

Schulinterner Lehrplan zum Kernlehrplan für die gymnasiale Oberstufe am Tannenbusch-Gymnasium

Fach Chemie

(Stand: 10.02.2025)



Inhalt

	Seite
1 Die Fachgruppe Chemie am Tannenbusch-Gymnasium	3
2 Entscheidungen zum Unterricht	3
2.1 Lehrplanstruktur und Unterrichtsvorhaben	3
2.1.1 <i>Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben</i>	5
2.1.2 <i>Konkretisierte Unterrichtsvorhaben</i>	8
2.2 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung	23
2.3 Lehr- und Lernmittel	25
2.4 Anhang: Übergeordnete Kompetenzerwartungen	25

1 Die Fachgruppe Chemie am Tannenbusch-Gymnasium

Die Fachgruppe Chemie besteht aus fünf Kolleginnen und Kollegen, denen zwei Fachräume, ein Sammlung und eine Bibliothek zur Verfügung stehen.

Herr Dr. Zelgert ist der Fachvorsitzende der Fachschaft Chemie. Frau Gaisbauer ist die stellvertretende Fachvorsitzende.

2 Entscheidungen zum Unterricht

2.1 Lehrplanstruktur und Unterrichtsvorhaben

Der hier vorliegende Lehrplan orientiert sich am „Kernlehrplan für die Sekundarstufe II für Gymnasien/Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen für das Fach Chemie“ aus dem Jahr 2022. Mit diesem Lehrplan wird versucht, alle im Kernlehrplan angeführten Kompetenzen abzudecken.

Der Lehrplan ist folgendermaßen aufgebaut: Zuerst werden in einer Gesamtübersicht alle Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase und der Qualifikationsphase kurz vorgestellt, wobei inhaltliche Schwerpunkte und der ungefähre Zeitbedarf aufgeführt werden. Um Spielraum für Vertiefungen, besondere Schülerinteressen, aktuelle Themen bzw. die Erfordernisse anderer besonderer Ereignisse (z.B. Praktika, Kursfahrten o. ä.) zu erhalten, wurden im Rahmen dieses schulinternen Lehrplans nur ca. 75 Prozent der Bruttounterrichtszeit verplant. Der ausgewiesene Zeitbedarf versteht sich als grobe Orientierungsgröße, die nach Bedarf über- oder unterschritten werden kann.

Dann werden die konkretisierten Unterrichtsvorhaben ausführlich erläutert, so dass die zu vermittelnden Inhalte, Leitfragen, konkretisierte Kompetenzerwartungen und didaktisch-methodische Empfehlungen deutlich werden. Dann folgen Grundsätze zur Leistungsbewertung.

Die Bedeutungen der übergeordneten Kompetenzerwartungen können abschließend dem Anhang entnommen werden.

Da die konkretisierten Kompetenzerwartungen in Grund- und Leistungskurs der Qualifikationsphase größtenteils übereinstimmen, werden für beide Kursarten gemeinsame Unterrichtsvorhaben formuliert, wobei die zusätzlichen **Leistungskurs**-spezifischen Inhalte **fettkursiv rot** hervorgehoben werden. Diese können aber auch zusätzlich im Grundkurs unterrichtet werden.

Die Konkretisierungen sollen dabei vor allem als Orientierung dienen, welche Bausteine zur Vermittlung der Kompetenzen hilfreich sein könnten, sie besitzen also empfehlenden Charakter. Keinesfalls handelt es sich dabei um eine Liste, welche vollständig in allen aufgeführten Punkten im Schuljahr abgearbeitet werden muss. Vielmehr liegt es in der Verantwortung jeder einzelnen Lehrkraft, von denen in den Unterrichtsvorhaben angegeben Konkretisierungen auch abzuweichen, wenn dieses z. B. aus didaktischen Gründen notwendig erscheint.

Der Lehrplan soll in den kommenden Jahren immer wieder überprüft werden, wobei der Erfahrungsaustausch zwischen den Kolleginnen und Kollegen eine zentrale Rolle spielt. Der Plan ist also ein Dokument, das sich durch Ergänzungen, Streichungen oder Abänderungen immer wieder verändern kann.

Für Rückfragen zum Lehrplan wenden sie sich bitte an die Fachschaft Chemie.

2.1.1 Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben

Einführungsphase	
<p>UV 1: Die Anwendungsvielfalt der Alkohole</p> <p>Inhaltsfeld 1: Organische Stoffklassen</p> <p>Zeitbedarf: ca. 40 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> <p>Inhaltliche Schwerpunkte:</p> <p>Funktionelle Gruppen verschiedener Stoffklassen, Nachweise, Eigenschaften, Konstitutionsisomerie, Oxidationsreihe der Alkohole</p>	<p>UV 2: Säuren contra Kalk</p> <p>Inhaltsfeld 2: Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht</p> <p>Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> <p>Inhaltliche Schwerpunkte:</p> <p>Reaktionskinetik: Beeinflussung der Reaktionsgeschwindigkeit</p>
<p>UV 3: Aromastoffe in Lebensmitteln</p> <p>Inhaltsfeld 1: Organische Stoffklassen</p> <p>Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> <p>Inhaltliche Schwerpunkte:</p> <p>Funktionelle Gruppen, Nachweise, Eigenschaften, Estersynthese</p>	<p>UV 4: Kohlenstoffkreislauf und Klima</p> <p>Inhaltsfeld 2: Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht</p> <p>Zeitbedarf: ca. 10 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> <p>Inhaltliche Schwerpunkte:</p> <p>Gleichgewichtreaktionen: Prinzip von Le Chatelier, Massenwirkungsgesetz (K_C), natürlicher Stoffkreislauf</p>
<u>Summe Einführungsphase Grundkurs: ca. 90 Stunden</u>	

Qualifikationsphase (Q1) – GRUNDKURS/**LEISTUNGSKURS** (*fettkursiv* gedruckte Inhalte nur im Leistungskurs)

UV 1: Säuren und Basen in Alltag und Technik

Inhaltsfeld 3: Säuren, Basen und analytische Verfahren

Zeitbedarf: ca. 33/**58** Unterrichtsstunden à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte:

Protolysereaktionen: Säure-Base-Konzept nach Brønsted, Säure-/Base-Konstanten (K_s , pK_s , K_B , pK_B), Reaktionsgeschwindigkeit, chemisches Gleichgewicht, Massenwirkungsgesetz (K_c), pH-Wert-Berechnungen wässriger Lösungen von starken **und schwachen** Säuren und starken Basen, **Puffersysteme, Löslichkeitsgleichgewichte**

Analytische Verfahren: Nachweisreaktionen (Fällungsreaktion, Farbreaktion, Gasentwicklung), Nachweise von Ionen, Säure-Base-Titrationen von starken (**schwachen**) Säuren und Basen (mit Umschlagspunkt) **mit Titrationskurve, potentiometrische pH-Wert-Messung**

UV 2: Energie bei Chemischen Reaktionen - Thermodynamik

Inhaltsfeld 3/4: Säuren, Basen und analytische Verfahren; Elektrochemische Prozesse und Energetik

Zeitbedarf: ca. 17/**30** Unterrichtsstunden à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Energetische Aspekte: Erster (**und Zweiter**) Hauptsatz der Thermodynamik, Neutralisationsenthalpie, Ionengitter, Ionenbindung, **Lösungsenthalpie**, Kalorimetrie, Standardreaktionsenthalpien, Satz von Hess, heterogene Katalyse, **Entropie, freie Enthalpie, Gibbs-Helmholtz-Gleichung**

Analytische Verfahren: Bestimmung einer Neutralisationsenthalpie, Bestimmung von Lösungsenthalpien

UV 3: Vom Rost zur Brennstoffzelle - Elektrochemie in Alltag und Technik

Inhaltsfeld 4: Elektrochemische Prozesse und Energetik

Zeitbedarf: ca. 40/**60** Unterrichtsstunden à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte:

Redoxreaktionen als Elektronenübertragungsreaktionen, Galvanische Zellen: Metallbindung (Metallgitter, Elektronengasmodell), Ionenbindung, Elektrochemische Spannungsreihe, elektrochemische Spannungsquellen, Berechnung der Zellspannung, **Konzentrationszellen (Nernst-Gleichung)**, Elektrolyse, **Faraday-Gesetze, Zersetzungsspannung (Überspannung), Redoxtitration**, Alternative Energieträger, **Energiespeicherung**, Korrosion: Sauerstoff- und Säurekorrosion, Korrosionsschutz

Analytische Verfahren: **Redoxtitration**, Bau galvanischer Zellen mit Spannungsmessung, Elektrolyse mit Bestimmung der Zersetzungsspannung

Summe Qualifikationsphase (Q1) – GRUNDKURS/LEISTUNGSKURS**: ca. 90/**148** Stunden**

Qualifikationsphase (Q2) – GRUNDKURS/LEISTUNGSKURS (*fettkursiv* gedruckte Inhalte nur im Leistungskurs)

UV 4: Vom fossilen Rohstoff zum Anwendungsprodukt

Inhaltsfeld 5: Reaktionswege in der organischen Chemie

Zeitbedarf: ca. 48/**65** Unterrichtsstunden à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte:

funktionelle Gruppen verschiedener Stoffklassen und ihre Nachweise: Hydroxygruppe, Carbonylgruppe, Carboxygruppe, Estergruppe, Aminogruppe, Alkene, Alkine, Halogenalkane, Elektronenpaarbindung: Einfach- und Mehrfachbindungen, Oxidationszahlen, Molekülgeometrie (EPA-Modell), Konstitutionsisomerie und Stereoisomerie (cis-trans-Isomerie), **Mesomerie und Chiralität**, inter- und intramolekulare Wechselwirkungen, Naturstoffe: Fette, Reaktionsmechanismen: Radikalische Substitution, elektrophile Addition, **nucleophile Substitution erster und zweiter Ordnung, Kondensationsreaktion (Estersynthese), Koordinative Bindung: Katalyse**, Estersynthese: Homogene Katalyse, Prinzip von Le Chatelier

Analytische Verfahren: Nachweisreaktionen

UV 5: Aromaten und Farbstoffe

Inhaltsfeld 5: Reaktionswege in der organischen Chemie

Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte:

Struktur und Reaktivität des aromatischen Systems, Elektronenpaarbindung: Einfach- und Mehrfachbindungen, Oxidationszahlen, Molekülgeometrie (EPA-Modell) Konstitutionsisomerie und Stereoisomerie, Mesomerie und Chiralität Reaktionsmechanismen: elektrophile Ersts substitution, inter- und intramolekulare Wechselwirkungen, Koordinative Bindung: Katalyse, Farbstoffe: Einteilung, Struktur, Eigenschaften und Verwendung

Analytische Verfahren: Chromatografie

UV 6: Maßgeschneiderte Produkte aus Kunststoffen *und Nanomaterialien*

Inhaltsfeld 6: Moderne Werkstoffe

Zeitbedarf: ca. 20/**27** Unterrichtsstunden à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte:

Kunststoffe: Struktur und Eigenschaften, Kunststoffklassen (Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere), Kunststoffsynthese: Verknüpfung von Monomeren zu Makromolekülen, Polymerisation (**Mechanismus der radikalischen Polymerisation**) Rohstoffgewinnung und -verarbeitung, Recycling: Kunststoffverwertung, **technisches Syntheseverfahren, Nanochemie: Nanomaterialien, Nanostrukturen, Oberflächeneigenschaften**

Summe Qualifikationsphase (Q2) – GRUNDKURS/LEISTUNGSKURS: ca. 68/112 Stunden

2.1.2 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

EF Unterrichtsvorhaben 1: Die Anwendungsvielfalt der Alkohole (Zeitbedarf: ca. 40 Unterrichtsstunden à 45 Minuten)		
Inhaltliche Aspekte und Leitfragen	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> funktionelle Gruppen verschiedener Stoffklassen und ihre Nachweise: Hydroxygruppe, Carbonylgruppe, und Carboxygruppe Eigenschaften ausgewählter Stoffklassen: Löslichkeit, Schmelztemperatur, Siedetemperatur Elektronenpaarbindung: Einfach- und Mehrfachbindungen, Molekülgeometrie (EPA-Modell) Konstitutionsisomerie intermolekulare Wechselwirkungen Oxidationsreihe der Alkanole: Oxidationszahlen <p><i>Kann Trinkalkohol gleichzeitig Gefahrstoff und Genussmittel sein?</i></p> <p><i>Alkohol(e) auch in Kosmetikartikeln?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ordnen organische Verbindungen aufgrund ihrer funktionellen Gruppen in Stoffklassen ein und benennen diese nach systematischer Nomenklatur (S1, S6, S11) erläutern intermolekulare Wechselwirkungen organischer Verbindungen und erklären ausgewählte Eigenschaften sowie die Verwendung organischer Stoffe auf dieser Grundlage (S2, S13, E7) erläutern das Donator-Akzeptor-Prinzip unter Verwendung der Oxidationszahlen am Beispiel der Oxidationsreihe der Alkanole (S4, S12, S14, S16) stellen Isomere von Alkanolen dar und erklären die Konstitutionsisomerie (S11, E7), stellen auch unter Nutzung digitaler Werkzeuge die Molekülgeometrie von Kohlenstoffverbindungen dar und erklären die Molekülgeometrie mithilfe des EPA-Modells (E7, S13) deuten die Beobachtungen von Experimenten zur Oxidationsreihe der Alkanole und weisen die jeweiligen Produkte nach (E2, E5, S14) stellen Hypothesen zu Struktureigenschaftsbeziehungen einer ausgewählten Stoffklasse auf und untersuchen diese experimentell (E3, E4) beurteilen die Auswirkungen der Aufnahme von Ethanol hinsichtlich oxidativer Abbauprozesse im menschlichen Körper unter Aspekten der Gesunderhaltung (B6, B7, E1, E11, K6) beurteilen die Verwendung von Lösemitteln in Produkten des Alltags auch im Hinblick auf die Entsorgung aus chemischer und ökologischer Perspektive (B1, B7, B8, B11, B14, S2, S10, E11) 	<p>Einstiegsdiagnose zur Elektronenpaarbindung, zwischenmolekularen Wechselwirkungen, der Stoffklasse der Alkane und deren Nomenklatur</p> <p>Untersuchungen von Struktur-Eigenschaftsbeziehungen des Ethanols</p> <p>Experimentelle Erarbeitung der Oxidationsreihe der Alkohole</p> <p>Erarbeitung eines Fließschemas zum Abbau von Ethanol im menschlichen Körper</p> <p>Bewertungsaufgabe zur Frage Ethanol – Genuss- oder Gefahrstoff? und Berechnung des Blutalkoholgehaltes</p> <p>Untersuchung von Struktureigenschaftsbeziehungen weiterer Alkohole in Kosmetikartikeln</p> <p>Recherche zur Funktion von Alkoholen in Kosmetikartikeln mit anschließender Bewertung</p> <p>mögliche S.-Experimente: Extraktion von Pflanzenölen, Löslichkeit von Alkoholen und Alkanen in verschiedenen Lösemitteln, alkoholische Gärung und Destillation (mit Berechnung von Alkoholgehalten), Oxidation von primären, sekundären und tertiären Alkanolen mit Kupferoxid, Fehling-Probe</p> <p>Arbeiten mit Molekülbaukästen zur Festigung des Isomeriebegriffs und des EPA-Modells</p> <p>Darstellung von Molekülen mit einer Chemie-Zeichnungs-Software</p> <p>fakultativ: Massenspektroskopie als Nachweismethode verschiedener Alkohole</p>

EF: Unterrichtsvorhaben 2: Säuren contra Kalk (Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten)

Inhaltliche Aspekte und Leitfragen	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> • Reaktionskinetik: Beeinflussung der Reaktionsgeschwindigkeit • Steuerung chemischer Reaktionen: Oberfläche, Konzentration, Temperatur und Druck • Katalyse <p><i>Wie kann ein Wasserkocher möglichst schnell entkalkt werden?</i></p> <p><i>Wie lässt sich die Reaktionsgeschwindigkeit bestimmen und beeinflussen?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • erklären den Einfluss eines Katalysators auf die Reaktionsgeschwindigkeit auch anhand grafischer Darstellungen (S3, S8, S9) • definieren die Durchschnittsgeschwindigkeit chemischer Reaktionen und ermitteln diese grafisch aus experimentellen Daten (E5, K7, K9) • überprüfen aufgestellte Hypothesen zum Einfluss verschiedener Faktoren auf die Reaktionsgeschwindigkeit durch Untersuchungen des zeitlichen Ablaufs einer chemischen Reaktion (E3, E4, E10, S9) • stellen den zeitlichen Ablauf chemischer Reaktionen auf molekularer Ebene mithilfe der Stoßtheorie auch unter Nutzung digitaler Werkzeuge dar und deuten die Ergebnisse (E6, E7, E8, K11) 	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung von Gehaltsangaben • Planung und Durchführung qualitativer Experimente zum Entkalken von Gegenständen aus dem Haushalt mit ausgewählten Säuren • Definition der Reaktionsgeschwindigkeit und deren quantitative Erfassung durch Auswertung entsprechender Messreihen • Materialgestützte Erarbeitung der Funktionsweise eines Katalysators und Betrachtung unterschiedlicher Anwendungsbereiche in Industrie und Alltag • mögliche S.-Experimente: Titration von Speiseessigen zur Ermittlung und Einführung des Stoffmengen-Konzentrationsbegriffes, Reaktion von Kalk mit Essigsäure, Gravimetrische Auswertung des Kalk/Essigsäure-Versuches, Reaktion von Magnesium mit Essigsäure unter verschiedenen Reaktionsbedingungen, Katalysatorexperimente

EF: Unterrichtsvorhaben 3: Aromastoffe in Lebensmitteln (Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten)

Inhaltliche Aspekte und Leitfragen	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> • funktionelle Gruppen verschiedener Stoffklassen und ihre Nachweise: Hydroxygruppe, Carbonylgruppe, Carboxylgruppe und Estergruppe • Eigenschaften ausgewählter Stoffklassen: Löslichkeit, Schmelztemperatur, Siedetemperatur, • Elektronenpaarbindung: Einfach- und Mehrfachbindungen, Molekülgeometrie (EPA-Modell) • Konstitutionsisomerie • intermolekulare Wechselwirkungen • Estersynthese • Gleichgewichtsreaktionen: Prinzip von Le Chatelier; Massenwirkungsgesetz (K_c) • Katalyse <p>1) <i>Fußnoten in der Speisekarte – Was verbirgt sich hinter den sogenannten E-Nummern?</i></p> <p>2) <i>Fruchtiger Duft im Industriegebiet – Wenn mehr Frucht benötigt wird als angebaut werden kann</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • ordnen organische Verbindungen aufgrund ihrer funktionellen Gruppen in Stoffklassen ein und benennen diese nach systematischer Nomenklatur (S1, S6, S11) • erläutern intermolekulare Wechselwirkungen organischer Verbindungen und erklären ausgewählte Eigenschaften sowie die Verwendung organischer Stoffe auf dieser Grundlage (S2, S13, E7) • führen Estersynthesen durch und leiten aus Stoffeigenschaften der erhaltenen Produkte Hypothesen zum strukturellen Aufbau der Estergruppe ab (E3, E5) • diskutieren den Einsatz von Konservierungs- und Aromastoffen in der Lebensmittelindustrie aus gesundheitlicher und ökonomischer Perspektive und leiten entsprechende Handlungsoptionen zu deren Konsum ab (B5, B9, B10, K5, K8, K13) • beschreiben die Merkmale eines chemischen Gleichgewichtes anhand ausgewählter Reaktionen (S7, S15, K10) • bestimmen rechnerisch Gleichgewichtslagen ausgewählter Reaktionen mithilfe des Massenwirkungsgesetzes und interpretieren diese (S7, S8, S17) • simulieren den chemischen Gleichgewichtszustand als dynamisches Gleichgewicht auch unter Nutzung digitaler Werkzeuge (E6, E9, S15, K10) 	<ul style="list-style-type: none"> • Materialgestützte Erarbeitung der Stoffklasse der Carbonsäureester hinsichtlich ihres Einsatzes als Lebensmittelzusatzstoff • Experimentelle Herstellung eines Fruchtaromas und Auswertung des Versuches mit Blick auf die Erarbeitung und Einführung der Stoffklasse der Ester und ihrer Nomenklatur sowie des chemischen Gleichgewichts • Veranschaulichung des chemischen Gleichgewichts durch ausgewählte Modellexperimente • Diskussion um die Ausbeute nach Herleitung und Einführung des Massenwirkungsgesetzes • Bewertung des Einsatzes von Konservierungs- und Aromastoffen in der Lebensmittelindustrie • mögliche S.-Experimente: Synthese von Carbonsäureestern, Esterlangzeit-Versuch mit Titration zur Konzentrationsbestimmung, Stechheber-Versuch

EF: Unterrichtsvorhaben 4: Kohlenstoffkreislauf und Klima (Zeitbedarf: ca. 10 Unterrichtsstunden à 45 Minuten)

Inhaltliche Aspekte und Leitfragen	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> • Gleichgewichtsreaktionen: Prinzip von Le Chatelier; Massenwirkungsgesetz (Kc) • natürlicher Stoffkreislauf • technisches Verfahren • Steuerung chemischer Reaktionen: Oberfläche, Konzentration, Temperatur und Druck • Katalyse <p>3) <i>Welche Auswirkungen hat ein Anstieg der Emission an Kohlenstoffdioxid auf die Versauerung der Meere?</i></p> <p>4) <i>Welchen Beitrag kann die chemische Industrie durch die Produktion synthetischer Kraftstoffe zur Bewältigung der Klimakrise leisten?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Merkmale eines chemischen Gleichgewichtes anhand ausgewählter Reaktionen (S7, S15, K10) • erklären anhand ausgewählter Reaktionen die Beeinflussung des chemischen Gleichgewichtes nach dem Prinzip von Le Chatelier auch im Zusammenhang mit einem technischen Verfahren (S8, S15, K10) • beurteilen den ökologischen wie ökonomischen Nutzen und die Grenzen der Beeinflussbarkeit chemischer Gleichgewichtslagen in einem technischen Verfahren (B3, B10, B12, E12) • analysieren und beurteilen im Zusammenhang mit der jeweiligen Intention der Urheberschaft verschiedene Quellen und Darstellungsformen zu den Folgen anthropogener Einflüsse in einem natürlichen Stoffkreislauf (B2, B4, S5, K1, K2, K3, K4, K12) • bewerten die Folgen eines Eingriffs in einen Stoffkreislauf mit Blick auf Gleichgewichtsprozesse in aktuell-gesellschaftlichen Zusammenhängen (B12, B13, B14, S5, E12, K13) 	<ul style="list-style-type: none"> • Materialgestützte Erarbeitung des natürlichen Kohlenstoffkreislaufes • Fokussierung auf anthropogene Einflüsse hinsichtlich zusätzlicher Kohlenstoffdioxidemissionen • Exemplarische Vertiefung durch experimentelle Erarbeitung des Kohlen säure-Kohlenstoffdioxid-Gleichgewichtes und Erarbeitung des Prinzips von Le Chatelier • Materialgestützte Erarbeitung der Methanolsynthese im Rahmen der Diskussion um alternative Antriebe in der Binnenschifffahrt • Bewertungsaufgabe zu Chancen und Gefahren des menschlichen Eingriffs in natürliche Stoffkreisläufe • mögliche Experimente: Eisenthio cyanat-Versuch, Stickstoffdioxid-Versuch, Mineralwasser im Unterdruck

Q1: Unterrichtsvorhaben 1GK/LK: Säuren und Basen in Alltag und Technik (Zeitbedarf: ca. 33/58 Unterrichtsstunden à 45 Minuten)

Inhaltliche Aspekte und Leitfragen	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> • Protolysereaktionen: Säure-Base-Konzept nach Brønsted, Säure-/Base-Konstanten (K_s, pK_s, K_B, pK_B), Reaktionsgeschwindigkeit, chemisches Gleichgewicht, Massenwirkungsgesetz (K_c), pH-Wert-Berechnungen wässriger Lösungen von starken und schwachen Säuren und starken Basen, Puffersysteme <p>Löslichkeitsgleichgewichte</p> <ul style="list-style-type: none"> • analytische Verfahren: Nachweisreaktionen (Fällungsreaktion, Farbreaktion, Gasentwicklung), Nachweise von Ionen, Säure-Base-Titrationen von starken Säuren und starken Basen (mit Umschlagspunkt) mit Titrationskurve, potentiometrische pH-Wert-Messung • Ionengitter, Ionenbindung <p><i>Welche Wirkung haben Säuren und Basen in sauren und basischen Reinigern?</i></p> <p><i>Wie lässt sich die unterschiedliche Reaktionsgeschwindigkeit der Reaktionen Essigsäure mit Kalk und Salzsäure mit Kalk erklären?</i></p> <p>Wie lässt sich die unterschiedliche Reaktionsgeschwindigkeit der Reaktionen Essigsäure mit Kalk und Salzsäure mit Kalk erklären?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • klassifizieren die auch in Alltagsprodukten identifizierten Säuren und Basen mithilfe des Säure-Base-Konzepts von Brønsted und erläutern ihr Reaktionsverhalten unter Berücksichtigung von Protolysegleichungen (S1, S6, S7, S16, K6) • erklären die unterschiedlichen Reaktionsgeschwindigkeiten von starken und schwachen Säuren mit unedlen Metallen oder Salzen anhand der Protolysereaktionen (S3, S7) • interpretieren die Gleichgewichtslage von Protolysereaktionen mithilfe des Massenwirkungsgesetzes und die daraus resultierenden Säure-/Base-Konstanten (S2, S7) • berechnen pH-Werte wässriger Lösungen von Säuren und Basen bei vollständiger und auch bei nicht vollständiger Protolyse (S17) • erläutern die unterschiedlichen Reaktionsgeschwindigkeiten von starken und schwachen Säuren mit unedlen Metallen oder Salzen anhand der unterschiedlichen Gleichgewichtslage der Protolysereaktionen (S3, S7, S16) • leiten die Säure-/Base-Konstante und den pK_s/pK_B-Wert von Säuren und Basen mithilfe des Massenwirkungsgesetzes ab und berechnen diese (S7, S17) • planen hypothesengeleitet Experimente zur Konzentrationsbestimmung von Säuren und Basen auch in Alltagsprodukten (E1, E2, E3, E4) • führen das Verfahren einer Säure-Base-Titration mit Endpunktbestimmung mittels Indikator am Beispiel starker Säuren und Basen durch und werten die Ergebnisse auch unter Berücksichtigung einer Fehleranalyse aus (E5, E10, K10) • sagen den Verlauf von Titrationskurven von starken und schwachen Säuren und Basen anhand der Berechnung der charakteristischen Punkte (Anfangs-pH-Wert, Halbäquivalenzpunkt, 	<p>Materialgestützte Erarbeitung und experimentelle Untersuchung der Eigenschaften von ausgewählten sauren, alkalischen und neutralen Reinigern zur Wiederholung bzw. Einführung des Säure-Base-Konzepts nach Brønsted, der pH-Wert-Skala einschließlich pH-Wert-Berechnungen von starken Säuren und Basen</p> <p>Vergleich der Reaktion von Kalk mit Essigreiniger und Urinsteinlöser auf Salzsäurebasis zur Wiederholung des chemischen Gleichgewichts und Ableitung des pK_s-Werts von schwachen Säuren</p> <p>Ableitung des pK_B-Werts von schwachen Basen</p> <p>pH-Wert-Berechnungen von starken und schwachen Säuren und Basen in verschiedenen Reinigern (Essigreiniger, Urinsteinlöser, Abflussreiniger, Fensterreiniger) zur Auswahl geeigneter Indikatoren im Rahmen der Konzentrationsbestimmung mittels Säure-Base-Titration mit Umschlagspunkt</p> <p>Praktikum zur Konzentrationsbestimmung der Säuren- und Basenkonzentration in verschiedenen Reinigern (Essigreiniger, Urinsteinlöser, Abflussreiniger) mittels Säure-Base-Titration mit Umschlagspunkt</p> <p>Erarbeitung von Praxistipps für die sichere Nutzung von Reinigern im Haushalt zur Beurteilung von sauren und basischen Reinigern hinsichtlich ihrer Wirksamkeit und ihres Gefahrenpotentials</p> <p>Experimentelle Untersuchung von Möglichkeiten zur Entsorgung von sauren und alkalischen Lösungen</p> <p>Einstiegsdiagnose zur Ionenbindung</p> <p>Praktikum zu den Eigenschaften von Salzen und zu ausgewählten Nachweisreaktionen der verschiedenen Ionen in den Salzen</p> <p>Untersuchung der Löslichkeit schwerlöslicher Salze zur Einführung des Löslichkeitsprodukts am Beispiel der Halogenid-Nachweise mit Silbernitrat</p> <p>Recherche zur Verwendung, Wirksamkeit und möglichen Gefahren verschiedener ausgewählter Salze in Alltagsbezügen einschließlich einer</p>

Wie lassen sich die Konzentrationen von starken und schwachen Säuren und Basen in sauren und alkalischen Reinigern bestimmen?

Wie lässt sich die Säure- bzw. Basenkonzentration bestimmen?

Wie lassen sich saure und alkalische Lösungen entsorgen?

Welche Stoffeigenschaften sind verantwortlich für die vielfältige Nutzung verschiedener Salze?

Wie hoch ist die Säurekonzentration in verschiedenen Lebensmitteln?

Welche Bedeutung haben Salze für den menschlichen Körper?

Äquivalenzpunkt) voraus (S10, S17)

- werten pH-metrische Titrations von ein- und mehrprotonigen Säuren aus und erläutern den Verlauf der Titrationskurven auch bei unvollständiger Protolyse (S9, E8, E10, K7)
- erläutern die Wirkung eines Puffersystems auf Grundlage seiner Zusammensetzung (S2, S7, S16)
- berechnen den pH-Wert von Puffersystemen anhand der Henderson-Hasselbalch-Gleichung (S17)
- erklären Fällungsreaktionen auf der Grundlage von Löslichkeitsgleichgewichten (S2, S7)
- beurteilen verschiedene Säure-Base-Titrationsverfahren hinsichtlich ihrer Angemessenheit und Grenzen (B3, K8, K9),
- beurteilen den Einsatz, die Wirksamkeit und das Gefahrenpotenzial von Säuren, Basen und Salzen als Inhaltsstoffe in Alltagsprodukten und leiten daraus begründet Handlungsoptionen ab (B8, B11, K8)
- bewerten die Qualität von Produkten des Alltags oder Umweltparameter auf der Grundlage von qualitativen und quantitativen Analyseergebnissen und beurteilen die Daten hinsichtlich ihrer Aussagekraft (B3, B8, K8)
- weisen ausgewählte Ionensorten (Halogenid-Ionen, Ammonium-Ionen, Carbonat-Ionen) salzartiger Verbindungen qualitativ nach (E5)

kritischen Reflexion

Recherche zur Bedeutung von Salzen für den menschlichen Körper (Regulation des Wasserhaushalts, Funktion der Nerven und Muskeln, Regulation des Säure-Base-Haushalts etc.)

Materialgestützte Erarbeitung der Funktion und Zusammensetzung von Puffersystemen im Kontext des menschlichen Körpers (z. B. Kohlensäure-Hydrogencarbonatpuffer im Blut, Dihydrogenphosphat-Hydrogenphosphatpuffer im Speichel, Ammoniak-Ammoniumpuffer in der Niere) einschließlich der gesundheitlichen Folgen bei Veränderungen der pH-Werte in den entsprechenden Körperflüssigkeiten

Anwendungsaufgaben zum Löslichkeitsprodukt im Kontext der menschlichen Gesundheit (z. B. Bildung von Zahnstein oder Nierensteine, Funktion von Magnesiumhydroxid als Antazidum)

Q1: Unterrichtsvorhaben 2 GK/LK: Energie bei chemischen Reaktionen - Thermodynamik (Zeitbedarf: ca. 17/30 Unterrichtsstunden à 45 Minuten)

Inhaltliche Aspekte und Leitfragen	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> • energetische Aspekte: Erster und Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik • Neutralisationsenthalpie • Lösungsenthalpie • Kalorimetrie • Ionengitter, Ionenbindung • Standardreaktionsenthalpien • Satz von Hess • heterogene Katalyse • Entropie • freie Enthalpie • Gibbs-Helmholtz-Gleichung <p><i>Lässt sich die Lösungswärme von Salzen sinnvoll nutzen?</i></p> <p><i>Wie viel Energie wird bei der Verbrennungsreaktion verschiedener Energieträger freigesetzt?</i></p> <p>Wann laufen chemische Reaktionen freiwillig ab?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • definieren den Begriff der Reaktionsenthalpie und grenzen diesen von der inneren Energie ab (S3) • erklären im Zusammenhang mit der Neutralisationsreaktion den ersten Hauptsatz der Thermodynamik (Prinzip der Energieerhaltung) (S3, S10) • erläutern die Neutralisationsreaktion unter Berücksichtigung der Neutralisationsenthalpie (S3, S12) • bestimmen die Reaktionsenthalpie der Neutralisationsreaktion von starken Säuren mit starken Basen kalorimetrisch und vergleichen das Ergebnis mit Literaturdaten (E5, K1) • bewerten die Verbrennung fossiler Energieträger und elektrochemische Energiewandler hinsichtlich Effizienz und Nachhaltigkeit auch mithilfe von recherchierten thermodynamischen Daten (B2, B4, E8, K3, K12) • diskutieren Möglichkeiten und Grenzen bei der Umwandlung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie auf Grundlage der relevanten chemischen und thermodynamischen Aspekte im Hinblick auf nachhaltiges Handeln (B3, B10, B13, E12, K8) • deuten endotherme und exotherme Lösungsvorgänge bei Salzen unter Berücksichtigung der Gitter- und Solvatationsenergie und führen den spontanen Ablauf eines endothermen Lösungsvorgangs auf die Entropieänderung zurück (S12, K8) • interpretieren die Messdaten von Lösungsenthalpien verschiedener Salze unter Berücksichtigung der Entropie (S12, E8) • erklären die Herleitung 	<p>Hinweis für die Phasierung der entsprechenden Unterrichtsinhalte: Die Grundlagen der Thermodynamik können sinnvoll an das UV 1 (Säure/Base-Chemie) angeschlossen werden um so z. B. den 1. Hauptsatz, die Neutralisationsenthalpie und energetische Aspekte des Lösungsvorganges bei Salzen aufzugreifen. Vor der Behandlung aber z. B. der Reaktionsenthalpien oder auch des Satzes von Hess ist es jedoch sinnvoll, erst die Grundlagen der Redoxreaktionen aus UV 3 zu behandeln. Grundsätzlich ist es auch möglich, die komplette Thermodynamik nach UV1 und UV3 zu behandeln. Es soll jedoch nicht der Eindruck entstehen, dass die Thermodynamik immer nur als „Hilfswissenschaft“ zur Fundierung der „anorganischen“ Themen aus UV1 und UV3 dient. Die Energetik soll als eigenständiger Themenblock der physikalischen Chemie erkennbar sein und ihr so ein entsprechender Stellenwert zugewiesen werden.</p> <p>Materialgestützte Erarbeitung des Enthalpiebegriffs am Beispiel der Neutralisationsenthalpie im Kontext der fachgerechten Entsorgung von sauren und alkalischen Lösungen</p> <p>Bestimmung der Neutralisationsenthalpie im Joghurtbecher</p> <p>Bewertungsaufgabe zur Nutzung von selbsterhitzenden Verpackungen</p> <p>Materialgestützte (Praktikum zur) Untersuchung der Lösungswärme verschiedener Salze zur Beurteilung der Eignung für den Einsatz in selbsterhitzenden und kühlenden Verpackungen</p> <p>Materialgestützte Erarbeitung einer Erklärung von endothermen Lösungsvorgängen zur Einführung der Entropie</p> <p>Untersuchen der Verbrennungsreaktionen von Erdgas, Autogas, Wasserstoff, Benzin (Heptan) und Diesel (Heizöl): Nachweisreaktion der Verbrennungsprodukte, Aufstellen der Redoxreaktionen, energetische Betrachtung der Redoxreaktionen (Grundlagen der chemischen Energetik), Ermittlung der Reaktionsenthalpie, Berechnung der Verbrennungsenthalpie</p> <p>Herleitung der Gibbs-Helmholtz-Gleichung mit Versuchen an einem Kupfer-Silber-Element und der Brennstoffzelle</p>

elektrochemischer und thermodynamischer Gesetzmäßigkeiten (Faraday, Nernst, Gibbs-Helmholtz) aus experimentellen Daten (E8, S17, K8)

- interpretieren energetische Erscheinungen bei Redoxreaktionen auf die Umwandlung eines Teils der in Stoffen gespeicherten Energie in Wärme und Arbeit **unter Berücksichtigung der Einschränkung durch den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik (S3, S12, K10)**
- **berechnen die freie Enthalpie bei Redoxreaktionen (S3, S17, K8)**
- ermitteln die Standardreaktionsenthalpien ausgewählter Redoxreaktionen unter Anwendung des Satzes von Hess auch rechnerisch (E2, E4, E7, S16, S 17, K2)
- **bewerten auch unter Berücksichtigung des energetischen Wirkungsgrads fossile und elektrochemische Energiequellen (B2, B4, K3, K12)**

**Vergleich von Brennstoffzelle und Akkumulator: Warum ist die Leistung eines Akkumulators temperaturabhängig? (Versuch: Potentialmessung in Abhängigkeit von der Temperatur zur Ermittlung der freien Enthalpie)
Vergleich von Haupt- und Nebenreaktionen in galvanischen Zellen zur Erklärung des Zweiten Hauptsatzes**

Q1: Unterrichtsvorhaben 3 GK/LK: Vom Rost zur Brennstoffzelle - Elektrochemie in Alltag und Technik

(Zeitbedarf: ca. 40/60 Unterrichtsstunden à 35 Minuten)

Inhaltliche Aspekte und Leitfragen	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> • Redoxreaktionen als Elektronenübertragungsreaktionen • Galvanische Zellen: Metallbindung (Metallgitter, Elektronengasmodell), Ionenbindung, elektrochemische Spannungsreihe, elektrochemische Spannungsquellen, Berechnung der Zellspannung, Konzentrationszellen (Nernst-Gleichung) • Elektrolyse: Faraday-Gesetze, Zersetzungsspannung (Überspannung) • Redoxtitration • alternative Energieträger • Energiespeicherung • Korrosion: Sauerstoff- und Säurekorrosion, Korrosionsschutz <p>Wie unterscheiden sich die Spannungen verschiedener Redoxsysteme?</p> <p>Wie sind Batterien und Akkumulatoren aufgebaut?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern Redoxreaktionen als dynamische Gleichgewichtsreaktionen unter Berücksichtigung des Donator-Akzeptor-Konzepts (S7, S12, K7) • nennen die metallische Bindung und die Beweglichkeit hydratisierter Ionen als Voraussetzungen für einen geschlossenen Stromkreislauf der galvanischen Zelle und der Elektrolyse (S12, S15, K10) • erläutern den Aufbau und die Funktionsweise einer galvanischen Zelle hinsichtlich der chemischen Prozesse auch mit digitalen Werkzeugen und berechnen auch unter Berücksichtigung der Nernst-Gleichung die jeweilige Zellspannung (S3, S17, E6, K11) • erläutern und vergleichen den Aufbau und die Funktion ausgewählter elektrochemischer Spannungsquellen aus Alltag und Technik (Batterie, Akkumulator, Brennstoffzelle) unter Berücksichtigung der Teilreaktionen und möglicher Zellspannungen (S10, S12, K9) • erläutern die Reaktionen einer Elektrolyse auf stofflicher und energetischer Ebene als Umkehr der Reaktionen eines galvanischen Elements (S7, S12, K8) • interpretieren energetische Erscheinungen bei Redoxreaktionen als Umwandlung eines Teils der in Stoffen gespeicherten Energie in Wärme und Arbeit (S3, E11) • entwickeln Hypothesen zum Auftreten von Redoxreaktionen zwischen Metallatomen und -ionen und überprüfen diese experimentell (E3, E4, E5, E10) • ermitteln Messdaten ausgewählter galvanischer Zellen zur Einordnung in die elektrochemische Spannungsreihe (E6, E8) • ermitteln die Leistung einer elektrochemischen Spannungsquelle an einem Beispiel (E5, E10, S17), • erklären die Herleitung elektrochemischer und thermodynamischer Gesetzmäßigkeiten (Faraday, Nernst, Gibbs-Helmholtz) aus experimentellen Daten (E8, S17, K8) • diskutieren Möglichkeiten und Grenzen bei der Umwandlung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie auf Grundlage der relevanten chemischen und thermodynamischen Aspekte im Hinblick auf nachhaltiges Handeln (B3, B10, B13, E12, K8) 	<p>Analyse der Bestandteile von Batterien anhand von Anschauungsobjekten; Diagnose bekannter Inhalte aus der SI</p> <p>Experimente zu Reaktionen von verschiedenen Metallen und Salzlösungen (Redoxreaktionen als Elektronenübertragungsreaktionen, Wiederholung der Ionenbindung, Erarbeitung der Metallbindung)</p> <p>Aufbau einer galvanischen Zelle (Daniell-Element): Messung von Spannung und Stromfluss (elektrochemische Doppelschicht)</p> <p>virtuelles Messen von weiteren galvanischen Zellen, Berechnung der Zellspannung bei Standardbedingungen (Bildung von Hypothesen zur Spannungsreihe, Einführung der Spannungsreihe)</p> <p>Hypothesenentwicklung zum Ablauf von Redoxreaktionen und experimentelle Überprüfung</p> <p>Messen der Zellspannung verschiedener Konzentrationszellen und Ableiten der Nernst-Gleichung zur Überprüfung der Messergebnisse</p> <p>Berechnung der Leistung verschiedener galvanischer Zellen auch unter Nicht-Standardbedingungen</p> <p>Modellexperiment einer Zink-Luft-Zelle, Laden und Entladen eines Zink-Luft-Akkus (Vergleich galvanische Zelle – Elektrolyse)</p> <p>Lernzirkel zu Batterie- und Akkutypen</p> <p>Lernaufgabe: Bedeutung von Akkumulatoren für den Ausgleich von Spannungsschwankungen bei der Nutzung regenerativen Stromquellen</p> <p>Entwicklung von Kriterien zum Autokauf in Bezug auf verschiedene Treibstoffe (Wasserstoff, Erdgas, Autogas, Benzin und Diesel)</p> <p>Untersuchen der Verbrennungsreaktionen von Erdgas, Autogas, Wasserstoff,</p>

Wie kann die Leistung von Akkumulatoren berechnet und bewertet werden?

Wie funktioniert die Wasserstoffverbrennung in der Brennstoffzelle?

Welche Vor- und Nachteile hat die Verwendung der verschiedenen Energieträger?

Wie beeinflussen Temperatur und Elektrodenmaterial die Leistung eines Akkus?

Wie kann man Metalle vor Korrosion schützen?

- erklären am Beispiel einer Brennstoffzelle die Funktion der heterogenen Katalyse unter Verwendung geeigneter Medien (S8, S12, K11)
- erklären die für eine Elektrolyse benötigte Zersetzungsspannung unter Berücksichtigung des Phänomens der Überspannung (S12, K8)
- berechnen Stoffumsätze unter Anwendung der Faraday-Gesetze (S3, S17)
- diskutieren ökologische und ökonomische Aspekte der elektrolytischen Gewinnung eines Stoffes unter Berücksichtigung der Faraday-Gesetze
- erläutern die Bildung eines Lokalelements bei Korrosionsvorgängen auch mithilfe von Reaktionsgleichungen (S3, S16, E1)
- entwickeln eigenständig ausgewählte Experimente zum Korrosionsschutz (Galvanik, Opferanode) und führen sie durch (E1, E4, E5)
- beurteilen Folgen von Korrosionsvorgängen und adäquate Korrosionsschutzmaßnahmen unter ökologischen und ökonomischen Aspekten (B12, B14, E1)
- wenden das Verfahren der Redoxtitration zur Ermittlung der Konzentration eines Stoffes begründet an (E5, S3, K10)
- ermitteln die Ionenkonzentration von ausgewählten Metall- und Nichtmetallionen mithilfe der Nernst-Gleichung aus Messdaten galvanischer Zellen (E6, E8, S17, K5)

Benzin (Heptan) und Diesel (Heizöl): Nachweisreaktion der Verbrennungsprodukte, Aufstellen der Redoxreaktionen, energetische Betrachtung der Redoxreaktionen (Grundlagen der chemischen Energetik), Ermittlung der Reaktionsenthalpie, Berechnung der Verbrennungsenthalpie

Wasserstoff als Autoantrieb: Verbrennungsreaktion in der Brennstoffzelle (Erarbeitung der heterogenen Katalyse); Aufbau der PEM-Brennstoffzelle

Schülerversuch: Bestimmung des energetischen Wirkungsgrads der PEM-Brennstoffzelle

Versuch: Elektrolyse von Wasser zur Gewinnung von Wasserstoff (energetische und stoffliche Betrachtung)

Herleitung der Gibbs-Helmholtz-Gleichung mit Versuchen an einem Kupfer-Silber-Element und der Brennstoffzelle

Vergleich von Brennstoffzelle und Akkumulator: Warum ist die Leistung eines Akkumulators temperaturabhängig? (Versuch: Potentialmessung in Abhängigkeit von der Temperatur zur Ermittlung der freien Enthalpie) Vergleich von Haupt- und Nebenreaktionen in galvanischen Zellen zur Erklärung des Zweiten Hauptsatzes

Erarbeitung einer Mindmap von Korrosionsfolgen anhand von Abbildungen, Materialproben, Informationen zu den Kosten und ökologischen Folgen

Experimentelle Untersuchungen zur Säure- und Sauerstoffkorrosion, Bildung eines Lokalelements, Opferanode

Experimente zu Korrosionsschutzmaßnahmen entwickeln und experimentell überprüfen

Diskussion der Nachhaltigkeit verschiedener Korrosionsschutzmaßnahmen

Lern-/Bewertungsaufgabe: Darstellung der elektrolytischen Metallgewinnungsmöglichkeiten und Berechnung der Ausbeute im Verhältnis der eingesetzten Energie

Anwendungsmöglichkeit der Nernst-Gleichung zur Bestimmung der Metallionenkonzentration

Q2: Unterrichtsvorhaben 4 GK/LK: Vom fossilen Rohstoff zum Anwendungsprodukt (Zeitbedarf: ca. 48/65 Unterrichtsstunden à 45 Minuten)

Inhaltliche Aspekte und Leitfragen	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> • funktionelle Gruppen verschiedener Stoffklassen und ihre Nachweise: Hydroxygruppe, Carbonylgruppe, Carboxygruppe, Estergruppe, Aminogruppe • Alkene, Alkine, Halogenalkane • Elektronenpaarbindung: Einfach- und Mehrfachbindungen, Oxidationszahlen, Molekülgeometrie (EPA-Modell) • Konstitutionsisomerie und Stereoisomerie (cis-trans-Isomerie) • Mesomerie und Chiralität • inter- und intramolekulare Wechselwirkungen • Naturstoffe: Fette • Reaktionsmechanismen: Radikalische Substitution, elektrophile Addition, nucleophile Substitution erster und zweiter Ordnung, Kondensationsreaktion (Estersynthese) • Koordinative Bindung: Katalyse • Analytische Verfahren: Nachweisreaktionen • Estersynthese: Homogene Katalyse, Prinzip von Le Chatelier <p>Wie können verschiedene organische Moleküle hergestellt werden?</p> <p>Welche Fette sind in Lebensmitteln enthalten?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • stellen den Aufbau der Moleküle (Konstitutionsisomerie, Stereoisomerie, Molekülgeometrie, Chiralität am asymmetrischen C-Atom) der Stoffklassen der Alkane, Halogenalkane, Alkene, Alkine, Alkanole, Alkanale, Alkanone, Carbonsäuren, Ester und Amine auch mit digitalen Werkzeugen dar und berücksichtigen dabei auch ausgewählte Isomere (S1, E7, K11) • erklären Stoffeigenschaften und Reaktionsverhalten mit dem Einfluss der jeweiligen funktionellen Gruppen unter Berücksichtigung von inter- und intramolekularen Wechselwirkungen (S2, S13) • erläutern die Reaktionsmechanismen der radikalischen Substitutions- und elektrophilen Additionsreaktion unter Berücksichtigung der spezifischen Reaktionsbedingungen auch mit digitalen Werkzeugen (S8, S9, S14, E9, K11) • erläutern auch mit digitalen Werkzeugen die Reaktionsmechanismen unter Berücksichtigung der spezifischen Reaktionsbedingungen (S8, S9, S14, E9, K11), • schließen mithilfe von spezifischen Nachweisen der Reaktionsprodukte (Doppelbindung zwischen Kohlenstoff-Atomen, Chlorid und Bromid-Ionen, Carbonyl- und Carboxy-Gruppe) auf den Reaktionsverlauf und bestimmen den Reaktionstyp (E5, E7, S4, K10), • entwickeln Hypothesen zum Reaktionsverhalten aus der Molekülstruktur (E3, E12, K2), • recherchieren und bewerten Nutzen und Risiken ausgewählter Produkte der organischen Chemie unter vorgegebenen/selbst entwickelten Fragestellungen (B1, B11, K2, K4) • beschreiben den Weg eines 	<p>Einstiegsdiagnose zu den organischen Stoffklassen (funktionelle Gruppen, Nomenklatur, Isomerie, Struktur-Eigenschaftsbeziehungen)</p> <p>Materialgestützte Erarbeitung des Crackprozesses zur Herstellung von Ethen (Alkenen)</p> <p>Unterscheidung der gesättigten Edukte und ungesättigten Produkte mit Bromwasser</p> <p>Erarbeitung der Reaktionsmechanismen „radikalische Substitution“ und „elektrophile Addition“ und „nucleophile Substitution“ und „Kondensation“</p> <p>Vertiefende Betrachtung des Mechanismus der elektrophilen Addition zur Erarbeitung des Einflusses der Substituenten im Kontext der Herstellung wichtiger organischer Rohstoffe aus Alkenen (u. a. Alkohole, Halogenalkane)</p> <p>Materialgestützte Vertiefung der Nomenklaturregeln für Alkane, Alkene, Alkine und Halogenalkane einschließlich ihrer Isomere</p> <p>Vertiefende Betrachtung der Halogenalkane als Ausgangsstoffe für wichtige organische Produkte (u. a. Alkohole, Ether) zur Erarbeitung der Mechanismen der nucleophilen Substitution erster und zweiter Ordnung</p> <p>Anlegen einer tabellarischen Übersicht über die bisher erarbeiteten organischen Stoffklassen einschließlich entsprechender Nachweisreaktionen (mit dem Ziel einer fortlaufenden Ergänzung)</p> <p>Materialgestützte Erarbeitung und experimentelle Untersuchung der Eigenschaften von ausgewählten fett- und ölhaltigen Lebensmitteln:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Eigenschaften (Löslichkeit) von gesättigten und ungesättigten Fetten • Experimentelle Unterscheidung von gesättigten und ungesättigten Fettsäuren (Jodzahl) • Fetthärtung: Hydrierung von Fettsäuren (z. B. Demonstrationsversuch Hydrierung von Olivenöl mit Nickelkatalysator) und Wiederholung von Redoxreaktionen, Oxidationszahlen

Wie werden Ester in Kosmetikartikeln hergestellt?

- Anwendungsprodukt von der Rohstoffgewinnung über die Produktion bis zur Verwertung (S5, S10, K1, K2)
- **erläutern ein technisches Syntheseverfahren auch unter Berücksichtigung der eingesetzten Katalysatoren (S8, S9),**
 - erläutern den Aufbau und die Eigenschaften von gesättigten und ungesättigten Fetten (S1, S11, S13)
 - erklären Redoxreaktionen in organischen Synthesewegen unter Berücksichtigung der Oxidationszahlen (S3, S11, S16)
 - erklären die Estersynthese aus Alkanolen und Carbonsäuren unter Berücksichtigung der Katalyse (S4, S8, S9, K7)
 - erläutern die Planung und Durchführung einer Estersynthese in Bezug auf die Optimierung der Ausbeute auf der Grundlage des Prinzips von Le Chatelier (E4, E5, K13)
 - unterscheiden experimentell zwischen gesättigten und ungesättigten Fettsäuren (E5, E11)
 - beurteilen die Qualität von Fetten hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Verarbeitung im Bereich der Lebensmitteltechnik und der eigenen Ernährung (B7, B8, K8)

Materialgestützte Bewertung der Qualität von verarbeiteten Fetten auch in Bezug auf Ernährungsempfehlungen

Aufbau, Verwendung, Planung der Herstellung des Wachsesters Myristylmyristat mit Wiederholung der Estersynthese

Experimentelle Erarbeitung der Synthese von Myristylmyristat (Ermittlung des chemischen Gleichgewichts und der Ausbeute, Einfluss von Konzentrationsänderungen – Le Chatelier, Bedeutung von Katalysatoren)

Fortführung der tabellarischen Übersicht über die bisher erarbeiteten organischen Stoffklassen einschließlich entsprechender Nachweisreaktionen

Q2: Unterrichtsvorhaben 5 (nur LK): Aromaten und Farbstoffe (Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten)

Inhaltliche Aspekte und Leitfragen	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> • Struktur und Reaktivität des aromatischen Systems • Elektronenpaarbindung: Einfach- und Mehrfachbindungen, Oxidationszahlen, Molekülgeometrie (EPA-Modell) • Konstitutionsisomerie und Stereoisomerie, Mesomerie und Chiralität • Reaktionsmechanismen: elektrophile Erstsubstitution • inter- und intramolekulare Wechselwirkungen • Koordinative Bindung: Katalyse • Farbstoffe: Einteilung, Struktur, Eigenschaften und Verwendung • Analytische Verfahren: Chromatografie <p><i>Warum erscheinen uns einige organische Stoffe farbig?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den Aufbau und die Wirkungsweise eines Katalysators unter Berücksichtigung des Konzepts der koordinativen Bindung als Wechselwirkung von Metallkationen mit freien Elektronenpaaren (S13, S15), • erklären die Reaktivität eines aromatischen Systems anhand der Struktur und erläutern in diesem Zusammenhang die Mesomerie (S9, S13, E9, E12), • klassifizieren Farbstoffe sowohl auf Grundlage struktureller Merkmale als auch nach ihrer Verwendung (S10, S11, K8), • erläutern die Farbigkeit ausgewählter Stoffe durch Lichtabsorption auch unter Berücksichtigung der Molekülstruktur mithilfe des Mesomeriemodells (mesomere Grenzstrukturen, Delokalisation von Elektronen, Donator-Akzeptor-Gruppen) (S2, E7, K10), • trennen mithilfe eines chromatografischen Verfahrens Stoffgemische und analysieren ihre Bestandteile durch Interpretation der Retentionsfaktoren (E4, E5), • interpretieren Absorptionsspektren ausgewählter Farbstofflösungen (E8, K2), • beurteilen die Möglichkeiten und Grenzen von Modellvorstellungen bezüglich der Struktur organischer Verbindungen und die Reaktionsschritte von Synthesen für die Vorhersage der Bildung von Reaktionsprodukten (B1, B2, K10), • bewerten den Einsatz verschiedener Farbstoffe in Alltagsprodukten aus chemischer, ökologischer und ökonomischer Sicht (B9, B13, S13). 	<p>Besonderheiten des Benzols: Aromatizität, Mesomeriekonzept, Hückelregel</p> <p>Erarbeitung des Reaktionsmechanismus der elektrophilen Substitution mit Anwendungen (Halogenierung, Nitrierung, Sulfonierung, Friedel-Crafts-Reaktionen etc.)</p> <p>Dirigierende Effekte bei Mehrfachsubstitutionen</p> <p>Materialgestützte und experimentelle Erarbeitung von Farbstoffen im Alltag</p> <ul style="list-style-type: none"> • Farbigkeit und Licht • Farbe und Struktur (konjugierte Doppelbindungen, Donator-Akzeptorgruppen, Mesomerie) • Klassifikation von Farbstoffen nach ihrer Verwendung und strukturellen Merkmalen • Schülerversuch: Identifizierung von Farbstoffen in Alltagsprodukten durch Dünnschichtchromatographie <p>Synthese eines Farbstoffs mithilfe einer Lewis-Säure an ein aromatisches System bzw. Synthese eines Azofarbstoffes</p> <p>Bewertung recherchierter Einsatzmöglichkeiten verschiedene Farbstoffe in Alltagsprodukten</p> <p>Fortführung einer tabellarischen Übersicht über die bisher erarbeiteten organischen Stoffklassen einschließlich entsprechender Nachweisreaktionen</p>

Q2: Unterrichtsvorhaben 6 GK/LK: Maßgeschneiderte Produkte aus Kunststoffen und Nanomaterialien (Zeitbedarf: ca. 20/27 Unterrichtsstunden à 45 Minuten)

Inhaltliche Aspekte und Leitfragen	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> • Kunststoffe: Struktur und Eigenschaften, Kunststoffklassen (Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere) • Kunststoffsynthese: Verknüpfung von Monomeren zu Makromolekülen, Polymerisation (Mechanismus der radikalischen Polymerisation) • Rohstoffgewinnung und -verarbeitung • Recycling: Kunststoffverwertung • technisches Syntheseverfahren • Nanochemie: Nanomaterialien, Nanostrukturen, Oberflächeneigenschaften <p><i>Aus welchen Kunststoffen bestehen Verpackungsmaterialien und welche Eigenschaften haben diese Kunststoffe?</i></p> <p><i>Welche besonderen Eigenschaften haben Kunststoffe?</i></p> <p><i>Wie lassen sich Kunststoff mit gewünschten Eigenschaften herstellen?</i></p> <p><i>Wie lässt sich Polyethylen aus Erdöl herstellen?</i></p> <p><i>Wie werden Polyethylen-Abfälle entsorgt?</i></p> <p>Welche besonderen Eigenschaften haben Werkstoffe aus Kunststoffen und</p>	<ul style="list-style-type: none"> • erklären die Eigenschaften von Kunststoffen aufgrund ihrer molekularen Strukturen (Kettenlänge, Vernetzungsgrad, Anzahl und Wechselwirkung verschiedenartiger Monomere) (S11, S13) • klassifizieren Kunststoffe anhand ihrer Eigenschaften begründet nach Thermoplasten, Duroplasten und Elastomeren (S1, S2) • führen eigenständig geplante Experimente zur Untersuchung von Eigenschaften organischer Werkstoffe durch und werten diese aus (E4, E5) • erläutern die Verknüpfung von Monomermolekülen zu Makromolekülen mithilfe von Reaktionsgleichungen an einem Beispiel (S4, S12, S16) • erläutern die Reaktionsschritte einer radikalischen Polymerisation (S4, S14, S16), • beschreiben den Weg eines Anwendungsproduktes von der Rohstoffgewinnung über die Produktion bis zur Verwertung (S5, S10, K1, K2) • erläutern ein technisches Syntheseverfahren auch unter Berücksichtigung der eingesetzten Katalysatoren (S8, S9), • planen zielgerichtet anhand der Eigenschaften verschiedener Kunststoffe Experimente zur Trennung und Verwertung von Verpackungsabfällen (E4, S2) • erklären ermittelte Stoffeigenschaften am Beispiel eines Funktionspolymers mit geeigneten Modellen (E1, E5, E7, S2) • bewerten den Einsatz von Erdöl und nachwachsenden Rohstoffen für die Herstellung und die Verwendung von Produkten aus Kunststoffen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Perspektive (B9, B12, B13) 	<p>Brainstorming zu Produkten, die aus Erdöl hergestellt werden, Fokussierung auf Herstellung von Plastiktüten (PE-Verpackungen)</p> <p>Materialgestützte Erarbeitung der Synthese des Polyethylens durch die radikalische Polymerisation am Beispiel von LD-PE und HD-PE einschließlich der Unterscheidung der beiden Polyethylen-Arten anhand ihrer Stoffeigenschaften</p> <p>Polykondensation: Polyester und Polyamide im Schülerversuch</p> <p>Gruppenpuzzle zur Entsorgung von PE-Abfällen (Deponierung, thermisches Recycling, rohstoffliches Recycling) mit anschließender Bewertung der verschiedenen Verfahren</p> <p>Abschließende Zusammenfassung: Erstellung eines Schaubildes oder Fließdiagramms über den Weg einer PE-Verpackung (Plastiktüte) von der Herstellung aus Erdöl bis hin zur möglichen Verwertung</p> <p>Recherche zu weiteren Kunststoff-Verpackungen (z. B. PS, PP, PVC) zur Erarbeitung von Stoffsteckbriefen und Experimenten zur Trennung von Verpackungsabfällen</p> <p>Praktikum zur Untersuchung der Kunststoffeigenschaften (u. a. Kratzfestigkeit, Bruchsicherheit, Verformbarkeit, Brennbarkeit) anhand von verschiedenen Kunststoffproben (z. B. PE, PP, PS, PVC, PET)</p> <p>Klassifizierung der Kunststoffe in Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere durch materialgestützte Auswertung der Experimente</p> <p>Gruppenpuzzle zur Erarbeitung der Herstellung, Entsorgung und Untersuchung der Struktur-Eigenschaftsbeziehungen ausgewählter Kunststoffe in Alltagsbezügen (Expertengruppen z. B. zu Funktionsbekleidung aus Polyester, zu Gleitschirmen aus Polyamid, zu chirurgischem Nahtmaterial aus Polymilchsäure, zu Babywindeln mit Superabsorber)</p> <p>Bewertungsaufgabe von Kunststoffen aus Erdöl (z. B. Polyester) und</p>

Nanomaterialien und wie lassen sich diese Materialien herstellen?

Welche Vor- und Nachteile haben Kunststoffe und Nanoprodukte mit spezifischen Eigenschaften?

- **beurteilen die Bedeutung der Reaktionsbedingungen für die Synthese eines Kunststoffs im Hinblick auf Atom- und Energieeffizienz, Abfall- und Risikovermeidung sowie erneuerbare Ressourcen (B1, B10),**
- **vergleichen anhand von Bewertungskriterien Produkte aus unterschiedlichen Kunststoffen und leiten daraus Handlungsoptionen für die alltägliche Nutzung ab (B5, B14, K2, K8, K13)**
- **bewerten stoffliche und energetische Verfahren der Kunststoffverwertung unter Berücksichtigung ausgewählter Nachhaltigkeitsziele (B6, B13, S3, K5, K8)**
- **beschreiben Merkmale von Nanomaterialien am Beispiel von Alltagsprodukten (S1, S9),**
- **veranschaulichen die Größenordnung und Reaktivität von Nanopartikeln (E7, E8),**
- **erklären eine experimentell ermittelte Oberflächeneigenschaft eines ausgewählten Nanoprodukts anhand der Nanostruktur (E5, S11),**
- **recherchieren in verschiedenen Quellen die Chancen und Risiken von Nanomaterialien am Beispiel eines Alltagsproduktes und bewerten diese unter Berücksichtigung der Intention der Autoren (B2, B4, B13, K2, K4),**

nachwachsenden Rohstoffen (z. B. Milchsäure) hinsichtlich ihrer Herstellung, Verwendung und Entsorgung

Erarbeitung der Eigenschaften von Nanopartikeln (Größenordnung von Nanopartikeln, Reaktivität von Nanopartikeln, Eigenschaften von Oberflächenbeschichtungen auf Nanobasis)

Versuche zum Lotuseffekt

2.2 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung

Auf der Grundlage von § 48 SchulG, § 13 APO-GOST sowie Kapitel 3 des Kernlehrplans Chemie hat die Fachkonferenz im Einklang mit dem entsprechenden schulbezogenen Konzept die nachfolgenden Grundsätze zur Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung beschlossen. Die nachfolgenden Absprachen stellen die Minimalanforderungen an das lerngruppenübergreifende gemeinsame Handeln der Fachgruppenmitglieder dar. Bezogen auf die einzelne Lerngruppe kommen ergänzend weitere der in den Folgeabschnitten genannten Instrumente der Leistungsüberprüfung zum Einsatz.

Überprüfungsformen

In Kapitel 3 des KLP GOST Chemie werden Überprüfungsformen in einer nicht abschließenden Liste vorgeschlagen. Diese Überprüfungsformen zeigen Möglichkeiten auf, wie Schülerkompetenzen nach den oben genannten Anforderungsbereichen sowohl im Bereich der „sonstigen Mitarbeit“ als auch im Bereich „Klausuren“ überprüft werden können.

Beurteilungsbereich: Sonstige Mitarbeit

Folgende Aspekte sollen bei der Leistungsbewertung der sonstigen Mitarbeit eine Rolle spielen (die Liste ist nicht abschließend):

- a) Sicherheit, Eigenständigkeit und Kreativität beim Anwenden fachspezifischer Methoden und Arbeitsweisen
- b) Verständlichkeit und Präzision beim zusammenfassenden Darstellen und Erläutern von Lösungen einer Einzel-, Partner-, Gruppenarbeit oder einer anderen Sozialform sowie konstruktive Mitarbeit bei dieser Arbeit
- c) Klarheit und Richtigkeit beim Veranschaulichen, Zusammenfassen und Beschreiben chemischer Sachverhalte
- d) sichere Verfügbarkeit chemischen Grundwissens
- e) situationsgerechtes Anwenden geübter Fertigkeiten
- f) angemessenes Verwenden der chemischen Fachsprache
- g) konstruktives Umgehen mit Fehlern
- h) fachlich sinnvoller, sicherheitsbewusster und zielgerichteter Umgang mit Experimentalmaterialien
- i) zielgerichtetes Beschaffen von Informationen
- j) Erstellen von nutzbaren Unterrichtsdokumentationen, ggf. Portfolio
- k) Klarheit, Strukturiertheit, Fokussierung, Zielbezogenheit von

Präsentationen, auch mediengestützt

l) sachgerechte Kommunikationsfähigkeit in Unterrichtsgesprächen, Kleingruppenarbeiten und Diskussionen

m) Einbringen kreativer Ideen

n) fachliche Richtigkeit bei schriftlichen Überprüfungen

Beurteilungsbereich: Klausuren

Die Aufgaben für Klausuren in parallelen Kursen können im Vorfeld abgesprochen und gemeinsam gestellt werden.

Einführungsphase:

Es werden 1 Klausur (90 Minuten) im ersten Halbjahr, zwei Klausuren im zweiten Halbjahr geschrieben.

Qualifikationsphase 1:

2 Klausuren pro Halbjahr (je 135 Minuten im GK und je 180 Minuten im LK), wobei in einem Fach die erste Klausur im 2. Halbjahr durch 1 Facharbeit ersetzt werden kann.

Qualifikationsphase 2.1:

2 Klausuren (je 135 Minuten im GK und je 180 Minuten im LK)

Qualifikationsphase 2.2:

1 Klausur, die – was den formalen Rahmen angeht – unter Abiturbedingungen geschrieben wird.

Die Leistungsbewertung in den **Klausuren** wird mit Blick auf die schriftliche Abiturprüfung mit Hilfe eines Kriterienrasters durchgeführt, welches spätestens ab der Q-Phase neben den inhaltsbezogenen Teilleistungen auch darstellungsbezogene Leistungen ausweist, solange dies im Abitur Bewertungsgrundlage ist. Dieses Kriterienraster wird transparent gemacht.

Die Zuordnung der Hilfspunkte zu den Notenstufen orientiert sich in der Qualifikationsphase am Zuordnungsschema des Zentralabiturs.

Grundsätze der Leistungsrückmeldung und Beratung:

Für Präsentationen, Arbeitsprotokolle, Dokumentationen und andere **Lernprodukte der sonstigen Mitarbeit** erfolgt eine Leistungsrückmeldung, bei der inhalts- und darstellungsbezogene Kriterien angesprochen werden. Hier werden zentrale Stärken als auch Optimierungsperspektiven für jede Schülerin bzw. jeden Schüler hervorgehoben.

Die Leistungsrückmeldungen bezogen auf die **mündliche Mitarbeit** erfolgen spätestens in Form von mündlichem Quartalsfeedback. Auch hier erfolgt eine individuelle Beratung im Hinblick auf Stärken und Verbesserungsperspektiven.

2.3. Lehr- und Lehrmittel

Ab dem Schuljahr 2025/2026 wird in der Oberstufe das neu eingeführte Lehrwerk „Elemente Chemie Oberstufe“ vom Klett-Verlag (ISBN 978-3-12-756916-2) genutzt, dieses ist an den neuen Kernlehrplan angepasst.

2.4 Anhang: Übergeordnete Kompetenzerwartungen

Sachkompetenz	
Chemische Konzepte und Theorien zum Klassifizieren, Strukturieren, Systematisieren und Interpretieren nutzen	
	Die Schülerinnen und Schüler...
S 1	beschreiben und begründen Ordnungsprinzipien für Stoffe und wenden diese an,
S 2	leiten Voraussagen über die Eigenschaften der Stoffe auf Basis chemischer Strukturen und Gesetzmäßigkeiten begründet ab,
S 3	interpretieren Phänomene der Stoff- und Energieumwandlung bei chemischen Reaktionen,
S 4	bestimmen Reaktionstypen,
S 5	beschreiben Stoffkreisläufe in Natur oder Technik als Systeme chemischer Reaktionen.
Chemische Konzepte und Theorien auswählen und vernetzen	
	Die Schülerinnen und Schüler...
S 6	unterscheiden konsequent zwischen Stoff- und Teilchenebene,
S 7	erläutern die Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen, das dynamische Gleichgewicht und das Donator-Akzeptor-Prinzip und wenden diese an,
S 8	beschreiben Einflussfaktoren auf chemische Reaktionen und Möglichkeiten der Steuerung durch Variation von Reaktionsbedingungen sowie durch den Einsatz von Katalysatoren,
S 9	erklären unterschiedliche Reaktivitäten und Reaktionsverläufe,
S 10	nutzen chemische Konzepte und Theorien zur Vernetzung von Sachverhalten innerhalb der Chemie sowie mit anderen Unterrichtsfächern.
Chemische Zusammenhänge qualitativ-modellhaft erklären	
S 11	erklären an ausgewählten Beispielen die Vielfalt der Stoffe und ihrer Eigenschaften auf der Basis unterschiedlicher Kombinationen und Anordnungen von Teilchen,
S 12	deuten an ausgewählten Beispielen Stoff- und Energieumwandlungen hinsichtlich der Veränderung von Teilchen sowie des Umbaus chemischer Bindungen,
S 13	nutzen vorgegebene Modelle zur chemischen Bindung und zu intra- und inter-molekularen Wechselwirkungen,
S 14	beschreiben ausgewählte Reaktionsabfolgen auch auf Teilchenebene,
S 15	unterscheiden den statischen Zustand auf Stoffebene vom dynamischen Zustand auf Teilchenebene.
Chemische Zusammenhänge quantitativ-mathematisch beschreiben	
S 16	entwickeln an ausgewählten Beispielen Reaktionsgleichungen,
S 17	wenden bekannte mathematische Verfahren angeleitet auf chemische Sachverhalte an.

Erkenntnisgewinnungskompetenz

Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden

Die Schülerinnen und Schüler...

- E 1 leiten ausgewählte chemische Sachverhalte aus Alltagssituationen ab,
- E 2 identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu ausgewählten chemischen Sachverhalten,
- E 3 stellen überprüfbare Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf.

Fachspezifische Modelle und Verfahren anwenden und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen

Die Schülerinnen und Schüler...

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

Erkenntnisprozesse und Ergebnisse diskutieren

Die Schülerinnen und Schüler...

- E 8 finden in erhobenen Daten Strukturen, Beziehungen und Trends, erklären diese und ziehen Schlussfolgerungen,
- E 9 diskutieren an ausgewählten Beispielen Möglichkeiten und Grenzen von Modellen,
- E 10 diskutieren die eigenen Ergebnisse und den eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung,
- E 11 stellen bei der Deutung von Untersuchungsbefunden fachübergreifende Bezüge her.
- E 12 reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse an ausgewählten Beispielen.

Kommunikationskompetenz

Informationen erschließen

Die Schülerinnen und Schüler...

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

Informationen aufbereiten

Die Schülerinnen und Schüler...

- K 5 wählen unterstützt chemische Sachverhalte und Informationen sach-, adressaten- und situationsgerecht aus,
- K 6 unterscheiden zwischen Alltags- und Fachsprache,
- K 7 nutzen vorgegebene Darstellungsformen für chemische Sachverhalte und überführen diese ineinander,
- K 8 strukturieren ausgewählte Informationen und leiten Schlussfolgerungen ab.
- K 9 verwenden Fachbegriffe und -sprache zunehmend korrekt,
- K 10 erklären ausgewählte chemische Sachverhalte und argumentieren fachlich schlüssig,

K 11	präsentieren chemische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien,
K 12	berücksichtigen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate,
K 13	tauschen sich mit anderen über chemische Sachverhalte auch in digitalen kollaborativen Arbeitssituationen aus und reflektieren den eigenen Standpunkt.

Bewertungskompetenz

Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen

Die Schülerinnen und Schüler...

- B 1 betrachten Aussagen und Verfahren aus unterschiedlichen Perspektiven und beurteilen diese sachgerecht auf der Grundlage chemischer Kenntnisse,
- B 2 beurteilen nach vorgegebenen Kriterien die Inhalte verwendeter Quellen und Medien,
- B 3 beurteilen Daten hinsichtlich ihrer Angemessenheit und Grenzen,
- B 4 diskutieren die Auswahl von Quellen und Darstellungsformen im Zusammenhang mit der Intention der Autorin/des Autors.
 beurteilen Quellen in Bezug auf spezifische Interessenlagen,
 stellen Möglichkeiten und Grenzen biologischer Sichtweisen dar.

Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen

Die Schülerinnen und Schüler...

- B 5 entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug,
- B 6 beurteilen Chancen und Risiken ausgewählter Produkte und Verhaltensweisen fachlich und bewerten diese,
- B 7 treffen mithilfe festgelegter fachlicher Kriterien begründete Entscheidungen in Alltagssituationen,
- B 8 beurteilen die Bedeutung fachlicher Kompetenzen in Bezug auf Alltagssituationen,
- B 9 diskutieren Möglichkeiten und Grenzen chemischer Sichtweisen,
- B 10 bewerten den gesellschaftlichen und ökologischen Nutzen der angewandten Chemie,
- B 11 beurteilen grundlegende Aspekte zu Gefahren und Sicherheit in Labor und Alltag.

Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren

Die Schülerinnen und Schüler...

- B 12 beurteilen und bewerten Verfahren und Erkenntnisse in aktuellen gesellschaftlichen Zusammenhängen,
- B 13 beurteilen und bewerten Auswirkungen des eigenen Handelns im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer und ökonomischer Perspektive,
- B 14 identifizieren Kriterien für Entscheidungen aus chemischer Perspektive.