



Lehrplan

# Chemie

Gymnasiale Oberstufe

Leistungskurs

Hauptphase

- Erprobungsphase -

2019

# Inhalt

Vorwort

Zum Umgang mit dem Lehrplan

Themenfelder Hauptphase der gymnasialen Oberstufe

Kompetenzerwartungen

Anhang

# Vorwort

Die gymnasiale Oberstufe bereitet die Schülerinnen und Schüler darauf vor, in einer globalisierten Welt unter sich wandelnden gesellschaftlichen Herausforderungen eine qualifizierte berufliche Ausbildung oder ein Hochschulstudium absolvieren zu können.

In der Sekundarstufe I berücksichtigt der Unterricht im Fach Chemie bzw. Naturwissenschaften an Gymnasien und Gemeinschaftsschulen die von der Kultusministerkonferenz (KMK) verabschiedeten Bildungsstandards<sup>1</sup>, um einen Beitrag zur naturwissenschaftlichen Grundbildung (Scientific Literacy) zu leisten. Diese Standards umfassen neben den inhaltsbezogenen Kompetenzen auch prozessbezogene Kompetenzen wie zum Beispiel Beurteilungskompetenzen und Kommunikationskompetenzen sowie methodische Kompetenzen und Lernstrategien, über die die Schülerinnen und Schüler verfügen sollen, um die inhaltsbezogenen Kompetenzen erwerben und anwenden zu können.

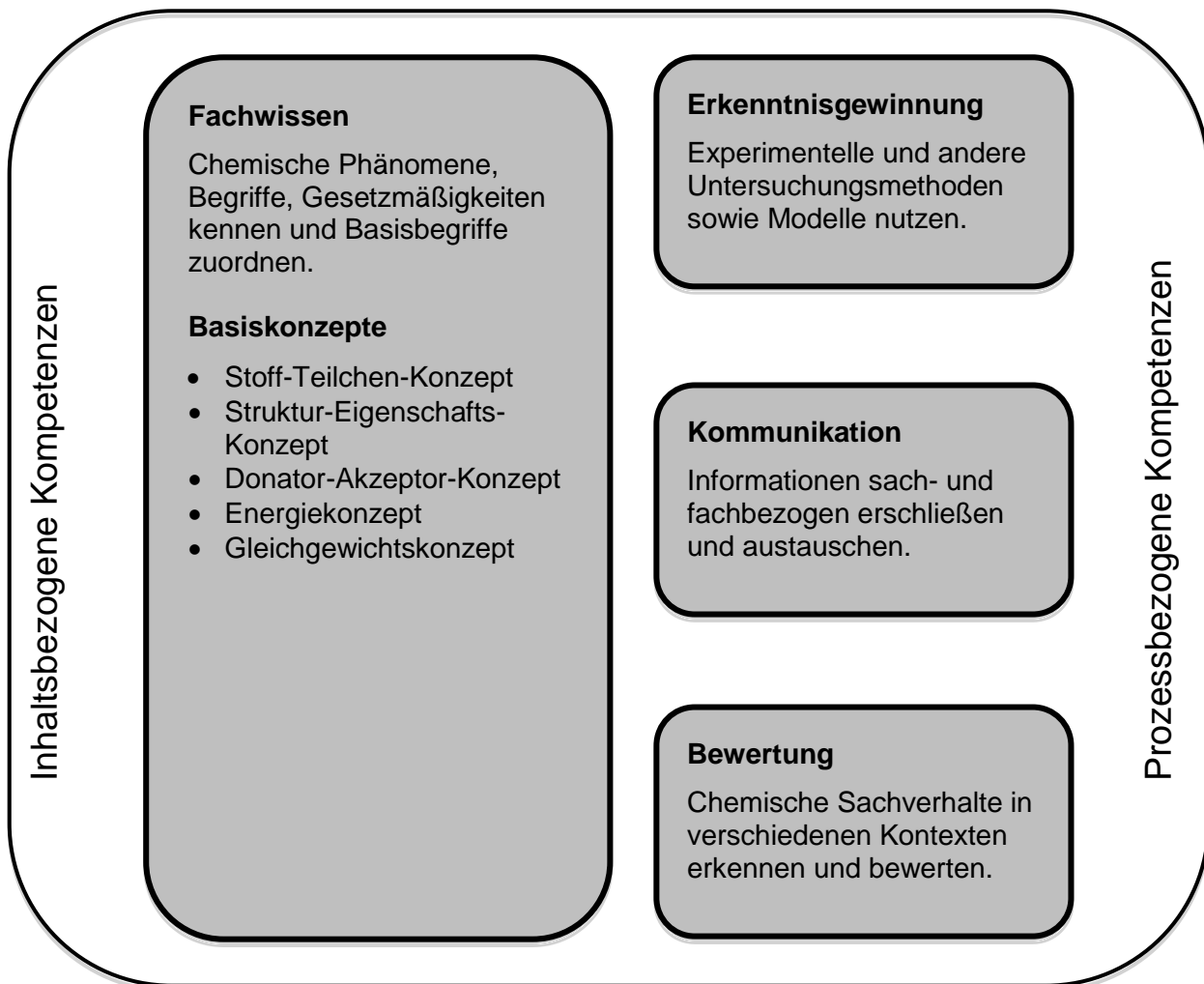
Der vorliegende Lehrplan für die gymnasiale Oberstufe basiert auf dem Unterricht im Fach Chemie bzw. Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I der Gemeinschaftsschule und des Gymnasiums. Er berücksichtigt die geltenden Einheitlichen „Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Chemie der KMK<sup>2</sup>“ geht von einem fachspezifischen Kompetenzmodell aus und formuliert verbindliche inhaltsbezogene und prozessbezogene Kompetenzerwartungen. Der Lehrplan trägt durch die Auswahl und den Anspruch der inhaltlichen Vorgaben dem besonderen Anforderungsprofil der gymnasialen Oberstufe Rechnung. Er beschränkt sich auf wesentliche Inhalte und Themen, und enthält darüber hinaus Hinweise und Vorschläge zur Unterrichtsgestaltung.

Das Kompetenzmodell für Chemie (siehe Abbildung) in der Sekundarstufe II beinhaltet gleichermaßen neben dem inhaltsbezogenen Kompetenzbereich „Fachwissen“ auch die prozessbezogenen Kompetenzen „Erkenntnisgewinnung“, „Kommunikation“ und „Bewertung“ als verbindliche Vorgaben für den Chemieunterricht.

---

<sup>1</sup> Vereinbarung über Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004), 2005: Luchterhand

<sup>2</sup> Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.12.1989 i.d.F. vom 05.02.2004



Kompetenzen werden in entsprechenden Kontexten erworben. Die fachlichen Inhalte werden auf der Grundlage von miteinander vernetzten Basiskonzepten erarbeitet, die ein systemisches und multiperspektivisches Denken sowie eine Beschränkung auf das Wesentliche fördern. Die Basiskonzepte gewährleisten sowohl eine vertikale Vernetzung zwischen verschiedenen Wissensniveaus als auch eine horizontale Vernetzung, indem sie anderen naturwissenschaftlichen Disziplinen chemische Begrifflichkeiten bereitstellen und beschreiben. Die prozessbezogenen Kompetenzen beschreiben die Handlungskompetenz der Schülerinnen und Schüler, die die Nutzung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen erfordern.

Im Chemieunterricht der gymnasialen Oberstufe wird das fachsystematische Lehren und Lernen weiter ausgebaut. Dies geschieht durch konsequente Weiterentwicklung der bereits in der Sekundarstufe I angelegten zentralen Basiskonzepte. Im Verlauf der gymnasialen Oberstufe werden die Basiskonzepte der Sekundarstufe I durch zwei weitere Konzepte ergänzt. Bis zum Ende der Hauptphase können die Schülerinnen und Schüler folgende Basiskonzepte in diversen Kontexten anwenden:

- das Stoff-Teilchen-Konzept
- das Struktur-Eigenschafts-Konzept
- das Donator-Akzeptor-Konzept
- das Energiekonzept
- das Gleichgewichtskonzept

Diese Basiskonzepte sind eng untereinander vernetzt und werden im Verlauf des Oberstufenunterrichts an verschiedenen Stellen des Lehrplans immer wieder gezielt angesprochen. Verbindungen und Vernetzungen werden aufgezeigt.

Die Anwendung chemischer Grundkenntnisse in alltäglichen, technischen und industriellen Zusammenhängen hat grundlegende Bedeutung für Entscheidungen und Bewertungen im ökonomischen, ökologischen und sozialen Bereich.

Dabei sollen sowohl Schülerinnen und Schüler, die nach der Schule ein naturwissenschaftliches oder verwandtes Studium oder einen Ausbildungsberuf anstreben als auch diejenigen, die für ihr weiteres Leben – voraussichtlich – keine vertieften Kenntnisse im Fach Chemie benötigen, adäquate Kompetenzen erwerben.

Es werden Kompetenzen aus folgenden Kompetenzbereichen vermittelt:

- Fachwissen
- Erkenntnisgewinnung
- Kommunikation
- Bewertung

Nach Abschluss der gymnasialen Oberstufe sollen die Schülerinnen und Schüler über folgende Kompetenzen verfügen:

- bestehendes Wissen durch neue chemische Erkenntnisse verändern und reorganisieren,
- ausgewählte Phänomene und Zusammenhänge erläutern und Bezüge zu den Basiskonzepten der Chemie herstellen,
- Arbeitsprozesse selbst organisieren und Arbeitsvorhaben zielgerichtet durchführen,
- Experimente selbst-planen und auswerten,
- Ergebnisse unter Anwendung der Fachsprache verständlich verbalisieren, im Zusammenhang darstellen und adressatenbezogen präsentieren,
- bei Bewertungen in chemischen Zusammenhängen Bewertungskriterien angeben und begründen,
- in chemischen und anwendungsbezogenen Kontexten und Zusammenhängen kriteriengeleitet Argumente abwägen und Stellung dazu nehmen.

Sie verfügen über Team-, Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit, die durch gemeinsames Experimentieren oder andere Formen der Gruppenarbeit gefördert wurden.

### **Themenfelder der Hauptphase der gymnasialen Oberstufe sind:**

Themenfeld A: Struktur-Eigenschaften-Beziehungen in organischen Verbindungen

Themenfeld B: Energetische Betrachtung von chemischen Reaktionen

Themenfeld C: Geschwindigkeit chemischer Reaktionen

Themenfeld D: Chemisches Gleichgewicht

Themenfeld E: Säure-Base-Reaktionen und ihre Anwendungen

Themenfeld F: Lösungsgleichgewichte in Natur und Technik

Themenfeld G: Redoxreaktionen und ihre Anwendungen

Themenfeld H: Reaktionen in der Organischen Chemie

## **Der Beitrag des Faches Chemie zur gymnasialen Bildung**

Naturwissenschaftliche Erkenntnisse und ihre Anwendung sind unverzichtbare Kompetenzen für die Gestaltung, Erhaltung und Entwicklung gegenwärtiger und künftiger Lebens- und Umweltbedingungen (Gestaltungskompetenz im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung).

Die Naturwissenschaften tragen dazu bei, dass die Schülerinnen und Schüler sich in unserer durch Naturwissenschaft und Technik geprägten Gesellschaft zurechtfinden und aktiv daran teilhaben können. Der dynamische naturwissenschaftliche Wissenszuwachs erfordert eine Grundbildung, die die Aneignung neuer Wissensbestände in der weiteren schulischen und außerschulischen Ausbildung ermöglicht und somit eine Basis für lebenslanges Lernen legt. Damit wird auch ein spezifischer Beitrag des Faches zur vertieften Allgemeinbildung geleistet.

Das naturwissenschaftliche Verständnis der Schülerinnen und Schüler beruht häufig auf Präkonzepten, die nicht oder nur sehr begrenzt einer wissenschaftlichen Überprüfung standhalten (Misconception; sog. nicht belastbare Vorstellungen). Daher ist es ein zentrales Ziel des Chemieunterrichts in der gymnasialen Oberstufe, anschlussfähige Kompetenzen zu vermitteln, die einen reflektierten Umgang mit Fakten und Aussagen des Alltags ermöglichen. Dies geschieht u. a. über anwendungsorientierte Kontexte, die Methoden und Fachwissen der Chemie vermitteln. Beobachtungen und Untersuchungen von Stoffen und Stoffumwandlungen, das Formulieren chemischer Fragestellungen, chemische Interpretation mathematisch bzw. symbolisch formulierter Zusammenhänge sowie die Entwicklung und Anwendung von Modellen und Theorien zur Erklärung chemischer Phänomene werden eingeübt und vertieft. Dies schließt den verantwortungsbewussten Umgang mit Chemikalien und Geräten im Alltag, im Labor, in der Umwelt und damit ein sicherheitsbewusstes Experimentieren ein.

Dabei dienen die Basiskonzepte zur Orientierung und Vernetzung.

Eine besondere Rolle kommt dem Chemieunterricht des 21. Jahrhunderts in weiteren Bereichen zu:

**Berufliche Orientierung:**

Zur Konkretisierung des schulischen Auftrages hat das Ministerium für Bildung und Kultur die Richtlinien zur Berufs- und Studienorientierung an allgemeinbildenden Schulen im Saarland in Kraft gesetzt. Berufliche Orientierung nach der Konzeption dieser Richtlinien wird verstanden als ein individueller Prozess der Annäherung und Abstimmung zwischen den eigenen Interessen, Stärken und Wünschen sowie den eigenen Einstellungen und Orientierungen der Schülerinnen und Schüler auf der einen Seite und den Möglichkeiten, Bedarfen und Anforderungen der Arbeits- und Berufswelt auf der anderen Seite.

Auch für die gymnasiale Oberstufe ist die Berufs- und Studienorientierung ein zentraler Auftrag. Eine modular aufgebaute Konzeption greift die berufsorientierenden Inhalte und Maßnahmen in der Sekundarstufe I auf, und führt sie im Sinne einer Berufs- und Studienorientierung weiter und vertieft diese.

Berufliche Orientierung zielt immer auf die Wahl eines Berufes oder einer Tätigkeit ab. Der Weg dorthin muss von den Schülerinnen und Schülern individuell geplant werden. Dafür ist es erforderlich, einerseits die vielfältigen Möglichkeiten wie beispielsweise duale Ausbildung, Studium oder duales Studium zu kennen. Darüber hinaus sollten den Schülerinnen und Schülern Berufsbilder bekannt sein.

Das Fach Chemie kann dazu einen Beitrag leisten, indem fachbezogen auch immer wieder Berufsbilder thematisiert werden und die Schülerinnen und Schüler dazu angehalten werden, sich damit auseinanderzusetzen. Die Berücksichtigung in den Themenfeldern kann auch z. B. in Form von Betriebserkundungen oder Exkursionen zu außerschulischen Lernorten erfolgen.

Hilfestellung für vertiefte Maßnahmen der Beruflichen Orientierung gibt das Handbuch „Berufliche Orientierung wirksam begleiten“. Informationen zu Berufen sind auf den Internetseiten der Bundesagentur für Arbeit unter <https://berufenet.arbeitsagentur.de> zu finden.

**Bildung für nachhaltige Entwicklung:**

Die Anforderungen der Gesellschaft des 21. Jahrhunderts bedingen, dass Nachhaltigkeit als Grundprinzip verstanden wird. Die Naturwissenschaft Chemie liefert u. a. mit den zwölf Regeln einer grünen Chemie Ansatzpunkte, die unter Einbezug von ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten einen Beitrag zur Nachhaltigen Entwicklung leisten. Die Aufgabe des Chemieunterrichts besteht darin, Nachhaltigkeit als Prinzip chemischer Forschung und chemischer Produktionsverfahren zu vermitteln und den Beitrag des Faches Chemie zur Nachhaltigen Entwicklung anhand relevanter Kontexte zu thematisieren. Die Thematik BNE wird als Querschnittsaufgabe in den Themenfeldern inhaltlich berücksichtigt, ohne ausdrücklich ausgewiesen zu werden.

**Medienbildung:**

Das Fach Chemie baut auf den (Grund) „Kompetenzen in der digitalen Welt“ bzw. dem Basiscurriculum Medienbildung des Saarlandes auf. Die Kompetenzen aus den Bereichen Bedienen und Anwenden, Informieren und Recherchieren, Kommunizieren und Kooperieren, Produzieren und Präsentieren, Analysieren und Reflektieren, Problemlösen und Modellieren werden weiterentwickelt und in spezifischen Settings für das naturwissenschaftliche Lernen nutzbar gemacht. Ferner sind diese Settings wichtig für chemiespezifische Ausbildungsberufe und Studiengänge.

# Zum Umgang mit dem Lehrplan

Der vorliegende Lehrplan benennt die Inhalte des Chemieunterrichts und konkretisiert das KMK-Kompetenzmodell.

Der Lehrplan berücksichtigt den Anspruch an ein handlungsorientiertes und schülerzentriertes Lernen. Inhalte werden mit prozessbezogenen Kompetenzen verknüpft. Der Lehrplan enthält hierzu Vorgaben, wie z. B. Schülerexperimente aus dem Bereich der Erkenntnisgewinnung. Bei allen Experimenten ist die „Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RISU)“ in der jeweils geltenden Fassung<sup>3</sup> zu beachten. Mit den auf die KMK-RISU abgestimmten Modulen „Gefahrstoffdatenbank“, „Chemikalienverwaltung“ und „Versuchsdatenbank mit interaktiver Gefährdungsbeurteilung“ unterstützt das Online-Portal „Gefahrstoffinformationssystem für den naturwissenschaftlich-technischen Unterricht der Gesetzlichen Unfallversicherung (DEGINTU)“ Lehrkräfte bei der sicheren Vorbereitung und Durchführung des Unterrichts. Zu Beginn eines jeden Schuljahres sind die Schülerinnen und Schüler auf die zur Unfallverhütung einzuhaltenden Regelungen hinzuweisen.

Bei Lernerfolgskontrollen sind alle Kompetenzbereiche zu berücksichtigen. Das bedeutet, dass Formate gewählt werden, die es den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, Kompetenzen aus den Bereichen Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung möglichst breitgefächert nachzuweisen.

Die Teile des Lehrplans sind nach Themenfeldern gegliedert. Damit trägt der Lehrplan sowohl einem an den prozessbezogenen Kompetenzen orientierten als auch einem fachsystematisch orientierten Unterricht Rechnung.

Den einzelnen Themenfeldern sind kurze Einleitungstexte vorangestellt. Diese beschreiben die Bedeutung und Alltagsrelevanz des jeweiligen Themenfeldes und machen Aussagen zu chemischen Basiskonzepten.

Anschließend sind in zwei Spalten verbindliche Kompetenzerwartungen formuliert.

Die linke Spalte enthält Erwartungen hinsichtlich des Kompetenzbereichs Fachwissen. Die rechte Spalte beinhaltet Erwartungen aus den Kompetenzbereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung.

Bei der Formulierung der Kompetenzerwartungen werden die im Anhang aufgelisteten und jeweils umschriebenen Operatoren verwendet. Sie verdeutlichen in Verbindung mit den Basisbegriffen das jeweils zu erreichende Anforderungsniveau. Die Basisbegriffe geben den Grad der Vertiefung und die Breite der Behandlung eines Themas an. Insofern sind sie ebenfalls als verpflichtend zu verstehen.

Am Ende jedes Themenfeldes werden erläuternde Hinweise (z. B. mögliche Kontexte, Erläuterung zum Modul, fächerübergreifende Hinweise, Experimente, Hinweise zu außerschulischen Lernorten) gegeben. Als Leitfaden für eine hierzu passende moderne, konsistente Unterrichtskonzeption bietet sich das erkenntnistheoretische Tetraeder der Chemie von Peter Mahaffy an, das das erkenntnistheoretische Dreieck von Johnstone (makroskopische Ebene = Stoff, submikroskopische Ebene = Teilchen, Re-präsentationsebene = Formel) zur Veranschaulichung der Denkebenen in der Chemie um den Alltagsbezug bzw. um den Kontext erweitert (s. Anhang).

Die einzelnen Themenfelder sind in Module gegliedert. Die Module sind themenfeldübergreifend kombinierbar. Dadurch ergeben sich größere Freiräume in der individuellen Gestaltung des Unterrichts. Zusätzlich erlaubt die Modularisierung eine verstärkte Vernetzung der Themenfelder innerhalb eines kontextorientierten Unterrichts.

---

<sup>3</sup> Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht. Empfehlung der Kultusministerkonferenz (s. [http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/1994/1994\\_09\\_09-Sicherheit-im-Unterricht.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/1994/1994_09_09-Sicherheit-im-Unterricht.pdf))



## Beispiel: Kontext Ozeanversauerung

Als Einstieg in den Kontext eignen sich Materialien für Schulen des Helmholtz-Zentrums für Ozeanforschung (GEOMAR) zum Thema Ozeanversauerung. An diesem Beispiel können Module der Themenfelder D (Chemisches Gleichgewicht) und E (Säure-Base-Reaktionen und ihre Anwendungen) erarbeitet werden. Insbesondere sind dies die Module

D1: Umkehrbare Reaktionen und chemisches Gleichgewicht

D2: Massenwirkungsgesetz

D3: Beeinflussung der Lage des chemischen Gleichgewichts

E1: Säure-Base-Theorie nach Brönsted

E2: Anwendung des MWG auf Säure-Base-Reaktionen und ihre Anwendungen

E3: pH- und pOH-Wert

E5: Puffersysteme

Die im gewählten Kontext nicht behandelten Module eines Themenfeldes oder einzelne Aspekte eines Moduls können in einer anschließenden Vertiefungsphase kontextunabhängig oder in einem anderen Kontext erarbeitet werden.

Als Richtwerte für die Gewichtung der verbindlich zu behandelnden Themenfelder bei der Planung des Unterrichts sind Prozentwerte angegeben.

Hinweis: Darüber hinaus lässt der Lehrplan Zeit für Vertiefungen, individuelle Schwerpunktsetzungen, fächerübergreifende Bezüge und die Behandlung aktueller Themen.

### Lernerfolgskontrollen

Neben dem Fachwissen sollen auch die Fähigkeiten und Fertigkeiten der Schülerinnen und Schüler zu experimentellem Arbeiten und die Umsetzung naturwissenschaftlicher Arbeitsmethoden bewertet werden und in die Gesamtnote einfließen. Für die Lehrkräfte sind die Ergebnisse der Lernerfolgskontrollen Anlass, die Ziele und die Methoden ihres Unterrichts zu überprüfen und ggf. zu modifizieren. Für die Schülerinnen und Schüler sollen die Rückmeldungen zu den erreichten Lernständen eine Hilfe für das weitere Lernen darstellen.

## Themenfelder Hauptphase der gymnasialen Oberstufe

Die Themenfelder und damit die Module des 1. und 2. Halbjahres der Hauptphase müssen nicht in der angegebenen Reihenfolge behandelt werden. Aus Gründen der besseren Anschlussfähigkeit für Quereinsteiger und Schülerinnen und Schüler, die nach dem 3. oder 4. Halbjahr der Hauptphase die Zulassung zur Abiturprüfung nicht erhalten, muss allerdings sichergestellt sein, dass die Themenfelder der ersten beiden Halbjahre der Hauptphase vollständig behandelt worden sind.

<b>Themenfelder 1. Halbjahr der Hauptphase</b>	<b>Chemie LK</b>
Themenfeld A: Struktur – Eigenschaften – Beziehungen in organischen Verbindungen	60 %
Themenfeld B: Energetische Betrachtung von chemischen Reaktionen	20 %
Themenfeld C: Geschwindigkeit chemischer Reaktionen (bis Modul C2)	20 %

<b>Themenfelder 2. Halbjahr der Hauptphase</b>	<b>Chemie LK</b>
Themenfeld C: Geschwindigkeit chemischer Reaktionen (ab Modul C3)	20 %
Themenfeld D: Chemisches Gleichgewicht	60 %
Themenfeld E: Säure-Base-Reaktionen und ihre Anwendungen (bis Modul E2)	20%

<b>Themenfelder 3. und 4. Halbjahr der Hauptphase</b>	<b>Chemie LK</b>
Themenfeld E: Säure-Base-Reaktionen und ihre Anwendungen (ab Modul E3)	20 %
Themenfeld F: Lösungsgleichgewichte in Natur und Technik	10 %
Themenfeld G: Redoxreaktionen und ihre Anwendungen	40 %
Themenfeld H: Reaktionen in der Organischen Chemie	30 %

Das Wissen über den Bau der Atome bietet die Grundlage für das Verständnis von chemischen Vorgängen (**Stoff-Teilchen-Konzept**).

Beobachtbare und messbare Eigenschaften der Stoffe ergeben sich aus dem Bau der Atome und Moleküle sowie deren Anordnung und deren Wechselwirkung untereinander. Damit ermöglicht die Kenntnis der atomaren und molekularen Struktur die Voraussage von Stoffeigenschaften. Umgekehrt erlaubt die Ermittlung von Stoffeigenschaften wiederum Rückschlüsse auf die Art und Organisationsstruktur der zugrunde liegenden Teilchen. Die Schülerinnen und Schüler erweitern und festigen auf diese Weise ihr Wissen über den Zusammenhang zwischen Struktur, Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten der Stoffe, indem sie die Basiskonzepte **Stoff-Teilchen-Konzept** und **Struktur-Eigenschafts-Konzept** anwenden, um somit Stoffe zu klassifizieren und zu systematisieren.

Die Behandlung organischer Kohlenstoffverbindungen ist für die Chemie grundlegend und ermöglicht den Schülerinnen und Schülern zahlreiche Zugänge zum Verständnis und zur Einschätzung von Stoffen des Alltags und der Lebenswelt. Vertreter einer Stoffklasse zeigen gemeinsame, aber auch spezifische Eigenschaften. Erklären lässt sich dies mit dem **Struktur-Eigenschafts-Konzept**.

**Kompetenzerwartungen**

	<b>Fachwissen</b>	<b>Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung</b>
<b>A 1</b>	<b>Bindungsverhältnisse in molekularen Stoffen (Wiederholung EF A1.1 bis A1.4)</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Aufbau der Alkane, Alkene, Alkine und Alkohole mit Hilfe von Strukturformeln,</li> <li>• geben für die Begriffe funktionelle Gruppe, Homologe Reihe, Stereoisomerie, Gerüstisomerie und cis/trans-Isomerie die Definition an,</li> <li>• vergleichen organische Moleküle und einfache anorganische Moleküle hinsichtlich der unpolaren und polaren Atombindung,</li> <li>• geben den Zusammenhang zwischen Dipolcharakter, Polarität und Molekülgeometrie an.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden das EPA-Modell und das Kugelwolkenmodell zur Erklärung der Bindungswinkel und der Molekülgeometrie der Alkane, Alkene, Alkine und Alkohole an,</li> <li>• ermitteln die Polarität der Atombindung über die Elektronegativitätsdifferenzen,</li> <li>• vergleichen die Bindungsstärke von polarer und unpolarer Atombindung in Bezug auf die Elektronegativitätsdifferenzen.</li> </ul>

**Kompetenzerwartungen**

	<b>Fachwissen</b>	<b>Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung</b>
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die zwischenmolekularen Wechselwirkungen (Van-der-Waals-Kräfte (VdW), Dipol-Dipol-Wechselwirkungen (DDWW), H-Brücken).</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zeichnen Moleküle in der Lewis-Schreibweise und geben die Partialladungen an,</li> <li>• erstellen einfache Moleküle mit Hilfe eines Modellbaukastens,</li> <li>• erklären die Zusammenhänge zwischen Siede- und Schmelztemperaturen von molekularen Stoffen und den zwischenmolekularen Wechselwirkungen,</li> <li>• erklären das Lösungsverhalten von molekularen Stoffen und verwenden dabei die Fachbegriffe hydrophil/hydrophob bzw. lipophil/lipophob,</li> <li>• führen einfache Experimente zur Untersuchung des Lösungsverhaltens verschiedener Stoffe durch und werten diese aus.</li> </ul>
<b>A 2</b>	<b>Orbitalmodell und Elektronenkonfiguration</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geben für den Begriff Orbital eine Definition an,</li> <li>• nennen die Quantenzahlen und geben deren Bedeutung an,</li> <li>• beschreiben die Orbitalformen in Bezug zu den Quantenzahlen,</li> <li>• nennen die Besetzungsregeln (Energie-Prinzip, HUND-Regel und PAULI-Prinzip) von Elektronen in der Atomhülle.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen s- und p-Orbitale graphisch dar,</li> <li>• erkennen die Orbitalform als modellhafte Beschreibung des Energiezustandes von Elektronen.</li> </ul>

Kompetenzerwartungen		
	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
		<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Zusammenhänge zwischen der Elektronenkonfiguration, der Eigenschaften und der Stellung eines Elementes im PSE.</li> </ul>
<b>A 3</b>	<b>Molekülorbitale</b>	
<b>A 3.1</b>	<b>Molekülorbitale ohne Hybridisierung</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben modellhaft das Entstehen von Molekülorbitalen durch Überlappen von halbbesetzten s- und p-Atomorbitalen.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zeichnen die Orbitaldarstellungen von Wasserstoff, Halogenen und Halogenwasserstoffen.</li> </ul>
<b>A 3.2</b>	<b>Hybridisierungskonzept</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geben für den Begriff Hybridisierung die Definition an,</li> <li>• stellen die jeweiligen Hybridisierungszustände des Kohlenstoffs in einem Energieniveau-Schema dar,</li> <li>• stellen die jeweiligen Hybridisierungszustände von Sauerstoff und Stickstoff in einem Energieniveau-Schema dar.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erkennen an der Elektronenkonfiguration des C-Atoms im Methanmolekül den Widerspruch zwischen dem Bau des Moleküls und den Bindungsmöglichkeiten des Kohlenstoff-Atoms im Grundzustand,</li> <li>• entwickeln ausgehend vom Grundzustand modellhaft die Hybridisierungszustände des Kohlenstoffatoms am Beispiel geeigneter Alkane, Alkene und Alkine (<math>sp^3</math>-, <math>sp^2</math>-, <math>sp</math>- Hybridisierung),</li> <li>• entwickeln analog zum Kohlenstoffatom modellhaft die Hybridisierungszustände Sauerstoff und Stickstoff.</li> </ul>

**Kompetenzerwartungen**

	<b>Fachwissen</b>	<b>Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung</b>
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vergleichen <math>\sigma</math>- und <math>\pi</math>-Bindungen (Mehrfachbindungen) hinsichtlich des Energiegehaltes, der Drehbarkeit und der Symmetrie.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zeichnen die Orbitaldarstellungen geeigneter Moleküle und beschreiben die zugrunde liegenden Bindungsverhältnisse,</li> <li>• erläutern das Hybridisierungskonzept im Zusammenhang mit dem EPA-Modell.</li> </ul>
<b>A 4</b>	<b>Mesomerie</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geben die LEWIS-Schreibweise für Benzol und 1,3-Butadien als Beispiel für Verbindungen mit konjugierten Doppelbindungen an,</li> <li>• geben die Definition der Mesomerie als Bindungszustand mit delokalisierten <math>\pi</math>-Elektronen an,</li> <li>• begründen die besondere Stabilität von Verbindungen mit delokalisiertem <math>\pi</math>-Elektronensystemen (Mesomerieenergie),</li> <li>• nennen Farbigkeit als besondere Eigenschaft von Molekülen mit delokalisierten <math>\pi</math>-Elektronensystemen.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zeichnen 1,3-Butadien, Benzol und weitere geeignete Verbindungen mit delokalisiertem <math>\pi</math>-Elektronensystem in der Orbitaldarstellung,</li> <li>• stellen die Mesomerie mithilfe von Grenzstrukturen in der Lewis-Schreibweise dar,</li> <li>• erklären die Eigenschaften Farbigkeit und Reaktionsbereitschaft von Molekülen mit Hilfe der vorliegenden Bindungsverhältnisse.</li> </ul>
<b>A 5</b>	<b>Stoffklassen, funktionelle Gruppen (O- und N-haltig)</b>	
<b>A 5.1</b>	<b>Nomenklatur von sauerstoff- und stickstoffhaltigen organischen Verbindungen</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geben die Namen verschiedener organischer Stoffklassen an (siehe Hinweise),</li> <li>• geben Namen und Formel der funktionellen Gruppen dieser Stoffklassen an,</li> <li>• benennen einfache, unverzweigte organische Verbindungen nach den IUPAC-Regeln.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• übertragen das Konzept der Homologen Reihe auf die sauerstoffhaltigen organischen Verbindungen.</li> </ul>

Kompetenzerwartungen		
	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>benennen die Trivialnamen alltagsrelevanter einfacher sauerstoffhaltiger organischer Verbindungen (Alkohole, Aldehyde, Ketone, Carbonsäuren, Hydroxycarbonsäuren).</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>zeichnen sauerstoffhaltige organische Moleküle.</li> </ul>
<b>A 5.2</b>	<b>Physikalische Eigenschaften sauerstoffhaltiger organischer Verbindungen</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erklären die zwischenmolekularen Wechselwirkungen in sauerstoffhaltigen organischen Verbindungen,</li> <li>erklären die relativ hohen Schmelz- und Siedetemperaturen von Carbonsäuren (Dimerisierung).</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erklären das Lösungsverhalten von sauerstoffhaltigen organischen Verbindungen unter Verwendung der Fachbegriffe hydrophil/hydrophob bzw. lipophil/lipophob,</li> <li>begründen die unterschiedlichen Schmelz- und Siedetemperaturen von gesättigten und ungesättigten organischen Verbindungen mit Hilfe der unterschiedlichen Molekülgeometrie,</li> <li>begründen die Schmelz- und Siedetemperaturen sauerstoffhaltiger organischer Verbindungen mit Hilfe der zwischenmolekularen Wechselwirkungen.</li> </ul>
<b>A 5.3</b>	<b>Überblick über die Stoffklassen der organischen Chemie</b>	
		<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erstellen einen tabellarischen Überblick über die Stoffklassen mit Strukturformel und der Benennung der funktionellen Gruppen und dem einfachsten Vertreter (siehe Hinweise),</li> <li>recherchieren und beschreiben die Bedeutung alltagsrelevanter organischer Verbindungen hinsichtlich Gesellschaft, Wirtschaft, Umwelt und Nachhaltigkeit.</li> </ul>

**Basisbegriffe**

Anregungszustand, Atombindung, Orbital, Atomorbital, Molekülorbital, Bindungswinkel, Dipol, Elektronegativität, Dipol-Dipol-Wechselwirkungen, freie Elektronenpaare, bindende Elektronenpaare, Hybridisierung, Hybridisierungszustand, Partialladung, polare Atombindung, unpolare Atombindung, Valenzstrichformel, Lewis-Formel,  $\sigma$ -Bindung,  $\pi$ -Bindung, Van-der-Waals-Kräfte, Strukturformel, Summenformel, Mesomerie, hydrophil, hydrophob, lipophil, lipophob, funktionelle Gruppe, Elektronenkonfiguration, Elektronenzellen-Schreibweise nach Pauling (Kästchenschreibweise), delokalisierte Elektronen, ungesättigte und gesättigte Carbonsäuren, Bindungsenergie, Isomerie, Homologe Reihe

**Vorschläge und Hinweise**

**Kontexte**

Farbstoffe, OLED, Ölverschmutzung, Reinigungsmittel

**Orbitalmodell und Elektronenkonfiguration**

- Das Energiestufenmodell kann über die Interpretation der Ionisierungsenergien oder über die Auswertung von Spektren hergeleitet werden.
- Ausgehend vom Energiestufen-Modell und den Erkenntnissen Heisenbergs kann in einfacher und anschaulicher Weise an den Orbitalbegriff herangeführt werden.
- Als Merkhilfe für die Reihenfolge der Elektroneneinordnung in die Hülle bieten sich das Schachbrettschema oder ein ähnliches Schema an.
- Ein Hinweis auf Nebengruppenelemente, Lanthanoide und Actinoide und möglicher Elektronenkonfigurationen kann gegeben werden.
- Auf die Darstellung von d- und f-Orbitalen kann hingewiesen werden.
- Auf die besondere Stabilität halbbesetzter und vollbesetzter d- bzw. f-Orbitale kann hingewiesen werden.

**Hybridisierungskonzept**

- Die unterschiedlichen Hybridisierungen des Kohlenstoff-Atoms und die daraus resultierenden Eigenschaften können am Beispiel von Diamant und Graphit veranschaulicht werden.
- Auf die Bindungsverhältnisse in Beryllium- und Borverbindungen soll nicht eingegangen werden.

**Nomenklatur von sauerstoff- und stickstoffhaltigen organischen Verbindungen**

- Trivialnamen: Holzgeist, Weingeist, Brennspiritus, Trinkalkohol, Glycerin, Glycol, Sorbitol, Formaldehyd, Acetaldehyd, Aceton, Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, Milchsäure, Brenztraubensäure, Oxalsäure
- Die Stoffklassen sind Alkohol, Aldehyd, Keton, Carbonsäure, Carbonsäureester, Aminosäuren und Amine.
- Das Zeichnen der Strukturformeln soll in der Darstellung aus den Modulen A 1.1, A 3 und A 4 erfolgen.

**Überblick über die Stoffklassen der organischen Chemie**

- Die Stoffklassen sind Alkane, Alkene, Alkine, Alkohole, Alkanone, Alkanale, Carbonsäuren, Carbonsäureester, Aminosäuren und Amine.



**Vorschläge und Hinweise**

**Fächerübergreifende Hinweise**

- Lehrplan Physik (Atomvorstellung)
- Lehrplan Biologie (Fette, Biomembran)
- Lehrpläne Erdkunde/Politik (Umweltaspekte...)

**Mögliche Experimente/Schülerübungen**

- Bestimmen von Schmelz- und Siedetemperaturen
- Löslichkeit verschiedener Stoffe in Wasser oder Öl
- Ablenkung eines Wasserstrahls und/oder Heptanstrahls
- Erhitzen gleicher Mengen von Wasser und Heptan in der Mikrowelle
- Bestimmung der Verdunstungsdauer verschiedener Verbindungen

Chemische Reaktionen sind neben dem Stoffumsatz auch mit einem Energieumsatz verbunden (**Energiekonzept**). Die quantitative Bestimmung von Reaktionswärmen und ihre Umsetzung auf anwendungsbezogene Dimensionen stellen einen erkenntnisgeleiteten Weg zur Einschätzung und zum Verständnis energetischer Problemstellungen dar und sind auf der Basis klarer Definitionen des Energiebegriffs eine geeignete Grundlage für die globale Energiediskussion.

Zum Voraussagen und Erklären chemischer Reaktionen wenden die Schülerinnen und Schüler auch die experimentelle Methode an. Sie nutzen mathematische Verfahren zur Berechnung von Stoff- und Energieumsätzen und beherrschen den Umgang mit moderner Rechentechnik.

Sie beschreiben und veranschaulichen chemische Sachverhalte unter Nutzung der Fachsprache und sind in der Lage, grafische Darstellungen zu analysieren und zu interpretieren.

**Kompetenzerwartungen**

	<b>Fachwissen</b>	<b>Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung</b>
<b>B 1</b>	<b>Energie chemischer Reaktionen</b>	
	Die Schülerinnen und Schüler <ul style="list-style-type: none"> <li>• nennen Energieformen (Wärme, Licht elektrische, kinetische, potenzielle und chemische Energie) und erläutern Möglichkeiten der Umwandlung von Energieformen,</li> <li>• geben die Definition für Energie an und nennen die Einheit,</li> <li>• geben die Definition für den Energieerhaltungssatz an.</li> </ul>	Die Schülerinnen und Schüler <ul style="list-style-type: none"> <li>• prüfen und bewerten Darstellungen in Medien bzgl. des Energieerhaltungssatzes hinsichtlich ihrer fachlichen Richtigkeit.</li> </ul>
<b>B 2</b>	<b>Enthalpie (H)</b>	
	Die Schülerinnen und Schüler <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben exotherme und endotherme Reaktionen mittels Energie-Reaktionsverlauf-Diagrammen,</li> <li>• geben die Definition der Enthalpie als Wärmehalt bei konstantem Druck an,</li> <li>• geben die Definition für die Standard-Enthalpie (<math>\Delta H^\circ</math>), für die Standard-Bildungsenthalpie (<math>\Delta_f H^\circ_m</math>) und für die Reaktionsenthalpie (<math>\Delta_r H^\circ_m</math>) an,</li> <li>• geben die Definition für den Begriff Neutralisationsenthalpie an.</li> </ul>	Die Schülerinnen und Schüler <ul style="list-style-type: none"> <li>• berechnen Reaktionsenthalpien aus Standard-Bildungsenthalpien und umgekehrt,</li> <li>• planen ein Experiment zur Bestimmung der Neutralisationsenthalpie von HCl und NaOH, führen dieses durch und diskutieren mögliche Fehler.</li> </ul>

Kompetenzerwartungen	
	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
Fachwissen	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• berechnen und vergleichen Verbrennungsenthalpien von Nährstoffen, fossilen und regenerativen Brennstoffen,</li> <li>• bewerten die Bedeutung fossiler und regenerativer Energieträger aufgrund ihrer Reaktionsenthalpien und hinsichtlich ökologischer und ökonomischer Aspekte.</li> </ul>
Basisbegriffe	
<p>Energie, Energieerhaltungssatz, exotherm, endotherm, Enthalpie, Standardbedingungen, Druck, Standardbildungsenthalpie, Verbrennungsenthalpie, Reaktionsenthalpie, Neutralisationenthalpie, Standardenthalpie, fossiler Energieträger, regenerativer Energieträger, Nährstoff, Energieumwandlung, Energiewandler, Energieform, Joule</p>	
Vorschläge und Hinweise	
<p><b>Kontexte</b></p> <p>Photosynthese, Taschenwärmer, Thermoskanne, Nahrungsmittel, Brennstoffe und Treibstoffe, Click- und Shake-Getränke, Trocknungsmittel (Silica-Gel), Stoffkreisläufe, Fettbrände, Metallgewinnung, globale Energiegewinnung, Mobilität durch Energie, Treibhauseffekt</p> <p><b>Enthalpie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zur Berechnung von Enthalpien wurde die Enthalpie (H) eines Elementes im energieärmsten Zustand unter Standardbedingungen (25°C, 1000 hPa) willkürlich null gesetzt.</li> <li>- Standardbildungsenthalpien können Tabellen entnommen werden.</li> <li>- Die (molare) Reaktionsenthalpie einer Reaktion kann aus den (molaren) Standardbildungsenthalpien der Edukte und Produkte berechnet werden: <math>\Delta_r H^\circ_m = \sum \Delta_f H^\circ_m(\text{Produkte}) - \sum \Delta_f H^\circ_m(\text{Edukte})</math>.</li> </ul>	
<p><b>Fächerübergreifende Hinweise</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lehrplan Physik (Energie)</li> <li>- Lehrpläne Erdkunde/Politik/Wirtschaftslehre (Energie, fossile und regenerative Energieträger)</li> <li>- Lehrplan Biologie (Stoffwechselphysiologie, Assimilation, Dissimilation, Nährstoffe)</li> </ul>	
<p><b>Mögliche Experimente/Schülerübungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaktion von weißem und blauem Kupfersulfat</li> <li>- Bau eines einfachen Kalorimeters</li> <li>- Kalorimetrische Ermittlung der Lösungs-, Reaktions- und Neutralisationsenthalpien</li> </ul>	

**Vorschläge und Hinweise**

- Lösen von Natriumthiosulfat oder Kaliumnitrat in Wasser
- Reaktion von Bariumhydroxid mit Ammoniumiodid
- Thermolyse von Silberoxid
- Kalkbrennen
- Reaktion von Salzsäure mit einer Soda-Lösung
- Bestimmung der Neutralisationsenthalpie von HCl und NaOH
- Bestimmung der Latentwärme verschiedener Salze
- Ermittlung von Lösungs- und/oder Reaktionsenthalpien
- Endotherme und exotherme Lösungsvorgängen von Salzen

**Hinweise zu außerschulischen Lernorten**

- Betriebserkundung einer Müllverbrennungsanlage
- Exkursion zum Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz
- Exkursion zum Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Verkehr

Für alle chemischen Prozesse ist es wichtig, wie die Geschwindigkeit von Reaktionen gemessen und beeinflusst werden kann, um Energie und damit Kosten zu sparen. Experimentelle Beobachtungen zeigen sowohl quantitativ als auch qualitativ die Bedeutung der Reaktionsgeschwindigkeit. Mithilfe von Messwerten sind die Schülerinnen und Schüler in der Lage, eine sinnvolle Definition und eine mathematische Beschreibung der Reaktionsgeschwindigkeit abzuleiten und auch Diagramme unter Verwendung der Fachsprache zu interpretieren.

Über die Untersuchung der Reaktionsgeschwindigkeit in ausgewählten Experimenten können die beobachtbaren Abhängigkeiten der Reaktionsgeschwindigkeit von z. B. Konzentration und Temperatur erklärt und auf Teilchenebene mit Hilfe der Kollisionstheorie (Stoßtheorie) gedeutet werden (**Teilchen-Konzept**). Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass die Teilchen der Ausgangsstoffe eine bestimmte Mindestenergie aufbringen müssen, damit daraus Reaktionsprodukte entstehen können (**Energiekonzept**).

In einfachen Experimenten erfahren die Schülerinnen und Schüler die Beeinflussung chemischer Reaktionen mit Hilfe von Katalysatoren und können dadurch zahlreiche Bezüge zu Alltag, Natur und Technik herstellen.

**Kompetenzerwartungen**

	<b>Fachwissen</b>	<b>Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung</b>
<b>C 1</b>	<b>Reaktionsgeschwindigkeit: Definition</b>	
	Die Schülerinnen und Schüler <ul style="list-style-type: none"> <li>nennen Reaktionen aus dem Alltag mit unterschiedlichen Reaktionsgeschwindigkeiten,</li> <li>geben die Definition für die Reaktionsgeschwindigkeit als Quotient aus dem Betrag der Konzentrationsänderung eines Reaktionspartners und der dazu benötigten Zeit an.</li> </ul>	Die Schülerinnen und Schüler <ul style="list-style-type: none"> <li>leiten aus experimentellen Ergebnissen eine Definition der Reaktionsgeschwindigkeit ab.</li> </ul>
<b>C 2</b>	<b>Einflussgrößen Kinetik</b>	
	Die Schülerinnen und Schüler <ul style="list-style-type: none"> <li>geben Möglichkeiten der Beeinflussung der Reaktionsgeschwindigkeit bei chemischen Reaktionen (Änderung der Teilchenkonzentrationen, des Partialdrucks und der Temperatur) bzw. deren Abhängigkeit von der Grenzfläche bei heterogenen Reaktionen an.</li> </ul>	Die Schülerinnen und Schüler <ul style="list-style-type: none"> <li>deuten den Einfluss der genannten Parameter mithilfe der Kollisionstheorie (Stoßtheorie).</li> </ul>

## Kompetenzerwartungen

	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
<b>C 3</b>	<b>Arbeit mit Diagrammen</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erstellen und interpretieren Diagramme (Konzentrations-Zeit-Diagramm, Reaktionsgeschwindigkeits-Zeit-Diagramm, Energie-Reaktionsweg-Diagramm).</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ordnen Diagrammverläufe unterschiedlichen Reaktionsbedingungen zu,</li> <li>• wenden die RGT-Regel auf Alltagsbeispiele an.</li> </ul>
<b>C 4</b>	<b>Maxwell-Boltzmann-Energieverteilung</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• begründen den Temperatureinfluss auf die Reaktionsgeschwindigkeit mithilfe des Maxwell-Boltzmann Energieverteilungsdiagramms.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• führen die Reaktion von verdünnter Salzsäure mit Magnesiumband, Magnesiumspänen und Magnesiumpulver durch,</li> <li>• stellen für die von ihnen durchgeführten Experimenten eine begründete Hypothese über die Entwicklung der Reaktionsgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Zeit auf,</li> <li>• erstellen und interpretieren Maxwell-Boltzmann-Energieverteilungsdiagramme.</li> </ul>
<b>C 5</b>	<b>Katalyse</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geben die Definition für homogene und heterogene Katalyse an,</li> <li>• geben die Definition für Katalysatoren anhand ihrer Eigenschaften an.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• planen einfache Experimente zur Katalyse, führen diese durch und werten diese aus,</li> <li>• erläutern den Einfluss von Katalysatoren auf chemische Reaktionen.</li> </ul>

## Kompetenzerwartungen

	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>nennen den Autoabgas-Katalysator und enzymatisch gesteuerte Reaktionen als Beispiele bedeutsamer Katalysen.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>vergleichen und interpretieren Diagramme katalysierter und nichtkatalysierter Reaktionen aus den Modulen C 3 und C 4.</li> </ul>

## Basisbegriffe

homogene Katalyse, heterogene Katalyse, Katalysator, Maxwell-Boltzmann-Energieverteilungsdiagramm, Reaktionsgeschwindigkeit, Konzentration, Partialdruck, RGT-Regel, Kollisionstheorie, enzymatische Reaktion, Autoabgaskatalysator

## Vorschläge und Hinweise

## Kontexte

Bombardierkäfer, Chemie im Mund, Explosionen, Blitzlicht, Treibstoffe, Kühlen und Heizen von Lebensmitteln, Reinigungsmittel, Konservendosen und Konservierung, Autoabgas, Enzyme, Korrosion

## Reaktionsgeschwindigkeit: Definition

- Auf die Unterscheidung von mittlerer Geschwindigkeit bzw. Durchschnittsgeschwindigkeit und Momentangeschwindigkeit kann verzichtet werden.
- Es empfiehlt sich darauf hinzuweisen, dass es unerheblich ist, ob man die Reaktionsgeschwindigkeit auf die Konzentration eines Eduktes oder Produktes bezieht, da sich die Reaktionsgeschwindigkeit mit Hilfe der Reaktionsgleichung auf jeden Reaktionspartner umrechnen lässt. Die Zunahme der Konzentration der Produkte bzw. die Abnahme der Konzentration der Edukte wird in der Definition durch das Vorzeichen berücksichtigt.

## Arbeit mit Diagrammen

- Beschreibung der Abhängigkeiten, charakteristische Kurvenverläufe (z. B. Sättigungskurve, Optimumkurve, Exponentialkurve, x-Achsenparallele, Gerade...), charakteristische Punkte (z. B. Maximum, Minimum, Achsenschnittpunkte, Kurvenschnittpunkte, Sättigungskonzentration...), Erklärung
- Die Arbeit mit Diagrammen ist ein integraler Bestandteil des Kursunterrichtes. Die zuvor erwähnte Vorgehensweise bei der Arbeit mit Diagrammen soll unabhängig vom Thema geübt und angewendet werden.

## Fächerübergreifende Hinweise

- Lehrplan Biologie (Enzymatik, RGT-Regel)
- Lehrplan Physik (geradlinige Bewegung, Geschwindigkeit)

## Vorschläge und Hinweise

**Mögliche Experimente/Schülerübungen**

- Methan- oder Mehlstaubexplosion
- Reaktion von Magnesium und Calcium mit einer wässrigen Phenolphthalein-Lösung
- Reaktionen von saurer Permanganat-Lösung mit Oxalsäure (langsam) bzw. Sulfid-Ionen (schnell)
- Zerfall von Thiosulfat in saurer Lösung
- Landolt'scher Zeitversuch
- Reaktion von Hefe (Katalase) mit Wasserstoffperoxid bei unterschiedlichen Konzentrationen und Temperaturen
- Zerfall von Wasserstoffperoxid mit Braunstein, Kartoffel oder Hefe
- Hemmung der Reaktion von Kaliumiodid und Wasserstoffperoxid durch Phosphorsäure
- Reaktion von Harnstoff und Urease
- Reaktion von Amylase
- Blue Bottle
- Reaktion von Zink/Magnesium mit Salzsäure (quantitativ)
- Homogene Katalyse von Wasserstoffperoxid bei der Reaktion Eisen(II)-sulfat, Eisen(III)-chlorid und Kaliumiodid
- Heterogene Katalyse von Wasserstoffperoxid mit Platin oder mit Braunstein
- Spaltung von Saccharose mit Hilfe von Säuren
- Aufnahme von Konzentrations-Zeit-Diagrammen



Viele chemische Prozesse sind reversibel und ihnen liegt ein dynamisches Gleichgewicht zugrunde (**Gleichgewichtskonzept**). Kenntnisse über die Merkmale und die Beeinflussbarkeit chemischer Gleichgewichte ermöglichen die Beurteilung von chemisch-technisch relevanten und biologischen Prozessen und befähigen zur Diskussion gesellschaftlich relevanter Fragestellungen.

Mithilfe des Massenwirkungsgesetzes (MWG) können quantitative Aussagen zur Lage von Gleichgewichtsreaktionen getroffen werden. Unter Nutzung des MWG können bedeutende großtechnische Synthesen, wie z. B. das Haber-Bosch-Verfahren, hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit beurteilt werden.

Die Lage des Gleichgewichtes wird vor allem durch die Art der Reaktionspartner und ihre Konzentration, die Temperatur und den Druck bestimmt (**Teilchen-Konzept; Energiekonzept**).

**Kompetenzerwartungen**

	<b>Fachwissen</b>	<b>Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung</b>
<b>D 1</b>	<b>Umkehrbare Reaktionen und chemisches Gleichgewicht</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>nennen die Umkehrbarkeit (Reversibilität) und ein geschlossenes System als notwendige Voraussetzungen für ein chemisches Gleichgewicht,</li> <li>beschreiben das chemische Gleichgewicht anhand seiner Merkmale.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>führen ein Modellexperiment zur Gleichgewichtseinstellung durch und werten dieses aus,</li> <li>interpretieren mit Hilfe des MWG die Gleichgewichtskonstante als Verhältnis der Konzentrationen der Edukte zu den Konzentrationen der Produkte,</li> <li>erklären die Einstellung des chemischen Gleichgewichts mit Hilfe eines Modells.</li> </ul>
<b>D 2</b>	<b>Massenwirkungsgesetz (MWG)</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>nennen den Wortlaut des MWG und die mathematische Formulierung,</li> <li>nennen die Aussagen der Gleichgewichtskonstanten,</li> <li>stellen das MWG von Gleichgewichtsreaktionen auf,</li> <li>berechnen aus Konzentrationsangaben die Gleichgewichtskonstante.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>interpretieren die Gleichgewichtskonstante für die Fälle <math>K &lt; 1</math> und <math>K &gt; 1</math>.</li> </ul>

## Kompetenzerwartungen

	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
<b>D 3</b>	<b>Beeinflussung der Lage des chemischen Gleichgewichts</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>nennen das Prinzip des kleinsten Zwanges (Le Chatelier und Braun).</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern den Einfluss von Druck, Konzentration und Temperatur auf eine Gleichgewichtsreaktion,</li> <li>erklären die Beeinflussung der Lage des chemischen Gleichgewichts mit Hilfe eines Modells,</li> <li>wenden das Prinzip des kleinsten Zwanges auf chemisch-technisch relevante und biologische Prozesse an,</li> <li>leiten mit Hilfe des Prinzips des kleinsten Zwanges (Le Chatelier und Braun) vorteilhafte Reaktionsbedingungen ab.</li> </ul>
<b>D 4</b>	<b>Gleichgewichtsdiagramme</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>geben die Wirkung von Katalysatoren auf die Gleichgewichtsreaktion und die Geschwindigkeit der Gleichgewichtseinstellung an.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erstellen, vergleichen und interpretieren Gleichgewichts-Diagramme (Konzentrations-Zeit-Diagramm, Reaktionsgeschwindigkeits-Zeit-Diagramm, Energie-Reaktionsweg-Diagramm) mit und ohne Katalysatorwirkung,</li> <li>interpretieren Diagramme, in denen die Verhältnisse von Edukt- und Produktanteilen in Abhängigkeit von bestimmten Reaktionsbedingungen gemeinsam dargestellt sind.</li> </ul>
<b>Basisbegriffe</b>		
Dynamisches Gleichgewicht, Massenwirkungsgesetz (MWG), Prinzip von Le Chatelier und Braun (PkZ), umkehrbare (reversible) Reaktion, Gleichgewichtskonstante		
<b>Vorschläge und Hinweise</b>		
<b>Kontexte</b>		
Soda-Streamer, Tropfsteinhöhle, natürlicher und technischer Kalkkreislauf, Stickstoffkreislauf, Phosphorkreislauf, Schwefelkreislauf, Hochofenprozess, Schwefelsäureherstellung, Ammoniaksynthese, Salpetersäuresynthese (Ostwald-Verfahren), Deacon-Verfahren, großtechnische Verfahren, Düngemittel, Sprengstoffe, Nieren- und Blasensteine, Übersäuerung der Meere und Korallenbleiche, Treibhauseffekt		

**Vorschläge und Hinweise****Umkehrbare Reaktionen und Chemisches Gleichgewicht**

- Die Gleichgewichtseinstellung kann z. B. mit Hilfe des Wasserstandsgleichgewichts im Modellexperiment verdeutlicht werden.
- Als modellhafter Einstieg in das Thema eignet sich die Geschichte „Der Holzapfelkrieg“ oder Nachstellung durch dynamisches Ballspiel
- Es kann z. B. das Kohlenstoffdioxid/Kohlensäure-Gleichgewicht angesprochen werden.
- Es kann auf die Bedeutung von Fließgleichgewichten in biologischen Systemen eingegangen werden.

**Das Massenwirkungsgesetz (MWG)**

- Auf eine „Herleitung“ des MWG aus Reaktionsgeschwindigkeitsgleichungen kann verzichtet werden.
- Der Partialdruck von Gasen kann vereinfacht als Konzentration betrachtet werden.

**Beeinflussung der Lage des chemischen Gleichgewichts**

- Chemisch-technisch wichtige Prozesse sind z. B. das Haber-Bosch -Verfahren, das Doppelkontaktverfahren der Schwefelsäure-Herstellung oder das Boudouard-Gleichgewicht.
- Biologische Prozesse sind z. B. die Kohlenstoffdioxid-Löslichkeit im Blut und der Bohr-Effekt.
- Umweltrelevante Prozesse sind z. B. die Entstehung von photochemischem Smog, der Kohlenstoffkreislauf und die Übersäuerung der Meere.
- An oben genannten Beispielen können die Beziehungen zwischen Naturwissenschaften, Umwelt, Technik und Wirtschaft exemplarisch verdeutlicht werden.

**Fächerübergreifende Hinweise**

- Lehrplan Biologie (Stoffwechselphysiologie)
- Lehrpläne Erdkunde/Politik/Wirtschaftslehre

**Mögliche Experimente/Schülerübungen**

- Stechheber-Modellversuche
- Untersuchung des Eisenchlorid-Kaliumrhodanid-Gleichgewichts
- Untersuchung des Estergleichgewichts
- Untersuchung des CO<sub>2</sub>-Wasser-Gleichgewichts
- Untersuchung des Iod-Gleichgewichts
- Untersuchung des NO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-Gleichgewichts

**Vorschläge und Hinweise**

**Hinweise zu außerschulischen Lernorten**

- Betriebserkundung der Dillinger Hütte
- Betriebserkundung eines Unternehmens der chemischen Industrie

Sehr viele chemische Reaktionen in Natur und Technik verlaufen in wässrigen Systemen. Hierbei spielen insbesondere Teilchenübergänge eine ausschlaggebende Rolle. So lassen sich die vielfältigen chemischen Zusammenhänge von Säure-Base-Gleichgewichts-Reaktionen als chemische Reaktionen mit Protonenübergängen beschreiben (**Donator-Akzeptor-Konzept, Gleichgewichtskonzept**) und mit Blick auf die Funktion von Teilchen analysieren.

Durch Anwendung des MWG auf die Protolyse-Gleichgewichts-Reaktionen können die bisher nur qualitativ zugänglichen bzw. die aus der Molekülstruktur ableitbaren Säure-Base-Eigenschaften (**Struktur-Eigenschafts-Konzept**) nun auch quantitativ erfasst werden, indem diese in einem mathematischen Zusammenhang dargestellt werden. Auf diese Weise lassen sich pH-Werte berechnen und die Bedeutung des pH-Wertes in Alltag und Technik diskutieren. In diesem Zusammenhang haben Puffersysteme eine besondere Bedeutung.

### Kompetenzerwartungen

	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
<b>E 1</b>	<b>Säure-Base-Theorie nach Brönsted</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geben die Definition für Säuren und Basen nach der Theorie von Brönsted an (Protonenübergangsreaktion, Protonendonatoren, Protonenakzeptoren, korrespondierende Säure-Base-Paare, amphoterer Teilchen),</li> <li>• geben Namen und Formel der an der Protolyse beteiligten Moleküle bzw. Ionen an</li> <li>• beschreiben Säure-Base-Reaktionen als Donator-Akzeptor-Reaktionen.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• leiten mit Hilfe von geeigneten Experimenten die notwendige Erweiterung der Arrhenius-Theorie zur Brönsted-Theorie ab,</li> <li>• wenden die Brönsted-Theorie (Protonenübergangsreaktion, Protonendonatoren, Protonenakzeptoren, korrespondierende Säure-Base-Paare, amphoterer Teilchen) auf Protolysereaktionen anorganischer und organischer Moleküle an,</li> <li>• erläutern das Donator-Akzeptor-Prinzip am Beispiel der Protolyse einer allgemeinen Säure oder Base.</li> </ul>
<b>E 2</b>	<b>Anwendung des MWG auf Säure-Base-Reaktionen</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geben die Definition für den Begriff Autoprotolyse,</li> <li>• stellen die Autoprotolyse-Reaktion des Wassers auf,</li> <li>• benennen die an der Autoprotolyse des Wassers beteiligten Ionen.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden die Brönsted-Theorie auf die Autoprotolyse-Reaktion des Wassers an.</li> </ul>

## Kompetenzerwartungen

	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geben das Ionenprodukt des Wassers an.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• leiten mit Hilfe des MWG das Ionenprodukt des Wassers ab,</li> <li>• begründen, dass der Wert des Ionenproduktes des Wassers auch für verdünnte Lösungen gilt.</li> </ul>
<b>E 3</b>	<b>pH- und pOH-Wert</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• berechnen ausgehend von Reaktionsgleichungen die Massen, die Volumina, die Dichten, die Stoffmengen, die Stoffmengenkonzentrationen und die Massenkonzentrationen der an der Reaktion beteiligten Edukte und Produkte,</li> <li>• geben die mathematische Definition von pH- und pOH-Wert an (siehe Hinweise),</li> <li>• geben den mathematischen Zusammenhang zwischen pH, pOH und <math>pK_W</math>-Wert an,</li> <li>• erklären die pH-Wert-Skala,</li> <li>• nennen Beispiele alltagsrelevanter wässriger Lösungen und ordnen sie grob in die pH-Wert-Skala ein,</li> <li>• geben Verfahren zur experimentellen Bestimmung des pH-Wertes gleich konzentrierter Lösungen an.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• leiten aus dem Ionenprodukt des Wassers den pH- bzw. pOH-Wert her,</li> <li>• bestimmen experimentell den pH-Wert verschiedener gleich konzentrierter Lösungen,</li> <li>• berechnen den pH- bzw. pOH-Wert starker Säuren und Basen,</li> <li>• berechnen unter Verwendung von pH-Werten die Ausgangskonzentrationen starker Säuren und Basen.</li> </ul>

## Kompetenzerwartungen

	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
<b>E 4</b>	<b>Die Stärke von Säuren und Basen</b>	
<b>E 4.1</b>	<b>Säuren- und Basenstärke</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geben die Definition für den Säure- bzw. Basenexponenten an,</li> <li>• begründen, dass im Gegensatz zum pH-Wert die Säure- bzw. Basenkonstante ein Maß für die Stärke einer Säure bzw. Base darstellt.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vergleichen mit Hilfe eines Experimentes verdünnte und gleich konzentrierte starke und schwache Säuren miteinander,</li> <li>• leiten die Säure- bzw. Basenkonstante aus der Protolysegleichung einer Säure bzw. Base her,</li> <li>• beurteilen die Stärke von Säuren und Basen anhand ihrer <math>K_S</math> - und <math>K_B</math>-Werte bzw. ihrer <math>pK_S</math> - und <math>pK_B</math>-Werte.</li> </ul>
<b>E 4.2</b>	<b>Berechnung von pH-Werten schwacher Säuren und Basen</b>	
		<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• leiten den mathematischen Zusammenhang zwischen <math>K_S</math>, <math>K_B</math> und <math>K_w</math> bzw. <math>pK_S</math>, <math>pK_B</math> und <math>pK_w</math> her,</li> <li>• berechnen den pH- bzw. den pOH-Wert schwacher Säuren und Basen,</li> <li>• berechnen die Ausgangskonzentrationen schwacher Säuren und Basen bei gegebenem pH- bzw. pOH-Wert.</li> </ul>
<b>E 4.3</b>	<b>Protolysereaktionen in Salzlösungen</b>	
		<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• schätzen den pH-Bereich von Salzlösungen anhand von Säuren- und Basenkonstanten ab.</li> </ul>

## Kompetenzerwartungen

	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
		<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• unterscheiden alkalische, saure und neutrale Salze mit einfachen Experimenten zur Überprüfung ihrer Hypothese,</li> <li>• diskutieren und bewerten den Einfluss alltags- und umweltrelevanter Stoffe auf den pH-Wert in Organismen bzw. Gewässern.</li> </ul>
<b>E 5</b>	<b>Puffersysteme</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Funktionsweise eines Säure-Base-Puffers mit Hilfe des chemischen GGWs,</li> <li>• geben die Definition für Säure-Base-Puffer an,</li> <li>• erläutern einen möglichen Zusammenhang zwischen Puffersystemen, Pufferlösungen und Puffern,</li> <li>• leiten die Henderson-Hasselbalch-Gleichung her,</li> <li>• berechnen pH-Werte, pK-Werte und Konzentrationsverhältnisse in Pufferlösungen.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• leiten aus einem geeigneten Experiment die Eigenschaften eines Säure-Base-Puffers ab,</li> <li>• erläutern die Bedeutung des Carbonats/Hydrogencarbonat-Puffers im Blut oder im Ozean,</li> <li>• recherchieren und beschreiben die Bedeutung von Säure-Base-Puffern in den Bereichen Umwelt, Technik und Medizin.</li> </ul>



## Kompetenzerwartungen

	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
<b>E 6</b>	<b>Neutralisationsreaktionen</b>	
	Die Schülerinnen und Schüler <ul style="list-style-type: none"> <li>entwickeln Reaktionsgleichungen von Neutralisationsreaktionen starker und schwacher einprotoniger Säuren bzw. Basen,</li> <li>geben Neutralisationsreaktionen als Gleichgewichtsreaktion an, auf die nach dem Prinzip von Le Chatelier kontinuierlich ein Zwang ausgeübt wird.</li> </ul>	Die Schülerinnen und Schüler <ul style="list-style-type: none"> <li>interpretieren und vergleichen vorgegebene Titrationskurven (stark-stark und stark-schwach) mit Hilfe des Prinzips von Le Chatelier.</li> </ul>

## Basisbegriffe

Ampholyt/amphoteres Teilchen, Autoprotolyse, pH-Wert, pOH-Wert, Basenexponent  $K_B$ , Säureexponent  $K_S$ , Basenkonstante  $pK_B$ , Säurekonstante  $pK_S$ , Hydroxid-Ion, Ionenprodukt, Ionenprodukt des Wassers, Oxonium-Ion/Hydronium-Ion, Säure-Base-Puffer, Neutralisationsreaktion, Protolyse, korrespondierendes Säure-Base-Paar, Brönsted-Säure, Brönsted-Base, Donator-Akzeptor-Prinzip, Proton, pH-Wert-Skala, Protonenübergangsreaktion, Protonendonatoren, Protonenakzeptoren, Arrhenius-Säure, Arrhenius-Base, Henderson-Hasselbalch-Gleichung, Salzlösung

## Vorschläge und Hinweise

## Kontexte

Vitamin C, Meerwasser, Regenwasser, Flusswasser, Salatdressing, Abwasser – Kläranlage, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Salpetersäure, Stoffkreisläufe, süße Getränke, Zitronensäure, Bienenwachs als Rohstoff, biochemische Puffersysteme (z. B. Blut), natürliche Puffersysteme (z. B. Ozean), Indikatoren, Medikamente (Aspirin, Rennie), Chemie im Mund, Reinigungsmittel, Wein, Mineralwasser, Umweltanalytik, Saurer Regen, Konservendosen und Konservierung, *Helicobacter pylori*

## Das Donator-Akzeptor-Prinzip als Basiskonzept

- Der Unterricht soll deutlich machen, dass das Donator-Akzeptor-Prinzip nicht nur für Protolysen und Redoxreaktionen gilt, sondern dass der Übergang von Teilchen oder Energie zwischen den Bausteinen der Materie eines der grundlegenden Prinzipien der Chemie darstellt („Basiskonzept“).

## Brönsted-Theorie

- Beschreibung/Erläuterung der Vorgänge unter Verwendung der Fachbegriffe zur Brönsted-Theorie aus Modul E 1.

## Anwendung des MWG auf Säure-Base-Reaktionen

- Hier können auch Autoprotolysen anderer Systeme erwähnt und betrachtet werden.

**Vorschläge und Hinweise****pH- und pOH-Wert**

- Die Temperaturabhängigkeit des Ionenprodukts des Wassers und damit auch des pH-Wertes sollen erwähnt werden.

**Die Stärke von Säuren und Basen**

- Herleitung und Anwendung der Beziehungen:  $K_S \cdot K_B = K_W = 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{l}^{-2}$   
 $\text{p}K_S + \text{p}K_B = 14$
- Bei Berechnungen von mehrprotonigen Säuren sollen diese wie einprotonige Säuren behandelt werden. Die Vernachlässigung weiterer Protolysestufen verursacht nur einen vernachlässigbaren Fehler.

**Protolysereaktionen in Salzlösungen**

- Auf die saure Wirkung von kleiner, hochgeladener, hydratisierter Metall-Ionen muss nicht eingegangen werden.
- Der Begriff „Salzprotolyse“ soll durch „Protolysereaktionen in Salzlösungen“ ersetzt werden.

**Puffersysteme**

- Mögliche Puffersysteme, die betrachtet werden können, sind Puffersysteme des Blutes, Puffersysteme im Boden bzw. in marinen Ökosystemen, Puffersysteme in der Molekulargenetik oder Puffersysteme bei Galvanisierungsprozessen.

**Neutralisationsreaktionen**

- Eine rechnerische Herleitung der Titrationskurve wird nicht verlangt.
- Auf die konduktometrische Titration und deren Auswertung kann hingewiesen werden.
- Auf die Funktionsweise eines Säure-Base-Indikators kann hingewiesen werden.

**Fächerübergreifende Hinweise**

- Lehrplan Biologie (Stoffwechselphysiologie, Ökologie, Molekulargenetik)
- Lehrplan Mathematik (Logarithmusfunktion, Logarithmen-Gesetze, Umkehrfunktion)

**Mögliche Experimente/Schülerübungen**

- Einleiten von HCl in verschiedene Lösemittel (LE)
- pH-Bestimmung von Naturstoffen mit Indikatoren und pH-Elektroden
- pH-Bestimmung verdünnter, gleich konzentrierter Salz- und Essigsäure mit einem pH-Meter
- Titration z. B. von verdünnter Salzsäure bzw. Essigsäure mit Natronlauge
- Leitfähigkeitsprüfung von Wasser und deionisiertem Wasser
- Ampholytische Wirkung von verschiedenen Salzen (z. B. Natriumdihydrogenphosphat)
- pH-Abhängigkeit einer Lösung von der Konzentration (Verdünnungsreihe)
- Untersuchung des Essigsäure/Acetat-Puffers bei Zugabe von geringer Mengen Säuren und Laugen

**Vorschläge und Hinweise**

**Hinweise zu außerschulischen Lernorten**

- Betriebserkundung eines Unternehmens der chemischen Industrie

Sehr viele chemische Reaktionen in Natur und Technik verlaufen in wässrigen Systemen. Hierbei spielt insbesondere die Löslichkeit von Salzen eine ausschlaggebende Rolle (**Gleichgewichtskonzept**).

Mithilfe des Massenwirkungsgesetzes (MWG) können quantitative und qualitative Aussagen zur Lage von Lösungsgleichgewichten getroffen werden. Kenntnisse über die Merkmale und die Beeinflussbarkeit von Lösungsgleichgewichten ermöglichen die Beurteilung von chemisch-technisch relevanten und biologischen-medizinischen Prozessen und befähigen zur Diskussion gesellschaftlich relevanter Fragestellungen.

**Kompetenzerwartungen**

	<b>Fachwissen</b>	<b>Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung</b>
<b>F 1</b>	<b>Lösungsgleichgewichte bei Salzen des Typs <math>A_xB_y</math></b>	
	Die Schülerinnen und Schüler <ul style="list-style-type: none"> <li>• nennen den Wortlaut des Löslichkeitsproduktes,</li> <li>• geben die Reaktionsgleichung für das Löslichkeitsgleichgewicht von Salzen an,</li> <li>• berechnen Sättigungskonzentrationen bei gegebenem Löslichkeitsprodukt und umgekehrt,</li> <li>• erläutern den Zusammenhang zwischen Löslichkeit, Löslichkeitsprodukt und Löslichkeitsexponent.</li> </ul>	Die Schülerinnen und Schüler <ul style="list-style-type: none"> <li>• leiten das Löslichkeitsprodukt aus dem MWG her,</li> <li>• erklären qualitativ und quantitativ die Wirkung gleichioniger und verschiedenioniger Zusätze,</li> <li>• vergleichen Salze anhand von <math>K_L</math>-Werten.</li> </ul>
<b>F 2</b>	<b>Lösungsgleichgewichte von Salzen im Alltag und in Stoffkreisläufen</b>	
	Die Schülerinnen und Schüler <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Möglichkeiten der Beeinflussung der Löslichkeit von Salzen durch den pH-Wert bzw. die Temperatur,</li> <li>• nennen relevante Beispiele aus dem Alltag bzw. aus den Stoffkreisläufen.</li> </ul>	Die Schülerinnen und Schüler <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Beeinflussung der Löslichkeit von Salzen aus dem Kohlenstoffkreislauf im Zusammenhang mit der Bildung von Tropfsteinhöhlen,</li> <li>• recherchieren in verschiedenen Quellen den Einfluss von Salzen in Gewässern oder Böden.</li> </ul>

**Basisbegriffe**

gesättigte Lösung, ungesättigte Lösung, Bodenkörper, Niederschlag, Löslichkeit, Löslichkeitsprodukt, Löslichkeitsexponent, Ionenprodukt, Sättigungskonzentration, Fällungsreaktion, Fällung, Salzlösung

**Vorschläge und Hinweise****Kontexte**

Komplexverbindungen, Taschenwärmer, Gips, Nierensteine, Gallensteine, Gewässerbelastung/Grundwasserbelastung/Bodenbelastung mit Schwermetallsalzen, Kläranlage, Berg/Hangabrutsche, Erosionsphänomene, Stoffkreisläufe, Reinigungsmittel (Kalkreiniger), Metallfällung, Osteoporose, Umweltanalytik, Saurer Regen, Testpapiere, Tropfsteinhöhle

**Lösungsgleichgewichte von Salzen im Alltag**

- Es sollen alltagsrelevante Salze (Chloride, Sulfite, Sulfate, Carbonate, Phosphate, Nitrite, Nitrate und Acetate), z. B. Natriumchlorid, Natriumsulfit, Calciumsulfat (Gips), Calciumcarbonat (Kalk), usw. betrachtet werden.
- Der Besuch einer Tropfsteinhöhle bietet sich an.

**Mögliche Experimente/Schülerübungen**

- Fällungsreaktionen
- Trennungsgang der Halogenide
- Qualitative Analysen (z. B. Nachweis von  $\text{CO}_2$  mit Kalkwasser, Phosphatnachweis mit Molybdän)
- Kristallzüchtung
- Kalklöschen und Kalkbrennen

**Hinweise zu außerschulischen Lernorten**

- Betriebserkundung einer Kläranlage
- Gewässerexkursion (NABU)

Unser Alltag ist im zunehmenden Maße durch Redoxreaktionen geprägt. Die flächendeckende Verwendung mobiler Energiespeicher im Zeitalter der Digitalisierung ist vom effizienten Einsatz geeigneter Redoxreaktionen abhängig. Zudem sind Redoxreaktionen Grundlage für energieliefernde Prozesse aller Lebewesen, ausgehend von Fotosyntheseprozessen bei Pflanzen. Nicht zuletzt spielen Redoxreaktionen bei jeder gewünschten oder unerwünschten Verbrennung, der Gewinnung von Metallen sowie der Herstellung vieler chemischer Produkte, die unseren Alltag bestimmen, eine entscheidende Rolle. An diesen Beispielen können das **Energiekonzept**, das **Teilchen-Konzept**, das **Gleichgewichtskonzept** und das **Donator-Akzeptor-Konzept** aufgegriffen und veranschaulicht werden.

Redoxreaktionen werden – analog zu Protolyse-Reaktionen – als Donator-Akzeptor-Reaktionen beschrieben (**Donator-Akzeptor-Konzept**).

Diese Grundlagen der Elektrochemie ermöglichen ein vertieftes Verständnis für Umwandlungen von chemischer Energie in elektrische Energie und umgekehrt. Sie machen zudem innere Zusammenhänge zwischen den beiden Naturwissenschaften Chemie und Physik sowie der Technik deutlich.

### Kompetenzerwartungen

	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
<b>G 1</b>	<b>Der erweiterte Redoxbegriff</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geben die Definitionen der Begriffe zum erweiterten Redoxbegriff an (Elektronenübergangsreaktion, Elektronendonator, Elektronenakzeptor, korrespondierendes Redox-Paar, redoxamphoteres Teilchen, Oxidationsmittel, Reduktionsmittel),</li> <li>• formulieren Reaktionsgleichungen von einfachen Redoxreaktionen.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden auf einfache Redoxreaktionen den erweiterten Redoxbegriff an,</li> <li>• vergleichen die Säure-Base-Theorie von Brönsted mit dem erweiterten Redoxbegriff.</li> </ul>
<b>G 2</b>	<b>Erstellen von Redoxgleichungen</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden Regeln zur Bestimmung von Oxidationszahlen in verschiedenen anorganischen Atomen, Molekülen und Ionen an.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• interpretieren Oxidationszahl-Änderungen als Oxidation bzw. Reduktion.</li> </ul>

## Kompetenzerwartungen

	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ermitteln in Redoxgleichungen Oxidationszahl-Änderungen und erläutern diese mit Hilfe des erweiterten Redoxbegriffs,</li> <li>formulieren Teilgleichungen für Oxidation und Reduktion und leiten daraus die Redoxgleichungen (ohne Gegenionen) ab.</li> </ul>	
<b>G 3</b>	<b>Standardredoxpotenziale <math>E^\circ</math> (<math>U_H^\circ</math>) und Spannungsreihe</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben den Aufbau der Standard-Wasserstoffhalbzelle (SWE) und erklären die Funktionsweise,</li> <li>geben die Definition für das Standardredoxpotenzial <math>E^\circ</math> (<math>U_H^\circ</math>) an.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>vergleichen Standardredoxpotenziale hinsichtlich ihres Verhaltens als Oxidations- bzw. Reduktionsmittel,</li> <li>beurteilen den möglichen Ablauf von Redoxreaktionen anhand der Standardredoxpotenziale.</li> </ul>
<b>G 4</b>	<b>Galvanische Elemente</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben den Aufbau des Daniell-Elementes,</li> <li>beschreiben und erklären die Entstehung der Potentialdifferenz (Spannung) zwischen den Halbzellen,</li> <li>erklären die Funktionsweise eines Galvanischen Elementes,</li> <li>geben die Definition für den Begriff Galvanisches Element an.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>leiten ein allgemeines Konstruktionsprinzip eines Galvanischen Elementes ab (Anode als Ort der Oxidation, Kathode als Ort der Reduktion, Pluspol, Minuspol, Elektronenfluss, Diaphragma, Elektroden, Standardbedingungen, Ionenlösungen, Spannungsmessgerät).</li> </ul>

## Kompetenzerwartungen

	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• berechnen die Spannung Galvanischer Elemente anhand vorgegebener Standardredoxpotenziale.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären mit Hilfe des chemischen GGWs den Einfluss von pH-Wert-Änderungen, Konzentrationsänderungen und Temperaturänderungen auf die Potenzialdifferenz (Spannung),</li> <li>• führen Experimente zur Konstruktion einfacher Galvanischer Elemente durch.</li> </ul>
<b>G 5</b>	<b>Elektrolysen (ohne Überspannungseffekte) als erzwungene Redoxreaktionen</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben ein allgemeines Konstruktionsprinzip einer einfachen Elektrolysezelle (Anode als Ort der Oxidation, Kathode als Ort der Reduktion, Pluspol, Minuspol, Elektronenfluss, Elektroden, Standardbedingungen, Ionenlösungen, Stromquelle),</li> <li>• erklären die Funktionsweise einer Elektrolysezelle,</li> <li>• geben eine Definition für den Begriff Elektrolyse an,</li> <li>• erläutern das Phänomen der Polarisierung von Elektroden (Polarisationsspannung) im Verlauf einer Elektrolyse.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• begründen die Elektrodenreaktionen bei einer Elektrolyse mit Hilfe der Standardredoxpotenziale,</li> <li>• führen einfache Experimente zur Elektrolyse von Salzlösungen durch,</li> <li>• vergleichen Elektrolyse und Galvanisches Element.</li> </ul>



## Kompetenzerwartungen

	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
<b>G 6</b>	<b>Elektrolysen (mit Überspannungseffekten) als erzwungene Redoxreaktionen</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geben eine Definition für den Begriff Überspannung an.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• interpretieren den Begriff Zersetzungsspannung (Abscheidungspotenzial) im Zusammenhang mit Polarisations- und Überspannung,</li> <li>• erklären die Elektrolyse am Beispiel der Aluminiumgewinnung (Schmelzfluss-elektrolyse),</li> <li>• recherchieren und beschreiben mögliche Umweltbelastungen durch Aluminiumgewinnung und weitere technische Elektrolysen.</li> </ul>
<b>G 7</b>	<b>Akkumulatoren</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Aufbau des Blei-Akkumulators,</li> <li>• erläutern die Funktionsweise mit Hilfe von chemischen Gleichungen beim Lade- und Entladevorgang.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beurteilen den Einsatz von Bleiakkumulatoren hinsichtlich Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit.</li> </ul>
<b>G 8</b>	<b>Mobilität in der Zukunft</b>	
<b>G 8.1</b>	<b>Brennstoffzellen</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Aufbau einer <math>H_2/O_2</math>-Brennstoffzelle,</li> <li>• erklären die Funktionsweise einer <math>H_2/O_2</math>-Brennstoffzelle mit Gleichungen für Reduktion und Oxidation.</li> </ul>	

## Kompetenzerwartungen

	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
		<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Funktionsweise einer weiteren Brennstoffzelle mit vereinfachten Gleichungen für Reduktion und Oxidation,</li> <li>• beurteilen den Einsatz verschiedener Brennstoffzellen hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit.</li> </ul>
<b>G 8.2</b>	<b>Lithium-Ionen-Akku</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Aufbau eines Lithium-Ionen-Akkus,</li> <li>• erläutern das Funktionsprinzip eines Lithium-Ionen-Akkus.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• recherchieren das Funktionsprinzip einer Redox-Flusszelle und vergleichen dieses mit dem eines Lithium-Ionen-Akkus,</li> <li>• diskutieren Vor- und Nachteile der beiden mobilen Energiespeicher hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit.</li> </ul>
<b>G 9</b>	<b>Korrosion und Korrosionsschutz</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geben eine Definition für den Begriff Elektrochemische Korrosion an,</li> <li>• unterscheiden Säure- und Sauerstoffkorrosion,</li> <li>• erklären den Begriff Lokalelement,</li> <li>• erklären Passivieren, kathodischer Korrosionsschutz, Verzinken und Eloxieren als Methoden des Korrosionsschutzes.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Elektrochemische Korrosion an geeigneten Beispielen,</li> <li>• erläutern die unterschiedlichen Methoden des Korrosionsschutzes an Alltagsbeispielen.</li> </ul>

**Basisbegriffe**

Abscheidungspotenzial, Akkumulator, Bleiakku, Brennstoffzelle, Lithium-Ionen-Akku, Redox-Flusszelle, Diaphragma/Salzbrücke, Elektrolyse, Galvanische Zelle/Galvanisches Element, korrespondierendes Redoxpaar, redoxamphoterer Teilchen, Elektronenübergangsreaktion, Elektronendonator, Elektronenakzeptor, Oxidationsmittel, Reduktionsmittel, Oxidationszahl, reduzierter Stoff, oxidiertes Stoff, Oxidation, Reduktion, Zersetzungsspannung, Überspannung, Polarisierungsspannung, Anode, Pluspol, Kathode, Minuspol, Standardredoxpotenzial, elektrochemisches Potenzial, Standardwasserstoffelektrode (SWE), Zellspannung, Korrosion, Korrosionsschutz, Elektrode, Elektrolyt, Lokalelement, Säurekorrosion, Sauerstoffkorrosion, Passivieren, kathodischer Korrosionsschutz, Verzinken, Eloxieren, Halbzelle, Potenzialdifferenz

**Vorschläge und Hinweise****Kontexte**

Fotosynthese, Zellatmung, Desinfektionsmittel, Bleichmittel, Treibstoffe, iodiertes Speisesalz, Fotografie, Knallgasreaktionen, mobile Energiespeicher, Mobilität durch Energie, von der Wasserelektrolyse zur Brennstoffzelle, von der Volta-Säule zum Lithium-Akku, Verzinken gegen Rosten, Umweltanalytik, (Elektro)-Auto, Hochofen, Konservendosen und Konservierung

**Das Donator-Akzeptor-Prinzip als Basiskonzept**

- Der Unterricht soll deutlich machen, dass das Donator-Akzeptor-Prinzip nicht nur für Protonen und Redoxreaktionen gilt, sondern dass der Übergang von Teilchen oder Energie zwischen den Bausteinen der Materie eines der grundlegenden Prinzipien der Chemie darstellt („Basiskonzept“).

**Erweiterter Redoxbegriff**

- Beschreibung/Erläuterung der Vorgänge unter Verwendung der Fachbegriffe aus Modul G 1.

**Erstellen von Redoxgleichungen**

- Hier kann eine Verknüpfung mit Modul H 1.1 erfolgen.

**Standardpotenziale  $E^\circ$  ( $U_H^\circ$ ) und Spannungsreihe**

- Es sollen Metalle, Nichtmetalle und Salzlösungen betrachtet werden.

**Galvanische Elemente**

- Beschreibung des allgemeinen Konstruktionsprinzips eines Galvanischen Elements unter Verwendung der Fachbegriffe aus Modul G 4.
- Die unterschiedlichen Potenziale der Halbzellen lassen sich durch die unterschiedliche Lösungstension (bzw. Elektronendrucke) und der Ausbildung eines dynamischen Gleichgewichts zwischen Atomen, Ionen und Elektronen in einer Doppelschicht an der Elektrodenoberfläche modellhaft erklären.
- Der Einfluss des Elektrodenabstandes und der Elektrodenfläche auf Stromstärke und Spannung eines Galvanischen Elements kann z. B. am Leclanché-Element oder anderen technischen Anwendungen gezeigt werden.

**Elektrolysen (ohne Überspannungseffekte) als erzwungene Redoxreaktionen**

- Beschreibung des allgemeinen Konstruktionsprinzips einer Elektrolysezelle unter Verwendung der Fachbegriffe aus Modul G 5.

**Vorschläge und Hinweise**

- Die Polarisation von Elektroden kann am Beispiel einer Zinkbromidlösung oder anderer Salzlösungen verdeutlicht werden. Die dabei entstehende Spannung wird als Polarisationsspannung bezeichnet.
- Als Salzlösungen für einfache Elektrolysen eignen sich Salzlösungen ohne Überspannungseffekte, z. B. Kupferchlorid-Lösung.

**Elektrolysen (mit Überspannungseffekte) als erzwungene Redoxreaktionen**

- Die Zersetzungsspannung (Abscheidungspotenzial) ist die erforderliche Mindestspannung zur Abscheidung der Elektrolyseprodukte.

**Bleiakkumulator**

- Zur Erläuterung der Funktionsweise des Bleiakkumulators müssen Überspannungseffekte herangezogen werden.

**Brennstoffzellen**

- Andere Brennstoffe sind z. B. Methanol, Hydrazin, Formaldehyd und Traubenzucker.

**Korrosion und Korrosionsschutz**

- Unter Korrosion versteht man die von der Oberfläche ausgehende Zerstörung eines Metalls durch elektrochemische Reaktionen.
- Beispiele für Methoden des Korrosionsschutzes im Alltag sind z. B. Feuerverzinken von PKW-Karosserien, Galvanisierungsprozesse (Vergolden, Verchromen), Magnesiumopferanoden an Schiffsrümpfen oder Zinnüberzüge auf Weißblechen.

**Fächerübergreifende Hinweise**

- Lehrplan Biologie (Reizphysiologie)
- Lehrplan Physik (Elektrolysen)
- Lehrpläne Erdkunde/Wirtschaftslehre/Politik (Mobilität)

**Mögliche Experimente/Schülerübungen**

- Verbrennung von Eisenwolle in einer Sauerstoff- und Chlor-Atmosphäre
- Thermit-Reaktion
- Redoxreaktionen zwischen Metallen und Metall-Ionen edlerer Metalle (Fällungsreaktionen)
- Redoxreaktionen zwischen Halogenen und Halogenid-Ionen
- Daniell-Element
- Konstruktion einfacher galvanischer Elemente mit verschiedenen Metallelektroden
- Elektrolyse eines Daniell-Elementes
- Manganometrie/Iodometrie
- Nachweisreaktionen (Fehling, Tollens, Benedict-Reagenz)
- Volta-Becher
- Wasserzersetzung
- Bestimmung von Standardredoxpotenzialen

**Vorschläge und Hinweise**

- Konstruktion einfacher Elektrolysezellen
- Elektrolysen verschiedener Salzlösungen
- Gelbatterie
- Lithium-Ionen-Akku
- Bleiakкумулятор
- Konstruktion verschiedener Lokalelemente
- Bestimmung der Zersetzungsspannung
- Bleistiftspitzerbatterie
- Leclanché-Element
- Glukose-Brennstoffzelle
- Untersuchung der Korrosion und des Korrosionsschutzes von Eisen
- Zn-Granalie in  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -Lösung geben und mit Pt-Draht berühren
- Passivieren von Eisen durch konz.  $\text{HNO}_3$
- Eloxieren von Aluminium
- verzinktes und verzinntes Eisen (angeritzt) in stark verd.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , mit etwas  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  versetzt, eintauchen

**Hinweise zu außerschulischen Lernorten**

- Betriebserkundung von Saar-Stahl und der Dillinger-Hütte
- Betriebserkundung der Ford-Werke
- Betriebserkundung von Bosch
- Betriebserkundung von Nematik
- Betriebserkundung der Galvanik St. Wendel
- Betriebserkundung des Aluminiumwerks in Hambach

Organische Verbindungen sind die Basis allen Lebens. Eine Vielzahl organischer Stoffe findet sich in Nahrungsmitteln, in Reinigungsmitteln, in Medikamenten oder Kunststoffen wie Kunstfasern und ist aus unserem Alltag nicht mehr weg zu denken.

Organische Reaktionen und die Betrachtung von Reaktionsmechanismen weisen Wege zur Synthese neuer Produkte. Dabei hilft die Einteilung in grundlegende Reaktionstypen, die Vielfalt organischer Verbindungen und deren Reaktionsmöglichkeiten zu gliedern und zu systematisieren (**Struktur-Eigenschafts-Konzept**).

Am Beispiel des Oxidationsverhaltens organischer Verbindungen kann das **Donator-Akzeptor-Prinzip** wiederholt und vertieft werden. Mit Hilfe der Bildungsreaktion eines Esters kann das **Gleichgewichtskonzept** wiederholend angewendet und die Bedeutung von Modellen aufgegriffen werden.

### Kompetenzerwartungen

	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
<b>H 1</b>	<b>Anorganische Reaktionstypen</b>	
<b>H 1.1</b>	<b>Redoxreaktionen: Vom Alkohol zur Carbonsäure</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>bestimmen die Oxidationszahlen in verschiedenen organischen Molekülen und Ionen,</li> <li>erstellen ein allgemeines Schema zum Redoxverhalten primärer, sekundärer und tertiärer Alkohole,</li> <li>geben die Redoxgleichungen und die entsprechenden Teilgleichungen für die Redoxreaktionen primärer, sekundärer und tertiärer Alkohole an.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>begründen die Oxidierbarkeit organischer Moleküle aufgrund ihrer funktionellen Gruppen und ihrer Molekülstruktur,</li> <li>unterscheiden Aldehyde und Ketone mit Hilfe eines geeigneten Experimentes (Benedict-Reagenz, Fehling- oder Tollens-Probe) und werten dieses mit Hilfe einer geeigneten Redoxgleichung aus.</li> </ul>
<b>H 1.2</b>	<b>Protolyse-Reaktionen</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>beurteilen organische Säuren und ihre korrespondierenden Basen anhand ihrer pK-Werte,</li> <li>geben für die I-Effekte die Definition an.</li> </ul>	

## Kompetenzerwartungen

	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• unterscheiden die Stärke von Monocarbonsäuren, Dicarbonsäuren, Carbonsäurehalogeniden und Carbonsäureaminen mit Hilfe des I-Effektes,</li> <li>• erklären die Funktionsweise von Säure-Base-Puffern.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ordnen organischen Molekülen (Monocarbonsäuren, Dicarbonsäuren, Carbonsäurehalogeniden, Carbonsäureaminen) entsprechende pK-Werte zu.</li> </ul>
<b>H 2</b>	<b>Organische Reaktionstypen</b>	
<b>H 2.1</b>	<b>Reaktionen an der Doppelbindung</b>	
<b>H2.1.1</b>	<b>A<sub>R</sub>/Polymerisation</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• entwickeln die Formeln von PE, PP, PVC und PS aus einem vorgegebenen Monomer und stellen Strukturausschnitte graphisch dar,</li> <li>• stellen den Reaktionsmechanismus für die Herstellung der genannten Polymere in allgemeiner Form in Strukturformeln dar,</li> <li>• erklären den Reaktionsmechanismus unter Verwendung der Fachsprache.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• leiten aus einem allgemein vorgegebenen Monomer mögliche Strukturausschnitte eines Polymers ab,</li> <li>• recherchieren moderne Kunststoffe und diskutieren kritisch die Bedeutung hinsichtlich Gesellschaft, Wirtschaft, Umwelt und Nachhaltigkeit (ökologischer Fußabdruck, ökologischer Rucksack).</li> </ul>
<b>H2.1.2</b>	<b>Elektrophile Addition (A<sub>E</sub>)</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen den Reaktionsmechanismus für die Addition von Wasser an ein Alken mit Hilfe von Strukturformeln dar,</li> <li>• erklären den Reaktionsmechanismus unter Verwendung der Fachsprache.</li> </ul>	

## Kompetenzerwartungen

	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>nennen den Wortlaut der Markownikow-Regel,</li> <li>geben die Definition für I-Effekte an,</li> <li>nennen mögliche Auswirkungen der I-Effekte auf die elektrophile Addition.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>wenden die Markownikow-Regel und I-Effekte auf geeignete elektrophile Additionsreaktionen an.</li> </ul>
<b>H 2.2</b>	<b>Reaktionen an der Einfachbindung</b>	
<b>H2.2.1</b>	<b>Nucleophile Substitution S<sub>N</sub></b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>stellen den Reaktionsmechanismus für die Nucleophile Substitution S<sub>N</sub> eines Halogenalkans mit Hydroxidionen in Strukturformeln dar,</li> <li>erklären den Reaktionsmechanismus unter Verwendung der Fachsprache.</li> </ul>	
<b>H2.2.2</b>	<b>Veresterung</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>stellen den Reaktionsmechanismus für die Veresterung eines Alkohols mit einer organischen Säure in Strukturformeln dar,</li> <li>erklären den Reaktionsmechanismus unter Verwendung der Fachsprache,</li> <li>geben an, dass die Veresterung eine Gleichgewichts-Reaktion darstellt,</li> <li>nennen Reaktionsbedingungen, die zur Esterspaltung führen.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>wenden das Prinzip von Le Chatelier auf die Gleichgewichts-Reaktion an,</li> <li>recherchieren bedeutende anorganische und organische Ester unter einer gewählten gesellschaftlich relevanten Fragestellung.</li> </ul>



## Kompetenzerwartungen

	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung
<b>H 3</b>	<b>Reaktionen am Aromaten (S<sub>Ear</sub>)</b>	
	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>stellen den Reaktionsmechanismus für die elektrophile Substitution (Halogenierung, Alkylierung, Nitrierung) von Benzol in Strukturformeln dar,</li> <li>erklären den Reaktionsmechanismus unter Verwendung der Fachsprache,</li> <li>geben die Reaktionsbedingungen der Halogenierung von Toluol an Kern (KKK) und Seitenkette (SSS) an,</li> <li>stellen den Reaktionsmechanismus für die Halogenierung der Seitenkette im Toluol in Strukturformeln dar,</li> <li>erklären den Reaktionsmechanismus in der Seitenkette unter Verwendung der Fachsprache,</li> <li>geben die Strukturformeln von Benzaldehyd, Phenol, Toluol, Nitrobenzol, Anilin und Benzoesäure an.</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>zeichnen und benennen mögliche Reaktionsprodukte,</li> <li>wenden bisherige Kenntnisse über Reaktionsmechanismen an funktionellen Gruppen an, indem sie mögliche Reaktionen von Benzol, Benzaldehyd, Phenol, Toluol, Nitrobenzol, Anilin und Benzoesäure vorhersagen, deren Reaktionsmechanismus aufstellen und die Strukturformeln von möglichen Produkten angeben,</li> <li>recherchieren die Eigenschaften von Benzol und bewerten die Verwendung von Benzol und dessen Derivaten in Bezug auf gesundheitliche und umweltrelevante Aspekte.</li> </ul>

**Basisbegriffe**

nucleophiles Teilchen, elektrophiles Teilchen, Aromat, Substitutionsreaktion, Additionsreaktion, Homolyse/homolytische Spaltung, Heterolyse/heterolytische Spaltung, Fehling-Reaktion, Reaktion mit Benedict-Reagenz, Tollens-Probe, primäre/sekundäre/tertiäre Alkohole, I-Effekte, Dicarbonsäure, Carbonsäurehalogenid, Carbonsäureamid, Monomer, Polymer, Kondensationsreaktion, Veresterung, Verseifung, Hydrolyse, Esterspaltung, Strukturausschnitt, Markownikow-Regel, Halogenierung, Seitenkette, Kern, Zweitsubstitution

**Vorschläge und Hinweise****Kontexte**

Lebensmittel und Verpackungsmaterialien, Medikamente, Farbstoffe, Kunststoffmüll, Alkoholabbau im Körper, Konservierungsstoffe, Duft- und Aromastoffe, biologisch abbaubare Kunststoffe, Fette, Waschmittel und Tenside, Seifen, Klebstoffe, Eiweiße/Polypeptide, Sprengstoffe

**Vom Alkohol zur Carbonsäure**

- Die zu erstellenden Oxidationsreihen sind: primärer Alkohol → Aldehyd → Carbonsäure und sekundärer Alkohol → Keton.

**A<sub>R</sub>/Polymerisation**

- Die Darstellung der Radikalstarter (z. B. organische Peroxide) kann auf die Form R-R reduziert werden.

**Nucleophile Substitution S<sub>N</sub>**

- Auf eine Differenzierung innerhalb der S<sub>N</sub>-Mechanismen soll verzichtet werden.
- Der Mechanismus soll auf primäre Alkohole begrenzt werden.

**Veresterung:**

- Hier kann die historische Bedeutung von Estern als Kampf- und Sprengstoffe dargestellt werden. Auf die Bedeutung als künstliche Aromastoffe für Lebensmittel und Kosmetika kann hingewiesen werden.

**Reaktionen am Aromaten (S<sub>EAr</sub>)**

- Zur Herstellung von Benzolderivaten sollen nur direkte Synthesewege in der Seitenkette von Toluol (Oxidation, Substitution) betrachtet werden.
- Hier kann auf die Bedeutung von Benzol als Grundstoff für die Herstellung von Arzneimitteln, Farbstoffen und Konservierungsstoffen (wie Benzoesäure, E 210) eingegangen werden.

**Fächerübergreifende Hinweise**

- Lehrplan Biologie (Alkoholabbau, Stoffwechsel, Fette, Eiweiße, Zucker, Gesundheit, Ökologie)
- Lehrpläne Erdkunde/Politik/Wirtschaftslehre (Ökologie, 3-Säulen-Konzept der Nachhaltigkeit)
- Fächerverbindendes Projekt: „Wechselwirkungen zwischen naturwissenschaftlicher Forschung, Politik und Gesellschaft“

**Vorschläge und Hinweise****Mögliche Experimente/Schülerübungen**

- Oxidation von Ethanol-Dampf an Pt- oder Cu-Katalysatoren
- Fehling-Reaktion
- Reaktion mit Benedict-Reagenz
- Tollens-Probe
- Herstellung von Polystyrol
- Herstellung von Nylon
- Folie aus Kartoffelstärke
- Herstellung verschiedener Ester
- Herstellung von Polyester
- Synthese von Polymilchsäure
- Additionsreaktion von Brom an eine Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindung

**Hinweise zu außerschulischen Lernorten**

- Betriebserkundung einer Müllverbrennungsanlage
- Betriebserkundung eines Pharmaunternehmens
- Betriebserkundung eines kunststoffverarbeitenden Betriebs

# Anhang

- Erprobungsphase -

2019

<b>Liste der verwendeten Operatoren</b>	
<b>Operator</b>	<b>Beschreibung der erwarteten Leistung</b>
abgrenzen unterscheiden	zwischen zwei oder mehreren Sachen an Hand von Merkmalen trennen
ableiten herleiten	von gegebenen oder selbst ermittelten experimentellen Daten auf eine zwingende Konsequenz schlussfolgern
abschätzen schätzen	durch begründete Überlegungen Größenordnungen angeben
analysieren unterscheiden untersuchen zerlegen	Sachverhalte/Objekte erkunden und wichtige Bestandteile oder Eigenschaften und Merkmale auf eine bestimmte Fragestellung hin herausarbeiten
angeben nennen	Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten ohne nähere Erläuterungen aufzählen
anwenden übertragen	einen bekannten Zusammenhang oder eine bekannte Methode auf einen anderen Sachverhalt beziehen
aufstellen entwickeln erstellen	Sachverhalte und Methoden zielgerichtet miteinander verknüpfen, eine Hypothese, eine Skizze, ein Experiment oder eine Theorie schrittweise weiterführen und entwickeln
auswerten	Daten, Einzelergebnisse oder andere Elemente in einen Zusammenhang stellen, gegebenenfalls zu einer Gesamtaussage zusammenführen und Schlussfolgerungen ziehen
begründen	Einen angegebenen Sachverhalt auf Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Zusammenhänge zurückführen
benennen	einen Stoff nach einer wissenschaftlichen Vereinbarung mit einem Namen versehen
berechnen bestimmen ermitteln	ein Ergebnis, ausgehend von einem Ansatz oder einem Diagramm gewinnen, den Lösungsweg unter Angabe von Zwischenschritten darstellen und das Ergebnis formulieren
beschreiben	Sachverhalte, Verfahren oder Zusammenhänge strukturiert unter Verwendung der Fachsprache wiedergeben
beurteilen	zu einem Sachverhalt eine selbstständige Einschätzung nach fachwissenschaftlichen und fachmethodischen Kriterien formulieren
bewerten	eine eigene Position zu einem Sachverhalt nach ausgewiesenen Kriterien vertreten bzw. mit Beurteilungskriterien begründen
darstellen	Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden, Ergebnisse etc. strukturiert wiedergeben
deuten interpretieren	kausale Zusammenhänge im Hinblick auf Erklärungsmöglichkeiten untersuchen und abwägend heraus stellen

<b>Liste der verwendeten Operatoren</b>	
<b>Operator</b>	<b>Beschreibung der erwarteten Leistung</b>
diskutieren	im Zusammenhang mit Sachverhalten, Aussagen und Thesen Pro- und Kontra-Argumente einander gegenüberstellen und abwägen
durchführen	einen Sachverhalt in einem geplanten Experiment selbstständig überprüfen
einordnen ordnen zuordnen	vorliegende Objekte oder Sachverhalte kategorisieren und hierarchisieren
erkennen	aus einer Beobachtung auf einen Sachverhalt schließen
erklären	einen Sachverhalt nachvollziehbar und verständlich zum Ausdruck bringen
erläutern	einen Sachverhalt durch zusätzliche Informationen (gegebenenfalls mit Formeln und Gleichungen) veranschaulichen und verständlich machen
formulieren	eine Beschreibung eines Sachverhaltes oder eines Vorgangs in einer Folge von Symbolen oder Wörtern angeben
sich informieren recherchieren	ermitteln von Informationen mit Hilfe von Quellen
planen	zu einem vorgegebenen Problem eine Experimentieranordnung und eine Experimentieranleitung finden
protokollieren	Beobachtungen oder die Durchführung von Experimenten detailgenau und in fachtypischer Weise schriftlich wiedergeben
prüfen überprüfen	Sachverhalte oder Aussagen an Fakten oder innerer Logik messen und eventuelle Widersprüche aufdecken
Überblick erstellen Überblick geben	einen Sachverhalt in einer sachlogischen und sinnvollen Reihenfolge ordnen und erklären
vergleichen	Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede ermitteln
zeichnen	eine möglichst exakte graphische Darstellung beobachtbarer oder gegebener Strukturen anfertigen
zusammenfassen	das Wesentliche in konzentrierter Form wiedergeben

## In Prüfungen verbindlich zu verwendende Fachbegriffe und Abkürzungen

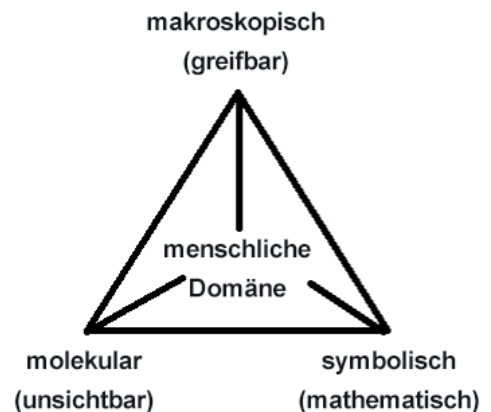
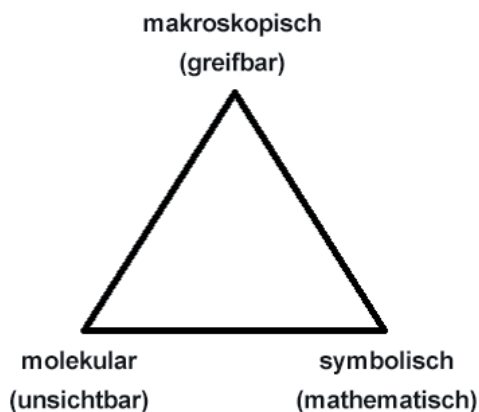
Die verbindlichen Basisbegriffe/Fachbegriffe in den einzelnen Themenfeldern sollen themenfeldunabhängig aufeinander bezogen werden können, so dass vor allem themenübergreifende Aufgabenstellungen bearbeitet werden können.

In Abiturprüfungen sollte darauf geachtet werden, dass keine weiteren Synonyme oder Abkürzungen ohne weitere Erläuterungen als die nachfolgend aufgelisteten verwendet werden.

### Abkürzungen

- GGW = Gleichgewicht
- MWG = Massenwirkungsgesetz
- Kat. = Katalysator
- DDWW = Dipol-Dipol-Wechselwirkungen
- VdW = Van-der-Waals-Kräfte
- RGT-Regel = Reaktionsgeschwindigkeits-Temperatur-Regel
- EN = Elektronegativität
- PkZ=Prinzip des kleinsten Zwangs
- HZ = Hybridisierungszustand
- AO = Atomorbital
- MO = Molekülorbital
- HO = Hybridorbital
- SWE = Standardwasserstoff-Elektrode

Erkenntnistheoretisches Dreieck der Chemie nach Johnstone und erkenntnistheoretisches Tetraeder der Chemie nach Mahaffy als konzeptioneller Leitfaden für den Unterricht



Johnstone postulierte als erster in den frühen 80er Jahren, dass Chemie eine einzigartige, fachspezifische Herausforderung für die Lernenden darstellt (Johnstone, 1982; Johnstone, 2000).