

# Chemie

## Bildungsplan für die Gymnasiale Oberstufe

– Einführungsphase und Qualifikationsphase –

**Herausgeberin**

Die Senatorin für Kinder und Bildung,  
Rembertiring 8-12  
28195 Bremen  
<http://www.bildung.bremen.de>

Stand: 2022

**Curriculumentwicklung**

Landesinstitut für Schule  
Abteilung 2 - Qualitätssicherung und Innovationsförderung  
Am Weidedamm 20  
28215 Bremen  
Ansprechpartnerin: Dr. Nike Janke

Nachdruck ist zulässig

Bezugsadresse: <http://www.lis.bremen.de>

## Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung	4
1. Aufgaben und Ziele	5
2. Bildungsstandards	6
2.1 Sachkompetenz	7
2.2 Erkenntnisgewinnungskompetenz	8
2.3 Kommunikationskompetenz	10
2.4 Bewertungskompetenz	11
2.5 Basiskonzepte	12
2.6 Bildung in der digitalen Welt	14
3 Themenbereiche und Kompetenzerwerb	14
3.1 Themenbereichsübergreifende prozessbezogene und digitale Kompetenzen	14
3.2 Inhalte in der Einführungsphase	15
3.3 Inhalte in der Qualifikationsphase	21
3.4 Themenfolgen und Schwerpunktsetzungen	37
4. Leistungsbewertung	37
Anhang	
Operatoren für die naturwissenschaftlichen Fächer	

## Vorbemerkung

Mit dem vorliegenden *Bildungsplan Chemie – Einführungsphase und Qualifikationsphase* – liegt ein Bildungsplan vor, der die drei Jahrgänge der Gymnasialen Oberstufe umfasst. Er schließt damit sowohl an den *Bildungsplan Naturwissenschaften, Biologie, Chemie, Physik für die Oberschule* (2010) für die Jahrgänge 5 bis 10 als auch an den *Bildungsplan Naturwissenschaften, Biologie – Chemie – Physik für das Gymnasium* (2006), Jahrgangsstufe 5-10, eingeschränkt auf die Jahrgangsstufen 5 bis 9, also bis zum Eintritt in die Einführungsphase, an.

Der Bildungsplan der Gymnasialen Oberstufe orientiert sich an den Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife, Beschluss der KMK vom 18.06.2020, in denen die erwarteten Lernergebnisse als verbindliche Anforderungen in den vier Kompetenzbereichen Sach-, Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz formuliert sind. Die Kompetenzbereiche setzen die Beschreibung aus den Jahrgangsstufen 5 bis 10 im Bildungsplan der Oberschule und aus den Jahrgangsstufen 5 bis 9 des gymnasialen Bildungsganges fort. Es wird damit deutlich, dass der Chemieunterricht im gesamten Bildungsgang einheitlichen Zielsetzungen genügt.

Die in diesem Bildungsplan beschriebenen Standards der Einführungsphase der gymnasialen Oberstufe sind verbindliche Vorgabe und Voraussetzung für den Besuch von Leistungs- und Grundkursen in der Qualifikationsphase. Für die Qualifikationsphase der Gymnasialen Oberstufe beschreibt der Bildungsplan die Standards für das Ende des Bildungsganges und benennt damit die Anforderungen für die Abiturprüfung in den benannten Kompetenzbereichen.

Sowohl für die Einführungsphase als auch für die Qualifikationsphase sind Kompetenzen ausdifferenziert, die ein länderübergreifend einheitliches Anspruchsniveau schaffen und zu entsprechenden Abiturprüfungen führen.

Mit den Bildungsplänen werden durch die Standards die Voraussetzungen geschaffen, ein klares Anspruchsniveau an den Schulen der Freien Hansestadt Bremen zu sichern.

## 1. Aufgaben und Ziele

Der Bildungsplan orientiert sich an drei Grundprinzipien der Gymnasialen Oberstufe: vertiefte allgemeine Bildung, Wissenschaftspropädeutik und Studierfähigkeit. Vertiefte chemiebezogene Bildung drückt sich in einer qualitativen Erhöhung des Reflexionsgrades durch erweiterte methodische Fähigkeiten sowie ein breiteres und tieferes fachliches Wissen aus. Wissenschaftspropädeutik besteht in der Heranführung an Ziele, Methoden und Techniken wissenschaftlichen Arbeitens sowie ihrer Erprobung in ausgewählten chemiebezogenen Kontexten. Trotz der curricularen Bezüge zwischen dem Unterrichtsfach Chemie in der Oberstufe und dem Studienfach Chemie und verwandter Fächer darf der Unterricht dabei nicht als vereinfachtes Abbild der wissenschaftlichen Ausbildung gestaltet werden. Beiträge zur Studierfähigkeit leistet der Chemieunterricht durch seine Orientierung auf systematisches Denken und Problemlösen, seine Orientierung auf allgemeinbildende prozessbezogene Kompetenzen und den Erwerb anschlussfähiger Kenntnisse und Fertigkeiten, die für eine Vielzahl beruflicher und universitärer Ausbildungen wichtige Voraussetzungen liefern. Er stellt aber auch ein Orientierungswissen für viele berufliche Felder bereit, die vordergründig nicht mit der Chemie in unmittelbarem Zusammenhang stehen.

Die Lernenden befassen sich mit jenen Aspekten, die das Wesen der Chemie und des Faches Chemie charakterisieren:

- Stoffe und ihre Strukturen und Eigenschaften
- chemische Reaktionen, die Betrachtung von Reaktionsmechanismen, kinetischen und energetischen Aspekten sowie einem Verständnis des chemischen Gleichgewichts
- praktische analytische und synthetische Arbeitsweisen der Chemie
- Zusammenhänge zwischen Chemie, Lebenswelt/Technik und Gesellschaft, insbesondere die Betrachtung moderner Technologien unter den Aspekten einer nachhaltigen Entwicklung und mit Blick auf die wesentlichen globalen und regionalen Herausforderungen unserer Zeit

Der angestrebte Bezug zur Lebenswelt der Lernenden wird durch die Einbeziehung relevanter Kontexte erreicht. Sie sind Ausgangspunkt für weiterführende Fragestellungen, motivieren zu eigenständigem Erforschen, stellen mögliche Anwendungsbereiche der Chemie dar und regen zur Abschätzung der Folgen gegenwärtiger und zukünftiger chemisch-technischer Entwicklungen an.

Chemie ist ein experimentell orientiertes Unterrichtsfach. Experimente sind ein elementarer Bestandteil des Chemieunterrichtes. Demonstrations- und Schülerexperimente dienen dabei der Verdeutlichung, der Motivation oder der Entscheidungsfindung beim hypothesengeleiteten Vorgehen, ferner sind experimentelle Grundfertigkeiten der Lernenden zentrale Kompetenzen.

Bei der Auswahl, Planung und Durchführung von Experimenten sind Sicherheitsaspekte besonders relevant. Zur Erstellung von Gefährdungsbeurteilungen, zur Prüfung des Chemikalieneinsatzes und zur Ersatzstoffprüfung sollen einschlägige Portale zu Rate gezogen werden.

In den Themenbereichen dieses Bildungsplanes werden exemplarisch Vorschläge für geeignete und bewährte Schalexperimente gemacht. In jedem Falle gelten die

jeweils gültigen gesetzlichen Regelungen für das sichere Experimentieren im Unterricht.

## 2. Bildungsstandards

Im Folgenden Abschnitt werden die Bildungsstandards für die vier Kompetenzbereiche beschrieben. Weitergehende Beschreibungen der Kompetenzbereiche finden sich in den nationalen Bildungsstandards.

Die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife definieren die Kompetenzen, die Lernende bis zum Ende der Qualifikationsphase erwerben sollen. Diese werden im Unterricht sowohl auf grundlegendem als auch auf erhöhtem Anforderungsniveau entwickelt.

Unterricht auf grundlegendem Anforderungsniveau repräsentiert gemäß der Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung (i. d. F. vom 15.02.2018, Ziffer 3.2) „das Lernniveau der gymnasialen Oberstufe unter dem Aspekt einer wissenschaftspropädeutischen Bildung. Unterricht mit erhöhtem Anforderungsniveau repräsentiert das Lernniveau der gymnasialen Oberstufe unter dem Aspekt einer wissenschaftspropädeutischen Bildung, die exemplarisch vertieft wird.“

Der Unterschied in den Anforderungen der beiden Anforderungsniveaus liegt im Umfang und in der Tiefe der gewonnenen Kenntnisse und des Wissens über deren Verknüpfungen. Zudem unterscheiden sie sich im Maß der Selbststeuerung bei der Bearbeitung von Problemstellungen.

Das erhöhte Anforderungsniveau äußert sich im Chemieunterricht im Bereich der **Sachkompetenz** darin, dass bestimmte Sachverhalte in höherer Komplexität der verwendeten Modelle detaillierter betrachtet werden. Darüber hinaus nutzen Lernende des erhöhten Anforderungsniveaus auch eine umfangreichere und tiefere Mathematisierung.

Im Bereich der **Erkenntnisgewinnungskompetenz** bedingt das erhöhte Anforderungsniveau eine höhere Komplexität der bearbeiteten Fragestellungen, Modelle und Experimente sowie eine vertiefte Reflexion des Prozesses der Erkenntnisgewinnung. Auch die Vor- und Nachteile und die Aussagekraft verschiedener Mess- und Auswertungsverfahren werden vertieft betrachtet.

Das erhöhte Anforderungsniveau bedingt im Bereich der **Kommunikationskompetenz** ein umfangreicheres Fachvokabular, abstraktere Darstellungsformen – auch im Bereich der Mathematisierung – und erfordert fachlich differenziertere Ausdrucksweisen. Auch müssen Fachtexte zu komplexeren Inhalten verstanden werden.

Im Bereich der **Bewertungskompetenz** zeigt sich das erhöhte Anforderungsniveau darin, dass mehr und komplexere Argumente mit Belegen zur Bewertung naturwissenschaftlicher Sachverhalte herangezogen werden. Auch müssen eigene Standpunkte differenzierter begründet und so besser gegen sachliche Kritik verteidigt werden.

Im Folgenden werden die einzelnen Kompetenzbereiche definiert und näher beschrieben. Sie werden in Form von Standards präzisiert. Dabei gelten die formulierten Standards für beide Anforderungsniveaus.

## 2.1 Sachkompetenz

Die **Sachkompetenz** der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis naturwissenschaftlicher Konzepte, Theorien und Verfahren und der Fähigkeit, diese zu beschreiben und zu erklären sowie geeignet 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 und auf verschiedene Problemstellungen anwenden zu können. Im Mittelpunkt steht hierbei 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 Vernetzung von Theorien und Konzepten notwendig. Das Charakteristische der chemischen Betrachtungsweise sind qualitativ-modellhafte und quantitativ-mathematische Beschreibungen der Phänomene.

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

Die Lernenden ...

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

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

Die Lernenden ...

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

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

Die Lernenden ...

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

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

Die Lernenden ...

- S 16 entwickeln Reaktionsgleichungen;
- S 17 wenden bekannte mathematische Verfahren auf chemische Sachverhalte an.

## **2.2 Erkenntnisgewinnungskompetenz**

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

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 reflektiert. Auf einer Metaebene werden die Merkmale naturwissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisiert und von nicht-naturwissenschaftlichen 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.



**Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln**

Die Lernenden ...

- 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.

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

Die Lernenden ...

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

**Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren**

Die Lernenden ...

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

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

Die Lernenden ...

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

## 2.3 Kommunikationskompetenz

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

Chemisch kompetent Kommunizieren bedingt ein Durchdringen der Teilkompetenzbereiche Erschließen, Aufbereiten und Austauschen. 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 und Lösungen angestrebt werden.

### Informationen erschließen

Die Lernenden ...

- K 1 recherchieren zu chemischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus;
- 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;
- K 4 überprüfen die Vertrauenswürdigkeit verwendeter Quellen und Medien (z. B. anhand ihrer Herkunft und Qualität);

### Informationen aufbereiten

Die Lernenden ...

- 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;
- K 8 strukturieren und interpretieren ausgewählte Informationen und leiten Schlussfolgerungen ab.

## Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren

Die Lernenden ...

- 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;
- K 12 prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate;
- K 13 tauschen sich mit anderen konstruktiv über chemische Sachverhalte aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt.

### 2.4 Bewertungskompetenz

Die **Bewertungskompetenz** der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von fachlichen und überfachlichen Perspektiven und Bewertungsverfahren und 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 in 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 und 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.

### Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen

Die Lernenden ...

- 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);
- 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.

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

Die Lernenden ...

- B 5 entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- 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 mithilfe 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 ökologische Bedeutung der angewandten Chemie;
- B 11 beurteilen grundlegende Aspekte zu Gefahren und Sicherheit in Labor und Alltag und leiten daraus begründet Handlungsoptionen ab.

### **Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren**

Die Lernenden ...

- 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.

## **2.5 Basiskonzepte**

Der Beschreibung von chemischen Sachverhalten liegen fachspezifische Gemeinsamkeiten zugrunde, die sich in Form von Basiskonzepten strukturieren lassen. Die Basiskonzepte im Fach Chemie ermöglichen somit die Vernetzung fachlicher Inhalte und deren Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven. Die Basiskonzepte werden übergreifend auf alle Kompetenzbereiche bezogen. Sie können kumulatives Lernen, den Aufbau von strukturiertem Wissen und die Erschließung neuer Inhalte fördern.

Das Fach Chemie ist im Besonderen durch eine Betrachtung der Analyse und Synthese von Stoffen, der Beschreibung ihres Aufbaus und ihrer Eigenschaften und energetischer Zusammenhänge gekennzeichnet, woraus die folgenden drei Basiskonzepte resultieren. Sie beziehen sich auf die Struktur der Stoffe, deren Umwandlungen durch chemische Reaktionen und die damit einhergehenden energetischen Prozesse.

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

Die Art, Anordnung und Wechselwirkung der Teilchen bestimmen die Struktur und die Eigenschaften eines Stoffes und können daher durch ein Basiskonzept inhaltlich kohärent beschrieben werden. Insbesondere die Betrachtung sowohl auf der Stoffebene als auch auf der Teilchenebene hat dabei eine große Bedeutung und zeigt sich z. B. in den nachfolgend aufgelisteten Zusammenhängen. Innerhalb dieses Basiskonzeptes werden Typen der chemischen Bindung, Verbindungen mit funktionellen Gruppen, Strukturen ausgewählter organischer und anorganischer Stoffe sowie Natur- und Kunststoffe vorgestellt. Dabei soll auch der Zusammenhang zwischen den Eigenschaften ausgewählter Stoffe und deren Verwendung hergestellt werden:

- Atom- und Molekülbau,
- chemische Bindung,
- Modifikationen,
- funktionelle Gruppen,
- Isomerie,
- inter- und intramolekulare Wechselwirkungen,
- Stoffeigenschaften,
- Stoffklassen,
- analytische Verfahren (qualitativ/quantitativ),
- Verwendungsmöglichkeiten.

So können z. B. Kenntnisse über inter- und intramolekulare Wechselwirkungen genutzt werden, um Eigenschaften von Stoffen auf der Stoffebene zu erklären. Somit werden Phänomene auf der Stoffebene und deren Deutung auf der Teilchenebene konsequent unterschieden.

### **Konzept der chemischen Reaktion**

Chemische Reaktionen spielen in der Chemie eine zentrale Rolle und werden in diesem Basiskonzept in den folgenden Zusammenhängen systematisch betrachtet: Donator-Akzeptor-Prinzipien bei Protonen und Elektronenübergängen; Reaktionsmechanismen in der organischen Chemie.

- Donator-Akzeptor,
- Umkehrbarkeit,
- Gleichgewicht,
- Reaktionstypen,
- Mechanismen,
- Steuerung.

So können z. B. 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. Kennzeichnend für das Donator-Akzeptor-Prinzip ist dabei der Teilchenübergang.

## Energiekonzept

Energetische Betrachtungen spielen eine wichtige Rolle zur Beschreibung von Teilchen- und Stoffumwandlungen. In diesem Zusammenhang ist auch die Beeinflussung von Reaktionsabläufen durch die Änderung energetischer Parameter bedeutsam. So können z. B. folgende Zusammenhänge betrachtet werden: Thermodynamische Prinzipien beim Ablauf chemischer und physikalisch-chemischer Vorgänge, kinetische Prinzipien beim Ablauf chemischer Reaktionen. Hierbei werden die Reaktionsverläufe auch mechanistisch betrachtet.

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

So kann z. B. die energetische Betrachtung sowohl auf chemische Reaktionen (z. B. Aktivierungsenergie) als auch auf einzelne Teilchen (z. B. Ionisierungsenergie) bezogen und zur Erklärung von Prozessen herangezogen werden.

## 2.6 Bildung in der digitalen Welt

Der Chemieunterricht in der gymnasialen Oberstufe hat primär den Aufbau und die Förderung von Fachkompetenz zum Ziel. Angesichts der zunehmenden Digitalisierung ist es jedoch erforderlich, die Ausbildung der Fachkompetenz mit einem breiten Spektrum an digitalen Anwendungs- und Handlungsfeldern zu verbinden.

Grundlage sind die Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ (2016) und die ergänzende Empfehlung „Lehren und Lernen in der digitalen Welt“ (2021) der Kultusministerkonferenz. In der ergänzenden Empfehlung wird die Verwendung digitaler Werkzeuge erweitert zur Gestaltung digital gestützter Lehr-Lern-Prozesse. Dazu zählen die digitale gestützte Kommunikation, individuelles Lernen und Üben mit digital gestützter Rückmeldung und die Erstellung kollaborativ-vernetzt erstellter digitaler Produkte der Lernenden. Sie liefern einen Rahmen, um Kompetenzen im Umgang mit digitalen Medien fachspezifisch zu konkretisieren. Für das Fach Chemie sind in Kapitel 3 Kompetenzen von besonderer Relevanz aufgelistet.

## 3 Themenbereiche und Kompetenzerwerb

### 3.1 Themenbereichsübergreifende prozessbezogene und digitale Kompetenzen

Neben den inhaltsbezogenen Kompetenzen sind folgende übergreifende Kompetenzen formuliert, die im Laufe der Einführungsphase und Qualifikationsphase erreicht werden sollen. Die Bereiche Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung werden im Folgenden unter dem Begriff prozessbezogene Kompetenzen zusammengefasst.

#### Übergreifende prozessbezogene Kompetenzen

Die Lernenden ...

- erkennen naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen und wenden diese an.
- erläutern und unterscheiden die Bedeutung von Experimenten, Theorien und Modellen für das naturwissenschaftliche Arbeiten.

- führen experimentelle Untersuchungen durch, dokumentieren und bewerten diese.
- recherchieren und erschließen naturwissenschaftsbezogene Informationen sach- und fachbezogen und stellen diese entsprechend dar.
- wenden Fachsprache korrekt an.
- bewerten naturwissenschaftliche Sachverhalte in verschiedenen Kontexten sachgerecht.
- nutzen naturwissenschaftliche Kenntnisse, erfassen deren gesellschaftliche Bedeutung und diskutieren sie kritisch.
- arbeiten selbstständig und in kooperativen Lernformen an naturwissenschaftlichen Fragestellungen.

### **Übergreifende digitale Kompetenzen**

Die Lernenden ...

- erfassen experimentelle Daten einfacher Untersuchungen digital.
- nutzen digitale Werkzeuge zur Auswertung und Dokumentation experimenteller Untersuchungen und stellen diese mit Hilfe digitaler Medien dar.
- stellen Modelle und Visualisierungen auf der makroskopischen, mikroskopischen und submikroskopischen Ebene mit digitalen Medien an ausgewählten Beispielen dar.
- recherchieren und identifizieren Daten in digitalen Informationsquellen und präsentieren diese.
- bewerten ausgewählte Informationen aus digitalen Informationsquellen kritisch.
- nutzen digitale Werkzeuge für die gemeinsame Erarbeitung von Dokumentationen und Präsentationen.

In den jeweiligen Themenbereichen werden weitere Kompetenzziele formuliert. Ein Themenbereich unterteilt sich tabellarisch in fünf Bereiche. Bei den Tabellenbereichen, die von dicken Rahmenlinien umgeben sind, handelt es sich um verpflichtende Inhalte (fachinhaltliche Kompetenzen, Fachbegriffe und prozessbezogene Kompetenzen). Die dünnen Rahmenlinien weisen optionale Kontexte und mögliche Experimente aus, welche auf diese Weise das Erreichen der verpflichtenden Inhalte und Kompetenzen unterstützen sollen.

### **3.2 Inhalte in der Einführungsphase**

Die Einführungsphase hat einen wiederholenden und vertiefenden Charakter. Einige der hier formulierten Inhalte und Kompetenzen werden aus den vorangegangenen Jahrgängen aufgegriffen, um diese systematisch zu vertiefen. Auf diese Weise soll eine solide Vorbereitung für die Qualifikationsphase gelegt werden. Zu diesem Zweck werden vier Themenbereiche unterrichtet.

#### **Atome – die Bausteine unserer Welt**

Grundlegend für das Denken in der Chemie ist der Ebenenwechsel von Beobachtungen auf der stofflichen Ebene, der Erklärung dieser Beobachtungen auf der Ebene der submikroskopischen Strukturen von Atomen, Ionen und Molekülen und

letztlich der symbolischen Beschreibung der Beobachtungen durch Symbole, Formeln und Gleichungen. Zu Beginn der Einführungsphase werden daher wichtige Grundlagen des Aufbaus der Atome, der chemischen Bindungslehre und der Fachsprache wiederholt und gefestigt. Dies schließt auch den Umgang mit dem Periodensystem der chemischen Elemente, den chemischen Formeln und ausgewählte zwischenmolekulare Wechselwirkungen ein.

### **Organische Verbindungen – Eine Vielfalt aus Kohlenstoff, Wasserstoff & Co**

Die organische Chemie ist die Chemie der Kohlenwasserstoffverbindungen. Durch unterschiedliche Kettenlängen und funktionelle Gruppen ist die Vielfalt der organischen Verbindungen nahezu unerschöpflich. Auch sind organische Verbindungen im Alltag allgegenwärtig, etwa als Treib- und Heizstoffe, bei Kosmetik, Reinigungs- oder Lebensmitteln. Eingeführt wird in den grundlegenden Aufbau organischer Verbindungen und ausgewählte funktionelle Gruppen, die sich in der Betrachtung ausgewählter Eigenschaften der organischen Verbindungen niederschlägt.

### **Chemie für mehr Nachhaltigkeit – Erste Einblicke in die Welt der Kunststoffe**

Kunststoffe gelten als Werkstoffe unserer Zeit. Viele Entwicklungen in einer sich verändernden Mobilität oder der Digitalisierung sind ohne Neu- und Weiterentwicklungen im Bereich der Kunststoffe nicht möglich. Dem gegenüber steht ein oft zu sorgloser Umgang mit Kunststoffen, der zu Belastungen in den Bereichen Umwelt und Gesundheit führt. Eingeführt wird in Grundideen einer nachhaltigen Chemie. Erarbeitet wird dies entlang wesentlicher Grundlagen vom Aufbau und der Herstellung traditioneller und alternativer Kunststoffe unter Einbezug einer Abwägung der damit verbundenen Chancen und Risiken.

### **Geben und Nehmen – Grundtypen chemischer Reaktionen**

Die Neuordnung submikroskopischer Einheiten ist ein wesentliches Merkmal chemischer Reaktionen. Bei Säure-Base Reaktionen werden Protonen übertragen, bei Redoxreaktionen sind dies Elektronen. Zusammengefasst wird dies im Donator-Akzeptor-Konzept. Beide Grundtypen chemischer Reaktionen lassen sich aus dem Alltag ableiten. Mit Indikatoren kann das Verhalten saurer und alkalischer Lösungen etwa aus den Bereichen der Lebens- oder Reinigungsmittel untersucht werden, was auf der Teilchenebene über das Konzept von Protonendonatoren und -akzeptoren beschrieben wird. Redoxreaktionen finden sich im Alltag vielfach im Zusammenhang der Elektrochemie, etwa als Grundlage für Batterien und Akkus. Dies kann entlang von Untersuchungen zur Redoxreihe, zu galvanischen Elementen oder einer Brennstoffzelle verdeutlicht und als Grundlage für Diskussionen über alternative Mobilitätskonzepte und deren Bewertung genutzt werden.



## Atome – die Bausteine unserer Welt

### Fachinhaltliche Kompetenzen

Die Lernenden ...

- erklären den grundlegenden Aufbau der Atome mit einem angemessenen Atommodell.
- erklären die Ordnungsprinzipien im PSE und geben mit Hilfe der Ordnungs- und Massenzahl den Aufbau ausgewählter Atome richtig an.
- ermitteln und unterscheiden unter Anwendung des EN-Wertes die unterschiedlichen Bindungstypen ausgewählter chemischer Verbindungen.
- erklären das Zustandekommen von ausgewählten zwischenmolekularen Wechselwirkungen.
- beschreiben das Lösen von Salz in Wasser und die Ausbildung einer Hydrathülle.
- beschreiben den Zusammenhang zwischen Teilchenzahl, Stoffmenge und Konzentration und führen einfache Berechnungen durch.

### Verbindliche Fachbegriffe

Periodensystem, Element, Proton, Neutron, Elektron, Periode, Gruppe, Valenzelektronen, Anion, Kation, Molekül, Edelgas, unpolare und polare Elektronenpaarbindung, Ionenbindung, Ionengitter, metallische Bindung, Metallgitter, Elektronengasmodell, Elektronegativität, Dipol, Wasserstoffbrücken, Löslichkeit, Hydrathülle, Ion-Dipol-Wechselwirkungen, Stoffmenge, Molmasse, Konzentration

### Konkretisierung prozessbezogener Kompetenzen

Die Lernenden ...

- beschreiben die Rolle ausgewählter experimenteller Untersuchungen bei der Aufklärung des Atombaus.
- wenden verschiedene Nachweisreaktionen (Fällungsreaktion, Farbreaktion, Flammenfärbung, Gasentwicklung) für Ionen an.
- stellen den Aufbau der Atome schematisch dar.
- wenden die Lewis- bzw. Valenzstrich-Schreibweise an.
- bewerten verschiedene Darstellungen von Atom- und Bindungsmodellen an ausgewählten Beispielen.

### Mögliche Anwendungskontexte

- Atombau: Vom Experiment zum Modell
- Metalle im Alltag und Technik, Metalle als kritische Rohstoffe
- Aluminiumgewinnung und -recycling
- Gewinnung von Kochsalz aus Meerwasser, Meerwasserentsalzung

### Beispiele für experimentelle Arbeiten

- Modellexperimente zum Atombau, z. B. zum Kern-Hülle-Modell
- Flammenfärbung von Metallverbindungen
- Ionennachweise (Halogenide, Carbonat und Ammonium)
- Versuche zur Löslichkeit und Kristallisation von Salzen
- Elektrische Leitfähigkeit von Metallen und Salzlösungen

**Dicke Rahmenlinien:** Verpflichtende Inhalte und Kompetenzen

**Dünne Rahmenlinien:** Optionale Kontexte und Hinweis auf mögliche Experimente

## Organische Verbindungen – Eine Vielfalt aus Kohlenstoff, Wasserstoff & Co

### Fachinhaltliche Kompetenzen

Die Lernenden ...

- beschreiben den Aufbau einfacher organischer Verbindungen, die homologen Reihen und die Strukturisomerie am Beispiel der Alkane und Alkohole.
- benennen ausgewählte organische Verbindungen mithilfe der systematischen Nomenklatur (IUPAC).
- wenden das EPA-Modell zur Erklärung der räumlichen Struktur von Alkanen an.
- beschreiben den Einfluss der Molekülstruktur von Alkanen und Alkoholen sowie deren Strukturisomeren auf die Siede- und Schmelztemperaturen.
- erkennen funktionelle Gruppen in organischen Molekülen und erklären ihren Einfluss auf die Moleküleigenschaften am Beispiel der Löslichkeit.
- erläutern das Zustandekommen ausgewählter Eigenschaften auf Grundlage der Wechselwirkungen zwischen den Molekülen.
- erklären das Grundprinzip der radikalischen Substitution und elektrophilen Addition.

### Verbindliche Fachbegriffe

homologe Reihe Alkane, Alkene, Alkine, Alkohole, Isomerie, funktionelle Gruppe, Aldehyde, Ketone, Carbonsäuren, van-der-Waals-Kräfte, Wasserstoffbrücken, radikalische Substitution, elektrophile Addition, Halogenalkane

### Konkretisierung prozessbezogener Kompetenzen

Die Lernenden ...

- beschreiben Untersuchungen zum Löslichkeitsverhalten und zu Siede- und Schmelztemperaturen ausgewählter organischer Verbindungen.
- wenden Nachweisreaktionen für ausgewählte funktionelle Gruppen an.
- unterscheiden verschiedene Darstellungsformen organischer Moleküle (Summenformel, Lewis-Schreibweise, Skelettformel) und wenden diese an.
- erkennen die gesellschaftliche Relevanz organischer Verbindungen in der Lebenswelt, diskutieren diese kritisch und beschreiben und bewerten den Einfluss der energetischen Nutzung fossiler Treib- und Heizstoffe auf den Klimawandel.

### Mögliche Anwendungskontexte

- Vor- und Nachteile der Nutzung von Bioethanol als Treibstoff
- Vergleich verschiedener Stoffe in Bezug zum Klimawandel
- Herstellung von alkoholischen Getränken und ihre Wirkung auf den Körper

### Beispiele für experimentelle Arbeiten

- Verbrennung von Alkanen und Nachweis der Reaktionsprodukte
- Organische Verbindungen als Löse- und Reinigungsmittel
- Untersuchungen zur Viskosität verschiedener organischer Verbindungen
- Alkoholische Gärung und Destillation von Alkohol

## Chemie für mehr Nachhaltigkeit – Erste Einblicke in die Welt der Kunststoffe

### Fachinhaltliche Kompetenzen

Die Lernenden ...

- benennen und erläutern ausgewählte Konzepte der Nachhaltigkeit im Zusammenhang der Chemie.
- beschreiben die Entstehung von Makromolekülen aus Monomeren.
- erläutern die Herstellung ausgewählter Kunststoffe.
- erläutern die Unterscheidung von traditionellen Kunststoffen und Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen.

### Verbindliche Fachbegriffe

Nachhaltige Chemie, Kunststoff, Biokunststoff, nachwachsende Rohstoffe, biologische Abbaubarkeit, Makromolekül, Monomer, Polymer, Polymerisation

### Konkretisierung prozessbezogener Kompetenzen

Die Lernenden ...

- führen experimentelle Untersuchungen zu Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen durch.
- recherchieren Medienberichte zur kontroversen Nutzung von Kunststoffen, fassen die enthaltenen Argumente zusammen und präsentieren diese.
- vergleichen und bewerten verschiedene Kunststoffe entlang ausgewählter Kriterien.
- benennen Vor- und Nachteile der Nutzung herkömmlicher Kunststoffe und Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen in Alltag und Technik und diskutieren diese kritisch.

### Mögliche Anwendungskontexte

- Kunststoffmüll in der Umwelt und den Ozeanen
- Kunststoffrecycling
- Nutzung von Kunststoffen in Alltag und Technik

### Beispiele für experimentelle Arbeiten

- Herstellung von Biokunststoffen (z. B. Thermoplastische Stärke, Polymilchsäure)
- Versuche zur Zersetzung von herkömmlichen Kunststoffen und Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen
- Untersuchungen zu den Eigenschaften verschiedener Kunststoffe

<b>Geben und Nehmen – Grundtypen chemischer Reaktionen</b>	
<b>A</b>	
<b>Fachinhaltliche Kompetenzen</b> Die Lernenden ... <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären das Verhalten von Säuren und Basen im Sinne der Säure-Base-Theorie nach Brönsted.</li> <li>• beschreiben den Zusammenhang zwischen der Konzentration von Oxonium- und Hydroxid-Ionen und dem pH-Wert.</li> </ul>	<b>Verbindliche Fachbegriffe</b> Säuren, saure Lösungen, Basen, basische/alkalische Lösungen (Laugen), Protolyse, Oxonium-Ion, Hydroxid-Ion, pH-Wert, Neutralisation, Protonendonator, Protonenakzeptor, Indikator
<b>Konkretisierung prozessbezogener Kompetenzen</b> Die Lernenden ... <ul style="list-style-type: none"> <li>• ermitteln den pH-Wert für unterschiedliche Lösungen mit Indikatoren oder pH-Metern und wenden ihn zur Unterscheidung von sauren, neutralen und basischen Lösungen an.</li> <li>• stellen das Donator-Akzeptor-Prinzip anhand einer Säure-Base-Reaktion dar, erklären es und formulieren Reaktionsgleichungen zu Säure-Base-Reaktionen.</li> <li>• bewerten die Wirkung und das Gefahrenpotenzial von Säuren und Basen in Alltagsprodukten.</li> </ul>	
<b>Mögliche Anwendungskontexte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Säuren und Basen in Lebens- und Reinigungsmitteln</li> <li>• Säuren und Basen in Kosmetik und Körperpflege</li> </ul>	
<b>Beispiele für experimentelle Arbeiten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdünnungsreihe</li> <li>• pH-Wert-Messungen mit herkömmlichen Methoden und digitalen Instrumenten</li> <li>• Neutralisationsreaktionen</li> </ul>	
<b>B</b>	
<b>Fachinhaltliche Kompetenzen</b> Die Lernenden ... <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben Redoxreaktionen als chemische Reaktionen mit Elektronenübertragung.</li> <li>• wenden die Redox-Reihe zur Vorhersage von Redoxreaktionen an.</li> <li>• beschreiben das Grundprinzip von Batterien und Akkumulatoren.</li> </ul>	<b>Verbindliche Fachbegriffe</b> Redoxreaktion, Oxidationszahl, Elektronendonator, Elektronenakzeptor, Donator-Akzeptor-Prinzip, Redox-Reihe, galvanisches Element, Anode, Kathode, Batterie, Akkumulator, Wasserelektrolyse, Brennstoffzelle
<b>Konkretisierung prozessbezogener Kompetenzen</b> Die Lernenden ... <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben Versuche zur Redox-Reihe und werten diese aus.</li> <li>• formulieren Redoxreaktionen und deren Teilgleichungen.</li> <li>• stellen ein galvanisches Element dar und beschreiben die Funktionsweise.</li> <li>• bewerten die Rolle elektrochemischer Energiespeicherung im Kontext von Mobilität.</li> </ul>	
<b>Mögliche Anwendungskontexte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wasserstoff als Energieträger der Zukunft</li> <li>• Moderne Batterien und Akkumulatoren, z. B. Lithium-Ionen-Akku</li> </ul>	
<b>Beispiele für experimentelle Arbeiten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Versuche zur Redox-Reihe und zu einfachen galvanischen Elementen</li> <li>• Wasserelektrolyse, Wassersynthese in einer Brennstoffzelle</li> </ul>	

### 3.3 Inhalte in der Qualifikationsphase

Die Inhalte der Qualifikationsphase gliedern sich in vier thematische Bereiche mit jeweils drei Themen. Ein Thema unterteilt sich tabellarisch in fünf Bereiche. Bei den Tabellenbereichen, die von dicken Rahmenlinien umgeben sind, handelt es sich um verpflichtende Inhalte (fachinhaltliche Kompetenzen, Fachbegriffe und prozessbezogene Kompetenzen). Die dünnen Rahmenlinien weisen optionale Kontexte und mögliche Experimente aus, welche auf diese Weise das Erreichen der verpflichtenden Inhalte und Kompetenzen unterstützen sollen.

#### **Themenbereich 1: Ablauf und Steuerung chemischer Reaktionen**

##### **Thema 1.1: Grundlagen des chemischen Gleichgewichts**

Bei allen reversibel verlaufenden chemischen Reaktionen stellt sich früher oder später ein chemisches Gleichgewicht ein. Die Lage des Gleichgewichtes kann dabei durch Änderung der Bedingungen beeinflusst werden. Durch die Änderung dieser Bedingungen lassen sich bei chemischen Reaktionen Produktausbeuten maximieren. Dies ist u. a. für industrielle Anwendungen bedeutsam, um im Sinne einer nachhaltigen Chemie möglichst effizient produzieren zu können.

##### **Thema 1.2: Protolysegleichgewichte**

Protolysegleichgewichte spielen in vielen biochemischen und ökologischen Systemen eine wichtige Rolle. So arbeiten Enzyme in unserem Körper nur innerhalb eines bestimmten pH-Wertbereichs. Eine Versauerung der Ozeane hat Einfluss auf das Klima oder kann zum Absterben von Korallenriffen führen. Aber auch bei der Herstellung von Kosmetika und Lebensmitteln müssen Protolysegleichgewichte berücksichtigt werden und spielen etwa bei der Bewertung kosmetischer Produkte eine Rolle.

##### **Thema 1.3: Reaktionskinetik und Katalyse**

Die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen spielt in vielen chemischen Produktionsverfahren eine bedeutende Rolle. So ist es wichtig, den Verlauf chemischer Reaktionen zu verstehen, indem Konzentrations-Zeit-Verläufe verfolgt werden. Hierzu gehört auch das Verständnis, wie sich die Reaktionsgeschwindigkeit durch Änderungen von Konzentration, Temperatur, Zerteilungsgrad oder den Einsatz von Katalysatoren beeinflussen lässt, um Produktionsverfahren im Sinne einer nachhaltigen Chemie zu bewerten und zu optimieren.

## Thema 1.1: Grundlagen des chemischen Gleichgewichts

### Fachinhaltliche Kompetenzen

Die Lernenden ...

- stellen die Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen als eine Ursache für unvollständigen Stoffumsatz dar.
- erläutern das chemische Gleichgewicht als ein stabiles dynamisches Gleichgewicht.
- erklären Möglichkeiten der Beeinflussung von Gleichgewichtslagen durch Variation von Reaktionsbedingungen.
- wenden das Massenwirkungsgesetz auf Gasgleichgewichte und Gleichgewichte in Lösungen an und berechnen die Lage von Gleichgewichten mit dem Massenwirkungsgesetz.
- erläutern das Haber-Bosch-Verfahren.
- beschreiben ausgewählte Prinzipien nachhaltiger Chemie (z. B. geschlossene Stoffkreisläufe, Abfallvermeidung, Prozessoptimierung, Energieeffizienz).

**LK:**

- erklären und berechnen Löslichkeitsgleichgewichte.

### Verbindliche Fachbegriffe

Hin- und Rückreaktion, Dynamisches Gleichgewicht, Konzentrations-Zeit-Diagramm, Massenwirkungsgesetz und Gleichgewichtskonstante, Prinzip von Le Chatelier, Nachhaltige Chemie, Haber-Bosch-Verfahren

**LK:**

Löslichkeitsgleichgewicht

### Konkretisierung prozessbezogener Kompetenzen

Die Lernenden ...

- planen unter Berücksichtigung der Variablenkontrolle experimentelle Untersuchungen und führen diese durch.
- bilden Hypothesen zum unvollständigen Stoffumsatz bei chemischen Reaktionen und diskutieren diese.
- beurteilen und bewerten Auswirkungen chemischer Verfahren im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Perspektive.

### Vertiefungen

- Modellierung chemischer Gleichgewichte (Computersimulation, Modellrechnungen)
- Gleichgewichte bei chromatographischen Prozessen
- Weitere Gleichgewichte in großtechnischen Synthesen (z. B. Ostwaldverfahren, Kontaktverfahren)

### Beispiele für experimentelle Arbeiten

- Estergleichgewicht und Bestimmung der Gleichgewichtskonstanten
- Verschiebung des Gleichgewichtes durch Druck, Konzentration und Temperatur
- Modellversuch zum chemischen Gleichgewicht
- Löslichkeitsprodukte/Löslichkeitsgleichgewichte

**Dicke Rahmenlinien:** Verpflichtende Inhalte und Kompetenzen

**Dünne Rahmenlinien:** Optionale Kontexte und je nach Schwerpunktsetzung für das Abitur relevant

**Thema 1.2: Protolysegleichgewichte****Fachinhaltliche Kompetenzen**

Die Lernenden ...

- erklären Säure-Base-Reaktionen als reversible Protolysereaktionen mit der Brönsted Säure-Base-Theorie.
- wenden das Massenwirkungsgesetz auf Protolysegleichgewichte an.
- begründen die unterschiedliche Stärke von Säuren und Basen auf der Teilchenebene.
- berechnen pH-Werte bei vollständiger Protolyse.
- bestimmen durch pH-Titration Stoffmengen bzw. Stoffmengenkonzentrationen von Säuren und Basen.
- interpretieren einfache pH-Titrationskurven.

**LK:**

- berechnen Puffersysteme mit der Henderson-Hasselbalch-Gleichung.
- berechnen pH-Werte bei unvollständiger Protolyse.
- interpretieren pH-Titrationskurven mehrprotoniger Säuren.
- interpretieren konduktometrische Titrationskurven.
- erklären die saure Reaktion von hydratisierten Metallkationen mit Hilfe der koordinativen Bindung.

**Verbindliche Fachbegriffe**

Brönsted Säure-Base-Theorie, Protolysegleichgewicht, korrespondierendes Säure-Base-Paar, Autoprotolyse, Ionenprodukt des Wassers, pH-Wert, Säurestärke und Basenstärke, Neutralisation, Titration, Titrationskurve und charakteristische Punkte

**LK:**

Puffersysteme, Konduktometrie, koordinative Bindung bei hydratisierten Metallkationen

**Konkretisierung prozessbezogener Kompetenzen**

Die Lernenden ...

- planen quantitative Untersuchungen zur Bestimmung der Stoffmengenkonzentration von Säuren und Basen, führen diese durch und werten sie u. a. mit Hilfe von Titrationskurven aus (auch unter Zuhilfenahme von digitalen Werkzeugen).
- recherchieren und präsentieren die Relevanz von Säuren und Basen im Alltag in analogen und digitalen Medien.
- bewerten die ökologische Bedeutung der Ozeanversauerung durch den Menschen und leiten daraus Handlungsoptionen ab.

**Vertiefungen**

- Physiologisch bedeutsame Puffersysteme (z. B. Blutpuffer, Antazida)
- Ökologisch bedeutsame Puffersysteme (z. B. Bodenpuffer, Meerwasser)

**Beispiele für experimentelle Arbeiten**

- pH-Wert-Bestimmung und Titration von Säuren/ Basen in Lebens- und Reinigungsmitteln
- Untersuchung von CO<sub>2</sub>-Gleichgewichten (Mineralwasser, Meerwasser)
- Herstellung und Untersuchung eines Puffers (z. B. Acetatpuffer)
- Leitfähigkeitstiteration (z. B. Salzsäure mit Natronlauge)
- Bestimmung des pH-Werts von Salzlösungen und Salzlösungen mit hydratisierten Metallkationen (Aluminium-, Kupfer - oder Eisenchlorid)

### Thema 1.3: Reaktionskinetik und Katalyse

#### Fachinhaltliche Kompetenzen

Die Lernenden ...

- definieren die Reaktionsgeschwindigkeit und berechnen diese aus Messwerten.
- beschreiben qualitativ und quantitativ den Einfluss von Temperatur, Druck, Konzentration und Zerteilungsgrad auf die Reaktionsgeschwindigkeit und erklären diesen auf der Teilchenebene.
- erklären die Bedeutung von Katalysatoren und deren Einfluss auf die Reaktionsgeschwindigkeit.

#### LK:

- ermitteln die Reaktionsordnung aus Konzentrations-Zeit-Verläufen.
- erläutern die Mechanismen der  $S_N1$ - und  $S_N2$ -Reaktion.

#### Verbindliche Fachbegriffe

Reaktionsgeschwindigkeit, Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit, Konzentrations-Zeit-Diagramm, Energiediagramm, Konzentrationsabhängigkeit, Temperaturabhängigkeit, Zerteilungsgrad, Aktivierungsenergie, Stoßtheorie, Maxwell-Boltzmann-Verteilung, RGT-Regel, homogene und heterogene Katalyse

#### LK:

Reaktionsordnung, nucleophile Substitution

#### Konkretisierung prozessbezogener Kompetenzen

Die Lernenden ...

- nutzen digitale Werkzeuge und Medien zum Aufnehmen, Darstellen und Auswerten von Konzentrations-Zeit-Verläufen.
- interpretieren den zeitlichen Ablauf chemischer Reaktionen in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern (u. a. Oberfläche, Konzentration, Temperatur) und stellen die Ergebnisse dar.
- bewerten den Einsatz von Katalysatoren im Sinne einer nachhaltigen Chemie.

#### Vertiefungen

- Vergleich von enzymatischer Katalyse mit anderen Katalysen im Hinblick auf ihre Einsatzmöglichkeiten im Rahmen der nachhaltigen Chemie
- Ermittlungen von Reaktionsordnungen über kinetische Messungen
- Einsatz von Katalysatoren in der Ammoniak-Synthese oder dem Ostwaldverfahren

#### Beispiele für experimentelle Arbeiten

- Modellversuch zur Reaktionsgeschwindigkeit (Stechheber-Versuch)
- Gasometrische oder pH-Wert-Messungen (Zink und Salzsäure oder Kalk und Salzsäure)
- Zersetzung von Wasserstoffperoxid
- Bildung und Zerfall von Schaum (Bierschaum und Hefegärung)
- Entzünden von Wasserstoff am Platinkatalysator (Döbereiner-Feuerzeug)



## **Themenbereich 2: Organische Naturstoffe und nachwachsende Rohstoffe**

### **Thema 2.1: Kohlenhydrate**

Kohlenhydrate sind von großer Bedeutung für die Ernährung, aber auch als nachwachsender Rohstoff für die Industrie. Um die Kohlenhydrate möglichst sinnvoll einzusetzen, ist ein Verständnis ihres Aufbaus und der daraus resultierenden Eigenschaften wichtig. Nur so können Chancen und Risiken bei der Nutzung verschiedener Kohlenhydrate für die Ernährung, aber auch als nachwachsender Rohstoff für eine nachhaltige Entwicklung verglichen und bewertet werden.

### **Thema 2.2: Aminosäuren**

Aminosäuren gehören zu den Grundbausteinen des Lebens. Zellen, Muskeln oder Gewebe bestehen zu einem Großteil aus Proteinen, die wiederum aus Aminosäuren aufgebaut sind. Die Funktion von Aminosäuren und Proteinen im Körper, aber auch ihre lebensmitteltechnischen und biotechnologischen Anwendungen sind vielfältig. Dies zu verstehen, erfordert eine grundlegende Betrachtung ihrer Strukturen und Eigenschaften, auch um ihr Potenzial für Anwendungen in den Bereichen Ernährung, Gesundheit und nachhaltige Entwicklung verstehen zu können.

### **Thema 2.3: Fette und Öle**

Fette und Öle aus pflanzlichen und tierischen Quellen sind von großer Bedeutung für die Ernährung und die chemische Industrie. Für eine gesunde Ernährung spielen sowohl die Menge als auch die Qualität beim Konsum von Fetten und Ölen eine Rolle. In kosmetischen Produkten sind Fette und Öle ein wichtiger Inhaltsstoff. Um diese Anwendungen zu verstehen, bedarf es eines grundlegenden Verständnisses des Aufbaus der Fette und Öle und ihrer Unterschiede, um deren Nutzung bewerten zu können.

## Thema 2.1: Kohlenhydrate

### Fachinhaltliche Kompetenzen

Die Lernenden ...

- beschreiben die Entstehung der Kohlenhydrate in Organismen und die Bedeutung der Kohlenhydrate als Rohstoffe für industrielle Produkte.
- erklären und vergleichen die Strukturen und Eigenschaften der Mono-, Di- und Polysaccharide.
- erklären die Funktionsweise eines Polarimeters.
- wenden ausgewählte Aspekte der Stereochemie auf die Kohlenhydrate an.

#### LK:

- führen Berechnungen zur Konzentrationsbestimmung mittels Polarimeter durch.
- nutzen Konformationsschreibweisen zur Darstellung von Kohlenhydraten.
- erklären die Umwandlung von Fructose zu Glucose über die Keto-Endiol-Tautomerie.

### Verbindliche Fachbegriffe

Mono-, Di- und Polysaccharide, Aldosen, Ketosen, Fischer-Projektion, Haworth-Projektion, Keilstrich-Schreibweise, Zuckerstammbaum, Stereoisomerie, asymmetrisch substituiertes Kohlenstoffatom, Chiralitätszentrum, glykosidische Bindung, Ringbildung, Mutarotation, Fehling-Probe, Hydrolyse, optische Aktivität, Polarimeter

#### LK:

spezifischer Drehwinkel, Konformationsschreibweise, Keto-Endiol-Tautomerie

### Konkretisierung prozessbezogener Kompetenzen

Die Lernenden ...

- prüfen mit Nachweisreaktionen Kohlenhydrate auf reduzierende Eigenschaften.
- nutzen verschiedene Darstellungsformen von Kohlenhydraten mit Hilfe von Molekülbaukästen und digitalen 3D-Moleküldarstellungen, um die Fischer-Projektion und Keilstrich-Schreibweise ineinander zu überführen.
- beschreiben die Bildung der Ringformen von  $\alpha$ -D-Glucose und  $\beta$ -D-Glucose aus der Fischer-Projektion und stellen sie mit der Haworth-Projektionsformel (LK: zusätzlich mit der Konformationsschreibweise) dar.
- beurteilen und bewerten die Auswirkungen der Zuckergewinnung im industriellen Maßstab aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Perspektive.

### Vertiefungen

- Süßstoffe und Zuckeraustauschstoffe (z. B. Fructose, Sorbit, Cyclamat, Saccharin, Aspartam)
- Klebstoffe auf Kohlenhydratbasis

### Beispiele für experimentelle Arbeiten

- Nachweis reduzierender Zucker mit Fehling-, Tollens- oder Benedict-Probe
- Nachweis von Stärke mit Lugol'scher Lösung
- Untersuchungen zur optischen Aktivität

## Thema 2.2: Aminosäuren und Proteine

### Fachinhaltliche Kompetenzen

Die Lernenden ...

- beschreiben die Molekülstrukturen und Eigenschaften von proteinogenen Aminosäuren und Proteinen.
- beschreiben die Stereochemie von Aminosäuren.
- erläutern elektrophoretische und dünn-schichtchromatographische Trennverfahren.
- Ermitteln und interpretieren  $R_f$ -Werte.

#### LK:

- beschreiben die Chiralitätszentren in Aminosäuren nach dem Cahn-Ingold-Prelog System.

### Verbindliche Fachbegriffe

Aminosäuren, Proteine, Peptidbindung, Primär-, Sekundär-, Tertiär- und Quartärstruktur,  $\alpha$ -Helix,  $\beta$ -Faltblatt, Kondensationsreaktion, Denaturierung, isoelektrischer Punkt, Zwitterion, Chiralität, optische Aktivität, Stereoisomerie, Biuret-Reaktion, Ninhydrin-Nachweis, Xanthoprotein-Reaktion, Elektrophorese, Dünn-schicht-chromatographie,  $R_f$ -Wert

#### LK:

R- und S-Konfiguration

### Konkretisierung prozessbezogener Kompetenzen

Die Lernenden ...

- führen einfache Nachweisverfahren und experimentelle Untersuchungen zu Aminosäuren und Proteinen durch, protokollieren diese und werten sie aus.
- untersuchen experimentell die Denaturierung von Proteinen unter Einfluss von Temperatur, Ethanol, sauren und alkalischen Lösungen sowie Schwermetallionen und bewerten deren Wirkung auf lebende Organismen.
- stellen die Verknüpfung von Aminosäuren als Kondensationsreaktion mithilfe von Strukturformeln dar.
- beschreiben mit passenden Darstellungsformen die räumliche Struktur von Proteinen auf verschiedenen Ebenen (Primär-, Sekundär-, Tertiär- und Quartärstruktur).

### Vertiefungen

- Proteinreiche Nahrungsergänzungsprodukte im Sportbereich (z. B. Proteinshakes und -riegel)
- Analyse von Titrationskurven verschiedener Aminosäuren
- Aufbau und Funktionsweise von Enzymen (Substrat- und Reaktionsspezifität, zwischenmolekulare Wechselwirkungen von Enzym und Substrat)

### Beispiele für experimentelle Arbeiten

- Nachweis von Aminosäuren und Proteinen (Ninhydrin-Nachweis, Biuret-Reaktion, Xanthoprotein-Reaktion)
- Denaturierung von Proteinen
- Hydrolyse von Proteinen und Trennung eines Aminosäuregemisches
- Titration von Aminosäuren (Pufferwirkung und isoelektrischer Punkt)

### Thema 2.3: Fette und Öle

#### Fachinhaltliche Kompetenzen

Die Lernenden ...

- beschreiben die Struktur von Fettmolekülen.
- beschreiben Methoden der Fettgewinnung.
- erklären wichtige Eigenschaften der Fette und Öle (Löslichkeit, Konsistenz) durch ihre molekulare Struktur.
- stellen den Zusammenhang zwischen den Kennzahlen eines Fettes und seiner Struktur dar.
- stellen das Verfahren der Fetthärtung mittels Hydrierung als Additionsreaktion dar.

#### Verbindliche Fachbegriffe

Fett, Öl, Triglyceride, gesättigte und ungesättigte Fettsäuren, Ester, Fetthärtung, Kennzahlen von Fetten (Verseifungszahl, Iodzahl), essenzielle Fettsäuren, Hydrolyse

#### Konkretisierung prozessbezogener Kompetenzen

Die Lernenden ...

- untersuchen die Löslichkeit von Fetten und Ölen in unterschiedlichen Lösungsmitteln experimentell und werten diese aus.
- nutzen die Kennzahlen von Fetten, um Aussagen zur Zusammensetzung und Haltbarkeit zu tätigen.
- stellen die Veresterung mit Hilfe von Strukturformeln und Reaktionsgleichungen dar.
- bewerten die Bedeutung von gesättigten und ungesättigten Fettsäuren als Nahrungsbestandteile.

#### Vertiefungen

- Fette und ihre Bedeutung für das Leben (Entstehung und Gewinnung der Fette, Brennwert, Fettoxidation)
- Aspekte gesunder Ernährung (trans-Fettsäuren, Omega-3-Fettsäuren und fettreduzierte Ernährung)
- Seifengewinnung aus Fetten und deren Einsatz und Wirkungsweise als Tenside

#### Beispiele für experimentelle Arbeiten

- Extraktion von Fetten
- Nachweis von ungesättigten Fettsäuren
- Bestimmung der Iodzahl und Verseifungszahl eines Fettes
- Bestimmung des Fettgehaltes von Lebensmitteln
- Herstellung von Margarine

## **Themenbereich 3: Energie und Energiespeicherung**

### **Thema 3.1: Energetik**

Neben dem Stoffumsatz sind chemische Reaktionen immer auch mit energetischen Veränderungen verbunden. Dies spielt eine Rolle etwa im Bereich des Heizens oder der Nutzung von Treibstoffen in Verbrennungsmotoren. Diese Energieumsätze zu bestimmen und zu verstehen ist Grundlage, die Nutzung von chemischen Reaktionen etwa im Bereich einer sich verändernden Mobilität einschätzen und im Hinblick auf den Klimawandel bewerten zu können.

### **Thema 3.2: Elektrochemie**

Batterien und Akkumulatoren spielen eine wichtige Rolle im Alltag, etwa im Bereich digitaler Kommunikation, vom Telefon über das Handy bis zum Laptop. Die Elektrochemie ist aber auch ein zentrales Feld für die Energiewende. Die Nutzung elektrochemisch gespeicherter Energie in Batterien und Akkumulatoren ist Grundlage für die sogenannte e-Mobilität, die einen wichtigen Beitrag zur Begrenzung des Klimawandels leisten soll. Diesen Beitrag bewerten zu können, erfordert ein grundlegendes Verständnis von Elektronenübertragungsreaktionen und elektrochemischen Systemen.

### **Thema 3.3: Mit nachwachsenden Rohstoffen gegen den Klimawandel**

Bis zum Beginn des Industriezeitalters waren nachwachsende Rohstoffe die überwiegende Basis für die Bereitstellung von Energie und die Herstellung von Gegenständen im Alltag. Mit Beginn der Industrialisierung wurden immer mehr fossile Rohstoffe als Brenn- und Treibstoffe sowie für industrielle Anwendungen genutzt, was letztlich zum anthropogenen Treibhauseffekt und zum zunehmenden Klimawandel geführt hat. Um Maßnahmen gegen den Klimawandel bewerten zu können, ist es notwendig, die Grundlagen des Energiehaushaltes der Erde und Ansätze zum Ersatz des Verbrauchs fossiler durch nachwachsende Rohstoffe zu verstehen.

### Thema 3.1: Energetik

#### Fachinhaltliche Kompetenzen

Die Lernenden ...

- erklären die Gesetzmäßigkeiten von Enthalpieänderungen.
- berechnen Reaktionsenthalpien mit Hilfe der Standardbildungsenthalpien.
- stellen die Bedeutung des 1. Hauptsatzes der Thermodynamik dar.
- wenden den Satz von Hess an.

#### LK:

- stellen die Bedeutung des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik dar.
- erklären die Rolle der Entropie für die Freiwilligkeit einer Reaktion und berechnen die freie Enthalpie einer chemischen Reaktion mit der Gibbs-Helmholtz-Gleichung.

#### Verbindliche Fachbegriffe

innere Energie, Systeme (offene, geschlossene und isolierte), Reaktionsenthalpie, (Standard-) Bildungsenthalpie, Bindungsenthalpie, Satz von Hess, 1. Hauptsatz der Thermodynamik

#### LK:

Entropie, exergonische und endergonische Vorgänge, Gibbs-Helmholtz-Gleichung, 2. Hauptsatz der Thermodynamik

#### Konkretisierung prozessbezogener Kompetenzen

Die Lernenden ...

- ermitteln Reaktionsenthalpien mit einem einfachen Kalorimeter.
- führen Temperaturmessungen mit digitalen Werkzeugen durch und werten diese aus.
- beschreiben Energie als eine Erhaltungsgröße und diskutieren die Konsequenzen daraus.
- bewerten energetische Aspekte bei chemischen Vorgängen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung multiperspektivisch.

#### Vertiefungen

- Energetische Aspekte von Lebensmitteln, z. B. fetthaltige und kohlenhydratreiche Lebensmittel, kritische Diskussion von Light-Produkten
- Vergleich von Brennwert und Heizwert bei Brennstoffen

#### Beispiele für experimentelle Arbeiten

- Selbstbau eines einfachen Kalorimeters
- Bestimmung der Verbrennungsenthalpie von Ethanol
- Bestimmung von Lösungs- und Neutralisationsenthalpien
- Modelldampfmaschine als Wärmekraftmaschine

**Thema 3.2: Elektrochemie****Fachinhaltliche Kompetenzen**

Die Lernenden ...

- erläutern Aufbau und Funktion von galvanischen und Elektrolyse-Zellen an ausgewählten Beispielen und stellen diese schematisch dar.
- beschreiben Verfahren zur Messung von elektrochemischen Potenzialen und wenden diese an.
- berechnen Zellspannungen mit der Spannungsreihe.
- stellen den Aufbau und die Reaktionen der Alkali-Mangan-Zelle, des Blei- und des Li-Ionenakkus schematisch dar und erläutern diese.
- erklären Korrosion und Maßnahmen des Korrosionsschutzes.

**LK:**

- erklären die Konzentrationsabhängigkeit des elektrochemischen Potenzials.
- führen eine Redoxtitration durch und erklären diese.
- führen mit Hilfe der Faraday-Gesetze Berechnungen zu Elektrolysen durch.
- erklären die Überspannung im Kontext der Elektrolyse und des Akkumulators.

**Verbindliche Fachbegriffe**

Redoxreaktionen als Elektronenübertragung, Halbzelle, galvanische Zelle, Elektrolysezelle, elektrochemisches Potenzial, Spannungsreihe, Normalwasserstoffelektrode, Standardpotenzial, Alkali-Mangan-Zelle und Blei-Akkumulator, Li-Ionenakku, Korrosion

**LK:**

Nernst-Gleichung, Konzentrationszelle, Redoxtitration, Faraday-Gesetze, Überspannung

**Konkretisierung prozessbezogener Kompetenzen**

Die Lernenden ...

- führen experimentelle Untersuchungen zur Spannungsreihe durch.
- diskutieren die Rolle von Akkumulatoren bei der Speicherung und Bereitstellung elektrischer Energie.
- bewerten Aufwand und Umweltaspekte bei der Herstellung und Verwendung von Batterien und Akkumulatoren.

**Vertiefungen**

- Brennstoffzellen für Fahrzeugantriebe, technisch-ökologische Bewertung
- Elektrochemische Verfahren in der Industrie (z. B. Aluminiumherstellung, Kupferraffination und Kupferrecycling, Galvanisieren, Eloxieren)
- Messung energetischer Größen mit Hilfe der Elektrochemie (z. B. Bestimmung der freien Reaktionsenthalpie aus elektrochemischen Daten)

**Beispiele für experimentelle Arbeiten**

- Daniell-Element/Alkali-Mangan-Element
- Bestimmung des Standardpotentials und Potentialmessungen
- Korrosionsversuche/Korrosionsschutz
- Elektrolyse von Wasser mit Hofmannschem Zersetzer/Überspannung
- Aus Potentialmessungen die Nernst-Gleichung herleiten
- Redoxtitration Fe-II-Bestimmung mittels Permanganometrie

### Thema 3.3: Mit nachwachsenden Rohstoffen gegen den Klimawandel

#### Fachinhaltliche Kompetenzen

Die Lernenden ...

- erklären die Bedeutung und grundlegende Funktionsweise der Photosynthese für die Bereitstellung von nachwachsenden Rohstoffen.
- erläutern den Kohlenstoffkreislauf.
- erklären den Treibhauseffekt.
- unterscheiden Biotreibstoffe und erläutern die einzelnen Herstellungsverfahren.

#### LK:

- erläutern das Fischer-Tropsch-Verfahren zur Herstellung von BTL-Treibstoffen.

#### Verbindliche Fachbegriffe

Photosynthese, Kohlenstoffkreislauf, Energiehaushalt der Erde, Treibhauseffekt, anthropogener Treibhauseffekt, Treibstoffe der 1. und 2. Generation, Pflanzenöl, Biodiesel, Umesterung, Bioethanol, Kohlenstoffdioxidbilanz

#### LK:

BTL-Treibstoff

#### Konkretisierung prozessbezogener Kompetenzen

Die Lernenden ...

- erkennen den Zusammenhang zwischen ihrer eigenen Lebensweise und aktuellen globalen Problemen.
- stellen Ursachen und Auswirkungen des Klimawandels dar und kommunizieren diese.
- nehmen ökologische und ökonomische Bewertungen verschiedener Treibstoffe vor.
- beurteilen verschiedene Informationen zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe und zum Klimawandel aus digitalen und analogen Quellen kritisch.

#### Vertiefungen

- Energetische Betrachtung verschiedener Energieträger (z. B. Verbrennungsenthalpien von Treibstoffen aus fossilen und regenerativen Quellen)
- Globale Gleichgewichte und Klimawandel (Klimamodellierung)
- Power-to-X-Technologien

#### Beispiele für experimentelle Arbeiten

- Unterscheidung der Eigenschaften von Treibstoffen (Viskosität/Flammpunkt)
- Umesterung von Rapsöl zu Biodiesel
- Bestimmung der Verbrennungsenthalpien verschiedener Treibstoffe mittels eines einfachen Kalorimeters
- Modellexperimente zum Treibhauseffekt



## **Themenbereich 4: Chemie verändert die Welt**

### **Thema 4.1: Kunststoffe**

Kunststoffe sind in unserem Alltag überall präsent, bei Verpackungen, beim Handy oder im Auto. Je nach Anwendung müssen die Kunststoffe dabei unterschiedliche Eigenschaften aufweisen, die durch die molekulare Struktur der Kunststoffe und Zusatzstoffe bestimmt werden. Da Erdöl als Ausgangsstoff für Kunststoffe nur begrenzt vorhanden ist und der rasante Anstieg von Kunststoffabfällen die Umwelt und die Gesundheit von Mensch und Tier belastet, sind Kunststoffrecycling, Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen und biologisch abbaubare Kunststoffe wichtige Entwicklungen für die Nutzung von Kunststoffen in der Zukunft.

### **Thema 4.2: Farbstoffe**

Farbstoffe aus Mineralien, Pflanzen und Tieren werden seit Jahrhunderten unter anderem für das Färben von Kleidung genutzt. Hinzu gekommen sind seit dem 19. Jahrhundert synthetische Farbstoffe. Da sich einige der synthetischen Farbstoffe als gesundheitsschädlich erwiesen haben, werden heute wieder vermehrt Naturfarbstoffe eingesetzt, z. B. in Lebensmitteln. Pflanzenfarbstoffe dienen nicht nur zum Färben, sondern spielen auch bei der Lichtreaktion der Photosynthese eine wichtige Rolle. Bei der künstlichen Photosynthese werden wesentliche Schritte der natürlichen Photosynthese mit dem Ziel nachgeahmt, Rohstoffe und Energie in industriellem Maßstab zu erzeugen.

### **Thema 4.3: Aromatische Systeme als wichtige Strukturelemente von Naturstoffen und Wirkstoffen in Medikamenten**

Der Name der Aromaten lässt sich auf den zum Teil intensiven Geruch dieser Stoffklasse zurückführen. Einige aromatische Verbindungen sind krebserregend oder zumindest gesundheitlich bedenklich. Andere sind Grundlage für wichtige pharmazeutische Wirkstoffe oder können als Naturstoffe aus Pflanzen und Pilzen isoliert werden, aus denen Wirkstoffe für Medikamente gewonnen werden. So ist ein Verständnis der Besonderheiten aromatischer Verbindungen eine wichtige Grundlage für die Gewinnung moderner Wirkstoffe, etwa in der Medizin.

<b>Thema 4.1: Kunststoffe</b>	
<p><b>Fachinhaltliche Kompetenzen</b></p> <p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ordnen Kunststoffe anhand ihrer Eigenschaften und Strukturen.</li> <li>• erklären die Entstehung wichtiger Kunststoffe über Reaktionen der Polymerisation, Polyaddition und Polykondensation und beschreiben deren Struktur.</li> <li>• beschreiben verschiedene Recyclingmethoden (werkstoffliche, rohstoffliche und energetische Kunststoffverwertung).</li> </ul> <p><b>LK:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• formulieren und erläutern den Mechanismus der radikalischen Polymerisation und der Veresterung.</li> <li>• beschreiben die Veränderung der Eigenschaften von Kunststoffen durch den Einsatz von Nanotechnologie (Nanostrukturierung, Nanopartikelverstärkte Kunststoffe).</li> </ul>	<p><b>Verbindliche Fachbegriffe</b></p> <p>Kunststoff, Makromolekül, Monomer, Polymer, Thermoplast, Duroplast, Elastomer, Polymerisation, Polyaddition, Polykondensation, Biokunststoff, Mikroplastik, Additiv, Kunststoffrecycling, Stoffkreislauf</p> <p><b>LK:</b> Nanotechnologie</p>
<p><b>Konkretisierung prozessbezogener Kompetenzen</b></p> <p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vergleichen verschiedene Kunststoffe anhand ausgewählter Kriterien.</li> <li>• diskutieren Vor- und Nachteile verschiedener Recyclingmethoden.</li> <li>• bewerten den Einsatz von Additiven (Weichmacher, Farb- und Füllstoffe, Flamm- schutzmittel, Antistatika) bei Kunststoffen.</li> <li>• bewerten die gesellschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung von Kunststoffen und Biokunststoffen aus Sicht der Nachhaltigkeit.</li> </ul>	
<p><b>Vertiefungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klebstoffe (Klebstoffarten, Wirkungsweise, Adhäsion, Kohäsion, Abbindemechanismen, Anwendungsgebiete und Art der Anforderungen)</li> <li>• Silicone (Herstellung und Struktur, Eigenschaften und Anwendungsgebiete, Siliconöle, Siliconharze und Siliconkautschuke)</li> </ul>	
<p><b>Beispiele für experimentelle Arbeiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herstellung von traditionellen Kunststoffen (z. B. Polyurethan, Nylon)</li> <li>• Herstellung von Biokunststoffen (z. B. Thermoplastische Stärke, Stärkefolie, Polymilchsäure)</li> <li>• Versuche zum Abbau von Kunststoffen</li> </ul>	

## Thema 4.2: Pflanzliche und synthetische Farbstoffe

### Fachinhaltliche Kompetenzen

Die Lernenden ...

- erklären Farbigkeit als Wechselwirkung von Strahlung und Materie.
- beschreiben die Molekülstruktur von farbigen, organischen Verbindungen und ordnen Farbstoffklassen zu.
- erläutern an Beispielen ausgewählter natürlicher und synthetischer Farbstoffe deren Vorkommen, Herstellung bzw. Isolierung sowie Verwendung.
- beschreiben die Grundzüge der Lichtreaktion der Photosynthese.

### Verbindliche Fachbegriffe

Elektromagnetisches Spektrum, Anregungsenergie, Absorptionsspektrum, Farbmischung, Komplementärfarbe, Farbstoffklasse (Azofarbstoffe, Triphenylmethanfarbstoffe, Polyene), Mesomerie, Delokalisation, Chromophor, Auxochrom und Antiauxochrom, Photometrie, Lichtreaktion der Photosynthese, Ladungstransfer, künstliche Photosynthese

### Konkretisierung prozessbezogener Kompetenzen

Die Lernenden ...

- interpretieren Absorptionsspektren photometrischer Messungen.
- beschreiben die Lichtreaktion der Photosynthese und die Möglichkeit der Nachahmung einer künstlichen Photosynthese.
- vergleichen und bewerten verschiedene natürliche und künstliche Farbstoffe anhand ausgewählter Kriterien (Nutzen und Risiko).
- bewerten das gesellschaftliche und ökologische Potential der natürlichen und künstlichen Photosynthese zur Erzeugung von Rohstoffen bzw. zur Energiegewinnung.

### Vertiefungen

- Farben und Färben im Alltag (z. B. Kleidung, Lebensmittel, Tätowierungen)
- Konzentrationsbestimmung in der Umwelt durch Photometrie bzw. Kolorimetrie

### Beispiele für experimentelle Arbeiten

- Herstellung von synthetischen Farbstoffen
- Extraktion und Chromatographie von Pflanzenfarbstoffen (z. B. Chlorophyll, Carotinoide)
- Untersuchungen von Farbstoffen z. B. in Lebensmitteln oder in Pflanzenextrakten mit Hilfe des Photometers
- Färben von Textilien mit Pflanzenfarbstoffen (z. B. Kurkuma, schwarzer Tee, Indigo)

### Thema 4.3: Aromatische Systeme in Natur- und Wirkstoffen

#### Fachinhaltliche Kompetenzen

Die Lernenden ...

- beschreiben das besondere Verhalten aromatischer Verbindungen im Vergleich zu aliphatischen Verbindungen.
- erklären die Struktur und Bindungsverhältnisse im Benzol mit dem Mesomeriemodell.
- geben typische Reaktionen aromatischer Verbindungen an und beschreiben typische Reaktionsbedingungen für einfache Beispiele.
- erklären den Begriff Wirkstoff und erläutern die Isolierung von Wirkstoffen aus Naturstoffen.
- beschreiben die Natur- und Wirkstoffsynthese als ein Zusammenspiel von Analyse, Synthese und Molecular Modelling.

#### LK:

- erklären die Struktur und Bindungsverhältnisse im Benzol mit dem einfachen Orbitalmodell.

#### Verbindliche Fachbegriffe

Benzol, Mesomerie, Aromatizität, elektrophile aromatische Substitution, Wirkstoff, Natur- und Wirkstoffsynthese, Molecular Modelling, ortho-, meta- und para-Stellung

#### LK:

Orbital, Hybridisierung,  $\sigma$ - und  $\pi$ -Bindung

#### Konkretisierung prozessbezogener Kompetenzen

Lernenden ...

- diskutieren die Grenzen der Lewis-Schreibweise zur Darstellung von Benzol.
- stellen Strukturen aromatischer Verbindungen mit Hilfe von digitalen Werkzeugen dar.
- erörtern Nutzen und Risiken von kanzerogenen aromatischen Verbindungen.
- bewerten die Auswirkungen der Entwicklung neuer Medikamente anhand ausgewählter Beispiele in historischen und aktuellen gesellschaftlichen Zusammenhängen.

#### Vertiefungen

- Nutzen und Risiken aromatischer Verbindungen am Beispiel von Medikamenten und Drogen (z. B. Aspirin, Crystal Meth, Methadon, Opiate, Valium bzw. Diazepam)
- Pestizide (z. B. Neonicotinoide) oder Duft- und Aromastoffe (z. B. Vanille und Vanillin)
- Zweitsubstitution, mesomerer und induktiver Effekt, Substituenten 1. und 2. Ordnung

#### Beispiele für experimentelle Arbeiten

- Synthese von Acetylsalicylsäure
- Nachweis der Inhaltsstoffe von Schmerzmitteln (mittels Dünnschichtchromatographie)
- Bromierung von Toluol
- Extraktion eines Naturstoffs (Coffein aus schwarzem Tee, Vanillin aus Vanilleschoten)

### 3.4 Themenfolgen und Schwerpunktsetzungen

Die in diesem Dokument beschriebenen Inhalte gliedern sich in Pflichtinhalte und Wahlthemen. Die Pflichtinhalte sind zwingend zu unterrichten, die Wahlthemen werden für den jeweiligen Abiturjahrgang vorher in einem Schwerpunktkatalog festgesetzt. Die Kursfolge in der Qualifikationsphase beschließt die Fachkonferenz Chemie der jeweiligen Schule im Rahmen der Vorgaben.

Um die Bildungsstandards thematisch zu erfüllen, müssen folgende Themen in allen Kursen verpflichtend unterrichtet werden:

**Thema 1.1:** Grundlagen des chemischen Gleichgewichtes

**Thema 1.2:** Protolysegleichgewichte

**Thema 1.3:** Kinetik und Katalyse

**Thema 3.1:** Energetik

**Thema 3.2:** Elektrochemie

**Thema 3.3:** Mit nachwachsenden Rohstoffen gegen den Klimawandel

**Thema 4.1:** Kunststoffe

Im Leistungskurs muss verpflichtend unterrichtet werden:

**Thema 4.3:** Aromatische Systeme in Natur- und Wirkstoffen

Aus den folgenden Themen müssen im Grundkurs ein Thema, im Leistungskurs zwei Themen verpflichtend unterrichtet werden:

**Thema 2.1:** Kohlenhydrate

**Thema 2.2:** Aminosäuren und Proteine

**Thema 2.3:** Fette und Öle

**Thema 4.2:** Pflanzliche und synthetische Farbstoffe

## 4. Leistungsbewertung

Die Dokumentation und Beurteilung der individuellen Entwicklung des Lern- und Leistungsstandes der Lernenden berücksichtigt nicht nur die Produkte, sondern auch die Prozesse schulischen Lernens und Arbeitens. Die Leistungsbewertung dient der Rückmeldung für Lernende, Erziehungsberechtigte und Lehrkräfte. Sie ist eine Grundlage verbindlicher Beratung sowie der Förderung der Lernenden. Mit Beginn der Qualifikationsphase wird die Leistungsbewertung Teil der Gesamtqualifikation des Abiturs und Grundlage für die Zulassung zur Abiturprüfung.

Prinzipiell zu unterscheiden sind Lern- und Leistungssituationen: In Lernsituationen wird die Intensität der konstruktiven Auseinandersetzung mit fachlichen Fehlern beurteilt. Fachliche Fehler werden hier nicht als Defizite, sondern als Quelle für die fachliche Weiterentwicklung angesehen. In Leistungssituationen hingegen gehen Quantität und Qualität fachlicher Fehler direkt in die Leistungsbeurteilung ein.

Grundsätze der Leistungsbewertung:

- Bewertet werden die im Unterricht und für den Unterricht erbrachten Leistungen der Lernenden.

- Die Leistungsbewertung findet mit Blick auf den Erwerb der zum jeweiligen Unterrichtsabschnitt gehörenden Kompetenzen unter Berücksichtigung der Anforderungsbereiche statt.
- Die Leistungsbewertung muss für Lernende sowie Erziehungsberechtigte transparent sein, die Kriterien der Leistungsbewertung müssen zu Beginn des Beurteilungszeitraums bekannt sein.
- Die Kriterien für die Leistungsbewertung und die Gewichtung zwischen den beiden unten genannten Beurteilungsbereichen werden in der Fachkonferenz festgelegt – im Rahmen der Vorgaben der Verordnung über die Gymnasiale Oberstufe.

Die beiden notwendigen Beurteilungsbereiche sind:

- (1) schriftliche Arbeiten unter Aufsicht und ihnen gleichgestellte Arbeiten und
- (2) die laufende Unterrichtsarbeit.

Für beide Bereiche werden Noten festgelegt. Die Gesamtnote darf sich nicht überwiegend auf die Ergebnisse des ersten Beurteilungsbereichs stützen.

- (1) Schriftliche Arbeiten unter Aufsicht und ihnen gleichgestellte Arbeiten

Schriftliche Arbeiten unter Aufsicht (Klausuren) dienen der Überprüfung der Lernergebnisse eines Unterrichtsabschnittes. Weiter können sie zur Unterstützung kumulativen Lernens auch der Vergewisserung über die Nachhaltigkeit der Lernergebnisse zurückliegenden Unterrichts dienen. Sie geben Aufschluss über das Erreichen der Ziele des Unterrichts. Im Verlauf der Gymnasialen Oberstufe sollen sich die Klausuren in ihren Anforderungen zunehmend inhaltlich und formal an den Anforderungen der schriftlichen Abiturprüfung orientieren.

Dies betrifft in formaler Hinsicht:

- die Formulierung der Aufgabenstellungen unter Verwendung der Operatoren, wie sie im Anhang beschrieben sind;
- die Verteilung der Bewertungseinheiten auf Aufgaben;
- die Verwendung der vier naturwissenschaftlichen Kompetenzbereiche;
- die Berücksichtigung der Anforderungsbereiche;
- die Verwendung von Hilfsmitteln.

- (2) Laufende Unterrichtsarbeit

Dieser Beurteilungsbereich umfasst alle von den Lernenden außerhalb der schriftlichen Arbeiten unter Aufsicht und den ihnen gleichgestellten Arbeiten erbrachten Unterrichtsleistungen. Dazu gehören beispielsweise

- die Qualität und Quantität der mündlichen und schriftlichen Mitarbeit unter Berücksichtigung der vier naturwissenschaftlichen Kompetenzbereiche, der Kompetenzen zur Bildung in der digitalen Welt und zur Bildung für nachhaltige Entwicklung;
- Mitarbeit und Qualität der Arbeit im Rahmen praktischer Arbeiten (z. B. Experimentieren, Protokollieren, Untersuchen);
- die selbstständige Bearbeitung von Übungsaufgaben im Unterricht in Einzel- oder Partnerarbeit;
- die Beteiligung bei Gruppenarbeit;

- die Güte der Kommunikation, mit der sich Lernende auf fachliche Inhalte und Gedankengänge anderer beziehen, diese aufgreifen, korrigieren oder weiterentwickeln;
- die Mitarbeit in Unterrichtsprojekten (z. B. mit gemeinsamem Produkt, gemeinsamer Präsentation, schriftlicher Prozessdokumentation);
- Arbeitsprodukte aus dem Unterricht wie Protokolle und Auswertungen von Experimenten, Lerntagebücher oder Portfolios;
- Hausaufgaben;
- längerfristig gestellte häusliche Arbeiten (z. B. Referate oder kleinere Facharbeiten);
- Präsentationen und Präsentationstechniken;
- Auswahl und Umgang mit geeigneten Medien.

## Anhang

### Operatoren für die naturwissenschaftlichen Fächer

Die standardisierten Arbeitsaufträge (Operatoren) werden in der folgenden Tabelle aufgeführt und erläutert. Diese Operatoren werden im Unterricht eingeführt. Sie signalisieren den Lernenden, welche Tätigkeiten sie bei der Erledigung von Arbeitsaufträgen ausführen sollen und welche beim Lösen von Aufgaben in Klausuren und Prüfungen von ihnen erwartet werden.

Die Verwendung eines Operators, der im Folgenden nicht genannt wird, ist möglich, wenn aufgrund der standardsprachlichen Bedeutung dieses Operators in Verbindung mit der Aufgabenstellung davon auszugehen ist, dass die jeweilige Aufgabe im Sinne der Aufgabenstellung bearbeitet werden kann (z. B. „durchführen“: Führen Sie das Experiment durch.)

Operator	Erläuterung
ableiten	auf der Grundlage von Erkenntnissen oder Daten sachgerechte Schlüsse ziehen
abschätzen	durch begründete Überlegungen Größenwerte angeben
analysieren	wichtige Bestandteile, Eigenschaften oder Zusammenhänge auf eine bestimmte Fragestellung hin herausarbeiten <i>Chemie zusätzlich:</i> einen Sachverhalt experimentell prüfen
aufstellen, formulieren	chemische Formeln, Gleichungen, Reaktionsgleichungen (Wort- oder Formelgleichungen) oder Reaktionsmechanismen entwickeln
Hypothesen aufstellen	eine Vermutung über einen unbekanntes Sachverhalt formulieren, die fachlich fundiert begründet wird
angeben, nennen	Formeln, Regeln, Sachverhalte, Begriffe oder Daten ohne Erläuterung aufzählen bzw. wiedergeben
auswerten	Beobachtungen, Daten, Einzelergebnisse oder Informationen in einen Zusammenhang stellen und daraus Schlussfolgerungen ziehen
begründen	Gründe oder Argumente für eine Vorgehensweise oder einen Sachverhalt nachvollziehbar darstellen
berechnen	Die Berechnung ist ausgehend von einem Ansatz darzustellen.
beschreiben	Beobachtungen, Strukturen, Sachverhalte, Methoden, Verfahren oder Zusammenhänge strukturiert und unter Verwendung der Fachsprache formulieren
beurteilen	Das zu fällende Sachurteil ist mithilfe fachlicher Kriterien zu begründen.
bewerten	Das zu fällende Werturteil ist unter Berücksichtigung gesellschaftlicher Werte und Normen zu begründen.
darstellen	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und unter Verwendung der Fachsprache formulieren, auch mithilfe von Zeichnungen und Tabellen
diskutieren	Argumente zu einer Aussage oder These einander gegenüberstellen und abwägen
erklären	einen Sachverhalt nachvollziehbar und verständlich machen, indem man ihn auf Regeln und Gesetzmäßigkeiten zurückführt
erläutern	einen Sachverhalt veranschaulichend darstellen und durch zusätzliche Informationen verständlich machen
ermitteln	ein Ergebnis oder einen Zusammenhang rechnerisch, grafisch oder experimentell bestimmen



herleiten	mithilfe bekannter Gesetzmäßigkeiten einen Zusammenhang zwischen chemischen bzw. physikalischen Größen herstellen
interpretieren, deuten	naturwissenschaftliche Ergebnisse, Beschreibungen und Annahmen vor dem Hintergrund einer Fragestellung oder Hypothese in einen nachvollziehbaren Zusammenhang bringen
ordnen	Begriffe oder Gegenstände auf der Grundlage bestimmter Merkmale systematisch einteilen
planen	zu einem vorgegebenen Problem (auch experimentelle) Lösungswege entwickeln und dokumentieren
skizzieren	Sachverhalte, Prozesse, Strukturen oder Ergebnisse übersichtlich grafisch darstellen
untersuchen	Sachverhalte oder Phänomene mithilfe fachspezifischer Arbeitsweisen erschließen
vergleichen	Gemeinsamkeiten und Unterschiede kriteriengeleitet herausarbeiten
zeichnen	Objekte grafisch exakt darstellen