und ökonomischen Auswirkungen chemischer Prozesse. Schülerinnen und Schüler können dabei z. B. Auswirkungen chemischer Prozesse unter verschiedenen Perspektiven beispielhaft analysieren und bewerten. Die Notwendigkeit der Prozessoptimierungen zum ressourcen- und energieschonenden Umgang kann thematisiert werden. Der Aspekt der Abfall- und Nebenproduktvermeidung kann an konkreten Beispielen erläutert werden. Die Bedeutung der Chemie für die Sicherung der Nahrungsmittelproduktion für wachsende Bevölkerungen kann diskutiert werden.</p> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive D</b></p> <p>Die Schülerinnen und Schüler nutzen digitale Simulationen zur Veranschaulichung und Erklärung chemischer Gleichgewichte.</p>	<p><b>Kompetenzen</b></p> <p><b>S7</b> <b>E6</b> <b>K8</b> <b>B10</b>  <b>S15</b> <b>E9</b> <b>K10</b> <b>B12</b>  <b>K11</b></p> <p><b>Fachbegriffe</b></p> <p>die Stoffmengenkonzentration  das Produkt  die Hinreaktion  die Rückreaktion  reversibel</p> <p><b>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</b></p> <p>die Hydratation  die gesättigte Lösung</p> <p><b>Fachinterne Bezüge</b></p> <table border="1"> <tr><td><b>S1-4</b></td><td>1.2</td></tr> <tr><td><b>S1-4</b></td><td>1.3</td></tr> <tr><td><b>S1-4</b></td><td>2.1</td></tr> <tr><td><b>S1-4</b></td><td>2.4</td></tr> <tr><td><b>S1-4</b></td><td>3.1</td></tr> </table>	<b>S1-4</b>	1.2	<b>S1-4</b>	1.3	<b>S1-4</b>	2.1	<b>S1-4</b>	2.4	<b>S1-4</b>	3.1	
<b>S1-4</b>	1.2												
<b>S1-4</b>	1.3												
<b>S1-4</b>	2.1												
<b>S1-4</b>	2.4												
<b>S1-4</b>	3.1												

# Themenfeld 2: Chemie beeinflusst unsere Umwelt

## S 1-4 2.4 Protonenübergänge bei chemischen Reaktionen

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen				
<p><b>Leitperspektiven</b></p> <p><b>BNE</b> <b>D</b></p> <p><b>Aufgabengebiete</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesundheitsförderung</li> <li>• Umwelterziehung</li> </ul> <p><b>Sprachbildung</b></p> <p><b>B</b> <b>8</b> <b>9</b> <b>14</b></p> <p><b>Fachübergreifende Bezüge</b></p> <p><b>Bio</b> <b>Mat</b></p>	<p><b>Säure-Base-Reaktionen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Säure-Base-Konzept nach Brønsted</li> <li>• Autoprotolyse und Ionenprodukt des Wassers <math>K_w</math></li> <li>• pH-Wert und pOH-Wert</li> <li>• qualitative Betrachtung der Säure-Base-Konstanten</li> <li>• pH-Wert-Berechnungen wässriger Lösungen von Säuren und Basen bei vollständiger Protolyse</li> </ul> <p><b>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>quantitative Betrachtung der Säure-Base-Konstanten</i></li> <li>• <i>pH-Wert-Berechnungen wässriger Lösungen von Säuren und Basen bei unvollständiger Protolyse</i></li> </ul> <p><b>Säure-Base-Titration</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzentrationsbestimmung mit Umschlagspunkt am Beispiel von starken Säuren und Basen</li> <li>• Konzentrationsberechnungen</li> </ul> <p><b>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Säure-Base-Titration mit Titrationskurve</i></li> <li>• <i>Säure-Base-Titration schwacher, auch mehrprotoniger Säuren und schwacher Basen</i></li> <li>• <i>pH-Wert- und Konzentrations-Berechnungen charakteristischer Punkte von Titrationskurven (Anfangs-, Halbäquivalenz- und Äquivalenzpunkt)</i></li> </ul> <p><b>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</b></p> <p><b>Puffersysteme</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Zusammensetzung und Wirkungsprinzip</i></li> <li>• <i>quantitative Betrachtung, Henderson-Hasselbalch-Gleichung</i></li> <li>• <i>Bedeutung von Puffersystemen an einem Beispiel in der Natur</i></li> </ul> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive BNE</b></p> <p>Das Themenfeld bietet Anknüpfungspunkte zu Fragen nach den Auswirkungen von Säuren und Basen auf die Umwelt, z. B. Übersäuerung der Meere oder des Bodens. Schülerinnen und Schüler können daran z. B. Handlungsoptionen zum Schutz spezifischer Ökosysteme entwickeln und bewerten. Die Verwendung von Säuren und Basen in Neutralisationsanlagen zum Schutz von Gewässern und Umwelt vor Abwässern kann im Unterricht thematisiert werden.</p> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive D</b></p> <p>Die Schülerinnen und Schüler nutzen bei chemischen Experimenten digitale Sensoren und Endgeräte zur Auswertung und Darstellung ihrer Ergebnisse.</p>	<p><b>Kompetenzen</b></p> <p>S5 E3 K2 B4 S7 E5 K9 B13 E7 K11</p> <p><b>Fachbegriffe</b></p> <p>das korrespondierende Säure-Base-Paar die Protolyse die Dissoziation der Protonendonator der Protonenakzeptor der <math>K_S</math>-Wert, der <math>K_B</math>-Wert der <math>pK_S</math>-Wert, <math>pK_B</math>-Wert der Äquivalenzpunkt der Indikator</p> <p><b>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</b></p> <p>der Neutralpunkt der Halbäquivalenzpunkt der Pufferbereich</p> <p><b>Fachinterne Bezüge</b></p> <table border="1"> <tr> <td>S1-4</td> <td>1.3</td> </tr> <tr> <td>S1-4</td> <td>2.3</td> </tr> </table>	S1-4	1.3	S1-4	2.3	
S1-4	1.3						
S1-4	2.3						

# Themenfeld 3: Chemische Energiespeicher und Mobilität

## S 1-4 3.1 Elektronenübergänge, elektrochemische Spannungsquellen

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen						
<p><b>Leitperspektiven</b></p> <p><b>BNE</b> <b>D</b></p> <p><b>Aufgabengebiete</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Berufsorientierung</li> <li>Gesundheitsförderung</li> <li>Globales Lernen</li> <li>Umwelterziehung</li> </ul> <p><b>Sprachbildung</b></p> <p><b>B</b> <b>7</b> <b>10</b> <b>14</b></p> <p><b>Fachübergreifende Bezüge</b></p> <p><b>Mat</b> <b>Phy</b> <b>PGW</b></p>	<p><b>Redoxreaktionen als Elektronenübergänge</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Teilreaktionen für Elektronenaufnahme und Elektronenabgabe</li> <li>Reaktionsgleichungen mit Oxidationszahlen</li> </ul> <hr/> <p><b>Elektrochemische Spannungsreihe</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grundbauprinzip einer galvanischen Zelle</li> <li>Berechnung der Zellspannung unter Standardbedingungen</li> </ul> <p><b>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Darstellung galvanischer Zellen als Zelldiagramm</li> <li>Nernst-Gleichung</li> <li>Berechnung der konzentrationsabhängigen Zellspannung</li> </ul> <hr/> <p><b>Elektrochemische Spannungsquellen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aufbau und Reaktionen verschiedener Batterien</li> <li>Grundprinzip Akkumulator</li> <li>Prinzip der elektrochemischen Energiespeicherung</li> <li>Entsorgung und Recycling von Batterien und Akkumulatoren</li> </ul> <p><b>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aufbau und Reaktionen eines Akkumulators</li> <li>Funktionsprinzip und Aufbau des Lithium-Ionen-Akkumulators</li> </ul> <hr/> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive BNE</b></p> <p>Das Themenfeld bietet Anknüpfungspunkte zu Fragen nach der Gewinnung von Rohstoffen zur Produktion von Batterien und Akkumulatoren und den damit verbundenen Problemen wie Umweltverschmutzung und Ausbeutung von Bevölkerungsgruppen. Schülerinnen und Schüler können dabei z. B. Vor- und Nachteile von Energiespeichern, u. a. Langlebigkeit oder die Verwendung umweltkritischer Stoffe, analysieren und bewerten und auch das eigene Konsumverhalten und dessen Auswirkungen kritisch reflektieren. Elektromobilität bietet sich als Kontext für dieses Thema an.</p> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive D</b></p> <p>Schülerinnen und Schüler nutzen animierte digitale Simulationen, um komplexe Zusammenhänge zu erarbeiten. Digitale Simulationen von Experimenten, bei denen Parameter verändert werden können, können dabei eigene experimentelle Ergebnisse ergänzen.</p>	<p><b>Kompetenzen</b></p> <p><b>S3</b> <b>E4</b> <b>K3</b> <b>B5</b>  <b>S16</b> <b>E10</b> <b>K6</b> <b>B12</b>  <b>E7</b> <b>K10</b></p> <p><b>Fachbegriffe</b></p> <p>die Halbzelle  das Diaphragma  der Elektronenakzeptor  der Elektronendonator  das Redoxpotenzial  die Anode  die Kathode  der Minuspol  der Pluspol  das Standard-elektrodenpotenzial  die Potenzialdifferenz</p> <p><b>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</b></p> <p>die elektrochemische Doppelschicht  die Konzentrationszelle  die Wasserstoffhalbzelle</p> <p><b>Fachinterne Bezüge</b></p> <table border="1"> <tr> <td><b>S1-4</b></td> <td>2.1</td> </tr> <tr> <td><b>S1-4</b></td> <td>2.2</td> </tr> <tr> <td><b>S1-4</b></td> <td>3.2</td> </tr> </table>	<b>S1-4</b>	2.1	<b>S1-4</b>	2.2	<b>S1-4</b>	3.2	
<b>S1-4</b>	2.1								
<b>S1-4</b>	2.2								
<b>S1-4</b>	3.2								

# Themenfeld 3: Chemische Energiespeicher und Mobilität

## S 1-4 3.2 Elektrolyse und Korrosion

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen
<p><b>Leitperspektiven</b></p> <p><b>BNE</b></p> <p><b>Aufgabengebiete</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Berufsorientierung</li> <li>Umwelterziehung</li> </ul> <p><b>Sprachbildung</b></p> <p>B 7 10 14</p> <p><b>Fachübergreifende Bezüge</b></p> <p>Phy PGW</p>	<p><b>Elektrolyse als erzwungene Redoxreaktion</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grundprinzip Elektrolyse</li> </ul> <p><b>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>quantitative Betrachtung von Elektrolysen unter Nutzung der Faraday-Gesetze</li> <li>Prinzip der Überspannung</li> </ul> <p><b>Elektrolyse zur Rohstoffgewinnung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>industrielle Beispiele für Elektrolysen zur Rohstoffgewinnung und -verarbeitung (z. B. Aluminium, Kupfer)</li> </ul> <p><b>Korrosion/Korrosionsschutz</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Prinzip der Metallkorrosion (Sauerstoffkorrosion)</li> <li>kathodischer Korrosionsschutz</li> </ul> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive BNE</b></p> <p>Das Themenfeld bietet Anknüpfungspunkte zu Fragen nach ökologischen und ökonomischen Auswirkungen großtechnischer Verfahren zur Rohstoffgewinnung, z. B. der enorme Energieverbrauch bei der Elektrolyse, oder auch zu wirtschaftlichen Schäden durch Korrosion und der damit verbundenen großen Bedeutung des Korrosionsschutzes. Schülerinnen und Schüler können dabei z. B. Auswirkungen chemischer Prozesse unter verschiedenen Perspektiven analysieren und bewerten.</p>	<p><b>Kompetenzen</b></p> <p>S9 E3 K3 B2 S17 E7 K7 B8</p> <p><b>Fachbegriffe</b></p> <p>die Kathode die Anode die Elektrodenpotenziale die Opferanode die Kontaktkorrosion</p> <p><b>Fachinterne Bezüge</b></p> <p>S1-4 2.1 S1-4 2.2 S1-4 3.1</p>	

# Themenfeld 3: Chemische Energiespeicher und Mobilität

## S 1-4 3.3 Alternative Energieträger

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen										
<p><b>Leitperspektiven</b></p> <p><b>BNE</b> <b>D</b></p> <p><b>Aufgabengebiete</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesundheitsförderung</li> <li>• Umwelterziehung</li> </ul> <p><b>Sprachbildung</b></p> <p><b>C</b> <b>7</b> <b>11</b> <b>12</b></p> <p><b>Fachübergreifende Bezüge</b></p> <p><b>Phy</b> <b>PGW</b></p>	<p><b>Alternative Energieträger</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wasserstoff als Energieträger</li> <li>• Gewinnung von Wasserstoff</li> <li>• Beispiele für Treibstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen</li> </ul> <p><b>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Einsatzmöglichkeiten von Wasserstoff als Energieträger</i></li> <li>• <i>innovative Zukunftstechnologien</i></li> </ul> <p><b>Brennstoffzelle</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• allgemeines Funktionsprinzip Brennstoffzelle</li> <li>• Brennstoffzelle im Vergleich zur klassischen Verbrennung</li> </ul> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive BNE</b></p> <p>Das Themenfeld bietet zahlreiche Anknüpfungspunkte zu Fragen nach nachhaltigen und innovativen Alternativen zu fossilen Energieträgern. Schülerinnen und Schüler können dabei eine der zentralen Herausforderungen unserer Zeit und innovative Zukunftstechnologien zur Energiespeicherung analysieren und bewerten sowie ihren eigenen Energieverbrauch kritisch reflektieren.</p> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive D</b></p> <p>Schülerinnen und Schüler nutzen animierte digitale Simulationen, um komplexe Abläufe zu erarbeiten.</p>	<p><b>Kompetenzen</b></p> <p><b>S8</b> <b>E2</b> <b>K4</b> <b>B6</b></p> <p><b>S9</b> <b>E8</b> <b>K12</b> <b>B10</b></p> <p><b>Fachbegriffe</b></p> <p>der grüne Wasserstoff die Protonenaustauschmembran (PEM)</p> <p><b>Fachinterne Bezüge</b></p> <table border="1"> <tr><td><b>S1-4</b></td><td>2.1</td></tr> <tr><td><b>S1-4</b></td><td>2.2</td></tr> <tr><td><b>S1-4</b></td><td>2.3</td></tr> <tr><td><b>S1-4</b></td><td>3.1</td></tr> <tr><td><b>S1-4</b></td><td>3.2</td></tr> </table>	<b>S1-4</b>	2.1	<b>S1-4</b>	2.2	<b>S1-4</b>	2.3	<b>S1-4</b>	3.1	<b>S1-4</b>	3.2	
<b>S1-4</b>	2.1												
<b>S1-4</b>	2.2												
<b>S1-4</b>	2.3												
<b>S1-4</b>	3.1												
<b>S1-4</b>	3.2												

# Themenfeld 4: Moderne Werkstoffe und chemische Produkte

## S 1-4 4.1 Synthetische Makromoleküle – Kunststoffe

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen				
<p><b>Leitperspektiven</b></p> <p>W BNE</p> <p><b>Aufgabengebiete</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Berufsorientierung</li> <li>Globales Lernen</li> <li>Umwelterziehung</li> </ul> <p><b>Sprachbildung</b></p> <p>6 7 10 14</p> <p><b>Fachübergreifende Bezüge</b></p> <p>PGW</p>	<p><b>Struktur und Eigenschaften von Kunststoffen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Einteilung und Struktur von Kunststoffen</li> <li>Verhalten bei thermischer und mechanischer Beanspruchung</li> <li>Polymere und deren Verwendung/moderne Werkstoffe</li> </ul> <p><b>Synthesereaktionen von Kunststoffen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grundprinzipien der Polymerisation, Polyaddition und Polykondensation</li> </ul> <p><b>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mechanismus der radikalischen Polymerisation (<math>A_R</math>)</li> </ul> <p><b>Verwertung von Kunststoffen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Verfahren des werkstofflichen und rohstofflichen Recyclings sowie die thermische Verwertung</li> <li>ökonomische und ökologische Aspekte des Recyclings</li> </ul> <p><b>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Wertstoffkreislauf an einem Beispiel</li> </ul> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive W</b></p> <p>Die Schülerinnen und Schüler setzen sich beim Thema „Recycling und Verwertung von Kunststoffen“ mit der Notwendigkeit der Mülltrennung und -sammlung auseinander. Dabei erfahren sie nicht nur die gesellschaftliche und die umweltpolitische Relevanz, sondern auch die Bedeutung des eigenen Handelns. Sie können anhand dessen nicht bloß ein eigenes Verantwortungsbewusstsein, sondern ebenso ein gewisses Maß an Selbstdisziplin und Anstrengungsbereitschaft entwickeln.</p> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive BNE</b></p> <p>Das Themenfeld bietet Anknüpfungspunkte zu Fragen nach dem verträglichen Umgang mit Ressourcen im Zusammenhang mit Recyclingansätze sowie zu innovativen ressourcenschonenden Kunststoffen. Schülerinnen und Schüler können dabei z. B. konventionelle Kunststoffe und Biokunststoffe hinsichtlich ihrer globalen Auswirkungen für Umwelt und Klima vergleichen und bewerten, aber auch ihr eigenes Handeln im Hinblick auf einen nachhaltigen Konsum kritisch reflektieren.</p>	<p><b>Kompetenzen</b></p> <p>S1 E5 K7 B13 S6 E8 K13 B14 S13</p> <p><b>Fachbegriffe</b></p> <p>das Duromer der Thermoplast das Elastomer das Monomer das Polymerisat das Polykondensat die Kettenreaktion der Recyclingcode das Up-/Downcycling</p> <p><b>zusätzlich im erhöhten Anforderungsniveau</b></p> <p>das Radikal das Homo-/Copolymer die Repetiereinheit</p> <p><b>Fachinterne Bezüge</b></p> <table border="1"> <tr> <td>S1-4</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>S1-4</td> <td>2.1</td> </tr> </table>	S1-4	1.1	S1-4	2.1	
S1-4	1.1						
S1-4	2.1						

# Themenfeld 4: Moderne Werkstoffe und chemische Produkte

## S 1-4 4.2 Nanomaterialien (nur erhöhtes Anforderungsniveau)

Übergreifend	Inhalte	Fachbezogen	Umsetzungshilfen				
<p><b>Leitperspektiven</b></p> <p><b>BNE</b> <b>D</b></p> <p><b>Aufgabengebiete</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesundheitsförderung</li> <li>• Umwelterziehung</li> </ul> <p><b>Sprachbildung</b></p> <p><b>B</b> <b>7</b> <b>9</b> <b>15</b></p> <p><b>Fachübergreifende Bezüge</b></p> <p><b>Bio</b> <b>Phy</b></p>	<p><b>Nanomaterial</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Definition Nanomaterial über Partikelgröße und Dimensionalität</i></li> <li>• <i>Nanostruktur und Oberflächeneigenschaft an einem Beispiel</i></li> <li>• <i>Verwendung von Nanomaterialien an einem Beispiel</i></li> <li>• <i>Risiken der Nanotechnologie</i></li> </ul> <hr/> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive BNE</b></p> <p>Das Themenfeld bietet Anknüpfungspunkte zu Fragen nach dem Potenzial und den Risiken innovativer Materialien. Schülerinnen und Schüler können dabei z. B. den Beitrag von Nanotechnologie im Bereich Klimaschutz, aber auch die Unsicherheiten im Hinblick auf mögliche Gefahren im Zusammenhang mit Nanomaterialien analysieren und diskutieren.</p> <p><b>Beitrag zur Leitperspektive D</b></p> <p>Schülerinnen und Schüler nutzen digitale Aufnahmen (Bild und Video) zur Analyse von Experimenten, im Zusammenhang mit dem Lotuseffekt wird die Bedeutung digitaler Aufnahmen besonders anschaulich.</p>	<p><b>Kompetenzen</b></p> <p><b>S2</b> <b>E10</b> <b>K8</b> <b>B6</b></p> <p><b>Fachbegriffe</b></p> <p><i>der/die/das Nanopartikel, die Nanofaser, das Nanoplättchen superhydrophil</i></p> <p><b>Fachinterne Bezüge</b></p> <table border="1"> <tr> <td><b>S1-4</b></td> <td><b>1.1</b></td> </tr> <tr> <td><b>S1-4</b></td> <td><b>4.1</b></td> </tr> </table>	<b>S1-4</b>	<b>1.1</b>	<b>S1-4</b>	<b>4.1</b>	
<b>S1-4</b>	<b>1.1</b>						
<b>S1-4</b>	<b>4.1</b>						

[www.hamburg.de/bildungsplaene](http://www.hamburg.de/bildungsplaene)