

**Klassen 11/12**

**Jahresplanung für das Leistungsfach**

**Juni 2022**

**Bildungsplan 2016 Gymnasium – Chemie**

Überarbeitete Fassung vom 25.03.2022 (V2)

Inhaltsverzeichnis

[1. Vorwort zu den Jahresplanungen 3](#_Toc133841836)

[2. Exemplarische Jahresplanung 4](#_Toc133841837)

[2.1 Fachspezifische Rahmenbedingungen 4](#_Toc133841838)

[2.1.1 Zielsetzung des Leistungsfaches 4](#_Toc133841839)

[2.1.2 Konzept der Jahresplanung 4](#_Toc133841841)

[2.2 Themenbereiche mit Stundenverteilung 5](#_Toc133841842)

[3. Exemplarische Unterrichtssequenzen 6](#_Toc133841843)

[3.1 Themenbereich „Chemische Energetik" 6](#_Toc133841844)

[3.1.1 Didaktische Überlegungen 6](#_Toc133841845)

[3.1.2 Tabellarische Darstellung der Unterrichtssequenz 6](#_Toc133841846)

[3.2 Themenbereich „Naturstoffe“ 9](#_Toc133841847)

[3.2.1 Didaktische Überlegungen 9](#_Toc133841848)

[3.2.2 Tabellarische Darstellung der Unterrichtssequenz 9](#_Toc133841849)

[3.3 Themenbereich „Chemisches Gleichgewicht“ 13](#_Toc133841850)

[3.3.1 Didaktische Überlegungen 13](#_Toc133841851)

[3.3.2 Tabellarische Darstellung der Unterrichtssequenz 13](#_Toc133841852)

[3.4 Themenbereich „Säure-Base-Gleichgewichte“ 17](#_Toc133841853)

[3.4.1 Didaktische Überlegungen 17](#_Toc133841854)

[3.4.2 Tabellarische Darstellung der Unterrichtssequenz 17](#_Toc133841855)

[3.5 Themenbereich „Aromaten und Reaktionsmechanismen" 22](#_Toc133841856)

[3.5.1 Didaktische Überlegungen 22](#_Toc133841857)

[3.5.2 Tabellarische Darstellung der Unterrichtssequenz 22](#_Toc133841858)

[3.6 Themenbereich „Kunststoffe" 24](#_Toc133841859)

[3.6.1 Didaktische Überlegungen 24](#_Toc133841860)

[3.6.2 Tabellarische Darstellung der Unterrichtssequenz 24](#_Toc133841861)

[3.7 Themenbereich „Elektrochemie" 27](#_Toc133841862)

[3.7.1 Didaktische Überlegungen 27](#_Toc133841863)

[3.7.2 Tabellarische Darstellung der Unterrichtssequenz 27](#_Toc133841864)

1. Vorwort zu den Jahresplanungen

Um die Funktion von Jahresplanungen zu verstehen, ist eine Verortung im Gesamtkontext der Angebote, die den Bildungsplan 2016 flankieren, sinnvoll. Dies wird im Folgenden durch eine Begriffsdefinition und -abgrenzung zentraler Termini vorgenommen (vgl. hierzu auch [https://km-bw.de/Kultusministerium,Lde/Startseite/Schule/Neue+Seite+\_+Glossar](https://km-bw.de/Kultusministerium%2CLde/Startseite/Schule/Neue%2BSeite%2B_%2BGlossar)).

Bildungsstandards sind Vorgaben, die definieren, welche Kompetenzen Schülerinnen und Schüler zu einem festgelegten Zeitpunkt erreicht haben müssen. Sie werden überwiegend im Zweijahresrhythmus ausgewiesen.

* Das Kerncurriculum umfasst die Summe der verbindlichen Inhalte der baden-württembergischen Bildungsstandards, die in 3/4 der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit zu erreichen sind.
* Das Schulcurriculum umfasst 1/4 der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit, z. B. zur Vertiefung und Erweiterung der Vorgaben der baden-württembergischen Bildungsstandards.
* Die Beispielcurricula bis Klasse 10, die flankierend zum baden-württembergischen Bildungsplan 2016 entwickelt wurden, stellen auf dem Bildungsplan basierende Beispiele von Kerncurricula dar; Ideen und Impulse für die Anbindung an das Schulcurriculum sind - sofern vorhanden - ergänzend ausgewiesen. Beispielcurricula zeigen somit eine Möglichkeit auf, wie aus dem Bildungsplan unterrichtliche Praxis werden kann. Sie erheben hierbei keinen Anspruch einer normativen Vorgabe, sondern dienen vielmehr als beispielhafte Vorlage zur Unterrichtsplanung und -gestaltung, indem sie exemplarisch darlegen, wie der im Bildungsplan vorgesehene Kompetenzaufbau innerhalb einer Standardstufe im Unterricht umgesetzt werden kann.
* Die hier vorliegenden Jahresplanungen für die Kursstufe zeigen Möglichkeiten auf, wie die im Bildungsplan für die Kursstufe beschriebenen inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen sinnvoll angelegt und vernetzt werden können.
Diese Kompetenzen werden dabei konkreten Themenbereichen und Inhalten zugeordnet und ein zeitlicher Rahmen wird jeweils für die Themenbereiche vorgeschlagen. Umsetzungsideen geben einen Einblick, wie diese Inhalte im Unterricht konkret umgesetzt werden könnten.
1. Exemplarische Jahresplanung
	1. Fachspezifische Rahmenbedingungen
		1. Zielsetzung des Leistungsfaches

Im Leistungsfach wird mit anspruchsvolleren experimentellen Zugängen, einem höheren Abstraktionsniveau der verwendeten Modelle und verstärkter Mathematisierung ein vertieftes und erweitertes Verständnis chemischer Zusammenhänge erreicht. Der zunehmende Einsatz von Methoden des eigenständigen Wissenserwerbs und wissenschaftspropädeutisches Vorgehen bereitet die Lernenden in besonderer Weise auf ein naturwissenschaftliches Studium vor.

* + 1. Konzept der Jahresplanung

Das in der Mittelstufe nur qualitativ eingeführte Energie-Konzept bei chemischen Reaktionen wird in der ersten Einheit „Chemische Energetik“ vertieft und erweitert. Durch die hier gewählte Reihenfolge als Einstiegsthema ergeben sich Möglichkeiten zur Wiederholung von Grundbegriffen der Chemie an einfachen chemischen Reaktionen im Kontext der Energetik (Einrichten von Reaktionsgleichungen, Redoxreaktionen: Verbrennungsenthalpie; Säure-Base-Reaktionen: Neutralisationsenthalpie). Das Verständnis von Experimenten als Teil naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung wird durch Demonstrationsexperimente und Praktika ausgebaut (komplexere Experimente zur Kalorimetrie, reflektierte Optimierung von Versuchsanordnungen, genaues experimentelles Arbeiten, Messen). Quantitatives Arbeiten unter Verwendung bereits eingeführter Größen kommt verstärkt zum Tragen. (Verwendung von Grundgrößen zum stöchiometrischen Rechnen: Masse, Volumen, Stoffmenge, Dichte, molares Volumen, Molare Masse, Anteile und Konzentrationen). Auf diese Weise knüpft der Chemieunterricht an die bereits in Klasse 8 – 10 erworbenen Kompetenzen an. Andererseits werden typische Merkmale des Kursstufenunterrichts wie anspruchsvollere experimentelle Zugänge, verstärkt quantitatives Arbeiten, eigenständige Versuchsplanungen oder ein zunehmend höherer Abstraktionsgrad der verwendeten Modelle von Beginn an deutlich sichtbar.

Im Kapitel „Naturstoffe“ werden die Kenntnisse aus Klasse 10 im Bereich organische Chemie (Stoffklassen, Wechselwirkungen, Struktur-Eigenschaftsbeziehungen) wieder aufgegriffen und durch Betrachtungen neuer Stoffklassen (Kohlenhydrate, Fette und Proteine) weiter ausgebaut. Ein zentrales, neues Konzept dabei stellt die für Naturstoffe so bedeutsame Stereoisomerie dar. Mit Hilfe mechanistischer Betrachtungen erfolgt zudem ein tieferer Einblick in die Bildung von Strukturen (Halbacetalbildung, nucleophile Addition). Mit der koordinativen Bindung werden am Beispiel der Kupfer- bzw. Silber-Komplexe im Kontext der Nachweisreaktionen Fehling-Test, Benedict-Test und Tollens-Probe die Vorstellungen zur chemischen Bindung aus der Mittelstufe erweitert.

In der Unterrichtseinheit „Chemische Gleichgewichte“ wird ein neues Konzept zum Verständnis chemischer Reaktionen eingeführt, das in den darauffolgenden Kapiteln wieder zur Festigung und Vertiefung angewandt werden kann (z.B. bei den Säure-Base-Gleichgewichten oder in der Elektrochemie). Reaktionskinetische Aspekte sind inkludiert. Mit der säurekatalysierten Veresterung rücken darüber hinaus auch in dieser Einheit mechanistische Betrachtungen chemischer Reaktionen in den Fokus.

Am Beispiel der aromatischen Verbindungen wird die Grenze bisheriger Bindungsmodelle thematisiert und durch eine tragfähigere Vorstellung (delokalisierte Elektronen) erweitert. Mechanistische Betrachtungen der typischen Reaktionen von Aromaten (elektrophile Substitution) und Alkenen (elektrophile Addition) sind in dieses Kapitel ebenfalls aufgenommen.

Bei den Kunststoffen werden Struktur-Eigenschaftsbeziehungen zur Erklärung genutzt und mechanistische Betrachtungen zu deren Synthese (radikalische Polymerisation, Polyaddition) angestellt. Zudem besitzt dieses Thema, genau wie das folgende Thema Elektrochemie, einen hohen Alltags- und Zukunftsbezug im Sinne der Bildung für nachhaltige Entwicklung.

Das Kapitel Elektrochemie knüpft an das Vorwissen über Redoxreaktionen aus der Mittelstufe an und führt die Grundprinzipien des Donator-Akzeptor-Prinzips aus Säure-Base-Reaktionen und Redoxreaktionen zusammen. Bei der Betrachtung der elektrochemischen Doppelschicht und der Abhängigkeit der Zellspannung von den Ionen-Konzentrationen werden grundlegende Aspekte der Betrachtung chemischer Gleichgewichte angewandt. Beim Vergleich von galvanischen Zellen und Elektrolysezellen kommen Grundlagen der chemischen Energetik zum Tragen.

* 1. Themenbereiche mit Stundenverteilung

|  |  |
| --- | --- |
| Themenbereich | Ustd. |
| Chemische Energetik | 25 |
| Naturstoffe | 48 |
| Chemisches Gleichgewicht | 35 |
| Säure-Base-Gleichgewichte | 41 |
| Aromaten und Reaktionsmechanismen | 15 |
| Kunststoffe | 24 |
| Elektrochemie | 45 |
| Chemie in Wissenschaft, Forschung und Anwendung | 15 |
|  | **248** |

1. Exemplarische Unterrichtssequenzen
	1. Themenbereich „Chemische Energetik"

Didaktische Überlegungen

Die SuS nutzen energetische Betrachtungen, um das Zustandekommen, den Verlauf und den energetischen Nutzen chemischer Reaktionen zu erklären. Dazu ermitteln sie Energieumsätze chemischer Reaktionen experimentell und überprüfen ihre Ergebnisse anhand der Berechnung von Reaktionsenthalpien. Auf diese Weise werden die Begriffe exotherm und endotherm quantitativ gefasst und die Vorstellungen aus dem Chemieunterricht der Mittelstufe somit auf eine neue Ebene erweitert. Sie lernen die freie Reaktionsenthalpie als Maß für den spontanen Verlauf einer chemischen Reaktion kennen. Anhand von Beispielen erfassen sie die Grenzen der energetischen Betrachtungsweise.

Tabellarische Darstellung der Unterrichtssequenz

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ProzessbezogeneKompetenzen | InhaltsbezogeneKompetenzen | Unterrichtsverlauf | Bemerkungen |
| 2.2 Kommunikation(4) chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären | 3.4.1 Chemische Energetik(1) Merkmale offener, geschlossener und isolierter Systeme beschreiben | Ca. 2 Stunden* Wiederholung: Grundbegriffe (Energiebegriff, exotherm, endotherm Aktivierungsenergie, Diagrammdarstellung)
* Begriffe System und Umgebung an AlltagsbeispielenEnergie- und StoffaustauschUnterscheidung von Systemen
 | Bemerkung Bereich* Q = cw · m · Δϑà Physik
* z. B. Streichhölzer in mit Ballon verschlossenem Reagenzglas
 |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(4) Experimente zur Überprüfung von Hypothesen planen(5) qualitative und quantitative Experimente unter Beachtung von Sicherheits- und Umweltaspekten durchführen, beschreiben, protokollieren und auswerten(6) Laborgeräte benennen und sachgerecht damit umgehen(12) quantitative Betrachtungen und Berechnungen zur Deutung und Vorhersage chemischer Phänomene einsetzen2.2 Kommunikation(3) Informationen in Form von Tabellen, Diagrammen, Bildern und Texten darstellen und Darstellungsformen ineinander überführen(6) Zusammenhänge zwischen Alltagserscheinungen und chemischen Sachverhalten herstellen und bei bewusst Alltagssprache in Fachsprache übersetzen | 3.4.1 Chemische Energetik(2) chemische Reaktionen unter stofflichen und energetischen Aspekten (exotherm, endotherm, Brennwert, Heizwert) erläutern(3) eine kalorimetrische Messung planen, durchführen und auswerten (Reaktionsenthalpie)(4) den Satz von der Erhaltung der Energie (1.Hauptsatz der Thermodynamik) bei der Berechnung von Reaktionsenthalpien und Bildungsenthalpien anwenden (Satz von Hess) | Ca. 12 Stunden* Alltagsbeispiele (Brennstoffe)
* Heizwert und Brennwert als technische Größen
* Kalorimeter
* Reaktionsenthalpie
* BildungsenthalpieÜbungen anhand von Beispielen (Reaktionen mit Kohlenstoffmonooxid, Hochofenprozess)„Dreiecksdarstellung“ mit „Umweg“ über Bildungsenthalpien
 | Bemerkung Bereich* p = 1013 hPa, ϑ = 25 °C (T = 298,15 K)
* $Δ\_{c}H\_{m}= -\frac{Q}{n}$
* SÜ: Lösungsenthalpie verschiedener Stoffe in Wasser (z. B. Ammonium-chlorid, Calciumchlorid, Natriumchlorid, Natriumhydroxid)
* SÜ Lösungsenthalpie von Calciumoxid (Selfheating can)
* SÜ/LD: Verbrennung von Kohlenstoff im Verbrennungskalorimeter
* Kalorimeter: Aufbau, Typen, Fehlerquellen
* Übungen zum Zusammenhang zwischen Bildungsenthalpie und Reaktionsenthalpie, Brennwert und Heizwertà BNE
* Bindungsenthalpie
* Born-Haber-Kreisprozess
 |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung (5) qualitative und quantitative Experimente unter Beachtung von Sicherheits- und Umweltaspekten durchführen, beschreiben, protokollieren und auswerten(6) Laborgeräte benennen und sachgerecht damit umgehen(12) quantitative Betrachtungen und Berechnungen zur Deutung und Vorhersage chemischer Phänomene einsetzen | 3.4.1 Chemische Energetik(5) die Entropie als Maß für die Anzahl von Realisierungsmöglichkeiten eines Zustands beschreiben(6) Änderungen der Entropie bei chemischen Reaktionen erläutern (2.Hauptsatz der Thermodynamik) (7) Berechnungen mithilfe der Gibbs-Helmholtz-Gleichung durchführen, um chemische Reaktionen energetisch zu klassifizieren (freie Reaktionsenthalpie, exergonische und endergonische Reaktionen, Einfluss der Temperatur) | Ca. 9 Stunden* Entropiebegriff
* Gibbs-Helmholtz-Gleichung
* Freie Reaktionsenthalpie
 | Bemerkung Bereich* Entropie als Maß für die Anzahl von Realisierungsmöglichkeiten eines Zustands, Entropie im Alltag
* Berechnungen zur Gibbs-Helmholtz-Gleichung, Abschätzung der Grenztemperatur oder/und der Entropie
* Bedeutung von ΔG < 0, ΔG = 0, ΔG > 0
 |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung (11) die Grenzen von Modellen aufzeigen | 3.4.1 Chemische Energetik(8) an Beispielen die Grenzen der energetischen Betrachtungsweise diskutieren (metastabiler Zustand, homogene und heterogene Katalyse, unvollständig ablaufende Reaktionen) | Ca. 2 Stunden* Metastabiler Zustand (kinetisch gehemmte Reaktion)
* Homogene und heterogene Katalyse
 | Bemerkung Bereich* Problematisierung: Exergonisch – aber nichts passiert?
* Bezug zu technischen Anwendungen und Enzymen
* SÜ: Zersetzung von Wasserstoffperoxid durch Braunstein und Perlkatalysator
 |

3.2 Themenbereich „Naturstoffe“ hier geht’s zum Material

3.2.1 Didaktische Überlegungen

Die Schülerinnen und Schüler erweitern anhand der Kohlenhydrate, Fette und Proteine ihre Kenntnisse in der organischen Chemie. Sie vertiefen ihr Wissen über den räumlichen Bau von Molekülen sowie den Zusammenhang zwischen Molekülstruktur und Eigenschaften der Stoffe. Anhand ausgewählter Nachweisreaktionen lernen sie die koordinative Bindung kennen.

Sie lernen die biologische Funktion einzelner Naturstoffe kennen und bewerten deren Verwendung als Rohstoffe und Nahrungsmittelbestandteile.

3.2.2 Tabellarische Darstellung der Unterrichtssequenz

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ProzessbezogeneKompetenzen | InhaltsbezogeneKompetenzen | Unterrichtsverlauf | Bemerkungen |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(10) Modelle und Simulationen nutzen, um sich naturwissenschaftliche Sachverhalte zu erschließen | 3.4.4 Naturstoffe(1) die Chiralität eines Moleküls mit dem Vorhandensein eines asymmetrisch substituierten Kohlenstoff-Atoms erklären  | Ca. 2 StundenPhänomen der Chiralität in der Natur* einfache Beispiele: Milchsäure, Glycerinaldehyd
* Spiegelbildisomerie

Stoffgruppe der Naturstoffe | Bemerkung Bereich* Kohlenhydrate, Proteine, Nukleinsäuren, Fette und ihre biologische Bedeutungà Biologie
 |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(1) chemische Phänomene erkennen, beobachten und beschreiben(5) qualitative und quantitative Experimente unter Beachtung von Sicherheits- und Umweltaspekten durchführen, beschreiben, protokollieren und auswerten(7) Vergleichen als naturwissenschaftliche Methode nutzen(10) Modelle und Simulationen nutzen, um sich naturwissenschaftliche Sachverhalte zu erschließen2.2 Kommunikation(1) in unterschiedlichen analogen und digitalen Medien zu chemischen Sachverhalten und in diesem Zusammenhang gegebenenfalls zu bedeutenden Forscherpersönlichkeiten recherchieren(4) chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären2.3 Bewertung(2) Bezüge zu anderen Unterrichtsfächern aufzeigen(10) Pro- und Kontra-Argumente unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Aspekte vergleichen und bewerten | 3.4.4 Naturstoffe(2) die räumliche Struktur geeigneter Moleküle in der Fischer-Projektion darstellen und benennen (D- und L-Form)(3) die Struktur eines Aldose-Moleküls und eines Ketose-Moleküls in der Fischer-Projektion vergleichen (Carbonylgruppe)(4) den Ringschluss bei Monosacchariden als Halbacetalbildung erläutern (nucleophiler Angriff) und den Zusammenhang zwischen Fischer-Projektionsformeln und Haworth-Projektionsformeln darstellen (D-Glucose, D-Fructose, α-Form, β-Form)(5) D-Glucose, Maltose und Saccharose auf ihre reduzierende Wirkung untersuchen (Benedict-Probe oder Tollens-Probe) und die Untersuchungsergebnisse erklären (6) den Glucosenachweis durchführen und beschreiben (GOD-Test)(7) die Bildung und die räumliche Struktur von Di- und Polysacchariden erklären (Acetalbildung, glycosidische Verknüpfung)(8) die räumliche Struktur von Di- und Polysacchariden beschreiben (Saccharose, Maltose, Stärke, Cellulose) (9) Vorkommen von Mono-, Di- und Polysacchariden nennen und ihre Eigenschaften erklären(10) die Verwendung von Kohlenhydraten als nachwachsende Rohstoffe bewerten  | Ca. 18 StundenKohlenhydrate* Kohlenhydrate: Namensgebung, Formel
* Unterteilung in Mono-, Di-, Oligo-, Polsaccharide
* Vorkommen von Glucose und Fructose
* Strukturformel des Glucose- und Fructose-Moleküls, Fischer-Projektion, D- und L-Form
* Optische Aktivität, Chiralität am Beispiel der Kohlenhydrate
* Ringschluss und Ringöffnung beim Glucose- und Fructose-Molekül (Halbacetal, α-Form, β-Form, Haworth-Projektion)
* Furanose- und Pyranose-Form
* Vorkommen und Strukturformel von Saccharose (glycosidische 1,2-Verknüpfung, Vollacetal)
* Erklärung der reduzierenden/ nichtreduzierenden Wirkung von Kohlenhydraten
* Hydrolyse von Sacchariden und deren Folge auf Nachweisreaktionen
* Vorkommen, Verwendung und Strukturformeln weiterer Di- und Polysaccharide: Maltose, Stärke, Cellulose
* Erklärung der Löslichkeit von Mono-, Di- und Polysacchariden
* Kohlenhydrate als nachwachsende Rohstoffe
 | Bemerkung Bereich* „Zucker“, Cn(H2O)m, Endung –ose
* Traubenzucker, Fruchtzucker à VB
* Glucose-Merkregel „ta-tü-ta-ta“
* Glucose als Aldohexose; Fructose als Ketohexose
* Oxidation von Sorbit (Hexahexaol) mit Kupfer(II)-oxid (Wiederholung der Oxidation aus Kl. 10)
* LD: Messung der optischen Aktivität
* SÜ: Ringschluss mit Molekülbaukasten (<https://chemie.lilo-ma.de/chlilo/kh/kh2.html>)
* Übungen zur Halbacetalbildung und -spaltung auch mit anderen Mono-saccharid-Molekülen (z.B., Mannose, Ribose)
* Haushaltszucker à VB
* SÜ: Nachweisreaktionen bei Glucose, Fructose, Saccharose (GOD-Test, Benedict-, Tollens- oder Fehling-Probe)
* Gegenüberstellung der Ergebnisse für Aldosen-Ketosen, Halbacetale-Acetale
* SÜ: Hydrolyse von Saccharose mit Salzsäure und Nachweis der Bausteine
* Internetrecherche: Maltose als Abbauprodukt der Stärke, Stärke in pflanzlichen Zellen, Cellulose in Zellwänden (Fasern) à Biologieà MB
* SÜ: Nachweise und Hydrolyse von Di- und Polysacchariden
* Einfluss von funktionellen Gruppen und Kettenlänge auf die Wasserlöslichkeit (Wdh. und Erweiterung Mittelstufe) à VBà BNE
* Isomerie (Begriff, Arten von Isomerien), GFS, CIP-Nomenklatur)
* Beispiel: Conterganà VB
 |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(5) qualitative und quantitative Experimente unter Beachtung von Sicherheits- und Umweltaspekten(7) Vergleichen als naturwissenschaftliche Methode nutzen2.2 Kommunikation(5) fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren2.3 Bewertung(2) Bezüge zu anderen Unterrichtsfächern aufzeigen | 3.4.4 Naturstoffe(14) die Struktur von L-α-Aminosäuren beschreiben (Aminogruppe)(15) die Bildung und Hydrolyse einer Peptidbindung beschreiben(16) Nachweise für Aminosäuren und Proteine durchführen und beschreiben (Ninhydrin- und Biuret-Reaktion) (17) die koordinative Bindung am Beispiel von Nachweisreaktionen in der Naturstoffchemie als Wechselwirkung zwischen Metall-Kationen und Teilchen mit freien Elektronenpaaren beschreiben (Tollens- oder Benedict-Probe, Biuret-Reaktion) (18) die Primär-, Sekundär-, Tertiär- und Quartärstruktur von Proteinen erläutern (19) Versuche zur Denaturierung von Proteinen durchführen und auswerten | Ca. 20 StundenProteine* Makromoleküle, aufgebaut aus Aminosäuren
* Unterteilung je nach Länge in Peptide und Proteine
* Aufgaben der Proteine
* Struktur der L-α-Aminosäuren
* Aufbau von Peptide und Proteine aus verknüpften AS, Peptidbindung
* Hydrolyse von Proteinen und Peptiden
* Nachweis von Proteinen und Peptiden (Ninhydrin- und Biuret-Reaktion)
* Denaturierung von Proteinen
* Einführung von Grundbegriffen der Komplexverbindungen
* koordinative Bindung am Beispiel von Kupfer(II)-Komplexen, Silber-Ionen-Komplexe, Biuret-Reaktion
* Primär-, Sekundär-, Tertiär-, Quartärstruktur
 | Bemerkung Bereich* Umgangssprachlich: Eiweiße à VBà Biologie
* Position der Amino- und Carboxygruppe
* Vorliegen als Ammonium- und Carboxylat-Ion
* Wdh. optische Aktivität, D-/L-Form
* Zwitterion, Zusammenhang mit Aggregatzustand der AS
* saure, neutrale, basische AS
* SÜ: Löslichkeit von Tyrosin in wässrigen Lösungen mit verschiedenen pH-Werten (Wechselwirkungen)
* Elektrophoreseà Biologie
* Eingeschränkte freie Drehbarkeit der Peptidbindung aufgrund von Mesomerie
* SÜ zur Hydrolyse
* SÜ: Nachweise mit verschiedenen Stoffen (ein Zucker, eine AS, ein Peptid, Blindprobe)
* SÜ: Denaturierung durch saure und alkalische Lösungen, Alkohol, Schwermetall-Ionen
* Enzyme als temperaturempfindliche Katalysatoren
* SÜ/LD: Nachweis von N-Atomen in organischen Stoffen durch Erhitzen mit Natronlauge
* Wiederholung der Wechselwirkungen, verschiedene Darstellungsformen von Proteinen
 |
| 2.2 Kommunikation4) chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären(6) Zusammenhänge zwischen Alltagserscheinungen und chemischen Sachverhalten herstellen und dabei Alltagssprache bewusst in Fachsprache übersetzen2.3 Bewertung(2) Bezüge zu anderen Unterrichtsfächern aufzeigen | 3.4.4 Naturstoffe(11) die Struktur von Fettmolekülen beschreiben (gesättigte und ungesättigte Fettsäuren, Glycerin, Ester)(12) die Eigenschaften von Fetten erklären (hydrophob, lipophil, Konsistenz, Addition von Halogenen)(13) Fette und Kohlenhydrate als Energieträger in Lebewesen vergleichen | Ca. 8 StundenFette* Aufbau der Fette aus Glycerin und verschiedenen Fettsäuren
* Esterspaltung durch Verseifung (Hydrolyse)
* Gesättigte und ungesättigte Fettsäuren
* Nachweis der Doppelbindung durch elektrophile Addition
* Eigenschaften der Fette (Schmelzbereich, Wasserlöslichkeit)
* Vergleich des Energiegehalts von Fetten und Kohlenhydraten
* Diagnose und Übungen zu den Naturstoffklassen
 | Bemerkung Bereich* [Lernbox: Die Stoffklasse der Fette](https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/chemie/gym/bp2016/fb7/2_beispiele/1_fette/)
* Wdh. Estergruppe, Esterbildung
* SÜ/LD: Verseifung eines Fettes
* cis-trans-Isomerie (Z/E)
* Fette in Lebensmitteln à PGà VB
* [Addition von Iod an die Doppelbindung](https://www.chf.de/eduthek/superlab-experiment03.html)
* SÜ zu Eigenschaften der Fette
* Energie pro Masse, Kohlenhydrate als Energiespeicher nur bei immobilen Lebewesenà Biologieà Physik
 |

3.3 Themenbereich „Chemisches Gleichgewicht hier geht’s zum Material

3.3.1 Didaktische Überlegungen

Die Schülerinnen und Schüler erlangen ein vertieftes Verständnis des Konzepts des chemischen Gleichgewichts und erweitern so ihre Vorstellungen zur chemischen Reaktion. Sie nutzen experimentelle Befunde und Betrachtungen auf der Modellebene zur Charakterisierung des dynamischen Gleichgewichts. Mit dem Massenwirkungsgesetz beschreiben sie die Lage des chemischen Gleichgewichts quantitativ. Sie erfassen die Bedeutung des Prinzips von Le Chatelier für die Gestaltung von Reaktionsbedingungen bei großtechnischen Prozessen.

3.3.2 Tabellarische Darstellung der Unterrichtssequenz

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ProzessbezogeneKompetenzen | InhaltsbezogeneKompetenzen | Unterrichtsverlauf | Bemerkungen |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(8) aus Einzelerkenntnissen Regeln ableiten und deren Gültigkeit überprüfen(10) Modelle und Simulationen nutzen, um sich naturwissenschaftliche Sachverhalte zu erschließen2.2 Kommunikation(3) Informationen in Form von Tabellen, Diagrammen, Bildern und Texten darstellen und Darstellungsformen ineinander überführen(5) fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren(6) Zusammenhänge zwischen Alltagserscheinungen und chemischen Sachverhalten herstellen und dabei Alltagssprache bewusst in Fachsprache übersetzen2.3 Bewertung(2) Fragestellungen, gegebenenfalls mit Hilfsmitteln, erschließen | 3.4.2 Chemische Gleichgewichte(2) die Reaktionsgeschwindigkeit und ihre Abhängigkeit von der Konzentration und der Temperatur beschreiben und auf der Teilchenebene erklären (RGT-Regel, Stoßtheorie, Reaktionsrate) | Ca. 4 Stunden* Reaktionsgeschwindigkeit auf der Stoffebene
* Reaktionsgeschwindigkeit auf der Teilchenebene als Reaktionsrate
* Stoßtheorie
* RGT-Regel
 | Bemerkung Bereich* Langsame, mittelschnelle und schnelle Reaktionen
* Reaktionsgeschwindigkeit als Konzentrationsänderung pro Zeit
* SÜ: Reaktion von Calciumcarbonat mit Salzsäure und Messen des Kohlenstoffdioxid-Volumens in Abhängigkeit von der Zeit (indirekt über Massenverlust oder direkt mithilfe eines Kolbenprobers), Diagramminterpretation
* RGT-Regel als Phänomen, Möglichkeit der Interpretation über Arrhenius-Gleichung, Einfluss von Katalysatoren
* SÜ: [Sonnenuntergangsreaktion](https://de.wikibooks.org/wiki/Praktikum_Anorganische_Chemie/_Thiosulfat)
 |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(3) Hypothesen bilden2.2 Kommunikation(4) chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären(5) fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren | 3.4.2 Chemische Gleichgewichte(1) die Umkehrbarkeit einer Reaktion als Voraussetzung für die Einstellung eines Gleichgewichts nennen(3) die Veresterung als umkehrbare Reaktion erläutern (Reaktionsmechanismus, Carbokation, nucleophiler Angriff)(5) Gleichgewichtskonzentrationen experimentell ermitteln (Estergleichgewicht) | Ca. 9 Stunden* Umkehrbare Reaktionen
* Synthese und Analyse von Ammoniumchlorid
* Esterherstellung und Esterhydrolyse
* Mechanismus der Veresterung
 | Bemerkung Bereich* LD / SÜ: [Bildung](https://degintu.dguv.de/experiments/327) und [Thermolyse](https://degintu.dguv.de/experiments/92) von Ammoniumchlorid
* SÜ: Reaktionsansätze zur Einstellung eines Ethansäureethylester-Gleichgewichts herstellen
* SÜ: Bestimmung der Oxonium-Ionenkonzentration im Gleichgewichtszustand nach ca. 10 Tagen durch eine Säure-Base-Titration

Hinweis: Je nach Experimentiererfahrung sind vorab Übungen zur Titration nötig, um gute Ergebnisse bei der Titration der Reaktionsansätze zu erhalten.* Hinweis: Für die Einführung des Mechanismus der Veresterung sollte bereits die Mesomerie bekannt sein. Alternativ kann der Mechanismus auch bei den Kunststoffen (Polyestern) eingeführt oder vertieft werden.
 |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(2) Fragestellungen, gegebenenfalls mit Hilfsmitteln, erschließen(6) Laborgeräte benennen und sachgerecht damit umgehen(10) Modelle und Simulationen nutzen, um sich naturwissenschaftliche Sachverhalte zu erschließen(11) die Grenzen von Modellen aufzeigen(12) quantitative Betrachtungen und Berechnungen zur Deutung und Vorhersage chemischer Phänomene einsetzen2.2 Kommunikation(4) chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären(5) fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren | 3.4.2 Chemische Gleichgewichte(4) die Einstellung des chemischen Gleichgewichts aufgrund der Angleichung der Reaktionsraten der Hin- und Rückreaktion erklären(6) ein Modellexperiment zur Gleichgewichtseinstellung durchführen und auswerten(7) mithilfe des Massenwirkungsgesetzes Berechnungen zur Lage von homogenen Gleichgewichten durchführen (Gleichgewichtskonstante Kc, Gleichgewichtskonzentration) | Ca. 7 Stunden* Dynamisches Gleichgewicht, Simulation
* Massenwirkungsgesetz
* Mögliche Einheiten von Kc
* Aussage des Zahlenwertes von Kc
* Betrachtung offener und geschlossener Systeme
* Betrachtung heterogener Systeme
 | Bemerkung Bereich* Dynamisches Gleichgewicht aufgrund Angleichung der Reaktionsraten von Hin- und Rückreaktion (CHEMKON 2020, 27 Nr. 2, 96-98)
* SÜ: [Stechheber-Versuch](https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5154&L=0)
* Grafischer Verlauf der Gleichgewichts-einstellung chemischer Reaktionen (Konzentration, Zeit)
* Übungen zum Massenwirkungsgesetz, zur Lage des chemischen Gleichgewichts
 |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(3) Hypothesen bilden(8) aus Einzelerkenntnissen Regeln ableiten und deren Gültigkeit überprüfen(12) quantitative Betrachtungen und Berechnungen zur Deutung und Vorher-sage chemischer Phänomene einsetzen2.2 Kommunikation(4) chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären(5) fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren | 3.4.2 Chemische Gleichgewichte(8) das Massenwirkungsgesetz auf Löslichkeitsgleichgewichte anwenden (Lösungsvorgang, Wechselwirkung zwischen Ionen und Dipolmolekülen, heterogenes Gleichgewicht, Löslichkeitskprodukt KL)(9) Möglichkeiten zur Beeinflussung von chemischen Gleichgewichten mit dem Prinzip von Le Chatelier erklären (Konzentrations-, Druck- und Temperaturänderung) | Ca. 11 Stunden* Abhängigkeit des chemischen Gleichgewichts von Temperatur, Konzentration und Druck
* Massenwirkungsgesetz
* Gleichgewichtskonstante KC
* Prinzip von Le Chatelier; Einfluss von Temperatur, Konzentration und Druck
* Löslichkeitsprodukt KL
 | Bemerkung Bereich* Veränderung des chemischen Gleichgewichts durch eine Temperaturänderung
* Störung des chemischen Gleichgewichts durch Druck- und Konzentrationsänderungen
* LD: [Eisenthiocyanat-Gleichgewicht](https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/de/digitale-medien/videos-zu-klassischen-schulversuchen/allgemeine-chemie-i-anorganische-chemie/das-chemische-gleichgewicht-am-beispiel-von-eiseniii-thiocyanat/)
* LD: [Stickstoffdioxid-Distickstofftetroxid-Gleichgewicht](https://degintu.dguv.de/experiments/288) ([Temperaturabhängigkeit](https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/de/digitale-medien/videos-zu-klassischen-schulversuchen/allgemeine-chemie-i-anorganische-chemie/temperatureinfluss-auf-das-stickstoffdioxid-distickstofftetraoxid-gleichgewicht/))
* [SÜ: Ist die Reaktion von Ammoniak mit Wasser exotherm oder endotherm? (Spritzentechnik)](http://www.axel-schunk.de/experiment/edm1208.html)
* SÜ: Kohlenstoffdioxid/Kohlensäure (Druck-, Temperaturabhängigkeit) Unterricht Chemie 17, 2006 Nr. 96, S. 34-37
* LD/SÜ: Bestimmung des Löslichkeitsprodukts von Calciumhydroxid durch Neutralisationstitration mit Salzsäure
 |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(2) Fragestellungen, gegebenenfalls mit Hilfsmitteln, erschließen2.2 Kommunikation(1) in unterschiedlichen analogen und digitalen Medien zu chemischen Sachverhalten und in diesem Zusammenhang gegebenenfalls zu bedeutenden Forscherpersönlichkeiten recherchieren(5) fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren(8) die Bedeutung der Wissenschaft Chemie und der chemischen Industrie, auch im Zusammenhang mit dem Besuch eines außerschulischen Lernorts, für eine nachhaltige Entwicklung exemplarisch darstellen2.3 Bewertung(6) Verknüpfungen zwischen persönlich oder gesellschaftlich relevanten Themen und Erkenntnissen der Chemie herstellen, aus unterschiedlichen Perspektiven diskutieren und bewerten | 3.4.2 Chemische Gleichgewichte(10) die Reaktionsbedingungen (Temperatur, Druck, Konzentration, Katalysator) bei der großtechnischen Ammoniaksynthese unter dem Aspekt der Erhöhung der Ammoniakausbeute diskutieren und die Leistungen von Haber und Bosch darstellen(11) die gesellschaftliche Bedeutung der Ammoniaksynthese erläutern | Ca. 4 Stunden* Haber-Bosch-Verfahren
* Ammoniak als wichtiger Rohstoff in der Industrie
* Historische Bedeutung der Ammoniaksynthese
* Diagnose und Übungen zu chemischen Gleichgewichten
 | Bemerkung Bereich* Recherche zu Bedeutung der Ammoniaksynthese à MB
* Einfluss der Reaktionsbedingungen auf die Ammoniak-Ausbeute (Temperatur, Druck, Konzentration, Katalysator);Begründung über Prinzip von Le Chatelier
* Kritische/ ethische Betrachtung weltverändernder Errungenschaften (Bosch, [Haber](https://www1.wdr.de/mediathek/audio/audiosuche100.jsp?sort=date&q=Fritz+Haber&von=&bis=#customForm-cptblock-avsuche100), Nobel)à BNEà Geschichte
* Katalysator zur Verringerung der benötigten Mindesttemperatur
 |

3.4 Themenbereich „Säure-Base-Gleichgewichte“ hier geht’s zum Material

3.4.1 Didaktische Überlegungen

Die Schülerinnen und Schüler wenden das Donator-Akzeptor-Prinzip auf das Säure-Base-Gleichgewicht an. Mithilfe der Säurekonstanten beschreiben sie Säure-Base-Gleichgewichte quantitativ. Sie deuten den pH-Wert als Maß für die Konzentration der Oxonium-Ionen in sauren und alkalischen Lösungen. Sie beschreiben die Funktionsweise von Indikatoren und Puffersystemen und nutzen qualitative und quantitative experimentelle Methoden zur Untersuchung von Säure-Base-Gleichgewichten.

3.4.2 Tabellarische Darstellung der Unterrichtssequenz

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ProzessbezogeneKompetenzen | InhaltsbezogeneKompetenzen | Unterrichtsverlauf | Bemerkungen |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(10) Modelle und Simulationen nutzen, um sich naturwissenschaftliche Sachverhalte zu erschließen2.2 Kommunikation(4) chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären(5) fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren(6) Zusammenhänge zwischen Alltagserscheinungen und chemischen Sachverhalten herstellen und dabei Alltagssprache bewusst in Fachsprache übersetzen | 3.4.3 Säure-Base-Gleichgewichte(1) Säure-Base-Reaktionen mithilfe der Theorie von Brønsted beschreiben (Donator-Akzeptor-Prinzip)(2) das Konzept des chemischen Gleichgewichts auf Säure-Base-Reaktionen mit Wasser anwenden (HCl, HNO3, H2SO4, H2CO3, H3PO4, NH3, O2-, CH3COOH, konjugierte Säure-Base-Paare, Wasser-Molekül als amphoteres Teilchen) | Ca. 6 StundenBegriffe* Oxonium-Ion, Hydroxid-Ion und deren Nachweis (Wdh. Klasse 9)
* Protonendonator, Protonenakzeptor
* Protolyse als Protonenübergang (Wdh. Mittelstufe)
* Amphoteres Teilchen
* konjugierte Säure-Base-Paare
* Übersicht über wichtige Säuren und ihre konjugierten Basen
 | Bemerkung Bereich* LD/SÜ: Reaktion von Ammoniak mit Wasser, Reaktion von Chlorwasserstoff mit Wasser, Reaktion von Ammoniak mit Chlorwasserstoff
* Nachweis der entstehenden Teilchen mit Silbernitrat-Lösung, elektrischer Leitfähigkeit, Färbung von pH-Papier
* SÜ: Säuren und ihre konjugierten Basen
* [Learning App](https://learningapps.org/watch?v=phpz8ca8n20)
* Verweis auf Proteine (Zwitterionen)
 |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(5) qualitative und quantitative Experimente unter Beachtung von Sicherheits- und Umweltaspekten durchführen, beschreiben, protokollieren und auswerten | 3.4.3 Säure-Base-Gleichgewichte(3) Nachweise für Ammonium-Ionen und Carbonat-Ionen durchführen und erklären | Ca. 1 Stunde* Ammonium- und Carbonat-Nachweis
 | Bemerkung Bereich* SÜ: Nachweisreaktionen für NH4+- und CO32--Ionen
 |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(1) chemische Phänomene erkennen, beobachten und beschreiben(2) Fragestellungen, gegebenenfalls mit Hilfsmitteln, erschließen(3) Hypothesen bilden2.2 Kommunikation(4) chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären(5) fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren | 3.4.3 Säure-Base-Gleichgewichte(6) die Definition des pH-Werts nennen(7) die Autoprotolyse des Wassers und ihren Zusammenhang mit dem pH-Wert des Wassers erläutern | Ca. 4 StundenpH-Wert* Autoprotolyse von Wasser
* Ionenprodukt des Wassers
* Definition des pH-Werts
* Zusammenhang pH-Wert und pOH-Wert
* Übungen zur Berechnung von pH, pOH, Konzentrationen von Oxonium- und Hydroxid-Ionen
 | Bemerkung Bereich* Konzentration von Wasser in sich selbst bei 25 °C
* Vergleich des Verhältnisses von Wasser-Molekülen und Oxonium-Ionen in Lösungen
* Kw = c(H3O+) · c(OH-)  = 10-14 mol2·L-2 bei 25 °C
* pH = - log c(H3O+)pOH = - log c(OH-)
* pH + pOH = pKW = 14
* Achtung: Logarithmus-Gesetze sind aus Mathematik nach dem BP2016 nicht bekannt.
* Visualisierung der Definition des pH-Werts durch Verdünnungsreihe
* [Simulation mit PhetColorado](https://phet.colorado.edu/sims/html/ph-scale/latest/ph-scale_en.html) (My Solution wählen)
 |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(2) Fragestellungen, gegebenenfalls mit Hilfsmitteln, erschließen(4) Experimente zur Überprüfung von Hypothesen planen (7) Vergleichen als naturwissenschaftliche Methode nutzen (8) aus Einzelerkenntnissen Regeln ableiten und deren Gültigkeit überprüfen(12) quantitative Betrachtungen und Berechnungen zur Deutung und Vorhersage chemischer Phänomene einsetzen2.2 Kommunikation(4) chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären(5) fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren | 3.4.3 Säure-Base-Gleichgewichte(4) die Säurekonstante Ks aus dem Massenwirkungsgesetz ableiten(5) Säuren und Basen mithilfe der pKS-Werte (Säurestärke) beziehungsweise pKB-Werte (Basenstärke) klassifizieren(8) pH-Werte von Lösungen starker einprotoniger Säuren, starker Basen und von Hydroxidlösungen rechnerisch ermitteln | Ca. 8 StundenStarke Säuren und Basen* Herleitung des Ks-Wertes aus dem Massenwirkungsgesetz
* KB-Wert
* starke Säuren und Basen (pK < 0),
* schwache Säuren und Basen (4 < pK < 10)
* Zusammenhang von pKs und pKb-Werten bei konjugierten Säure-Base-Paaren
* Formel zur Berechnung des pH-Werts starker Säuren und Basen
* Das Oxid-Ion als starke Base
 | Bemerkung Bereich* $K\_{s}=\frac{c(H\_{3}O^{+})∙c(A^{-})}{c\left(HA\right)}$
* $K\_{B}=\frac{c(OH^{-})∙c(HB^{+})}{c\left(B\right)}$
* Tabelle mit pKs-Werten (vgl. Anlage Abitur)
* Je kleiner der pKs -Wert, desto stärker ist die Säure
* Für konjugierte Säure-Base-Paare gilt: pKS + pKB = 14 bei 25 °C
* SÜ: Vorhersage zu Salzlösungen treffen
* [LearningApp](https://learningapps.org/watch?v=ppaoing4k21)
* pH = - log c0(HA), da c(H3O+) = c0(HA)
* pOH = - log c0(B), da c(OH-) = c0(B)
* SÜ: Herstellung einer alkalischen Lösung aus einem Metalloxid (z. B. CaO)
 |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(2) Fragestellungen, gegebenenfalls mit Hilfsmitteln, erschließen (8) aus Einzelerkenntnissen Regeln ableiten und deren Gültigkeit überprüfen(7) Vergleichen als naturwissenschaftliche Methode nutzen(12) quantitative Betrachtungen und Berechnungen zur Deutung und Vorhersage chemischer Phänomene einsetzen2.2 Kommunikation(4) chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären (5) fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren | 3.4.3 Säure-Base-Gleichgewichte(9) im Näherungsverfahren pH-Werte für Lösungen schwacher Säuren und Basen rechnerisch ermitteln(14) das Konzept des Säure-Base-Gleichgewichts auf Indikatoren anwenden(15) eine Dünnschichtchromatografie zur Ermittlung von Bestandteilen des Universalindikators durchführen und erklären (Rf-Wert, stationäre Phase, mobile Phase) | Ca. 10 StundenSchwache Säuren und Basen* Herleitung von Formeln zur Berechnung des pH-Werts von Lösungen schwacher Säuren und Basen
* Übungen zur Berechnung von Lösungen starker und schwacher Säuren und Basen
* Indikatoren: Funktionsweise als Protonendonatoren-/ -akzeptoren,Umschlagsbereich
* Dünnschichtchromatografie eines Universalindikators
 | Bemerkung Bereich* pH = $\frac{1}{2}$ (pKS – log c0(HA))
* pOH = $\frac{1}{2}$ (pKB – log c0(B))
* Übungen zur Berechnung von pH-Werten
* [LearningApp](https://learningapps.org/watch?v=paeoju80521)
* Henderson-Hasselbalch-Gleichung für das Protolysegleichgewicht HInd + H2O $⇌$ Ind– + H3O+
* Umschlagsbereich: pH = pKs(HInd) ± 1
* [Übersicht über Umschlagsbereiche](http://downloads.nawi-verlag.de/pH-Indikatoren.pdf)
* SÜ: DünnschichtchromatografieProske, Kuhnt, Röder; Chemie in der Schule, 42/1995 S. 103
 |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(6) Laborgeräte benennen und sachgerecht damit umgehen(7) Vergleichen als naturwissenschaftliche Methode nutzen(12) quantitative Betrachtungen und Berechnungen zur Deutung und Vorhersage chemischer Phänomene einsetzen2.2 Kommunikation(3) Informationen in Form von Tabellen, Diagrammen, Bildern und Texten darstellen und Darstellungsformen ineinander überführen(4) chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären(5) fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren (7) den Verlauf und die Ergebnisse ihrer Arbeit dokumentieren sowie adressatenbezogen präsentieren(10) als Team ihre Arbeit planen, strukturieren, reflektieren und präsentieren | 3.4.3 Säure-Base-Gleichgewichte(10) Säure-Base-Titrationen zur Konzentrationsbestimmung planen, durchführen und auswerten(11) die Titration von Salzsäure und verdünnter Essigsäure mit Natronlauge durchführen, die Veränderung des pH-Werts während der Titration erklären sowie den pH-Wert charakteristischer Punkte einer Titrationskurve ermitteln (Äquivalenzpunkt, Halbäquivalenzpunkt) (12) die Titrationskurven mehrprotoniger Säuren erklären(13) eine konduktometrische Messung durchführen und auswerten | Ca. 8 StundenSäure-Base-Titration* Prinzip der Titration
* Versuchsaufbau
* Bestimmung des Äquivalenzpunktes durch
	+ Farbumschlag Indikator
	+ pH-Wert-Änderung
* Vergleichende Betrachtung der Titrationskurven von starker bzw. schwacher Säure mit starker Base
* Berechnung des pH-Werts an charakteristischen Punkten einer Titrationskurve: pH-Wert zu Beginn und am Ende der Titration, pH-Wert am HÄP, pH-Wert am ÄP
* Konduktometrische Messung durchführen und auswerten
 | Bemerkung Bereich* SÜ: Titration von Salzsäure mit Natronlaugemit Indikatorlösung
* SÜ: [Titration von Essigsäure mit Natronlaugemit digitaler Messwerterfassung](https://degintu.dguv.de/experiments/79)
* SÜ: [konduktometrische Titration von Salzsäure mit Natronlauge](https://degintu.dguv.de/experiments/128)
* SÜ: konduktometrische Titration von Essigsäure mit Natronlauge
* Simulationen z. B. mit <https://schneehuhn.ch/titration/tit/>
* [LearningApp](https://learningapps.org/watch?v=pw5p8s09c21)
 |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(2) Fragestellungen, gegebenenfalls mit Hilfsmitteln, erschließen2.2 Kommunikation(4) chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären(5) fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren 2.3 Bewertung(1) in lebensweltbezogenen Ereignissen chemische Sachverhalte erkennen(2) Bezüge zu anderen Unterrichtsfächern aufzeigen | 3.4.3 Säure-Base-Gleichgewichte(16) die Wirkungsweise von Puffersystemen und deren Bedeutung an Beispielen erklären und den pH-Wert von Pufferlösungen berechnen (Henderson-Hasselbalch-Gleichung) | Ca. 4 StundenPuffer* Definition
* Wirkungsweise
* Pufferbereich
* Henderson-Hasselbalch-Gleichung
* Anwendung auf Titrationskurven
 | Bemerkung Bereich* Blutpufferà Biologie
* SÜ: [Pufferbereich](https://degintu.dguv.de/experiments/256)
* SÜ: Aminosäuren als Puffer
* Material z.B. unter [lncu.de](https://www.lncu.de/index.php?cmd=courseManager&mod=contentText&action=attempt&courseId=90&unitId=264&contentId=916#content_headline)
* Diagnose und Übungen zur Unterrichtseinheit
 |

3.5 Themenbereich „Aromaten und Reaktionsmechanismen" hier geht’s zum Material

3.5.1 Didaktische Überlegungen

Die Schülerinnen und Schüler lernen mit den Aromaten eine neue Stoffgruppe mit hoher Alltagsbedeutung kennen und vertiefen ihre Kenntnisse zum Gesundheits- und Arbeitsschutz beim Umgang mit Gefahrstoffen. Am Beispiel der Reaktionen von Alkanen, Alkenen und Aromaten unterscheiden sie verschiedene Reaktionsmechanismen. Mit der Beschreibung der Bindungsverhältnisse in Aromaten erweitern sie ihre Vorstellung über das Wesen naturwissenschaftlicher Modelle.

3.5.2 Tabellarische Darstellung der Unterrichtssequenz

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ProzessbezogeneKompetenzen | InhaltsbezogeneKompetenzen | Unterrichtsverlauf | Bemerkungen |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(10) Modelle und Simulationen nutzen, um sich naturwissenschaftliche Sachverhalte zu erschließen(11) die Grenzen von Modellen aufzeigen2.2 Kommunikation(1) in unterschiedlichen analogen und digitalen Medien zu chemischen Sachverhalten und in diesem Zusammenhang gegebenenfalls zu bedeutenden Forscherpersönlichkeiten recherchieren | 3.4.5 Aromaten und Reaktionsmechanismen(1) Eigenschaften, Vorkommen und Verwendung von Benzen/Benzol beschreiben(2) am Beispiel aromatischer Verbindungen die mögliche Gesundheitsgefährdung durch einen Stoff beschreiben (Expositions-Risiko-Beziehung) | Ca. 2 StundenBenzol* Eigenschaften, Vorkommen, Verwendung
* Gesundheitsgefahren durch die Verwendung von Benzol und anderer Aromaten (Expositions-Risiko-Beziehung)
 | Bemerkung Bereich* Gewinnung aus Erdöl, aromatische Ringe in vielen Alltagsprodukten (Verweis auf PET, aromatische Aminosäuren, …))
* Benzol als Zusatz in Benzin und als Rohstoff
* Stoffdatenblatt von Benzol: Gefahrenpiktogramme, H&P-Sätze
* Recherche und Diskussion zur Problematik bei der Nutzung und Entsorgung von Aromaten, z.B. Verbrennung bei niedrigen Temperaturen (thermische Verwertung, Zigarettenrauch) à VB
 |
| 2.2 Kommunikation(4) chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären(9) ihren Standpunkt in Diskussionen zu chemischen Themen fachlich begründet vertreten2.3 Bewertung(1) in lebensweltbezogenen Ereignissen chemische Sachverhalte erkennen (6) Verknüpfungen zwischen persönlich oder gesellschaftlich relevanten Themen und Erkenntnissen der Chemie herstellen, aus unterschiedlichen Perspektiven diskutieren und bewerten (11) ihr Fachwissen zur Beurteilung von Risiken und Sicherheitsmaßnahmen anwenden | 3.4.5 Aromaten und Reaktionsmechanismen(3) Grenzen bisher erarbeiteter Bindungsmodelle und unerwartete Eigenschaften des Benzens/Benzols aus der besonderen Molekülstruktur erklären (Kekulé, delokalisiertes Elektronenringsystem, Mesomeriestabilisierung, Substitution statt Addition)(4) die Mechanismen der elektrophilen Addition an Alkene und der elektrophilen Substitution an Benzol (Erstsubstitution, Arenium-Ion) beschreiben(5) Substitutionsreaktionen (SE […]) anhand der strukturellen Voraussetzungen des Eduktmoleküls und des angreifenden Teilchens (Elektrophil, Nucleophil […]) vergleichen | Ca. 13 StundenBenzol und dessen Reaktionen* Reaktivität von Benzol im Vergleich zu Alkenen
* Grenzen des bisherigen Bindungsmodells
* Erklärung der Unterschiede in der Reaktivität über energetische Absenkung durch Delokalisierung der Elektronen (Mesomerie)
* Historische Entwicklung des heutigen Bindungsmodells von Benzol (Kekulé)
* Kennzeichen aromatischer Moleküle
* Mechanismus der Addition an Alkene
* Erstsubstitution am Benzol mit Mechanismus (elektrophile aromatische Substitution, Arenium-Ion, Katalysator)
 | Bemerkung Bereich* [Lernplattform Aromaten](https://educ.ethz.ch/unterrichtsmaterialien/chemie/benzol-strukturauf-und-mesomerie-leitprogramm.html)
* Addition vs. Substitution
* Vergleich der Energiediagramme bei Addition und Substitution an Benzol
* Konstitutionsisomere des Benzols
* Kohlenwasserstoffe, konjugierte Doppelbindungen, Ringform, Planarität
* π Elektronenevtl. 4n+2 π-Elektronenevtl. Orbitalmodell
* FlipaClip-Animation zum Mechanismus der elektrophilen Addition an Alkene und Arbeitsblatt
* ZappAr-Anwendung zur elektrophilen Substitution am Benzol (Uni Konstanz)
* FlipaClip-Animation zum Mechanismus der elektrophilen Substitution an Aromaten und Arbeitsblatt
* Vertiefung: Zweitsubstitution
 |

3.6 Themenbereich „Kunststoffe"

3.6.1 Didaktische Überlegungen

Die Schülerinnen und Schüler erlangen am Beispiel der Entwicklung von Kunststoffen mit gezielt geplanten Eigenschaften ein differenziertes Verständnis von Struktur-Eigenschaften-Beziehungen. Sie beschreiben die drei wichtigsten Reaktionstypen zur Kunststoffsynthese und können an einem Beispiel einen Reaktionsmechanismus erläutern. Auf diese Weise vertiefen sie ihre Kenntnisse im Bereich „Chemische Reaktion“. Sie kennen die wichtigsten Massenkunststoffe und stellen Anforderungen an eine zukunftssichere Entwicklung, Verwendung und Entsorgung von Kunststoffen an Beispielen differenziert und detailliert dar.

3.6.2 Tabellarische Darstellung der Unterrichtssequenz

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ProzessbezogeneKompetenzen | InhaltsbezogeneKompetenzen | Unterrichtsverlauf | Bemerkungen |
| 2.2 Kommunikation(4) chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären | 3.4.6 Kunststoffe(1) den Zusammenhang zwischen den Eigenschaften von Kunststoffen und ihrer Struktur erläutern (Thermoplaste,Duromere, Elastomere, Vernetzungsgrad, kristalline und amorphe Bereiche) | Ca. 3 Stunden* Thermoplaste, Duromere, Elastomere: Struktur und Eigenschaften
* Kunststoffe als Makromoleküle, Definition
* Begründung der Eigenschaften über Vernetzung und Wechselwirkungen
* Kristalline und amorphe Bereiche
 | Bemerkung Bereich* LD/SÜ: [Eigenschaften von Kunststoffen](https://degintu.dguv.de/experiments/283)Vergleich mit Naturstoffen
* Strukturmodelle: Schematische Darstellung der Kunststoffklassen
 |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(5) qualitative und quantitative Experimente unter Beachtung von Sicherheits- und Umweltaspekten durchführen, beschreiben, protokollieren und auswerten | 3.4.5 Aromaten und Reaktionsmechanismen(5) Substitutionsreaktionen (SE, SN) anhand der strukturellen Voraussetzungen des Eduktmoleküls und des angreifenden Teilchens (Elektrophil, Nucleophil, […]) vergleichen3.4.6 Kunststoffe(2) die Prinzipien wichtiger Kunststoffsynthesen mithilfe chemischer Formeln darstellen ([…] Polykondensation […])(3) Strukturformeln der Monomere und sinnvolle Strukturformelausschnitte der Polymere darstellen und benennen([…] Polyethylenterephthalat, Polymilchsäure […])(5) einen Versuch zur Herstellung eines […] Polykondensats planen und durchführen(9) die Nutzung nachwachsender Rohstoffe zur Herstellung von Kunststoffen erläutern | Ca. 5 StundenPolykondensation* Abspaltung kleiner Moleküle
* Mechanismus beim nucleophilen Angriff (Elektrophil, Nucleophil)
* Polyester und Polyamide
* Reaktionsgleichungen
* Strukturformelausschnitte
* Benennung der funktionellen Gruppen
* Di- und trifunktionelle Monomere (Eigenschaftssteuerung)
* Beispiele von Polykondensaten
 | Bemerkung Bereich* Wdh. Prinzip der Veresterung
* Amino-, Hydroxy-, Carboxygruppe
* SÜ: [Polykondensation von Zitronensäure](https://degintu.dguv.de/experiments/2480) oder [Milchsäure](https://degintu.dguv.de/experiments/353)
* LD/SÜ: [Nylonsynthese](https://degintu.dguv.de/experiments/10)
* PET, Nylon, PLA
* Versuchsplanung durch SuS
* [Illustrierende Prüfungsaufgabe IQB: PET - ein Biokunststoff?](https://www.iqb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/getTaskFile?id=p11%5eNachhaltigesPETEN%5ef21633)
 |
| 2.2 Kommunikation(4) chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären | 3.4.5 Aromaten und Reaktionsmechanismen(5) Substitutionsreaktionen (SE, SN, SR) anhand der strukturellen Voraussetzungen des Eduktmoleküls und des angreifenden Teilchens (Elektrophil, Nucleophil, Radikal) vergleichen3.4.6 Kunststoffe(2) die Prinzipien wichtiger Kunststoffsynthesen mithilfe chemischer Formeln darstellen (Polymerisation, […] Polyaddition)(3) Strukturformeln der Monomere und sinnvolle Strukturformelausschnitte der Polymere darstellen und benennen(Polyethen, Polypropen, Polyvinylchlorid, Polystyrol, […] Polyamide,Polyurethane)(4) den Reaktionsmechanismus der radikalischen Polymerisation beschreiben (Radikalbildung, Kettenstart, Kettenwachstum, Kettenabbruch)(5) einen Versuch zur Herstellung eines Polymerisats […] planen und durchführen | Ca. 11 StundenPolymerisation* Strukturelle Voraussetzungen
* Strukturformelausschnitte
* Reaktionsgleichungen
* Mechanismus in vier Schritten
* Polymerisate: Beispiele und Struktur-Eigenschafts-Beziehungen

Polyaddition* Strukturelle Voraussetzungen
* Strukturformelausschnitte
* Reaktionsgleichungen

Mechanismen* Vergleich der Reaktionsmechanismen der Substitution (SE, SN, SR)
 | Bemerkung Bereich* C-C-Doppel- oder Dreifachbindung
* Polymerisation/ Depolymerisation
* Radikalbildung, Kettenstart, Kettenwachstum, Kettenabbruch
* z. B. PS; PE, PP
* LD: [Herstellung von PMMA](https://degintu.dguv.de/experiments/347)
* Versuchsplanung durch SuS
* Quervernetzung von ungesättigten Polyestern
* Vertiefung: ABS als Copolymerisat
* Der Vergleich der Mechanismen muss nicht anhand der Kunststoffe/ Polymere erfolgen.
* Alternativ kann der Vergleich auch bei den Aromaten erfolgen.
 |
| 2.2 Kommunikation(6) Zusammenhänge zwischen Alltagserscheinungen und chemischen Sachverhalten herstellen und dabei Alltagssprache bewusst in Fachsprache übersetzen2.3 Bewertung(8) Anwendungsbereiche oder Berufsfelder darstellen, in denen chemische Kenntnisse bedeutsam sind(9) ihr eigenes Handeln unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit einschätzen(10) Pro- und Kontra-Argumente unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Aspekte vergleichen und bewerten | 3.4.6 Kunststoffe(6) Möglichkeiten zur Beeinflussung der Eigenschaften eines Kunststoffs begründen (Wahl der Monomere,Weichmacher, Reaktionsbedingungen)(7) die Verarbeitungsmöglichkeiten von Kunststoffen beschreiben (Spritzgießen, Tiefziehen, Kalandrieren,Extrudieren)(8) die unterschiedlichen Verwertungsmöglichkeiten für Kunststoffabfälle bewerten (Werkstoffrecycling,Rohstoffrecycling, energetische Verwertung, Kompostierung)(9) die Nutzung nachwachsender Rohstoffe zur Herstellung von Kunststoffen erläutern | Ca. 5 Stunden* Beeinflussung der Kunststoffeigenschaften:- Wahl der Monomere- Weichmacher- Reaktionsbedingungen
* Verarbeitungsmöglichkeiten von Kunststoffen
* Verwertungsmöglichkeiten von Kunststoffen
* Nachhaltig gewonnene und biologisch abbaubare Kunststoffe (Polymilchsäure)
 | Bemerkung Bereich* z. B. Konzentration, Temperatur, Druck, Radikalstarter
* Spritzgießen, Tiefziehen, Kalandrieren, Extrudieren
* Werkstoffliches, rohstoffliches Recycling, thermische Verwertung, Kompostierung
* SÜ: Umschmelzen von Kunststoffabfall, z. B. zu Weihnachtsschmuck
* SÜ: Biologisch abbaubare Kunststoffe mit Lugolscher Lösung untersuchenà BNE
* [Umweltbilanzen am Beispiel Einkaufsbeutel](https://doi.org/10.1002/ckon.202100051)
* [Rollenspiel zum Einsatz von Kunststoffen](http://www.xn--studel-cua.de/schriften_LS/108%20Rollenspiel%20zum%20Thema%20Verpackungsmaterialien%20auf%20Staerkebasis.pdf)
* [Mikroplastik mit Kaffeepadmaschine](http://www.sciepub.com/portal/downloads?doi=10.12691/wjce-7-2-9&filename=wjce-7-2-9.pdf)
* Film Plastic Planet / Diskussion
* Berufsbilder in der Kunststoffindustrie (Klebchemie, Weingarten, Baden)à BO
 |

3.7 Themenbereich „Elektrochemie" hier geht’s zum Material

3.7.1 Didaktische Überlegungen

Die Schülerinnen und Schüler wenden das Donator-Akzeptor-Prinzip auf Redoxreaktionen an. Sie verstehen Redoxreaktionen als umkehrbare elektrochemische Vorgänge, die mithilfe der elektrochemischen Spannungsreihe und der Konzentrationsabhängigkeit quantitativ beschrieben werden können.

Sie wenden die Theorie der Redoxreaktion auf die Gewinnung und Speicherung von Energie und auf das Phänomen der elektrochemischen Korrosion an. Dabei stellen sie Beziehungen zwischen der Theorie und den Anwendungen der Chemie her und erkennen ihre Bedeutung im Korrosionsschutz und in der modernen Energieversorgung.

3.7.2 Tabellarische Darstellung der Unterrichtssequenz

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ProzessbezogeneKompetenzen | InhaltsbezogeneKompetenzen | Unterrichtsverlauf | Bemerkungen |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(2) Fragestellungen, gegebenenfalls mit Hilfsmitteln, erschließen(7) Vergleichen als naturwissenschaftliche Methode nutzen(8) aus Einzelerkenntnissen Regeln ableiten und deren Gültigkeit überprüfen(10) Modelle und Simulationen nutzen, um sich naturwissenschaftliche Sachverhalte zu erschließen | 3.4.7 Elektrochemie(1) Elektrolysen als erzwungene Redoxreaktionen erklären (Elektronenübergang, Donator-Akzeptor-Prinzip)(2) Reaktionen zwischen Metallen und Metallsalzlösungen durchführen und das Reduktions- beziehungsweise das Oxidationsvermögen der Teilchen vergleichen(3) Oxidationszahlen zur Identifizierung von Redoxreaktionen und zur Formulierung von Reaktionsgleichungen von Redoxreaktionen anwenden | Ca. 8 StundenWiederholung aus der Mittelstufe und Vertiefung:* Definition Oxidation, Reduktion
* Oxidations-, Reduktionsmittel
* Redoxpaare
* Vergleich Säure-Base-Reaktionen mit Redoxreaktionen: Donator-Akzeptor-Prinzip
* Oxidationszahlen
* Redoxgleichungen

Erstellen einer Redoxreihe durch Reaktion von Metallsalzlösungen mit Metallen: * Je unedler ein Metall, desto stärker ist sein Reduktionsvermögen.
* Je edler ein Metall, desto stärker ist das Oxidationsvermögen des Metall-Ions.
* Einordnung von Wasserstoff in die Redoxreihe der Metalle
 | Bemerkung Bereich* Oxidation: Elektronenabgabe
* Reduktion: Elektronenaufnahme
* Redoxreaktion: Elektronenübertragungsreaktion
* LD/SÜ: Reaktion von Gummibärchen mit Kaliumpermangangat in alkalischer Lösung
* Übungen zu Oxidationszahlen und Redoxgleichungen (z. B. [Chlorreinigerunfall](https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/chemie/gym/bp2004/fb3/modul1/2_mat_4/e4_030/))

SÜ: One-Drop-Experimente: Metallsalz-Lösungen auf unterschiedlichen Metallblechen* [Animation Eisennagel in Kupfersulfat-Lösung](https://www.chemie-interaktiv.net/html5_flash/a170.html)
* SÜ: Reaktion verschiedener Metallpulver mit verd. Salzsäure in einer geteilten Petrischale
 |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(5) qualitative und quantitative Experimente unter Beachtung von Sicherheits- und Umweltaspekten durchführen, beschreiben, protokollieren und auswerten2.2 Kommunikation(4) chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären | 3.4.7 Elektrochemie(4) eine Iodometrie durchführen und daran das Prinzip der Redoxtitration erläutern | Ca. 2 StundenIodometrie als quantitative Methode | Bemerkung Bereich* SÜ: Iodometrie
 |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(6) Laborgeräte benennen und sachgerecht damit umgehen (7) Vergleichen als naturwissenschaftliche Methode nutzen(8) aus Einzelerkenntnissen Regeln ableiten und deren Gültigkeit überprüfen(10) Modelle und Simulationen nutzen, um sich naturwissenschaftliche Sachverhalte zu erschließen2.2 Kommunikation(4) chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären | 3.4.7 Elektrochemie(5) den Aufbau einer galvanischen Zelle (Daniell-Element) […] beschreiben(6) Zellspannungen galvanischer Zellen experimentell ermitteln(7) die wesentlichen Prozesse in galvanischen Zellen […] darstellen […] (Elektrodenreaktionen, Anode, Kathode, Zellspannung, […])(8) die Zellspannung mithilfe von Gleichgewichtsbetrachtungen an den elektrochemischen Doppelschichten erklären | Ca. 5 StundenAufbau einer galvanischen Zelle* Aufteilung in Akzeptor- und Donator-Halbzelle
* Diaphragma/ Salzbrücke

Vorgänge in einer galvanischen Zelle* Oxidation an Anode, Reduktion an Kathode

Zustandekommen der Zellspannung* Lösungstension
* Gleichgewichtsbetrachtung an der elektrochemischen Doppelschicht
 | Bemerkung Bereich* SÜ/LD: [Hautkontaktbatterie](https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/chemie/gym/bp2004/fb3/modul1/2_mat_2/e2_051/)
* SÜ: Strom durch Redoxreaktion (Material ZPG 2011)
* [Animation Vorgänge in galvan. Zelle](https://www.chemie-interaktiv.net/html5_flash/a130.html)
* [Leifichemie](https://www.leifichemie.de/anorganische-chemie/elektrochemie/grundwissen/das-standardpotential-und-die-elektrochemische-spannungsreihe#aufgaben)
* SÜ: Erstellen einer quantitativen Spannungsreihe durch Vergleichsmessung verschiedener galvanischer Zellen
* [Animation elektrochemische Spannungsreihe](https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/fileadmin/Chemie/chemiedidaktik/files/html5_animations/cbl_group/electrochemical_series/index.html)
 |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(4) chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären(12) quantitative Betrachtungen und Berechnungen zur Deutung und Vorhersage chemischer Phänomene einsetzen2.2 Kommunikation(4) chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären(5) fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren | 3.4.7 Elektrochemie(9) den Aufbau und die Funktion der Standard-Wasserstoff-Halbzelle erläutern(10) Standardpotenziale zur Vorhersage von elektrochemischen Reaktionen und zur Berechnung von Zellspannungen unter Standardbedingungen anwenden(11) die Abhängigkeit der Zellspannung von den Ionen-Konzentrationen in galvanischen Zellen erläutern und Zellspannungen bei verschiedenen Ionenkonzentrationen rechnerisch ermitteln (Nernst-Gleichung) | Ca. 9 StundenStandard-Wasserstoff-Halbzelle* Die Standard-Wasserstoff-Halbzelle als Bezugs-Redoxpaar

Zellspannungen* pH-Abhängigkeit von Potenzialen
* Gleichgewichtsbetrachtung in Konzentrationzellen
* Berechnung der Spannung einer Halbzelle mit der Nernst-Gleichung
 | Bemerkung Bereich* E°(H2/2 H+) = 0 V bei T = 273 K, p = 1000 hPa, c = 1 mol·L-1
* Tabelle der Standardpotenziale (vgl. Anlage Abitur)
* U = ΔE = E°(Akzeptorhalbzelle) -E°(Donatorhalbzelle)
* [Animation Nernst-Gleichung](https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/fileadmin/Chemie/chemiedidaktik/files/html5_animations/cbl_group/nernst_equation/index.html)
 |
| 2.1 Erkenntnisgewinnung(7) Vergleichen als naturwissenschaftliche Methode nutzen(8) aus Einzelerkenntnissen Regeln ableiten und deren Gültigkeit überprüfen2.2 Kommunikation(4) chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und gegebenenfalls mithilfe von Modellen und Darstellungen beschreiben, veranschaulichen oder erklären | 3.4.7 Elektrochemie(5) den Aufbau einer […] Elektrolysezelle beschreiben(7) die wesentlichen Prozesse in galvanischen Zellen und Elektrolysezellen darstellen und vergleichen (Elektrodenreaktionen, Anode, Kathode, Zellspannung, Zersetzungsspannung, Faraday-Gesetz)(13) das Phänomen der Überspannung beschreiben | Ca. 8 StundenElektrolysezellen* Elektrodenreaktionen, Anode, Kathode, Zellspannung, Faraday-Gesetz
* Vergleich mit galvanischer Zelle: Reaktion des Redoxpaares mit der geringsten Potenzialdifferenz
* Zersetzungsspannung
* Überspannung
 | Bemerkung Bereich* SÜ: [Reaktion von Zinkpulver mit Iod-Lösung](https://degintu.dguv.de/experiments/292) und anschließender [Elektrolyse der Zink-Iodid-Lösung auf Objektträger](https://degintu.dguv.de/experiments/2433)
* SÜ: Elektrolyse von Kaliumnitrat-Lösung auf pH-Papier
* [LearningApp](https://learningapps.org/watch?v=pceqyzwfj21)
* Vertiefung: Kupfer-Raffination, Aluminium-Schmelzfluss-Elektrolyse, Chlor-Alkali-Elektrolyse
 |
| 2.3 Bewertung(6) Verknüpfungen zwischen persönlich oder gesellschaftlich relevanten Themen und Erkenntnissen der Chemie herstellen, aus unterschiedlichen Perspektiven diskutieren und bewerten(7) fachtypische und vernetzte Kenntnisse und Fertigkeiten nutzen und sich dadurch lebenspraktisch bedeutsame Zusammenhänge erschließen | 3.4.7 Elektrochemie(14) Möglichkeiten und Probleme der elektrochemischen Speicherung von Energie in Batterien und Akkumulatoren (Bleiakkumulator) erläutern(15) aktuelle Entwicklungen bei elektrochemischen Stromquellen unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit diskutieren (Brennstoffzellen)  | Ca. 8 StundenElektrochemische Energiespeicherung* Batterien
* Bleiakkumulator
* Brennstoffzelle

Chancen und Probleme der Wasserstofftechnologie | Bemerkung Bereich* SÜ: [Egg-Race MacGyver-Batterie](https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/chemie/gym/bp2004/fb3/modul1/2_mat_4/e4_270/)
* SÜ: [Brennstoffzelle im Low-Cost Versuch](https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/chemie/gym/bp2004/fb3/modul1/2_mat_4/e4_290/)
* LD: PEM-Brennstoffzelle
* Vergleich der Brennstoffzelle als Energiespeicher im Auto mit fossilen Brennstoffen bzw. Akkumulatoren à BNE
* Lithium-Ionen-Akkumulator à VB
 |
| 2.2 Kommunikation(6) Zusammenhänge zwischen Alltagserscheinungen und chemischen Sachverhalten herstellen und dabei Alltagssprache bewusst in Fachsprache übersetzen2.3 Bewertung(1) in lebensweltbezogenen Ereignissen chemische Sachverhalte erkennen(10) Pro- und Kontra-Argumente unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Aspekte vergleichen und bewerten | 3.4.7 Elektrochemie(12) die Korrosion von Metallen als elektrochemische Reaktion erklären (Sauerstoffkorrosion und Säurekorrosion) und Methoden des Korrosionsschutzes erläutern (Opferanode) | Ca. 5 StundenKorrosion* Lokalanode, Lokalkathode
* Säure- und Sauerstoffkorrosion
* Korrosionsschutz durch Opferanode
* Weitere Methoden des Korrosionsschutzes z. B. Galvanisieren, Eloxal-Verfahren, Lackieren
 | Bemerkung Bereich* LD/SÜ zu Säurekorrosion: Zinkgranalie in verd. Salzsäure mit Kupferstab berühren
* LD/SÜ zu Sauerstoffkorrosion: Eisenblech und Kupferblech in Salzlösung leitend miteinander verbinden, Nachweis von Eisen(II)-Ionen mit Kaliumhexacyanoferrat(III), Nachweis von OH--Ionen mit Phenolphthalein
* SÜ: Heatpack - Korrosion erwünscht
* SÜ: Reinigen von Silberbesteck mit Alufolie
* SÜ: [Galvanisieren eines Eisenschlüssels](https://degintu.dguv.de/experiments/2257)
* [Animation auf Teilchenebene](https://www.chemie-interaktiv.net/html5_flash/a180.html)
 |