

**Kerncurriculum für  
das Gymnasium – gymnasiale Oberstufe  
die Gesamtschule – gymnasiale Oberstufe  
das Berufliche Gymnasium  
das Abendgymnasium  
das Kolleg**

---

# **Chemie**

---



Niedersachsen

An der Weiterentwicklung des Kerncurriculums für das Unterrichtsfach Chemie für die gymnasiale Oberstufe am Gymnasium und an der Gesamtschule, für das Berufliche Gymnasium, das Abendgymnasium und das Kolleg waren die nachstehend genannten Personen beteiligt:

Karen Achtermann, Neustadt am Rübenberge

Svenja Affeldt, Wennigsen

Heike Berghorn, Nienburg

Stephanie Holland, Braunschweig

Markus Krömer, Stade

Christine Voss, Querum

Die Ergebnisse des gesetzlich vorgeschriebenen Anhörungsverfahrens sind berücksichtigt worden.

Herausgegeben vom Niedersächsischen Kultusministerium (2022)  
30173 Hannover, Hans-Böckler-Allee 5

Druck:  
Unidruck  
Weidendamm 19  
30167 Hannover

Das Kerncurriculum kann als PDF-Datei vom Niedersächsischen Bildungsserver (NIBIS)  
(<http://www.cuvo.nibis.de>) heruntergeladen werden.



<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>	
<b>1</b>	<b>Bildungsbeitrag des Faches Chemie</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Kompetenzorientierter Unterricht</b>	<b>6</b>
<b>2.1</b>	<b>Kompetenzbereiche und Basiskonzepte</b>	<b>6</b>
<b>2.2</b>	<b>Kompetenzentwicklung</b>	<b>8</b>
<b>2.3</b>	<b>Fachkompetenz in der digital basierten Welt</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Erwartete Kompetenzen</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Umgang mit den Kompetenztabellen</b>	<b>11</b>
<b>3.2</b>	<b>Zusammenführung der Kompetenzen</b>	<b>12</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Kompetenzen der Einführungsphase</b>	<b>12</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Kompetenzen der Qualifikationsphase</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>Leistungsfeststellung und Leistungsbewertung</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>Aufgaben der Fachkonferenz beziehungsweise der Fachgruppe</b>	<b>35</b>
<b>Anhang</b>		<b>36</b>
<b>A 1</b>	<b>Operatoren für die Naturwissenschaften (Biologie, Chemie, Physik)</b>	<b>36</b>
<b>A 2</b>	<b>Anforderungsbereiche</b>	<b>38</b>
<b>A 3</b>	<b>Vorschlag für einen möglichen Unterrichtsgang in der Einführungsphase</b>	<b>41</b>
<b>A 4</b>	<b>Dokumentationsbogen: „Alkohol“</b>	<b>42</b>
<b>A 5</b>	<b>Vorschlag für einen möglichen Unterrichtsgang in der Qualifikationsphase</b>	<b>45</b>
<b>A 6</b>	<b>Mögliche Semesterthemen und Unterrichtseinheiten in der Qualifikationsphase</b>	<b>50</b>
<b>A 7</b>	<b>Dokumentationsbogen: „Treibstoffe“</b>	<b>51</b>
<b>A 8</b>	<b>Dokumentationsbogen: „Vom Kompost zur Biogasanlage“</b>	<b>54</b>



## 1 Bildungsbeitrag des Faches Chemie

Ziel naturwissenschaftlicher Grundbildung im Sinne von Scientific Literacy ist es, Phänomene erfahrbar zu machen, die Sprache und Historie der Naturwissenschaften zu verstehen, ihre Ergebnisse zu kommunizieren sowie sich mit ihren spezifischen Fachmethoden und deren Grenzen auseinanderzusetzen. Die Lernenden erlangen durch grundlegende Erkenntnisse und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften ein rationales, naturwissenschaftlich begründetes Weltbild.

Der spezifische Beitrag des Faches Chemie zur naturwissenschaftlichen Grundbildung besteht im Wesentlichen in der experimentellen und gedanklichen Auseinandersetzung mit der stofflichen Welt. Chemische Experimente üben eine besondere Faszination aus und haben eine erkenntnisgenerierende Funktion. Sie schulen außerdem fachspezifische Fertigkeiten und vermitteln verantwortungsbewussten Umgang mit Chemikalien und Gerätschaften aus Haushalt, Labor und Umwelt. Des Weiteren können Experimente in unterschiedlichen Kontexten zur Verknüpfung mit der Alltagswelt der Lernenden und zu quantitativen Betrachtungen herangezogen werden. Eine Besonderheit des Faches Chemie ist der Wechsel zwischen Stoff- und Teilchenebene. Das daraus resultierende Modelldenken nimmt eine zentrale Rolle ein und leistet damit einen Beitrag zum Verständnis der grundsätzlichen Bedeutung von Modellen im Erkenntnisprozess der Naturwissenschaften.

Eine wesentliche Aufgabe des Chemieunterrichts ist es, dazu beizutragen, dass die Lernenden die für den erfolgreichen Schulbesuch und die gesellschaftliche Teilhabe notwendigen sprachlichen Kompetenzen erwerben. Im Unterricht geht es darum, die Lernenden schrittweise und kontinuierlich von der Verwendung der Alltagssprache zur kompetenten Verwendung der Fachsprache zu führen, hierbei spielt der Vergleich von Alltags- und Fachsprache eine wichtige Rolle. Die Lernenden erhalten Gelegenheit, Fachsprache aufzunehmen, selbst zu erproben und in immer komplexeren Kontexten anzuwenden.

Mit dem Erwerb spezifischer Kompetenzen wird im Unterricht des Faches Chemie der Bezug zu naturwissenschaftlich-technischen Berufsfeldern hergestellt. Die Schule ermöglicht es damit den Lernenden, Vorstellungen über Berufe und über eigene Berufswünsche zu entwickeln, die über eine schulische Ausbildung, eine Ausbildung im dualen System oder über ein Studium zu erreichen sind. Der Fachunterricht leistet somit auch einen Beitrag zur beruflichen Orientierung und ggf. zur Entscheidung für einen Beruf.

Der Chemieunterricht thematisiert ökonomische, ökologische und politische Phänomene. Er trägt dazu bei, wechselseitige Abhängigkeiten zu erkennen und Wertmaßstäbe für eigenes Handeln sowie ein Verständnis für gesellschaftliche Entscheidungen zu entwickeln. Das Konzept der Nachhaltigkeit im Sinne eines ressourcenschonenden und Folgeschäden minimierenden Umgangs mit der Umwelt ist ein Kriterium für die kritische Reflexion von eigenen und gesellschaftlichen Handlungen.

Das Fach Chemie leistet damit einen Beitrag zu den fachübergreifenden Bildungsbereichen Bildung für nachhaltige Entwicklung, Medienbildung, Mobilitätsbildung, Sprachbildung, Hochbegabtenförderung sowie Verbraucherbildung. Das schließt die Berücksichtigung der Vielfalt sexueller Identitäten ein. Der Unterricht im Fach Chemie trägt somit dazu bei, den im Niedersächsischen Schulgesetz formulierten Bildungsauftrag umzusetzen.

## 2 Kompetenzorientierter Unterricht

Im Kerncurriculum des Faches Chemie werden die Zielsetzungen des Bildungsbeitrags durch verbindlich formulierte Kompetenzen dargestellt.

Kompetenzen weisen folgende Merkmale auf:

- Sie zielen ab auf die erfolgreiche und verantwortungsvolle Bewältigung von Aufgaben und Problemstellungen.
- Sie verknüpfen Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten zu eigenem Handeln.
- Sie stellen eine Zielperspektive für längere Abschnitte des Lernprozesses dar.
- Sie sind für die persönliche Bildung und für die weitere schulische und berufliche Ausbildung von Bedeutung und ermöglichen anschlussfähiges Lernen.

Aufgabe des Unterrichts im Fach Chemie ist es, die Kompetenzentwicklung der Lernenden anzuregen, zu unterstützen, zu fördern und langfristig zu sichern. Dies gilt auch für die fachübergreifenden Zielsetzungen der Persönlichkeitsbildung. Für Berufliche Gymnasien muss durchgängig dem Prinzip der Handlungs- und Berufsorientierung Rechnung getragen werden.

### 2.1 Kompetenzbereiche und Basiskonzepte

Gemäß den Bildungsstandards<sup>1</sup> werden für das Fach Chemie die vier Kompetenzbereiche Sach-, Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz unterschieden. Sie durchdringen einander und bilden gemeinsam die Fachkompetenz ab. Für die beruflichen Gymnasien ist Fachkompetenz in das übergeordnete Konzept der Handlungskompetenz eingebettet.<sup>2</sup> Die Kompetenzbereiche erfordern jeweils bereichsspezifisches Fachwissen.

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

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

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

---

<sup>1</sup> Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife (KMK 2020)

<sup>2</sup> Schulisches Curriculum Berufsbildende Schulen (SchuCu-BBS): <https://schucu-bbs.nline.nibis.de/>

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

Der Beschreibung von chemischen Sachverhalten liegen fachspezifische Gemeinsamkeiten zugrunde, die sich gemäß den Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife (KMK 2020) in Form von drei **Basiskonzepten** strukturieren lassen. Diese ermöglichen somit die Vernetzung fachlicher Inhalte und deren Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven. Die Basiskonzepte werden übergreifend auf alle Kompetenzbereiche bezogen.

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

Die Art, Anordnung und Wechselwirkung der Teilchen bestimmen die Struktur und die Eigenschaften eines Stoffes. Innerhalb dieses Basiskonzeptes werden Typen der chemischen Bindung, Verbindungen mit funktionellen Gruppen, Strukturen ausgewählter organischer und anorganischer Stoffe sowie Natur- und Kunststoffe vorgestellt. Dabei soll auch der Zusammenhang zwischen den Eigenschaften ausgewählter Stoffe und deren Verwendung hergestellt werden.

Inhaltliche Schwerpunkte dieses Konzepts sind:

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

### **Konzept der chemischen Reaktion**

Chemische Reaktionen sind Vorgänge, bei denen aus Stoffen neue Stoffe gebildet werden. Dabei treten Atome, Ionen und Moleküle miteinander in Wechselwirkung. Es wirken Anziehungs- und Abstoßungskräfte.

Inhaltliche Schwerpunkte dieses Konzepts sind:

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

### **Energiekonzept**

Energetische Betrachtungen spielen eine wichtige Rolle zur Beschreibung von Teilchen- und Stoffumwandlungen. In diesem Zusammenhang ist auch die Beeinflussung von Reaktionsabläufen durch die Änderung energetischer Parameter bedeutsam.

Inhaltliche Schwerpunkte dieses Konzepts sind:

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

## 2.2 Kompetenzentwicklung

Der Aufbau von Kompetenzen im Unterricht erfolgt systematisch, kumulativ und nachhaltig; Wissen und Können sind gleichermaßen zu berücksichtigen. Dabei ist zu beachten, dass Wissen „träges“ Wissen bleibt, wenn es nicht aktuell und in verschiedenen Kontexten genutzt werden kann. Die Anwendung des Gelernten auf neue Themen, die Verankerung des Neuen im schon Bekannten und Gekonnten, der Erwerb und die Nutzung von Lernstrategien und die Kontrolle des eigenen Lernprozesses spielen beim Kompetenzerwerb eine wichtige Rolle.

Lernstrategien wie Organisation, Wiedergabe von auswendig Gelerntem (Memorieren) und Verknüpfung des Neuen mit bekanntem Wissen (Elaborieren) sind in der Regel fachspezifisch lehr- und lernbar und führen dazu, dass Lernprozesse bewusst gestaltet werden können. Transparente Planung, Kontrolle und Reflexion ermöglichen Einsicht in den Erfolg des Lernprozesses.

Die Kompetenzentwicklung der Lernenden wird durch Auseinandersetzung mit konkreten Aufgaben gefördert. Diese haben verschiedene Funktionen und werden im Unterricht sowie in Prüfungssituationen eingesetzt. Operatoren (Anhang A 1) ermöglichen eine Zuordnung der Aufgaben zu den Kompetenzbereichen, weiterhin geben sie Hinweise auf die geforderte Bearbeitungstiefe.

Aufgaben, die im Unterricht eingesetzt werden, müssen ausgehend von den Lernvoraussetzungen der Lernenden so konstruiert werden, dass alle angestrebten Kompetenzen erworben werden können. Sie können zur Erarbeitung, zum Üben und zur Diagnostik (Eigen- und Fremddiagnostik) eingesetzt werden. Sie lassen nach Möglichkeit unterschiedliche Lösungswege zu und fordern zum kreativen Umgang mit der Chemie heraus. Fehlerhafte Lösungen und Irrwege können dabei vielfach als neue Lernanlässe genutzt werden. Aufgaben im Unterricht sollen sich auf alle drei Anforderungsbereiche beziehen und somit auch auf Prüfungssituationen vorbereiten.

**Anforderungsbereich I** umfasst das Wiedergeben von Sachverhalten und Kenntnissen im gelernten Zusammenhang sowie das Anwenden und Beschreiben geübter Arbeitstechniken und Verfahren.

**Anforderungsbereich II** umfasst das selbstständige Auswählen, Anordnen, Verarbeiten, Erklären und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten in einem durch Übung bekannten Zusammenhang und das selbstständige Übertragen und Anwenden des Gelernten auf vergleichbare neue Zusammenhänge und Sachverhalte.

**Anforderungsbereich III** umfasst das Verarbeiten komplexer Sachverhalte mit dem Ziel, zu selbstständigen Lösungen, Gestaltungen oder Deutungen, Folgerungen, Verallgemeinerungen, Begründungen und Wertungen zu gelangen. Dabei wählen die Lernenden selbstständig geeignete Arbeitstechniken und Verfahren zur Bewältigung der Aufgabe, wenden sie auf eine neue Problemstellung an und reflektieren das eigene Vorgehen.

Der Schwerpunkt in Prüfungsaufgaben liegt im Anforderungsbereich II. Darüber hinaus sind die Anforderungsbereiche I und III in einem angemessenen Verhältnis zu berücksichtigen, wobei Anforderungsbereich I stärker als III gewichtet werden sollte. Konkrete Zuordnungen der Kompetenzen zu den Anforderungsbereichen im Fach Chemie befinden sich im Anhang (A 2).



## 2.3 Fachkompetenz in der digital basierten Welt

Lernende sind in ihrem Alltag zunehmend von einer digital geprägten Welt umgeben. Medienkompetenz und Medienbewusstsein ermöglichen einen sachgerechten und kritischen Umgang mit digitalen Medien. Grundlage hierfür ist die KMK Strategie zur Bildung in der digitalen Welt<sup>3</sup>.

In der Auseinandersetzung mit digitalen Medien eröffnen sich den Lernenden im Chemieunterricht erweiterte Möglichkeiten der Wahrnehmung, des Verstehens und Gestaltens. Die Informationsbeschaffung und -auswertung, die Erstellung digitaler Materialien und Präsentationen sowie der kritische Umgang mit Medien unterstützen den individuellen Kompetenzerwerb. Durch Nutzung von interaktiven, kollaborativen und cloudbasierten Arbeitsumgebungen kann selbstgesteuertes, kooperatives und kreatives Lernen gefördert werden. Digitale Medien eröffnen differenzierte Feedback-Möglichkeiten sowie Optionen zu individualisiertem und asynchronem Üben.

Aufgabe des zuständigen schulischen Fachgremiums<sup>4</sup> bei der Erstellung des schuleigenen Arbeitsplans ist es, digitale Möglichkeiten unter Berücksichtigung des schulischen Medienbildungskonzepts sinnhaft mit fachspezifischen Kompetenzen zu verknüpfen.

Einsatzmöglichkeiten im Chemieunterricht:

Die Dokumentation und Präsentation von Experimenten im Chemieunterricht kann durch den Einsatz von Fotos oder Videos motivierend und lernwirksam unterstützt werden. Durch Zeitrafferaufnahmen, z. B. bei Experimenten zum Rosten, und Slow-Motion-Aufnahmen, z. B. bei Explosionsreaktionen, eröffnen sich erweiterte Möglichkeiten der Wahrnehmung. Durch den Einsatz digitaler Messwerttechnik, z. B. bei kalorimetrischen und titrimetrischen Untersuchungen, und durch Programme zur Analyse erhobener Messdaten wird die experimentelle Auswertung erleichtert und präzisiert. Das Fach Chemie profitiert von räumlichen Darstellungsmöglichkeiten komplexer molekularer Strukturen, z. B. für Kohlenhydrate und Proteine, und von Simulationsmodellen, z. B. für die Gaschromatografie, für technische Verfahren und Prozessdarstellungen zu Abläufen in galvanischen Zellen und Elektrolysezellen. Das Erstellen von Erklärvideos und Stop-Motion-Filmen, z. B. für Reaktionsmechanismen und für technische Prozesse, schult das Verständnis für komplexe chemische Sachverhalte. Durch das GTR/CAS-System werden Berechnungen sowie Modellierungen, z. B. für den Bereich des chemischen Gleichgewichts, in der Chemie erleichtert.

---

<sup>3</sup> Bildung in der digitalen Welt. Strategie der KMK 2016.

<sup>4</sup> Für allgemein bildende Schulen ist dies die Fachkonferenz, für Berufliche Gymnasien ist dies die Fachgruppe.

Folglich können Kompetenzen aus der KMK Strategie zur Bildung in der digitalen Welt durch einen digital geprägten Chemieunterricht geschult werden. Eine Zuordnung zu den Kompetenzbereichen erfolgt in der folgenden Tabelle.

<b>Kompetenzbereiche in der digitalen Welt</b>	<b>Möglichkeiten</b>
Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren	Recherche in verschiedenen digitalen Quellen Analyse und kritische Bewertung von Quellen Nutzung von Simulationsprogrammen und Animationen
Kommunizieren und Kooperieren	Nutzung von interaktiven, kollaborativen und cloudbasierten Arbeitsumgebungen
Produzieren und Präsentieren	Fotos und Videos von Experimenten Erklärvideos, Stop-Motion-Filme, Animationen
Problemlösen und Handeln	Einsatz digitaler Messwerttechnik Einsatz und Bewertung von Apps

### **3 Erwartete Kompetenzen**

Dieses Kerncurriculum gilt für die gymnasiale Oberstufe am Gymnasium und an der Gesamtschule, für das Berufliche Gymnasium, das Abendgymnasium und das Kolleg. Es bildet den Ausgangspunkt für die Erstellung sowie die fortwährende Überprüfung und Modifikation eines schuleigenen Arbeitsplans für die Einführungs- und die Qualifikationsphase. Er dient zudem als Grundlage für die Entwicklung und Umsetzung von Unterrichtseinheiten an allgemein bildenden Schulen bzw. Lernsituationen an berufsbildenden Schulen durch die Fachlehrkräfte. Die Kompetenzen der Qualifikationsphase bilden zusammen mit den Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife die Grundlage für die Abiturprüfung in Niedersachsen.

Die besondere Aufgabe der Einführungsphase besteht darin, die fachbezogenen Kompetenzen unterschiedlich vorgebildeter Lernender zu erweitern, zu festigen und zu vertiefen, damit die Lernenden am Ende der Einführungsphase über diejenigen Kompetenzen verfügen, die die Eingangsvoraussetzung für die Qualifikationsphase darstellen. Es werden Entscheidungshilfen für die Fächerwahl in der Qualifikationsphase sowie Einblicke in das unterschiedliche Vorgehen der Kurse auf grundlegendem und erhöhtem Anforderungsniveau gegeben.

Aufgabe des Chemieunterrichts der Qualifikationsphase ist es, die erworbenen Kompetenzen nachhaltig zu sichern, zu vertiefen und neue Kompetenzen zu schulen. Durch die Auseinandersetzung mit komplexeren chemischen Sachverhalten erweitern die Lernenden zunehmend ihre Fachkompetenz.

Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau (gA) sollen grundlegende Fragestellungen, Sachverhalte und Strukturen des Faches behandeln. Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau (eA) vertiefen Inhalte, Modelle und Theorien durch zunehmende, auch fachsprachliche, Komplexität, steigenden Grad

der Mathematisierung und stärkere Vernetzung der Kompetenzen. Die Anforderungen in Kursen auf erhöhtem Anforderungsniveau sollen sich daher nicht nur quantitativ, sondern vor allem qualitativ von denen auf grundlegendem Anforderungsniveau unterscheiden.

### **3.1 Umgang mit den Kompetenztabellen**

In den folgenden Tabellen werden die verbindlichen Kompetenzen dargestellt, die mit Abschluss der Einführungsphase (Kapitel 3.2.1) bzw. mit Abschluss der Qualifikationsphase (Kapitel 3.2.2) erworben sein sollen. Die **fett gedruckten Kompetenzen** in den Tabellen für die Qualifikationsphase gelten nur für die Lernenden der Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau (eA).

Die Tabellen sind nach Fachinhalten strukturiert. Die Vernetzung der Kompetenzbereiche wird in den Tabellen deutlich. Leere Felder ergeben sich dadurch, dass nicht immer alle Kompetenzbereiche angesprochen und grundlegende Kompetenzen nicht wiederholt aufgeführt werden. Durch die Fokussierung auf multiperspektivisches Betrachten in den Kompetenzbereichen Kommunikation und Bewertung ergeben sich komplexe Standards, wie das Überprüfen der Vertrauenswürdigkeit und der Urheberschaft von Quellen, das Beurteilen von Quellen hinsichtlich der Intention des Autors und Bewertungen in historischen Zusammenhängen. Dieses wird in den Tabellen beispielhaft an der Ammoniaksynthese dargestellt.

Zur Planung von Unterricht empfiehlt sich eine Orientierung an der Lebenswelt der Lernenden. Möglichkeiten zur Umsetzung des Kerncurriculums werden im Anhang aufgeführt.

## 3.2 Zusammenführung der Kompetenzen

### 3.2.1 Kompetenzen der Einführungsphase

#### Strukturen von Molekülen organischer Stoffe (EP Seite 1/5)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben, dass Moleküle ausgewählter organischer Verbindungen Kohlenstoff- und Wasserstoffatome enthalten.</li> <li>• unterscheiden anorganische und organische Stoffe.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen qualitative Experimente zum Nachweis von Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen durch.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• unterscheiden Stoff- und Teilchenebene.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erkennen die Relevanz von organischen Verbindungen in ihrer Lebenswelt.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Molekülstruktur von Alkanen.</li> <li>• beschreiben die homologe Reihe der Alkane.</li> <li>• entwickeln Strukturisomere von Alkanmolekülen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• leiten aus einer Summen-/Molekülformel Strukturisomere ab.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• benennen organische Moleküle nach der IUPAC-Nomenklatur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• reflektieren den Nutzen der IUPAC-Nomenklatur.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen organische Moleküle in der Lewis-Schreibweise dar.</li> <li>• verwenden das EPA-Modell zur Erklärung der räumlichen Struktur organischer Moleküle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• veranschaulichen die Struktur organischer Moleküle mit Modellen.</li> <li>• verwenden verschiedene Schreibweisen organischer Moleküle (Summen-/Molekülformel, Lewis-Schreibweise, Skelettformel, Halbstrukturformel).</li> <li>• diskutieren die Möglichkeiten und Grenzen von Anschauungsmodellen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen räumliche Strukturdarstellungen und überführen diese in die Lewis-Schreibweise.</li> </ul>	

## Reaktionen von Alkanen (EP Seite 2/5)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Verbrennung organischer Stoffe auf Stoff- und Teilchenebene als chemische Reaktion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen Experimente zu Verbrennungsreaktionen durch.</li> <li>• planen Experimente zum Nachweis von Kohlenstoffdioxid und Wasser und führen diese durch.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• argumentieren sachgerecht auf Stoff- und Teilchenebene.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beurteilen die Bedeutung von Verbrennungsreaktionen für das globale Klima: Treibhauseffekt.</li> <li>• vergleichen fossile und nachwachsende Rohstoffe im Sinne der Nachhaltigkeit.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben, dass sich Stoffe in ihrem Energiegehalt unterscheiden.</li> <li>• beschreiben, dass bei Verbrennungsreaktionen neue Stoffe mit einem niedrigeren Energiegehalt entstehen.</li> <li>• stellen den Energiegehalt von Edukten und Produkten in einem qualitativen Energiediagramm dar.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• differenzieren Alltags- und Fachsprache.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• reflektieren den Begriff der Energieentwertung bei Verbrennungsreaktionen.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Stoffmenge als Teilchenanzahl in einer Stoffportion.</li> <li>• beschreiben den Stoffumsatz bei chemischen Reaktionen.</li> <li>• führen stöchiometrische Berechnungen auf der Basis von Reaktionsgleichungen durch.</li> <li>• berechnen die Kohlenstoffdioxidmasse bei Verbrennungsreaktionen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• entwickeln aus Alltagssituationen chemische Fragestellungen zum Kohlenstoffdioxidausstoß.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• recherchieren zum Kohlenstoffdioxidausstoß von verschiedenen Kraftfahrzeugen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beurteilen den Kohlenstoffdioxidausstoß von verschiedenen Kraftfahrzeugen.</li> </ul>

## Reaktionen von Alkanolen (EP Seite 3/5)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>stellen die Reaktionsgleichungen zur Oxidation von Alkanolen mit Kupferoxid auf.</li> <li>stellen Redoxreaktionen mit Molekülverbindungen mithilfe von Oxidationszahlen dar.</li> <li>unterscheiden zwischen primären, sekundären und tertiären Kohlenstoffatomen.</li> <li>beschreiben die Oxidierbarkeit primärer, sekundärer und tertiärer Alkanole.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>führen Experimente zur Oxidation von Alkanolen durch.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben die Elektronenübertragung anhand der veränderten Oxidationszahlen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>beurteilen grundlegende Aspekte zu Gefahren und Sicherheit in Labor und Alltag.</li> <li>reflektieren, dass Methanol und Ethanol als Zellgifte wirken.</li> <li>wenden ihre Kenntnisse über die Oxidation von Ethanol auf physiologische Prozesse an: Alkoholabbau im Körper, Herstellung von Essigsäure.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben die Molekülstruktur von Alkanolen, Alkanalen, Alkanonen und Alkansäuren.</li> <li>benennen die funktionellen Gruppen: Hydroxy-, Carbonyl- (Aldehyd-, Keto-), Carboxy-Gruppe.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>planen Experimente zur Herstellung ausgewählter Oxidationsprodukte der Alkanole.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wenden die IUPAC Nomenklatur zur Benennung organischer Moleküle an.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>beurteilen die Gefahren ausgewählter Oxidationsprodukte der Alkanole und leiten daraus begründet Handlungsoptionen ab.</li> </ul>

Eigenschaften organischer Stoffe (EP Seite 4/5)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Elektronegativität als Maß für die Fähigkeit eines Atoms, Bindungselektronen anzuziehen.</li> <li>• differenzieren zwischen polaren und unpolaren Atombindungen/Elektronenpaarbindungen in Molekülen.</li> <li>• unterscheiden Dipolmoleküle und unpolare Moleküle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden die Kenntnisse über die Elektronegativität zur Erklärung der Polarität von Bindungen an.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen Polaritäten in Bindungen mit geeigneten Symbolen dar.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• grenzen Atombindungen/Elektronenpaarbindungen von Ionenbindungen ab.</li> <li>• beschreiben den Aufbau von Ionenverbindungen in Ionengittern.</li> <li>• erklären Stoffeigenschaften mithilfe von inter- und intramolekularen Wechselwirkungen: London-Kräfte, Dipol-Dipol Wechselwirkungen, Ionen-Dipol-Wechselwirkungen, Wasserstoffbrücken.</li> <li>• unterscheiden zwischen Hydrophilie und Lipophilie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen Experimente zur Löslichkeit durch.</li> <li>• verwenden geeignete Darstellungen zur Erklärung der Löslichkeit.</li> <li>• recherchieren Siedetemperaturen in Tabellen.</li> <li>• erklären Siedetemperaturen und Löslichkeiten.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen Zusammenhänge zwischen Stoffeigenschaft und Molekülstruktur fachsprachlich dar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären mithilfe von inter- und intramolekularen Wechselwirkungen (einschließlich Ionen-Dipol-Wechselwirkungen) Phänomene ihrer Lebenswelt.</li> </ul>

Technische Verfahren (EP Seite 5/5)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die stoffliche Zusammensetzung von Erdöl, Erdgas und Biogas.</li> <li>• erklären das Verfahren der fraktionierten Destillation auf Basis ihrer Kenntnisse zu Stofftrennverfahren.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verwenden Modelle zur Darstellung der fraktionierten Destillation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen schematische Darstellungen zur Erklärung technischer Prozesse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bewerten Verfahren zur Nutzung und Verarbeitung von Erdöl, Erdgas und Biogas vor dem Hintergrund knapper werdender Ressourcen.</li> <li>• erkennen Tätigkeitsfelder im Umfeld der Petrochemie.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben das thermische Cracken als Verfahren zur Herstellung von kurzkettigen und ungesättigten Kohlenwasserstoffen.</li> <li>• unterscheiden Einfach- und Mehrfachbindungen.</li> <li>• beschreiben die Molekülstruktur von Alkenen.</li> <li>• beschreiben die Gesetzmäßigkeit homologer Reihen.</li> <li>• benennen die Doppelbindung als funktionelle Gruppe der Alkene.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen ein Modell zur Veranschaulichung des thermischen Crackens.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben das thermische Cracken auf Teilchenebene.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beurteilen die Bedeutung des Crackens aus ökonomischer Sicht.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären das Funktionsprinzip der Gaschromatografie anhand von intermolekularen Wechselwirkungen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen Gaschromatogramme zur Identifizierung von Stoffen in Stoffgemischen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden Fachsprache zur Beschreibung des Prinzips der Chromatografie an.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erkennen die Bedeutung analytischer Verfahren in der Berufswelt.</li> </ul>



### 3.2.2 Kompetenzen der Qualifikationsphase

#### Energetische und kinetische Aspekte chemischer Reaktionen (Seite 1/2)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die innere Energie eines stofflichen Systems als Summe aus Kernenergie, chemischer Energie und thermischer Energie dieses Systems.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• übersetzen die Alltagsbegriffe „Energiequelle“, „Wärmeenergie“, „verbrauchte Energie“ und „Energieverlust“ in Fachsprache.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• nennen den ersten Hauptsatz der Thermodynamik.</li> <li>• erklären die Enthalpieänderung als ausgetauschte Wärme bei konstantem Druck.</li> <li>• nennen die Definition der Standard-Bildungsenthalpie.</li> <li>• beschreiben den unterschiedlichen Energiegehalt von Modifikationen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen Experimente zur Ermittlung von Reaktionsenthalpien in einfachen Kalorimetern durch und reflektieren ihre Ergebnisse.</li> <li>• erklären die Lösungsenthalpie als Summe aus Gitterenthalpie und Hydratationsenthalpie.</li> <li>• nutzen den Satz von Hess, um Reaktionsenthalpien zu berechnen.</li> <li>• nutzen tabellierte Daten zur Berechnung von Standard-Reaktionsenthalpien aus Standard-Bildungsenthalpien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen die Enthalpieänderungen in einem Enthalpiediagramm dar.</li> <li>• interpretieren Enthalpiediagramme.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beurteilen ausgewählte Prozesse ihrer Lebenswelt aus energetischer Perspektive.</li> <li>• beurteilen ökologische und ökonomische Aspekte herkömmlicher und alternativer Energieträger.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nennen den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik (eA).</b></li> <li>• <b>beschreiben die Entropie eines Systems (eA).</b></li> <li>• <b>erläutern das Wechselspiel zwischen Enthalpie und Entropie als Kriterium für den freiwilligen Ablauf chemischer Prozesse (eA).</b></li> <li>• <b>beschreiben Energieentwertung als Zunahme der Entropie (eA).</b></li> </ul>			

## Energetische und kinetische Aspekte chemischer Reaktionen (Seite 2/2)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>beschreiben die Aussagekraft der freien Enthalpie (eA).</b></li> <li>• <b>führen Berechnungen mit der Gibbs-Helmholtz-Gleichung durch (eA).</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nutzen die Gibbs-Helmholtz-Gleichung, um Aussagen zum freiwilligen Ablauf chemischer Prozesse zu machen (eA).</b></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Einfluss eines Katalysators auf die Aktivierungsenergie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen die Modellvorstellung des Übergangszustands zur Beschreibung der Katalysatorwirkung.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen die Wirkung eines Katalysators in einem Energie-diagramm dar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beurteilen den Einsatz von Katalysatoren in technischen Prozessen.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• definieren den Begriff der Reaktionsgeschwindigkeit als Änderung der Stoffmengenkonzentration pro Zeiteinheit.</li> <li>• erklären den Einfluss von Temperatur, Druck, Stoffmengenkonzentration und Katalysatoren auf die Reaktionsgeschwindigkeit mithilfe der Stoßtheorie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• planen geeignete Experimente zum Einfluss von Faktoren auf die Reaktionsgeschwindigkeit und führen diese durch.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>recherchieren zu technischen Verfahren in unterschiedlichen Quellen und präsentieren ihre Ergebnisse (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Bedeutung unterschiedlicher Reaktionsgeschwindigkeiten alltäglicher Prozesse.</li> <li>• beurteilen die Steuerungsmöglichkeiten von chemischen Reaktionen in technischen Prozessen.</li> </ul>

## Chemisches Gleichgewicht (Seite 1/2)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben das chemische Gleichgewicht auf Stoff- und Teilchenebene.</li> <li>• beschreiben die Notwendigkeit eines geschlossenen Systems für die Einstellung des chemischen Gleichgewichts.</li> <li>• unterscheiden zwischen Ausgangskonzentration und Gleichgewichtskonzentration.</li> <li>• stellen den Term für die Gleichgewichtskonstante (<math>K_c</math>) auf (Massenwirkungsgesetz).</li> <li>• treffen anhand der Gleichgewichtskonstanten Aussagen zur Lage des Gleichgewichts.</li> <li>• <b>berechnen Gleichgewichtskonstanten und Gleichgewichtskonzentrationen (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen Experimente zum chemischen Gleichgewicht durch.</li> <li>• schließen aus Versuchsdaten auf Kennzeichen des chemischen Gleichgewichts.</li> <li>• schließen aus einem Modellversuch auf Kennzeichen des chemischen Gleichgewichts.</li> <li>• diskutieren die Übertragbarkeit von Modellvorstellungen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen das Modell zur Erklärung des chemischen Gleichgewichts.</li> </ul>	

## Chemisches Gleichgewicht (Seite 2/2)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Einfluss von Stoffmengenkonzentration, Druck und Temperatur auf den Gleichgewichtszustand (Prinzip von Le Chatelier).</li> <li>• beschreiben, dass die Gleichgewichtskonstante temperaturabhängig ist.</li> <li>• beschreiben, dass Katalysatoren die Einstellung des chemischen Gleichgewichts beschleunigen.</li> <li>• beschreiben homogene und heterogene Katalyse in technischen Prozessen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen Experimente zu Einflüssen auf die Lage des chemischen Gleichgewichts durch.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• recherchieren in unterschiedlichen Quellen und überprüfen deren Vertrauenswürdigkeit.</li> <li>• beschreiben die Möglichkeiten zur Steuerung technischer Prozesse mithilfe des Massenwirkungsgesetzes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren und beurteilen Inhalte unterschiedlicher Quellen.</li> <li>• bewerten die Bedeutung der Beeinflussung chemischer Gleichgewichte in der Industrie und in der Natur.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>beschreiben Löslichkeitsgleichgewichte als heterogene Gleichgewichte (eA).</b></li> <li>• <b>nennen das Löslichkeitsprodukt (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nutzen Tabellendaten, um Aussagen zur Löslichkeit von Salzen zu treffen (eA).</b></li> <li>• <b>nutzen Tabellendaten zur Erklärung von Fällungsreaktionen (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>beschreiben das Prinzip von Fällungsreaktionen zum Nachweis von Halogenid-Ionen (eA).</b></li> </ul>	

Protonenübertragungsreaktionen (Seite 1/3)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Säure-Base-Theorie nach Brönsted.</li> <li>• stellen Protolysegleichungen auf und kennzeichnen korrespondierende Säure-Base-Paare.</li> <li>• erklären die Neutralisationsreaktion.</li> <li>• beschreiben die Funktion von Säure-Base-Indikatoren bei Titrationsen.</li> <li>• berechnen ausgehend von Neutralisationsreaktionen die Stoffmengenkonzentration saurer und alkalischer Probelösungen.</li> <li>• berechnen den Massengehalt von Säuren in Alltagsprodukten.</li> <li>• <b>wenden die Berechnung der Stoffmengenkonzentration auf mehrprotonige Säuren an (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• messen pH-Werte verschiedener wässriger Lösungen.</li> <li>• führen die Nachweisreaktion von Hydronium/Oxonium- und Hydroxid-Ionen mit Indikatoren durch.</li> <li>• ermitteln die Stoffmengenkonzentration von Säuren und Basen durch Titration.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• recherchieren zu Säuren und Basen in Alltags-, Technik- und Umweltbereichen und präsentieren ihre Ergebnisse.</li> <li>• argumentieren sachgerecht auf Stoff- und Teilchenebene.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den historischen Weg der Entwicklung des Säure-Base-Begriffs bis Brönsted.</li> <li>• beurteilen den Einsatz von Säuren und Basen sowie Neutralisationsreaktionen in Alltags-, Technik- und Umweltbereichen.</li> <li>• reflektieren die Bedeutung von pH-Wert-Angaben in ihrem Alltag.</li> <li>• erkennen und beschreiben die Bedeutung maßanalytischer Verfahren in der Berufswelt.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Autoprotolyse des Wassers als Gleichgewichtsreaktion.</li> <li>• erklären den Zusammenhang zwischen der Autoprotolyse des Wassers und dem pH-Wert.</li> <li>• nennen die Definition des pH-Werts.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Zusammenhang zwischen pH-Wert-Änderung und Änderung der Stoffmengenkonzentration.</li> </ul>		

Protonenübertragungsreaktionen (Seite 2/3)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Säurekonstante als spezielle Gleichgewichtskonstante.</li> <li>• berechnen pH-Werte von Lösungen starker und schwacher einprotoniger Säuren.</li> <li>• beschreiben die Basenkonstante als spezielle Gleichgewichtskonstante.</li> <li>• berechnen pH-Werte von wässrigen Hydroxid-Lösungen.</li> <li>• <b>berechnen die pH-Werte alkalischer Lösungen (eA).</b></li> <li>• differenzieren starke und schwache Säuren bzw. Basen anhand der <math>pK_S</math>- und <math>pK_B</math>-Werte.</li> <li>• <b>erklären die pH-Werte von Salzlösungen anhand von <math>pK_S</math>- und <math>pK_B</math>-Werten (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• messen den pH-Wert äquimolarer Lösungen einprotoniger Säuren und schließen daraus auf die Säurestärke.</li> <li>• <b>messen pH-Werte verschiedener Salzlösungen (eA).</b></li> <li>• <b>nutzen Tabellen zur Vorhersage und Erklärung von Säure-Base-Reaktionen (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• argumentieren sachlogisch unter Verwendung der Tabellenwerte.</li> </ul>	

Protonenübertragungsreaktionen (Seite 3/3)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären und berechnen charakteristische Punkte von Titrationskurven ausgewählter einprotoniger starker/schwacher Säuren und starker/schwacher Basen (Anfangs-pH-Wert, Halbäquivalenzpunkt, Äquivalenzpunkt, End-pH-Wert) (eA).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nehmen mit einem pH-Meter Titrationskurven einprotoniger starker und schwacher Säuren auf (eA).</li> <li>• ermitteln experimentell den Halbäquivalenzpunkt (eA).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zeichnen Titrationskurven für einprotonige starke und schwache Säuren (eA).</li> <li>• vergleichen Titrationskurven einprotoniger und mehrprotoniger Säuren (eA).</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Wirkungsweise von Puffersystemen mit der Säure-Base-Theorie nach Brönsted (eA).</li> <li>• wenden die Henderson-Hasselbalch-Gleichung auf Puffersysteme an (eA).</li> <li>• nennen den Zusammenhang zwischen dem Halbäquivalenzpunkt und dem Pufferbereich (eA).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ermitteln die Funktionsweise von Puffern im Experiment (eA).</li> <li>• identifizieren Pufferbereiche in Titrationskurven (eA).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Pufferwirkung in technischen und biologischen Systemen (eA).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beurteilen die Bedeutung von Puffersystemen im Alltag (eA).</li> </ul>

Elektronenübertragungsreaktionen (Seite 1/4)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern Redoxreaktionen als Elektronenübertragungsreaktionen.</li> <li>• beschreiben mithilfe der Oxidationszahlen korrespondierende Redoxpaare.</li> <li>• stellen Redoxgleichungen in Form von Teil- und Gesamtgleichungen auf.</li> <li>• vergleichen Säure-Base-Reaktionen und Redoxreaktionen.</li> <li>• wenden das Donator-Akzeptor-Konzept an.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• planen Experimente zur Aufstellung der Redoxreihe der Metalle und führen diese durch.</li> <li>• prüfen unter Anwendung von Oxidationszahlen, ob eine Redoxreaktion vorliegt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben Redoxreaktionen als Donator-Akzeptor-Reaktionen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• reflektieren die historische Entwicklung des Redoxbegriffs.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>berechnen die Stoffmengenkonzentration einer Probelösung (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>führen eine Redoxtitration durch (eA).</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>erkennen die Bedeutung maßanalytischer Verfahren in der Berufswelt (eA).</b></li> </ul>



Elektronenübertragungsreaktionen (Seite 2/4)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Bau galvanischer Zellen.</li> <li>• beschreiben die elektrochemische Doppelschicht als Redoxgleichgewicht in einer Halbzelle.</li> <li>• beschreiben die Metallbindung (Elektronengasmodell).</li> <li>• beschreiben den Austritt von Ionen aus dem Metallgitter unter Verbleib von Elektronen im Elektronengas.</li> <li>• erklären die Potenzialdifferenz/ Spannung mit der Lage der elektrochemischen Gleichgewichte.</li> <li>• erläutern die Funktionsweise galvanischer Zellen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• planen Experimente zum Bau funktionsfähiger galvanischer Zellen und führen diese durch.</li> <li>• messen die Spannung unterschiedlicher galvanischer Zellen.</li> <li>• nutzen Modelle zur Darstellung von galvanischen Zellen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen galvanische Zellen in Form von Skizzen dar.</li> <li>• erstellen Zelldiagramme.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beurteilen den Einsatz von galvanischen Zellen in Alltag und Technik.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Aufbau der Standard-Wasserstoffelektrode.</li> <li>• definieren das Standard-Elektrodenpotenzial.</li> <li>• berechnen die Spannung galvanischer Zellen (Zellspannung) unter Standardbedingungen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen Tabellen von Standard-Elektrodenpotenzialen zur Vorhersage des Ablaufs von Redoxreaktionen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wählen aussagekräftige Informationen aus.</li> <li>• argumentieren sachlogisch unter Verwendung von Tabellenwerten.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>beschreiben die Abhängigkeit der Potenziale von der Stoffmengenkonzentration anhand der Nernst-Gleichung (eA).</b></li> <li>• <b>berechnen die Potenziale von Halbzellen verschiedener Stoffmengenkonzentrationen ohne Berücksichtigung des pH-Werts und der Temperatur (eA).</b></li> </ul>			

Elektronenübertragungsreaktionen (Seite 3/4)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>wenden ihre Kenntnisse zu galvanischen Zellen auf Lokalelemente an.</li> <li>unterscheiden Sauerstoff- und Säurekorrosion.</li> <li>erklären den Korrosionsschutz durch eine Opferanode.</li> <li><b>beschreiben die koordinative Bindung als Wechselwirkung von Metall-Kationen und Teilchen mit freien Elektronenpaaren (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>führen Experimente zur Korrosion und zum Nachweis von Eisen-Ionen durch.</li> <li>führen Experimente zum Korrosionsschutz durch.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>nutzen ihre Kenntnisse über Redoxreaktionen zur Erklärung von Alltags- und Technikprozessen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>beurteilen den Einsatz und das Auftreten von Redoxreaktionen in Alltag und Technik.</li> <li>beurteilen die wirtschaftlichen Folgen durch Korrosionsschäden.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>beschreiben den Bau von Elektrolysezellen.</li> <li>erläutern das Prinzip der Elektrolyse.</li> <li>deuten die Elektrolyse als Umkehrung der Vorgänge in der galvanischen Zelle.</li> <li><b>beschreiben die Proportionalität zwischen der abgeschiedenen Stoffmenge und der geflossenen Ladung (1. Faraday-Gesetz) (eA).</b></li> <li><b>berechnen mit dem 2. Faraday-Gesetz abgeschiedene Masse, Stromstärke und Elektrolysezeit (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>führen ausgewählte Elektrolysen durch.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>stellen Elektrolysezellen in Form von Skizzen dar.</li> <li>vergleichen Elektrolysezelle und galvanische Zelle.</li> <li>erläutern Darstellungen zu technischen Anwendungen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>beurteilen den Einsatz von Elektrolysen in Alltag und Technik.</li> </ul>

Elektronenübertragungsreaktionen (Seite 4/4)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Zersetzungsspannung (eA).</li> <li>• beschreiben das Phänomen der Überspannung (eA).</li> <li>• beschreiben den Zusammenhang zwischen der Zersetzungsspannung und der Zellspannung einer entsprechenden galvanischen Zelle (eA).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen Spannungsdiagramme als Entscheidungshilfe zur Vorhersage und Erklärung von Elektrodenreaktionen (eA).</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Funktionsweise ausgewählter Batterien, Akkumulatoren und Brennstoffzellen (eA).</li> <li>• nennen die prinzipiellen Unterschiede zwischen Batterien, Akkumulatoren und Brennstoffzellen (eA).</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• recherchieren exemplarisch zu Batterien, Akkumulatoren und Brennstoffzellen und präsentieren ihre Ergebnisse (eA).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beurteilen ökonomische und ökologische Aspekte der Energiespeicherung (eA).</li> </ul>

## Organische Verbindungen und ihre Reaktionswege (Seite 1/4)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Reaktionsmechanismus der radikalischen Substitution.</li> <li>• beschreiben die Molekülstruktur von Alkanen und Halogenalkanen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden Nachweisreaktionen (Chlorid-, Bromid-, Hydronium/Oxonium-Ionen) zur Produktidentifikation an.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen Reaktionsmechanismen in Strukturformeln dar.</li> <li>• wenden die IUPAC-Nomenklatur zur Benennung organischer Verbindungen an.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beurteilen grundlegende Aspekte zu Gefahren und Sicherheit in Labor und Alltag.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Molekülstruktur von Alkenen und Alkinen.</li> <li>• benennen die Mehrfachbindung als funktionelle Gruppe der Alkene und Alkine.</li> <li>• unterscheiden Strukturisomerie und cis-trans-Isomerie.</li> <li>• beschreiben den Reaktionsmechanismus der elektrophilen Addition von symmetrischen und asymmetrischen Verbindungen.</li> <li>• erklären induktive Effekte.</li> <li>• nutzen induktive Effekte zur Erklärung von Reaktionsmechanismen und unterschiedlichen Reaktivitäten.</li> <li>• <b>beschreiben die Reaktionsmechanismen der nucleophilen Substitution (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• entwickeln die homologen Reihen der Alkene und Alkine.</li> <li>• beschreiben die Reaktion mit Brom als Nachweis für Doppelbindungen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden die IUPAC-Nomenklatur zur Benennung organischer Verbindungen an.</li> <li>• stellen die Aussagen eines Textes in Form eines Reaktionsmechanismus (in Strukturformeln) dar oder umgekehrt.</li> <li>• verwenden geeignete Formelschreibweisen zur Erklärung von Elektronenverschiebungen.</li> <li>• unterscheiden zwischen homolytischer und heterolytischer Bindungsspaltung.</li> <li>• unterscheiden radikalische, elektrophile und nucleophile Teilchen.</li> <li>• <b>vergleichen die Reaktionsmechanismen der nucleophilen Substitution (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• reflektieren mechanistische Denkweisen als wesentliches Prinzip der organischen Chemie.</li> </ul>

## Organische Verbindungen und ihre Reaktionswege (Seite 2/4)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben, dass bei chemischen Reaktionen unterschiedliche Reaktionsprodukte entstehen können.</li> <li>• <b>erklären das Funktionsprinzip der Gaschromatografie anhand von Wechselwirkungen (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen Zusammenhänge zwischen den während der Reaktion konkurrierenden Teilchen und den Produkten her.</li> <li>• <b>nutzen Gaschromatogramme zur Identifizierung von Reaktionsprodukten (eA).</b></li> <li>• <b>stellen Zusammenhänge zwischen Reaktionsprodukten und R<sub>f</sub>-Werten auf (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• argumentieren sachlogisch und begründen die Entstehung der Produkte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• reflektieren die Bedeutung von Nebenreaktionen organischer Synthesewege.</li> <li>• <b>beurteilen die Bedeutung der Gaschromatografie in der Analytik (eA).</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Molekülstruktur von Alkanolen.</li> <li>• benennen die Hydroxy-Gruppe als funktionelle Gruppe der Alkanole.</li> <li>• beschreiben die Nachweisreaktion mit dem Benedict-Reagenz.</li> <li>• stellen Redoxgleichungen in Form von Teil- und Gesamtgleichungen auf.</li> <li>• beschreiben die Molekülstruktur von Alkanalen, Alkanonen und Alkansäuren.</li> <li>• benennen die funktionellen Gruppen: Carbonyl- (Aldehyd-, Keto-), Carboxy-Gruppe.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen die Benedict-Probe durch.</li> <li>• beschreiben die Funktion einer Blindprobe / eines Kontroll-experiments.</li> <li>• prüfen unter Anwendung von Oxidationszahlen, ob eine Redoxreaktion vorliegt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden die IUPAC-Nomenklatur zur Benennung organischer Verbindungen an.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• reflektieren den Nutzen der IUPAC-Nomenklatur.</li> </ul>

Organische Verbindungen und ihre Reaktionswege (Seite 3/4)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Ester-Synthese.</li> <li>• <b>beschreiben den Mechanismus der Ester-Synthese (eA).</b></li> <li>• beschreiben die Molekülstruktur der Ester.</li> <li>• benennen die Ester-Gruppe als funktionelle Gruppe.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen eine Ester-Synthese durch.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>stellen die Aussagen eines Textes in Form eines Reaktionsmechanismus (in Strukturformeln) dar oder umgekehrt (eA).</b></li> <li>• benennen Ester mit ihrem Trivialnamen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beurteilen grundlegende Aspekte zu Gefahren und Sicherheit in Labor und Alltag.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären Stoffeigenschaften neu eingeführter Stoffklassen mithilfe von inter- und intramolekularen Wechselwirkungen: London-Kräfte, Dipol-Dipol-Wechselwirkungen, Ionen-Dipol-Wechselwirkungen, Wasserstoffbrücken.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden ihre Kenntnisse zur Erklärung von Siedetemperaturen und Löslichkeiten an.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen die Zusammenhänge zwischen Molekülstruktur und Stoffeigenschaft fachsprachlich dar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• betrachten ein technisches Verfahren und führen den Einsatz von Stoffen auf ihre Stoffeigenschaften zurück.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>erklären die Mesomerie des Benzol-Moleküls mithilfe von Grenzstrukturen in der Lewis-Schreibweise (eA).</b></li> <li>• <b>beschreiben die Mesomerieenergie des Benzols (eA).</b></li> <li>• <b>beschreiben den Reaktionsmechanismus der elektrophilen Substitution (Erstsubstitution am Benzol-Molekül) (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>wenden das Mesomeriemodell zur Erklärung des aromatischen Zustands des Benzol-Moleküls an (eA).</b></li> <li>• <b>diskutieren Möglichkeiten und Grenzen von Modellen (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>stellen die Mesomerieenergie des Benzols in einem Enthalpiediagramm dar (eA).</b></li> <li>• <b>stellen die Aussagen eines Textes in Form eines Reaktionsmechanismus (in Strukturformeln) dar oder umgekehrt (eA).</b></li> </ul>	

Organische Verbindungen und ihre Reaktionswege (Seite 4/4)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• unterscheiden die Reaktionstypen Substitution, Addition, Kondensation und Eliminierung.</li> <li>• begründen anhand funktioneller Gruppen die Reaktionsmöglichkeiten organischer Moleküle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>planen einen Syntheseweg zur Überführung einer Stoffklasse in eine andere (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen Synthesewege als Flussdiagramm dar.</li> <li>• stellen Flussdiagramme von Synthesewegen fachsprachlich dar.</li> </ul>	

Makromoleküle und Nanostrukturen (Seite 1/1)

Fachkompetenz			
Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• teilen Kunststoffe in Duroplaste, Thermoplaste und Elastomere ein.</li> <li>• erklären die Eigenschaften der drei Kunststofftypen anhand der Molekülstruktur.</li> <li>• beschreiben einen Wertstoffkreislauf beim Recycling von Kunststoff.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• entwickeln chemische Fragestellungen zu Kunststoffen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• recherchieren zu Anwendungsbereichen von Kunststoffen.</li> <li>• nutzen ihre Fachkenntnisse zur Erklärung der Funktionalität ausgewählter Kunststoffe.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beurteilen den Einsatz von Kunststoffen in Alltag und Technik.</li> <li>• <b>beurteilen ökonomische und ökologische Aspekte des Kunststoffrecyclings im Sinne der Nachhaltigkeit (eA).</b></li> <li>• erkennen Tätigkeitsfelder im Umfeld der Kunststoffchemie.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Reaktionstyp der Polymerisation.</li> <li>• <b>beschreiben den Reaktionsmechanismus der radikalischen Polymerisation (eA).</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>stellen die Aussagen eines Textes in Form eines Reaktionsmechanismus (in Strukturformeln) dar oder umgekehrt (eA)</b></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Struktur von Aminosäuren- und Kohlenhydraten - Molekülen (Glucose,- Stärke-Molekül).</li> <li>• benennen die Amino- und die Carboxy-Gruppe als funktionelle Gruppen der Aminosäuren.</li> <li>• <b>beschreiben das Phänomen der Chiralität (eA).</b></li> <li>• <b>beschreiben intramolekulare Wechselwirkungen in einem Protein-Molekül (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen die Iod-Stärke-Reaktion durch.</li> <li>• <b>führen die Biuret-Probe durch (eA).</b></li> <li>• <b>wenden ihre Kenntnisse zu Reaktionstypen auf die Bildung von Polypeptiden an (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• identifizieren funktionelle Gruppen in Naturstoffen und wenden Fachbegriffe an.</li> <li>• <b>erklären Chiralität mit dem Vorhandensein eines asymmetrischen Kohlenstoff-Atoms (eA).</b></li> <li>• wenden Fachbegriffe zu inter- und intramolekularen Wechselwirkungen an (eA).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beurteilen die Bedeutung von Naturstoffen im Alltag.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>definieren Nanoteilchen anhand ihrer Größe (eA).</b></li> <li>• <b>beschreiben, dass Nanoteilchen aufgrund ihrer Größe besondere Eigenschaften haben (eA).</b></li> <li>• <b>beschreiben eine Nanostruktur und eine Oberflächeneigenschaft (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nutzen ein Modell zur Oberflächenvergrößerung (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nutzen ihre Kenntnisse zu intermolekularen Wechselwirkungen zur Erklärung der Oberflächeneigenschaft einer Nanostruktur (eA).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>beurteilen Chancen und Risiken ausgewählter Nanomaterialien (eA).</b></li> </ul>



## 4 Leistungsfeststellung und Leistungsbewertung

Leistungen im Unterricht sind in allen Kompetenzbereichen festzustellen. Dabei ist zu bedenken, dass die sozialen und personalen Kompetenzen, die über das Fachliche hinausgehen, von den im Kerncurriculum formulierten erwarteten Kompetenzen nur in Ansätzen erfasst werden.

Der an Kompetenzerwerb orientierte Unterricht bietet den Lernenden einerseits ausreichend Gelegenheiten, Problemlösungen zu erproben, andererseits fordert er den Kompetenznachweis in Leistungssituationen. Ein derartiger Unterricht schließt die Förderung der Fähigkeit zur Selbsteinschätzung der Leistung ein. In Lernsituationen dienen Fehler und Umwege den Lernenden als Erkenntnismittel, den Lehrkräften geben sie Hinweise für die weitere Unterrichtsplanung. Das Erkennen von Fehlern und der produktive Umgang mit ihnen sind konstruktiver Teil des Lernprozesses. Für den weiteren Lernfortschritt ist es wichtig, bereits erworbene Kompetenzen herauszustellen und Lernende zum Weiterlernen zu ermutigen.

In Leistungs- und Überprüfungssituationen ist das Ziel, die Verfügbarkeit der erwarteten Kompetenzen nachzuweisen. Leistungsfeststellungen und Leistungsbewertungen geben den Lernenden Rückmeldungen über die erworbenen Kompetenzen und den Lehrkräften Orientierung für notwendige Maßnahmen zur individuellen Förderung. Neben der kontinuierlichen Beobachtung der Lernenden im Lernprozess und ihrer individuellen Lernfortschritte, sind die Ergebnisse der Arbeiten (Klausuren) und der Mitarbeit im Unterricht heranzuziehen.

In Arbeiten (Klausuren) werden überwiegend Kompetenzen überprüft, die im unmittelbar vorangegangenen Unterricht erworben werden konnten. Darüber hinaus sollen auch Problemstellungen einbezogen werden, die die Verfügbarkeit von Kompetenzen eines langfristig angelegten Kompetenz-aufbaus überprüfen. Aufgaben sind operationalisiert und in der Regel materialgebunden. Teilaufgaben sollen unabhängig von Ergebnissen vorausgegangener Teilaufgaben lösbar sein. In Arbeiten (Klausuren) sind alle drei Anforderungsbereiche zu berücksichtigen. Dabei liegt der Schwerpunkt im Anforderungsbereich II, den Anforderungsbereich I gilt es stärker zu berücksichtigen als den Anforderungsbereich III. Alle Hilfsmittel, die in der Abiturprüfung benutzt werden sollen, müssen im Unterricht und in den Arbeiten (Klausuren) mehrfach verwendet worden sein. Festlegungen zur Anzahl der bewerteten schriftlichen Arbeiten an allgemein bildenden Schulen regelt die Verordnung über die gymnasiale Oberstufe (VO-GO) in der jeweils gültigen Fassung.

Zur Ermittlung der Gesamtzensur sind die Ergebnisse der Arbeiten (Klausuren) und die Bewertung der Mitarbeit im Unterricht heranzuziehen. Der Anteil der schriftlichen Leistungen darf ein Drittel an der Gesamtzensur nicht unterschreiten und 50 % nicht überschreiten.

Zur Mitarbeit im Unterricht (mündliche und andere fachspezifische Leistungen/Handlungsergebnisse) zählen z. B.:

- sachbezogene und kooperative Teilnahme am Unterrichtsgespräch
- Erheben relevanter Daten (z. B. Informationen sichten, gliedern und bewerten, in unterschiedlichen Quellen recherchieren, Interviews und Meinungsumfragen durchführen)
- Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten
- Ergebnisse von Partner- oder Gruppenarbeiten und deren Darstellung

- Unterrichtsdokumentationen (z. B. Protokolle, Arbeitsmappen, Materialdossiers, Portfolios)
- Präsentationen, auch mediengestützt (z. B. Referate, Vorstellung eines Thesenpapiers, Erläuterung eines Schaubildes, Darstellung von Arbeitsergebnissen)
- verantwortungsvolle Zusammenarbeit im Team (z. B. planen, strukturieren, reflektieren, präsentieren)
- Umgang mit Medien und anderen fachspezifischen Hilfsmitteln
- Anwenden und Ausführen fachspezifischer Methoden und Arbeitsweisen
- Anfertigen von Ausarbeitungen (z. B. Erklärvideos, Plakate)
- mündliche Überprüfungen und kurze schriftliche Lernkontrollen
- häusliche Vor- und Nachbereitung
- freie Leistungsvergleiche oder individuelle Projekte (z. B. Teilnahme an Schülerwettbewerben)

Bei kooperativen Arbeitsformen sind sowohl die individuelle Leistung als auch die Gesamtleistung der Gruppe in die Bewertung einzubeziehen. So werden neben methodisch-strategischen auch die sozial-kommunikativen Leistungen angemessen berücksichtigt.

Festlegungen zu Art und Anzahl der bewerteten Lernkontrollen an Beruflichen Gymnasien treffen die Schulen in eigener Verantwortung.

Die Grundsätze der Leistungsfeststellung und -bewertung müssen für Lernende sowie für die Erziehungsberechtigten transparent sein. Im Laufe des Schulhalbjahres/Semesters sind die Lernenden mehrfach über ihren Leistungsstand zu informieren.

## 5 Aufgaben der Fachkonferenz beziehungsweise der Fachgruppe

Für die in diesem Abschnitt beschriebenen Aufgaben ist an allgemein bildenden Schulen die Fachkonferenz und an Beruflichen Gymnasien die Fachgruppe zuständig.

Das zuständige schulische Fachgremium erarbeitet unter Beachtung der rechtlichen Grundlagen und der fachbezogenen Vorgaben des Kerncurriculums einen schuleigenen Arbeitsplan. Die Erstellung des schuleigenen Arbeitsplans ist ein kontinuierlicher Prozess.

Mit der regelmäßigen Überprüfung und Weiterentwicklung des schuleigenen Arbeitsplans trägt das zuständige schulische Fachgremium zur Qualitätsentwicklung des Faches und zur Qualitätssicherung bei.

Das zuständige schulische Fachgremium hat unter anderem folgende Aufgaben: Es

- erarbeitet Unterrichtseinheiten bzw. Lernsituationen, die den Erwerb der erwarteten Kompetenzen ermöglichen, und beachtet dabei ggf. vorhandene regionale Bezüge,
- stimmt die schuleigenen Arbeitspläne der Einführungsphase auf die Arbeitspläne der abgebenden Schulformen ab,
- entscheidet, welche Schulbücher eingeführt werden sollen und trifft Absprachen über geeignete Materialien und Medien,
- trifft Absprachen zur einheitlichen Verwendung der Fachsprache und der fachbezogenen Hilfsmittel,
- erarbeitet Konzepte zur Aktualisierung und Weiterentwicklung der experimentellen Ausstattung unter Berücksichtigung von Schülerexperimenten,
- berücksichtigt die für die Umsetzung des experimentellen Zentralabiturs benötigte Ausstattung,
- trifft Absprachen über den Einsatz von Experimenten in Arbeiten (Klausuren), auch zur Vorbereitung des experimentellen Abiturs,
- trifft Absprachen zur Leistungsfeststellung und Leistungsbewertung,
- legt das Verhältnis von schriftlichen Leistungen und der Mitarbeit im Unterricht zur Gesamtbewertung fest,
- legt die Halbjahres- bzw. Semesterthemen und deren Reihenfolge fest,
- wirkt mit bei der Erstellung des fächerübergreifenden Konzepts zur beruflichen Orientierung und greift das Konzept im schuleigenen Arbeitsplan auf,
- unterstützt durch die Gestaltung von Lernsituationen verschiedene Formen des Lernens,
- entwickelt ein fachbezogenes Konzept zum Einsatz von Medien im Zusammenhang mit dem schulinternen Medienkonzept,
- wirkt mit bei der Entwicklung des Förder- und Forderkonzepts der Schule und stimmt die erforderlichen Maßnahmen zur Umsetzung ab,
- berät über individuelle Förder- und Forderkonzepte und Maßnahmen zur Binnendifferenzierung,
- initiiert und fördert Anliegen des Faches bei schulischen und außerschulischen Aktivitäten (z. B. Nutzung außerschulischer Lernorte, Besichtigungen, Projekte, Teilnahme an Wettbewerben etc.),
- initiiert Beiträge des Faches zur Gestaltung des Schullebens (Ausstellungen, Projekttag etc.),
- trägt zur Entwicklung des Schulprogramms bei,
- ermittelt Fortbildungsbedarfe, entwickelt Fortbildungskonzepte für die Fachlehrkräfte und informiert sich über Fortbildungsergebnisse.

## Anhang

### A 1 Operatoren für die Naturwissenschaften (Biologie, Chemie, Physik)

Ein wichtiger Bestandteil jeder Aufgabenstellung sind Operatoren. Sie bezeichnen als Handlungsverben diejenigen Tätigkeiten, die vom Prüfling bei der Bearbeitung von Prüfungsaufgaben ausgeführt werden sollen.

Operatoren werden durch den Kontext der Prüfungsaufgabe, die Formulierung bzw. Gestaltung der Aufgabenstellung sowie durch den Bezug zu Textmaterialien, Abbildungen oder Problemstellungen konkretisiert bzw. präzisiert.

Die folgenden Operatoren werden in den naturwissenschaftlichen Fächern gemäß der Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife (KMK 2020) einheitlich verwendet.

Operator	Erläuterung
ableiten	auf der Grundlage von Erkenntnissen oder Daten sachgerechte Schlüsse ziehen
abschätzen	durch begründete Überlegungen Größenwerte angeben
analysieren	wichtige Bestandteile, Eigenschaften oder Zusammenhänge auf eine bestimmte Fragestellung hin herausarbeiten <i>Chemie zusätzlich:</i> einen Sachverhalt experimentell prüfen
anwenden	einen bekannten Sachverhalt oder eine bekannte Methode auf etwas Neues beziehen
aufbauen eines Experiments	Objekte und Geräte zielgerichtet anordnen und kombinieren
aufstellen, formulieren ( <i>Biologie und Chemie</i> )	chemische Formeln, Gleichungen, Reaktionsgleichungen (Wort- oder Formelgleichungen), Reaktionsmechanismen entwickeln
Hypothesen aufstellen	eine Vermutung über einen unbekanntem Sachverhalt formulieren, die fachlich fundiert begründet wird
angeben, nennen	Formeln, Regeln, Sachverhalte, Begriffe, Daten ohne Erläuterung aufzählen bzw. wiedergeben
auswerten	Beobachtungen, Daten, Einzelergebnisse oder Informationen in einen Zusammenhang stellen und daraus Schlussfolgerungen ziehen
begründen	Gründe oder Argumente für eine Vorgehensweise oder einen Sachverhalt nachvollziehbar darstellen
berechnen	die Berechnung ist ausgehend von einem Ansatz darzustellen
beschreiben	Beobachtungen, Strukturen, Sachverhalte, Methoden, Verfahren oder Zusammenhänge strukturiert und unter Verwendung der Fachsprache formulieren
bestätigen	die Gültigkeit einer Aussage (z. B. einer Hypothese, einer Modellvorstellung, eines Naturgesetzes) zu einem Experiment, zu vorliegenden Daten oder zu Schlussfolgerungen feststellen
beurteilen	das zu fällende Sachurteil ist mit Hilfe fachlicher Kriterien zu begründen
bewerten	einen Sachverhalt vor dem Hintergrund gesellschaftlicher Werte und Normen einschätzen und dadurch zu einem Werturteil gelangen
darstellen	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und unter Verwendung der Fachsprache formulieren, auch mithilfe von Zeichnungen und Tabellen

dokumentieren (in Zusammenhang mit dem GTR/CAS)	bei Verwendung eines elektronischen Rechners den Lösungsweg nachvollziehbar darstellen
durchführen eines Experiments	an einer Experimentieranordnung zielgerichtete Messungen und Änderungen vornehmen oder eine Experimentieranleitung umsetzen
diskutieren, erörtern	Argumente zu einer Aussage oder These einander gegenüberstellen und abwägen
entwickeln	Sachverhalte und Methoden zielgerichtet miteinander verknüpfen: eine Hypothese, eine Skizze, ein Experiment, ein Modell oder eine Theorie schrittweise weiterführen und ausbauen
erklären	einen Sachverhalt nachvollziehbar und verständlich machen, indem man ihn auf Regeln und Gesetzmäßigkeiten zurückführt
erläutern	einen Sachverhalt veranschaulichend darstellen und durch zusätzliche Informationen verständlich machen
ermitteln	ein Ergebnis oder einen Zusammenhang rechnerisch, grafisch oder experimentell bestimmen
herleiten	mithilfe bekannter Gesetzmäßigkeiten einen Zusammenhang zwischen chemischen bzw. physikalischen Größen herstellen
interpretieren, deuten	naturwissenschaftliche Ergebnisse, Beschreibungen und Annahmen vor dem Hintergrund einer Fragestellung oder Hypothese in einen nachvollziehbaren Zusammenhang bringen
ordnen, zuordnen	Begriffe oder Gegenstände auf der Grundlage bestimmter Merkmale systematisch einteilen
planen	zu einem vorgegebenen Problem (auch experimentelle) Lösungswege entwickeln und dokumentieren
protokollieren	Beobachtungen oder die Durchführung von Experimenten zeichnerisch bzw. fachsprachlich richtig wiedergeben
prüfen, überprüfen	Sachverhalte oder Aussagen an Fakten oder innerer Logik messen und eventuelle Widersprüche aufdecken
skizzieren	Sachverhalte, Prozesse, Strukturen oder Ergebnisse übersichtlich grafisch darstellen
untersuchen	Sachverhalte oder Phänomene mithilfe fachspezifischer Arbeitsweisen erschließen
vergleichen	Gemeinsamkeiten und Unterschiede kriteriengeleitet herausarbeiten
zeichnen	Objekte grafisch exakt darstellen
zusammenfassen	das Wesentliche in konzentrierter Form herausstellen

## **A 2 Anforderungsbereiche**

### **Anforderungsbereich I**

Anforderungsbereich I umfasst das Wiedergeben von Sachverhalten und Kenntnissen im gelernten Zusammenhang sowie das Anwenden und Beschreiben geübter Arbeitstechniken und Verfahren.

#### *Sachkompetenz*

- Wiedergeben von einfachen Daten, Fakten, Regeln, Begriffen und Definitionen
- Wiedergeben von Formeln, Gesetzen, Reaktionen und Reaktionsmechanismen
- Umformen von Gleichungen und Berechnen von Größen aus Formeln

#### *Erkenntnisgewinnung*

- Durchführen von Experimenten und Messungen nach Anleitung
- Beschreiben von Experimenten
- Nutzen von digitalen Medien zur Aufnahme von Daten
- Auswerten von Ergebnissen nach einfachen Verfahren
- Anfertigen von Versuchsprotokollen
- Anwenden einfacher Modelle

#### *Kommunikation*

- Darstellen von bekannten Sachverhalten in verschiedenen Formen, z. B. Tabelle, Graph, Skizze, Text, Bild, Diagramm, Mindmap
- Verwenden von Fachsprache bei einfachen Sachverhalten
- Recherchieren zu Sachverhalten in einfachen Quellen
- Entnehmen von Informationen aus einfachen Quellen
- Präsentieren von einfachen Sachverhalten

#### *Bewertung*

- Herstellen von Bezügen zu Alltagssituationen
- Ableiten von Handlungsoptionen aus einfachen Sachzusammenhängen

## **Anforderungsbereich II**

Anforderungsbereich II umfasst das selbstständige Auswählen, Anordnen, Verarbeiten, Erklären und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten in einem durch Übung bekannten Zusammenhang und das selbstständige Übertragen und Anwenden des Gelernten auf vergleichbare neue Zusammenhänge und Sachverhalte.

### *Sachkompetenz*

- Aufstellen von Reaktionsgleichungen und Darstellen von Reaktionsmechanismen
- Anwenden elementarer mathematischer Beziehungen auf chemische Sachverhalte
- Erklären quantitativer und qualitativer Aussagen chemischer Formeln und Reaktionsgleichungen
- Auswählen und Verknüpfen von Daten, Fakten und Methoden eines abgegrenzten Gebiets
- Sachgerechtes Darstellen von komplexeren Zusammenhängen

### *Erkenntnisgewinnung*

- Planen einfacher Experimente zur Untersuchung vorgegebener Fragestellungen
- Selbstständiges Durchführen von Experimenten
- Auswerten von Experimenten
- Auswerten von Daten mithilfe von digitalen Medien
- Interpretieren von Tabellen und graphischen Darstellungen
- Nutzen von Modellen zur Erklärung chemischer Sachverhalte

### *Kommunikation*

- Darstellen und Strukturieren von Zusammenhängen, z. B. in Tabellen, Graphen, Skizzen, Texten, Modellen, Diagrammen, Mindmaps
- Argumentieren unter Verwendung der Fachsprache
- Entnehmen von Informationen aus komplexen Quellen
- Auswählen und Verknüpfen gewonnener Daten und Informationen
- Präsentieren komplexerer Sachverhalte

### *Bewertung*

- Erörtern von Fehlerquellen bei Experimenten
- Analysieren und Beurteilen von Informationen aus Medien zu chemischen Sachverhalten und Fragestellungen
- Anwenden der im Unterricht vermittelten chemischen Kenntnisse auf Umweltfragen und technische Prozesse
- Beziehen einer Position zu gesellschaftlich relevanten Fragen

### **Anforderungsbereich III**

Anforderungsbereich III umfasst das Verarbeiten komplexer Sachverhalte mit dem Ziel, zu selbstständigen Lösungen, Gestaltungen oder Deutungen, Folgerungen, Verallgemeinerungen, Begründungen und Wertungen zu gelangen. Dabei wählen die Lernenden selbstständig geeignete Arbeitstechniken und Verfahren zur Bewältigung der Aufgabe, wenden sie auf eine neue Problemstellung an und reflektieren das eigene Vorgehen.

#### *Sachkompetenz*

- Selbstständiges Aufstellen von komplexen Reaktionsgleichungen und selbstständiges Entwickeln von Reaktionsmechanismen
- Anwenden komplexer mathematischer Beziehungen und Entwicklung eigener Lösungswege
- Selbstständiges Auswählen und Verknüpfen von Daten, Fakten und Methoden
- Verknüpfen von Informationen aus unterschiedlichen Quellen zu einer Gesamtaussage

#### *Erkenntnisgewinnung*

- Entwickeln eigener Fragestellungen bzw. sinnvolles Präzisieren einer offenen Aufgabenstellung
- Selbstständige Entwicklung von Fragen zu einem komplexen Sachverhalt und Planung geeigneter Experimente zur Überprüfung von Hypothesen und Klärung der Fragestellung
- Entwickeln alternativer Lösungswege
- Zielgerichtetes Auswählen und Einsetzen von Fachmethoden und Darstellungsformen
- Reflektieren der Möglichkeiten und Grenzen des Erkenntnisprozesses
- Herstellen von fachübergreifenden Bezügen
- Diskutieren von Möglichkeiten und Grenzen von Modellen

#### *Kommunikation*

- Situationsgerechtes Auswählen und Einsetzen von Kommunikationsformen
- Analysieren komplexer Quellen und Darstellung der daraus gewonnenen Erkenntnisse
- Darstellen eines eigenständig bearbeiteten komplexeren Sachverhaltes
- Begründen und Verteidigen einer eigenen Position in einem fachlichen Diskurs

#### *Bewertung*

- Nutzen fachspezifischer Erkenntnisse als Basis für die Bewertung eines Sachverhaltes
- Beziehen einer Position zu komplexen gesellschaftlich relevanten Fragen
- Betrachten gesellschaftlich relevanter Themen aus verschiedenen Perspektiven und Reflektieren der eigenen Position
- Entwickeln von begründeten Handlungsoptionen unter Bezug auf ökologische und ökonomische Gesichtspunkte



### **A 3 Vorschlag für einen möglichen Unterrichtsgang in der Einführungsphase**

#### **Unterrichtseinheit „Alkohol“**

Ausgehend von der Betrachtung der Wirkung des Trinkalkohols auf den Körper werden Fragestellungen entwickelt, die die Unterrichtseinheit strukturieren. In diesem Zusammenhang wird eine qualitative Analyse des Ethanols durchgeführt. Um die Resorption und Verteilung des Ethanols im Körper zu erklären, werden die Eigenschaften mithilfe der Molekülstruktur erläutert. Darauf aufbauend werden Experimente zur Löslichkeit durchgeführt, deren Deutung mithilfe von intermolekularen Wechselwirkungen erfolgt. Die Betrachtung des Ethanolabbaus im Körper führt zu der Oxidationsreihe des Ethanols. Die Beschäftigung mit den Gefahren des Konsums methanolhaltiger Getränke öffnet den Weg zur Erarbeitung der homologen Reihe der Alkanole. Experimente zur Oxidierbarkeit verschiedener Alkanole führen zur Einführung weiterer Stoffklassen sowie ihrer funktionellen Gruppen.

Im Rahmen dieser Unterrichtseinheit werden die individuellen und gesellschaftlichen Gefahren des Alkoholkonsums thematisiert.

#### **Unterrichtseinheit „Biogas“**

Ausgehend von der Veränderung des Landschaftsbildes durch Maisfelder und Biogasanlagen wird die Funktionsweise einer Biogasanlage erarbeitet. Die Zusammensetzung und die Verwendung von Biogas werden recherchiert. Hierbei wird Methan als Hauptbestandteil identifiziert. Biogas und Erdgas werden anschließend unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten miteinander verglichen.

Die Verbrennungsreaktion von Methan wird experimentell durchgeführt, die Verbrennungsprodukte werden nachgewiesen. Das Aufstellen von Reaktionsgleichungen von Verbrennungsreaktionen schafft die Voraussetzung für stöchiometrische Berechnungen. Angaben zum Kohlenstoffdioxidausstoß der Automobile werden durch Berechnungen nachvollzogen und beurteilt. Der Zusammenhang zum Treibhauseffekt wird hergestellt. Die Gewinnung fossiler Treibstoffe aus Erdöl durch fraktionierte Destillation und die Bedeutung des Crackverfahrens werden erarbeitet. Die Gaschromatografie als analytisches Verfahren wird beschrieben, Gaschromatogramme werden zur Identifizierung von Stoffen in Benzin genutzt. Zur Veranschaulichung der Funktionsweise eines Gaschromatografen bieten sich digitale Animationen an.

## A 4 Dokumentationsbogen: „Alkohol“

Unterrichtseinheit: Alkohol	Schulhalbjahr 11.1
-----------------------------	--------------------

### Kompetenzaufbau

- Schwerpunkt im Kompetenzbereich Sachkompetenz: Struktur-Eigenschaftsbeziehungen im Schwerpunkt für Ethanol, Wiederholung zu Kenntnissen zu Bindungen
- Schwerpunkt im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung: Experimentieren zu Stoffeigenschaften von Alkanolen, Modellarbeit
- Schwerpunkt im Kompetenzbereich Kommunikation: Trainieren und Festigen von Fachsprache, Arbeit und Präsentation im Team
- Schwerpunkt im Kompetenzbereich Bewertung: Erfassen der Bedeutung von Alkanolen im Alltag, Entwicklung einer eigenen Position zum Umgang mit Trinkalkohol

### Grober Verlauf

*Hinweis:* Es erfolgt zu Beginn keine Wiederholung zu Bindungen etc., dieses wird in die UE integriert.

- Einstieg: Filmausschnitt: Tiere und die Marula-Frucht; die Lernenden entwickeln Fragen zum Thema Alkohol, die Fragen werden mittels einer Mindmap strukturiert.
- Experimentelle Untersuchungen sowie Auswertungen zur Gärung finden statt.
- Eine qualitative Analyse zur Untersuchung von Ethanol wird durchgeführt.
- Eine quantitative Analyse zum Ethanol wird theoretisch durchgeführt.
- Die Summen-/Molekülformel eines Ethanol-Moleküls wird entwickelt und ggf. experimentell überprüft (Experiment mit Lithium), verschiedene Darstellungsformen werden genutzt.
- Es erfolgt ein Exkurs zu Bindungen (EPA-Modell, Lewis-Schreibweise, Strukturformel).
- Bindungstypen werden wiederholt und gegeneinander abgegrenzt.
- Verschiedene Alkanole werden experimentell untersucht (Siedetemperatur, Löslichkeit, Brennbarkeit), intermolekulare Wechselwirkungen werden zur Deutung verwendet.
- Die homologe Reihe der Alkanole wird eingeführt.
- Die IUPAC-Nomenklatur zur Benennung der Alkanole wird eingeführt.
- Strukturisomere werden eingeführt (primäre Alkanole, sekundäre Alkanole, tertiäre Alkanole).
- Die aufgeworfenen Fragen zum Alkohol werden in einem Lernzirkel erarbeitet, hierbei werden Berechnungen zum Blutalkoholgehalt, Alkohol als Zellgift, Rauschwirkung, Vergleiche mit Methanol, mehrwertige Alkanole etc. erarbeitet. Die Angaben zur Marula-Frucht werden kritisch reflektiert.
- Ausgehend von der Oxidation von Ethanol zu Ethanal bzw. Methanol zu Methanal im Körper wird die Oxidation von Alkanolen erarbeitet.
- Es finden experimentelle Untersuchungen mit verschiedenen Butanolen und Kupferoxid statt.
- Redoxreaktionen werden auf Basis von Oxidationszahlen analysiert.
- Weitere Stoffklassen und ihre funktionellen Gruppen werden über die Oxidationsreihe der Alkanole eingeführt.

### Mögliche Erweiterungen:

- Flussdiagramme zu Herstellungsprozessen, z. B. von Bier
- Einführung der Gaschromatografie zur Identifikation von Ethanol in Getränken oder in der Atemluft

Bezug zu den Basiskonzepten	
Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atom- und Molekülbau (am Bsp. der Alkanole)</li> <li>• chemische Bindung</li> <li>• Stoffeigenschaften (am Bsp. der Alkanole)</li> <li>• funktionelle Gruppen (Hydroxy-Gruppe, Keto-Gruppe, Aldehyd-Gruppe, Carboxy-Gruppe)</li> <li>• Stoffklassen (Alkanole, Alkanale, Alkanone, Alkansäuren)</li> <li>• inter- und intramolekulare Wechselwirkungen</li> <li>• analytische Verfahren (qualitative und quantitative Elementaranalyse am Bsp. von Ethanol)</li> <li>• Verwendungsmöglichkeiten (verschiedener Alkanole)</li> </ul>
Konzept der chemischen Reaktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektronenübertragungsreaktionen (Oxidationsreihe der Alkanole)</li> <li>• Nachweisreaktionen (zur Deutung der qualitativen Analyse von Ethanol)</li> </ul>
Energiekonzept	nicht im Schwerpunkt angesprochen

Kompetenzbereich Sachkompetenz (Zuordnung zu den Kompetenzen gemäß der Bildungsstandards) Die Lernenden ...	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben, dass Moleküle ausgewählter organischer Verbindungen Kohlenstoff- und Wasserstoffatome enthalten. (S2)</li> <li>• unterscheiden anorganische und organische Stoffe. (S1)</li> <li>• stellen organische Moleküle in der Lewis-Schreibweise dar. (S13)</li> <li>• verwenden das EPA-Modell zur Erklärung der räumlichen Struktur organischer Moleküle. (S13)</li> <li>• entwickeln die Strukturisomerie organischer Moleküle. (S13)</li> <li>• beschreiben die Elektronegativität als Maß für die Fähigkeit eines Atoms Bindungselektronen anzuziehen. (S11)</li> <li>• differenzieren zwischen polaren und unpolaren Atombindungen/Elektronenpaarbindungen in Molekülen. (S6, S13, S11)</li> <li>• unterscheiden Dipolmoleküle und unpolare Moleküle. (S9)</li> <li>• grenzen Atombindungen/Elektronenpaarbindungen von Ionenbindungen ab. (S1)</li> <li>• beschreiben den Aufbau von Ionenverbindungen in Ionengittern. (S11)</li> <li>• erklären Stoffeigenschaften mithilfe von inter- und intramolekularen Wechselwirkungen: London-Kräfte, Dipol-Dipol WW, Ion-Dipol WW, Wasserstoffbrücken. (S13)</li> <li>• unterscheiden zwischen Hydrophilie und Lipophilie. (S1, S10)</li> <li>• stellen die Reaktionsgleichungen zur Oxidation von Alkanolen mit Kupferoxid auf. (S16)</li> <li>• stellen Redoxreaktionen mit Molekülverbindungen mithilfe von Oxidationszahlen dar. (S16)</li> <li>• unterscheiden zwischen primären, sekundären und tertiären Kohlenstoffatomen. (S1)</li> <li>• beschreiben die Oxidierbarkeit primärer, sekundärer und tertiärer Alkanole. (S1, S2)</li> <li>• beschreiben die Molekülstruktur von Alkanolen, Alkanalen, Alkanonen und Alkansäuren. (S1)</li> <li>• benennen die funktionellen Gruppen: Hydroxy-, Carbonyl- (Aldehyd-, Keto-), Carboxy-Gruppe. (S1)</li> </ul>	

**Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung** (Zuordnung zu den Kompetenzen gemäß der Bildungsstandards)

Die Lernenden ...

- führen qualitative Experimente zum Nachweis von Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen durch. (E5)
- veranschaulichen die Struktur organischer Moleküle mit Modellen. (E7)
- verwenden verschiedene Schreibweisen organischer Moleküle (Summen-/Molekülformel, Lewis-Schreibweise, Skelettformel, Halbstrukturformel). (E7)
- diskutieren die Möglichkeiten und Grenzen von Anschauungsmodellen. (E9)
- leiten aus einer Summen-/Molekülformel Strukturisomere ab. (E7)
- wenden die Kenntnisse über die Elektronegativität zur Erklärung der Polarität von Bindungen an. (E7)
- führen Experimente zur Löslichkeit durch. (E5)
- verwenden geeignete Darstellungen zur Erklärung der Löslichkeit. (E7)
- recherchieren Siedetemperaturen in Tabellen. (E7, E8)
- erklären Siedetemperaturen und Löslichkeiten. (E3, E7, E8)
- führen Experimente zur Oxidation von Alkanolen durch. (E5)
- planen Experimente zur Herstellung ausgewählter Oxidationsprodukte der Alkanole. (E4)

**Kompetenzbereich Kommunikation** (Zuordnung zu den Kompetenzen gemäß der Bildungsstandards)

Die Lernenden ...

- unterscheiden Stoff- und Teilchenebene. (K9)
- nutzen räumliche Strukturdarstellungen und überführen diese in die Lewis-Schreibweise. (K7)
- benennen organische Moleküle nach der IUPAC-Nomenklatur. (K9)
- stellen Polaritäten in Bindungen mit Symbolen dar. (K9)
- stellen den Zusammenhang zwischen Stoffeigenschaft und Molekülstruktur fachsprachlich dar. (K6, K9)
- beschreiben die Elektronenübertragung anhand der veränderten Oxidationszahlen. (K9)
- wenden die IUPAC Nomenklatur zur Benennung der Oxidationsprodukte der Alkanole an. (K9)

**Kompetenzbereich Bewertung** (Zuordnung zu den Kompetenzen gemäß der Bildungsstandards)

Die Lernenden ...

- reflektieren den Nutzen der IUPAC-Nomenklatur. (B7)
- erklären mithilfe von inter- und intramolekularen Wechselwirkungen (einschließlich Ionen-Dipol-Wechselwirkungen) Phänomene ihrer Lebenswelt. (B7)
- reflektieren, dass Methanol und Ethanol als Zellgifte wirken. (B5, B8)
- wenden ihre Kenntnisse über die Oxidation von Ethanol auf physiologische Prozesse an: Alkoholabbau im Körper, Herstellung von Essigsäure. (B8)
- beurteilen die Gefahren ausgewählter Oxidationsprodukte der Alkanole und leiten daraus begründet Handlungsoptionen ab. (B11)

#### **Anregungen für Lehr- bzw. Lernmethoden**

- Schülerexperimente
- Lernen an Stationen
- Expertenbefragung (Polizei, Suchtberatungsstelle etc.)
- Podiumsdiskussion oder Rollenspiel (Abschluss der UE)

#### **Materialien und Fundstellen**

je nach Schulausstattung auszufüllen: Medien, Literatur, Software, Modelle, ...

#### **Zeitbedarf**

bis zu einem Halbjahr, je nach Umfang der Wiederholungsblöcke

#### **Möglichkeiten zur Leistungsbewertung**

- Lernzirkel
- Klausur

## **A 5 Vorschlag für einen möglichen Unterrichtsgang in der Qualifikationsphase**

### **Semesterthema 1: Verbrennung fossiler Energieträger und die Auswirkung auf die Ozeane**

#### **Unterrichtseinheit „Treibstoffe“**

Die Unterrichtseinheit „Treibstoffe“ schließt an die Einführungsphase an. In dieser Unterrichtseinheit stehen energetische Betrachtungen im Mittelpunkt. Die Eignung verschiedener Stoffe als Treibstoffe wird exemplarisch auch in kalorimetrischen Messungen untersucht. Zur Auswertung bietet sich der Einsatz digitaler Messwerttechnik an. In diesem Zusammenhang erfolgt die fachsystematische Erarbeitung der thermodynamischen Grundlagen (Reaktionsenthalpien und Standardbildungsenthalpien). Bei der Einführung von Standardbildungsenthalpien erfolgt ein kurzer Exkurs zu den Modifikationen des Kohlenstoffs. Die Betrachtung der durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe entstehenden Abgase und deren Folgen für die Umwelt bildet den Ausgangspunkt, um sich kritisch mit verschiedenen Energieträgern auseinanderzusetzen. Einsatz und Energieeffizienz von Treibstoffen werden darüber hinaus vor dem Hintergrund der Ressourcenverfügbarkeit diskutiert.

Die erworbenen Kenntnisse werden auch auf Brennwertbetrachtungen (z. B. von Lebensmitteln) und auf Lösungsprozesse angewendet.

Die Verbrennungsreaktionen werden genutzt, um die Energieentwertung als Zunahme der Entropie zu beschreiben. Das Wechselspiel von Entropie und Enthalpie wird als Kriterium für den freiwilligen Ablauf von Prozessen erläutert. Es werden Berechnungen mit der Gibbs-Helmholtz-Gleichung durchgeführt.

Außerdem wird der Einsatz von Katalysatoren bei der Veredlung von Kraftstoffen und deren Verbrennung beurteilt.

*Fachinhalte, die nicht Bestandteil des gA-Curriculums sind: Entropie, Gibbs-Helmholtz-Gleichung*

#### **Unterrichtseinheit „Chemie der Ozeane“**

Ausgehend vom globalen Anstieg des Kohlenstoffdioxidgehalts in der Atmosphäre werden der Kohlenstoffkreislauf betrachtet und die Löslichkeit des Kohlenstoffdioxids in Wasser untersucht. Auf der Grundlage von kinetischen Betrachtungen wird das chemische Gleichgewicht als dynamisches Gleichgewicht identifiziert und gleichzeitig als Zustand beschrieben. Dies liefert die Voraussetzung, real ablaufende Vorgänge in Modelle zu übertragen und zu diskutieren. In diesem Zusammenhang bietet sich die Erstellung von Stop-Motion-Filmen an.

In Bezug auf die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser werden beeinflussende Faktoren experimentell untersucht. Der Einfluss äußerer Faktoren auf die Gleichgewichtskonzentrationen wird qualitativ betrachtet (Le Chatelier). Im Anschluss erfolgen quantitative Betrachtungen durch Anwendung des Massenwirkungsgesetzes. Der Salzgehalt der Meere ist Ausgangspunkt für die Behandlung von Löslichkeitsgleichgewichten.

Die Erkenntnisse zum chemischen Gleichgewicht werden qualitativ und quantitativ auf andere Beispiele übertragen, u. a. auf das Haber-Bosch-Verfahren. Am Beispiel des Haber-Bosch-Verfahrens werden komplexe Kommunikations- und Bewertungskompetenzen geschult.

Ausgehend von der Versauerung der Meere wird die Kohlensäure als schwache Säure eingeführt und die Säure-Base-Theorie nach Brönsted erarbeitet. Das Massenwirkungsgesetz wird angewendet und zur Definition der Säurekonstanten genutzt. Zum Verständnis des komplexen Kohlensäure-Systems werden zunächst vereinfachte Betrachtungen durchgeführt. Dazu werden pH-Werte verschiedener saurer und alkalischer Lösungen gemessen. Die Säure- bzw. Basenkonstante wird zur Unterscheidung von starken und schwachen Säuren und Basen genutzt. pH-Wert-Berechnungen werden durchgeführt. Die Stoffmengenkonzentration der Lösungen von starken bzw. schwachen Säuren und Basen wird durch Titration mithilfe von Indikatoren bestimmt. Diese Grundlagen werden anschließend auf das Kohlensäure-System angewendet.

*Fachinhalte, die nicht Bestandteil des gA-Curriculums sind: Berechnung von Gleichgewichtskonstanten und Gleichgewichtskonzentrationen, mehrprotonige Säuren, pH-Wert-Berechnungen von Lösungen schwacher Basen*

*Hinweis: Die Fachinhalte zu Säure-Base-Chemie werden für gA-Kurse im 2. Semester unterrichtet, hierbei sollte ein anderer Kontext als das komplexe Kohlensäure-System verwendet werden, z. B. saure und alkalische Haushaltsreiniger.*

## **Semesterthema 2: Donator-Akzeptor-Reaktionen**

### **Unterrichtseinheit „Titration als ein analytisches Verfahren“**

Gehaltsangaben verschiedener Essigsorten werden experimentell mithilfe von Titrationskurven geprüft. Titrationskurven starker und schwacher einprotoniger Säuren werden mit digitaler Messwerttechnik aufgenommen und die Säuren werden anhand der Titrationskurven verglichen. Charakteristische Punkte von Titrationskurven werden ermittelt und unter Rückbezug zu Kenntnissen des vorherigen Semesters erklärt und berechnet. Die charakteristischen Punkte einer Titrationskurve einer schwachen Base gegen eine starke Säure werden berechnet, die Kurve wird anschließend skizziert. Titrationskurven mehrprotoniger Säuren werden mit den zuvor aufgenommenen Titrationskurven einprotoniger Säuren verglichen. Hierfür bieten sich digitale Werkzeuge an.

Zur Einführung und Deutung der Pufferwirkung wird das bekannte Gleichgewicht Kohlenstoffdioxid/Hydrogencarbonat genutzt. Hierbei finden experimentelle Untersuchungen statt und ein Bezug zu Titrationskurven wird hergestellt.

*Fachinhalte, die nicht Bestandteil des gA-Curriculums sind: Titrationskurven, Puffersysteme*

*Hinweis: Die Fachinhalte für gA-Kurse zur Säure-Base-Chemie werden in diesem Semester in einem anderen Kontext unterrichtet (s. o.).*

## **Unterrichtseinheit „Vom Rost zur Batterie“**

Das Phänomen der elektrochemischen Korrosion wird am Beispiel des Rostens von Eisen eingeführt. Grundlegende Kenntnisse aus der SI und der Einführungsphase zu Redoxreaktionen werden aufgegriffen. Das Entwickeln von Redoxgleichungen über Oxidationszahlen und Teilgleichungen wird vermittelt und geübt. Unter Ausweitung auf andere Metalle werden Säure- und Sauerstoffkorrosion unterschieden. Das Donator-Akzeptor-Konzept wird vergleichend auf Säure-Base- und Redoxreaktionen angewendet. Die Auseinandersetzung mit wirtschaftlichen Folgen durch Korrosionsschäden führt zur Thematik des Korrosionsschutzes (exemplarisch: Opferanode). Die koordinative Bindung wird am Beispiel des Nachweises von Eisen-Ionen beschrieben. Als digitales Medium zur besseren Prozessdokumentation von Experimenten zur Korrosion und zum Korrosionsschutz bieten sich Zeitrafferfilme an.

Anhand der Experimente wird ein Lokalelement identifiziert und beschrieben. Ausgehend vom Lokalelement werden der grundsätzliche Aufbau und die Funktionsweise galvanischer Zellen erarbeitet. Die Redoxreihe der Metalle wird experimentell untersucht und die Metallbindung thematisiert. Kenntnisse zum chemischen Gleichgewicht werden auf galvanische Zellen angewendet (elektrochemische Doppelschicht) und auf die Batteriesysteme übertragen. Zur Veranschaulichung der Prozesse in der elektrochemischen Doppelschicht bietet sich als digitales Medium die Animation an. Die Konzentrationsabhängigkeit des Elektrodenpotenzials wird mit der Nernst-Gleichung beschrieben, Berechnungen, auch unter Verwendung an der Schule eingeführter Systeme, finden statt.

Recherchen zu Batteriesystemen, Akkumulatoren und Brennstoffzellen werden durchgeführt, die Ergebnisse können in Form von digitalen Medien, z. B. Erklärvideos, präsentiert werden. Ausgehend von einem Akkumulator wird der Aufbau und die Funktion von Elektrolysezellen erarbeitet. An einem ausgewählten System wird die Zersetzungsspannung gemessen. Durch das Modell der Überspannung werden Konkurrenzreaktionen an Elektroden erklärt. In diesem Zusammenhang kann die Bedeutung von Löslichkeitsgleichgewichten schwerlöslicher Salze für konstante Elektrodenpotenziale betrachtet werden. Es finden Berechnungen mit den Faraday-Gesetzen statt.

Die Erkenntnisse dieses Semesters werden am Verfahren der Redoxtitration zusammengeführt. Das Donator-Akzeptor-Konzept wird vergleichend auf Säure-Base- und Redoxreaktionen angewendet. Mit der Iodometrie erfolgt eine vertiefende Anwendung von Redoxtitrationen. Hierbei wird die Iod-Stärke-Reaktion als Nachweis eingesetzt.

*Fachinhalte, die nicht Bestandteil des gA-Curriculums sind: koordinative Bindung, Nernst-Gleichung, Recherche zu Batterien, Akkus und Brennstoffzellen, Zersetzungsspannung, Überspannung, Löslichkeitsgleichgewicht, Faraday-Gesetze, Redoxtitration*

## Semesterthema 3: Organische Verbindungen und ihre Reaktionswege

### Unterrichtseinheit „Ethanol – zu schade zum Verbrennen?“

Den Ausgangspunkt bildet Ethanol, das sowohl aus der Einführungsphase als auch als Treibstoff aus der ersten Unterrichtseinheit bekannt ist. Ausgehend von der Fragestellung: „Ethanol – zu schade zum Verbrennen?“ werden weitere Verwendungsmöglichkeiten, z. B. als Lösungsmittel, diskutiert. Die Überlegungen werden auf verschiedene Alkanole ausgeweitet. Die Oxidationsreihe der Alkanole wird wiederholt.

Die Benedict-Reaktion wird zur Unterscheidung von Alkanalen und Alkanonen durchgeführt und als Redoxreaktion mit Teilgleichungen dargestellt.

Um die Lernenden in mechanistische Denkweisen einzuführen, wird zunächst der Reaktionsmechanismus der radikalischen Substitution erarbeitet. Hierbei erfolgen Anwendungen von Nachweisreaktionen (Halogenid-Ionen-Nachweis, Hydronium/Oxonium-Ionen-Nachweis). Gaschromatogramme werden genutzt, um Produkte konkurrierender Reaktionen zu identifizieren. Zur Planung der Herstellung von Ethanol wird die Hydratisierung von Ethen betrachtet (Reaktionsmechanismus  $A_E$ ). Der Nachweis der Doppelbindung mithilfe von Brom wird eingeführt. Die Verwendung von Alkanolen als Edukte für die Herstellung von Estern und bestimmten Halogenalkanen führt zur Behandlung der Reaktionstypen der Kondensation und Substitution. Die Reaktionsmechanismen der nucleophilen Substitution und der Veresterung werden erarbeitet. Abschließend wird der Reaktionstyp der Eliminierung als Umkehrung der Hydratisierung angesprochen. Die cis-trans-Isomerie wird thematisiert. Es erfolgt eine Ausweitung auf Reaktionen verschiedener Alkanole (verzweigte, länger-kettige Moleküle) mit unterschiedlichen Reaktionspartnern (symmetrische und asymmetrische Moleküle, induktive Effekte). Gaschromatogramme können genutzt werden, um Produktverhältnisse zu analysieren. Reaktionsmechanismen werden in Strukturformeln dargestellt und beschrieben, reaktive Teilchen werden identifiziert und benannt. Synthesewege für vorgegebene Alkanole werden geplant.

Die erworbenen Kenntnisse werden zur Beschreibung des Reaktionsmechanismus der elektrophilen Substitution (Erstsubstitution) angewendet. In diesem Zusammenhang wird Benzol als aromatisches System erfasst. Als digitales Medium für die Darstellung von Reaktionsmechanismen bieten sich Stop-Motion-Filme an.

*Fachinhalte, die nicht Bestandteil des gA-Curriculums sind: Reaktionsmechanismen der nucleophilen Substitution und der Veresterung, Planung von Synthesewegen, Gaschromatografie, Benzol, Reaktionsmechanismus  $S_E$*

### Unterrichtseinheit „Mikroplastik“

Ausgehend vom Mikroplastik im Meer werden chemische Fragestellungen entwickelt. Kunststoffe werden untersucht und in Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere eingeteilt. Die Stoffeigenschaften werden anhand von Struktur-Eigenschafts-Beziehungen beschrieben und Anwendungsbereiche abgeleitet. Der Reaktionstyp der Polymerisation wird beschrieben. In Polymer-Strukturen



werden die jeweiligen Monomere identifiziert. Der Reaktionsmechanismus der radikalischen Polymerisation wird unter Rückbezug zur vorausgegangenen Unterrichtseinheit dargestellt. Die Problematik des Mikroplastiks wird auf die Eigenschaften der Kunststoffe zurückgeführt. Die Bedeutung von Recyclingprozessen wird erfasst, in diesem Zusammenhang wird ein Wertstoffkreislauf thematisiert. Abschließend werden ökologische und ökonomische Faktoren in Bezug auf Mikroplastik bewertet und Handlungsoptionen abgeleitet.

*Fachinhalte, die nicht Bestandteil des gA-Curriculums sind: Reaktionsmechanismus der radikalischen Polymerisation, Beurteilung von ökonomischen und ökologischen Aspekten*

*Hinweis: Die Fachinhalte zu Kunststoffen werden für gA-Kurse im 4. Semester unterrichtet.*

## **Semesterthema 4: Naturstoffe und Nanostrukturen**

### **Unterrichtseinheit „Vom Kompost zur Biogasanlage“**

Als Alternative zu traditionellen Kunststoffen wird ein kompostierbarer Biokunststoff aus Stärke betrachtet. Die Iod-Stärke-Reaktion wird genutzt, um die Abbaubarkeit zu prüfen. Das Monomer Glucose wird beschrieben. Am Beispiel der D- und L-Glucose wird das Phänomen der Chiralität eingeführt. Zur Visualisierung werden digitale Hilfsmittel eingesetzt. Proteine, die durch die Biuret-Probe nachgewiesen werden, befinden sich ebenfalls im Kompost. Proteine werden als Polymere beschrieben, in denen Aminosäuren über Peptid-Bindungen miteinander verknüpft sind. Zur Beschreibung der Struktur des Makromoleküls werden Kenntnisse zu intramolekularen Wechselwirkungen angewendet. Die Abbaubarkeit im Kompost wird mit den Reaktionen in der Biogasanlage abschließend verglichen. An dieser Stelle bieten sich Rückbezüge zur Energetik an.

*Fachinhalte, die nicht Bestandteil des gA-Curriculums sind: Chiralität, Proteine (erforderlich ist nur die Kenntnis der Amino-Gruppe als funktionelle Gruppe)*

### **Unterrichtseinheit „Funktionskleidung“**

Anknüpfend an die Unterrichtseinheit zu Mikroplastik wird Funktionskleidung als weitere Quelle für Mikroplastik genannt. Nanomaterialien in Funktionskleidung werden beschrieben, z. B. Imprägnierspray, Silberpartikel, wasserdampfdurchlässige Membran. Nanoteilchen werden anhand ihrer Größe definiert und Nanostrukturen werden mithilfe ihrer Oberflächeneigenschaften beschrieben. Funktionskleidung wird in Bezug auf Nutzen und Risiken beurteilt.

*Fachinhalte, die nicht Bestandteil des gA-Curriculums sind: Nanostrukturen*

*Hinweis: Die Fachinhalte zu Kunststoffen werden für gA-Kurse im 4. Semester unterrichtet. Hier ist es sinnvoll, als Kursthema „Makromoleküle“ zu verwenden.*

## A 6 Mögliche Semesterthemen und Unterrichtseinheiten in der Qualifikationsphase

Im Folgenden wird ein Überblick über die ausgewählten Semesterthemen sowie Unterrichtseinheiten in der Qualifikationsphase gegeben. Hierbei erfolgt eine Unterscheidung in eA- und gA-Kurse gemäß des dargestellten Unterrichtsgangs. Mögliche alternative Unterrichtseinheiten werden aufgeführt.

	Semesterthemen und Unterrichtseinheiten für eA-Kurse	Semesterthemen und Unterrichtseinheiten für gA-Kurse	Alternative Unterrichtseinheiten
1	<i>Verbrennung fossiler Energieträger und die Auswirkung auf die Ozeane</i>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Treibstoffe</b></li> <li>• <b>Chemie der Ozeane</b></li> </ul>	<i>Verbrennung fossiler Energieträger und die Auswirkung auf die Ozeane</i>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Treibstoffe</b></li> <li>• <b>Chemie der Ozeane</b> (ohne Bezüge zu Säure-Base-Chemie)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heating und Cooling Packs</li> <li>• Nahrung und Energie</li> <li>• Treibhauseffekt und Atmosphäre</li> <li>• ...</li> </ul>
2	<i>Donator-Akzeptor-Reaktionen</i>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Titration als ein analytisches Verfahren</b></li> <li>• <b>Vom Rost zur Batterie</b></li> </ul>	<i>Donator-Akzeptor-Reaktionen</i>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Saure und alkalische Haushaltsreiniger</b></li> <li>• <b>Vom Rost zur Batterie</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chemie im Mund</li> <li>• Lebenssaft Blut</li> <li>• Aspirin</li> <li>• Mobile Energiequellen</li> <li>• ...</li> </ul>
3	<i>Organische Verbindungen und ihre Reaktionswege</i>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ethanol – zu schade zum Verbrennen?</b></li> <li>• <b>Mikroplastik</b></li> </ul>	<i>Organische Verbindungen und ihre Reaktionswege</i>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ethanol – zu schade zum Verbrennen?</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textilfasern</li> <li>• Kunststoffe im Auto</li> <li>• Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen</li> <li>• Vom Erdöl zum Kaugummi</li> <li>• Müll - zu schade zum Wegwerfen?</li> <li>• Von Jute zu Plastik</li> <li>• Vom Kautschuk zum High-Tech-Reifen</li> <li>• ...</li> </ul>
4	<i>Naturstoffe und Nanostrukturen</i>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Vom Kompost zur Biogasanlage</b></li> <li>• <b>Funktionskleidung</b></li> </ul>	<i>Makromoleküle</i>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Mikroplastik</b></li> <li>• <b>Vom Kompost zur Biogasanlage</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ...</li> </ul>

## A 7 Dokumentationsbogen: „Treibstoffe“

<b>Unterrichtseinheit Treibstoffe</b>	<b>Semester 12.1</b>
<b>Semesterthema</b>	
Verbrennung fossiler Energieträger und die Auswirkung auf die Ozeane	
<b>Kompetenzaufbau</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Schwerpunkt im Kompetenzbereich Sachkompetenz: Energetik chemischer Reaktionen</li><li>• Schwerpunkt im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung: Durchführen und Auswerten von kalorimetrischen Messungen unter Nutzung digitaler Messwerttechnik; Durchführen von Modellexperimente zum Treibhauseffekt</li><li>• Schwerpunkt im Kompetenzbereich Kommunikation: Arbeiten mit Diagrammen, Recherchieren, Arbeiten und Präsentieren im Team</li><li>• Schwerpunkt im Kompetenzbereich Bewertung: Beurteilen von ökologischen und ökonomischen Aspekten herkömmlicher und alternativer Energieträger, Entwickeln einer eigenen Position zur Klima-Diskussion</li></ul>	
<b>Grober Verlauf</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Einstieg: Aktuelle Treibstoffdiskussion, z. B. Video, Zeitungsartikel, ...</li><li>• Lernende formulieren Fragen zum Thema: „Treibstoff der Zukunft?“ Die Fragen werden strukturiert und geordnet.</li><li>• Ausgehend von der Frage, wie sich Treibstoffe vergleichen lassen, werden Bezüge zur Energetik (Innere Energie, Reflexion von energetischen Begriffen in der Alltagssprache) hergestellt.</li><li>• Es bieten sich wiederholende Aspekte zur Gewinnung und Zusammensetzung von konventionellen Treibstoffen an. In diesem Zusammenhang werden Aspekte aus der Einführungsphase, z. B. die IUPAC-Nomenklatur, aufgegriffen und vertieft.</li><li>• Ausgewählte Treibstoffe (verschiedene Alkane, Ethanol, Erdgas und Wasserstoff) werden experimentell kalorimetrisch untersucht. Es werden Enthalpieberechnungen und Berechnungen zum Heizwert durchgeführt.</li><li>• Messwerte werden kritisch mit Literaturwerten verglichen.</li><li>• Enthalpiewerte werden unter Standardbedingungen berechnet.</li><li>• Es erfolgt ein kurzer Exkurs zu Modifikationen des Kohlenstoffs.</li><li>• Die Energieeffizienz verschiedener Motoren wird verglichen.</li><li>• Treibstoffe werden bezüglich der Ressourcenverfügbarkeit betrachtet.</li><li>• Die Treibstoffe werden in einer Bewertungsmatrix eingestuft, ggf. noch nicht betrachtete Treibstoffe werden durch Recherche ergänzt.</li><li>• Weiterführende Fragen können recherchiert werden.</li><li>• Es erfolgt ein Rückbezug zu den Eingangsfragen und zum „Treibstoff der Zukunft“.</li><li>• In Bezug auf Benzol als Zusatz in Benzin erfolgen Erarbeitungen zum Benzol-Molekül (nur eA).</li></ul> <p><b>Anwendung und Erweiterung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Die erworbenen Kenntnisse zu energetischen Betrachtungen werden auf Brennwertbetrachtungen (z. B. von Lebensmitteln) und auf Lösungsprozesse angewendet.</li><li>• Entropiebetrachtungen finden statt (nur eA).</li><li>• Anwendung und Übungen mit der Gibbs-Helmholtz-Gleichung (nur eA).</li></ul> <p><b>Abgasproblematik und Treibhauseffekt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Aufgabe und Wirkungsweise von Abgaskatalysatoren werden thematisiert.</li><li>• Kenntnisse werden mit denen aus der Einführungsphase, z. B. zum Kohlenstoffdioxidausstoß von Automobilen, vernetzt,</li><li>• Ein Modellexperiment zum Treibhauseffekt wird durchgeführt.</li><li>• Zur globalen Treibhausproblematik wird recherchiert.</li></ul>	

Bezug zu den Basiskonzepten	
Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atom- und Molekülbau (Vernetzung zur EP: Alkane, Alkanole)</li> <li>• funktionelle Gruppen (Hydroxy-Gruppe)</li> <li>• Stoffklassen (Alkane, Alkohole, Benzol als Vertreter der Aromaten)</li> <li>• Modifikation (von Kohlenstoff)</li> </ul>
Konzept der chemischen Reaktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbrennungsreaktionen</li> </ul>
Energiekonzept	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieformen, -umwandlung,- kreislauf</li> <li>• Energie chemischer Bindungen</li> <li>• Enthalpie und Entropie</li> <li>• Katalysatoren (Wirkung von Abgaskatalysatoren)</li> </ul>

Kompetenzbereich Sachkompetenz (Zuordnung zu den Kompetenzen gemäß der Bildungsstandards) Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Innere Energie eines stofflichen Systems als Summe aus Kernenergie, chemischer Energie und thermischer Energie dieses Systems.</li> <li>• nennen den ersten Hauptsatz der Thermodynamik.</li> <li>• erklären die Enthalpieänderung als ausgetauschte Wärme bei konstantem Druck. (S3, S12)</li> <li>• nennen die Definition der Standard-Bildungsenthalpie. (S3)</li> <li>• beschreiben den unterschiedlichen Energiegehalt von Modifikationen. (S3)</li> <li>• beschreiben die Molekülstruktur von Alkanalen und Alkanolen. (S1)</li> <li>• benennen die Hydroxy-Gruppe als funktionelle Gruppe der Alkanole. (S1)</li> <li>• <b>erklären die Mesomerie des Benzol-Moleküls mithilfe von Grenzstrukturen in der Lewis-Schreibweise (eA). (S11)</b></li> <li>• <b>beschreiben die Mesomerieenergie des Benzols (eA).</b></li> <li>• <b>nennen den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik (eA). (Bildungsstandards 2.6.2)</b></li> <li>• <b>beschreiben die Entropie eines Systems (eA). (S3)</b></li> <li>• <b>erläutern das Wechselspiel zwischen Enthalpie und Entropie als Kriterium für den freiwilligen Ablauf chemischer Prozesse (eA). (S12)</b></li> <li>• <b>beschreiben Energieentwertung als Zunahme der Entropie (eA). (S12)</b></li> <li>• <b>beschreiben die Aussagekraft der freien Enthalpie (eA). (S3)</b></li> <li>• <b>führen Berechnungen mit der Gibbs-Helmholtz-Gleichung durch (eA). (S17)</b></li> <li>• beschreiben den Einfluss eines Katalysators auf die Aktivierungsenergie. (S8)</li> </ul>
Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (Zuordnung zu den Kompetenzen gemäß der Bildungsstandards) Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen Experimente zur Ermittlung von Reaktionsenthalpien in einfachen Kalorimetern durch und reflektieren ihre Ergebnisse. (E1, E5, E10, E11, E12)</li> <li>• nutzen digitale Messwerttechnik zur Auswertung kalorimetrischer Experimente. (E6)</li> <li>• erklären die Lösungsenthalpie als Summe aus Gitterenthalpie und Hydratationsenthalpie. (E5)</li> <li>• nutzen den Satz von Hess, um Reaktionsenthalpien zu berechnen. (E8)</li> <li>• nutzen tabellierte Daten zur Berechnung von Standard- Reaktionsenthalpien aus Standard-Bildungsenthalpien. (E8)</li> <li>• <b>wenden das Mesomeriemodell zur Erklärung des aromatischen Zustands des Benzol-Moleküls an (eA). (E7)</b></li> <li>• <b>diskutieren Möglichkeiten und Grenzen von Modellen (eA). (E9)</b></li> <li>• nutzen die Modellvorstellung des Übergangszustands zur Beschreibung der Katalysatorwirkung. (E7)</li> </ul>

<b>Kompetenzbereich Kommunikation</b> (Zuordnung zu den Kompetenzen gemäß der Bildungsstandards) Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• übersetzen die Alltagsbegriffe „Energiequelle“, „Wärmeenergie“, „verbrauchte Energie“ und „Energieverlust“ in Fachsprache. (K6)</li> <li>• stellen die Enthalpieänderungen in einem Enthalpiediagramm dar. (K7)</li> <li>• interpretieren Enthalpiediagramme. (K8)</li> <li>• wenden die IUPAC-Nomenklatur zur Benennung organischer Verbindungen an. (K9)</li> <li>• <b>nutzen die Gibbs-Helmholtz-Gleichung, um Aussagen zum freiwilligen Ablauf chemischer Prozesse zu machen. (K10)</b></li> <li>• <b>stellen die Mesomerieenergie des Benzols in einem Enthalpiediagramm dar (eA). (K7)</b></li> <li>• stellen die Wirkung eines Katalysators in einem Energiediagramm dar. (K7)</li> </ul>
<b>Kompetenzbereich Bewertung</b> (Zuordnung zu den Kompetenzen gemäß der Bildungsstandards) Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beurteilen grundlegende Aspekte zu Gefahren und Sicherheit in Labor und Alltag. (B11)</li> <li>• beurteilen ausgewählter Prozesse ihrer Lebenswelt aus energetischer Perspektive. (B5, B6, B7, B8)</li> <li>• beurteilen ökologische und ökonomische Aspekte herkömmlicher und alternativer Energieträger. (B7, B9, B13, B14) 2.6.4 aus Bildungsstandards</li> <li>• reflektieren den Nutzen der IUPAC-Nomenklatur. (B7)</li> <li>• beurteilen den Einsatz von Katalysatoren in technischen Prozessen. (B6)</li> </ul>

<b>Erweiterungsmöglichkeiten</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strahlungsbilanz beim Treibhauseffekt</li> <li>• Wasserstofftechnologie</li> <li>• verschiedene Antriebstechniken</li> <li>• weitergehende Betrachtungen zum Klimawandel</li> <li>• politische Diskussionen zum Klimawandel</li> </ul>

<b>Anregungen für Lehr- bzw. Lernmethoden</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schülerexperimente</li> <li>• Lernen an Stationen</li> <li>• Arbeitsteilige Gruppenarbeit</li> <li>• Expertenrunde</li> <li>• Referate</li> <li>• Podiumsdiskussion oder Rollenspiel (Abschluss der UE)</li> </ul>

<b>Materialien und Fundstellen</b>
Je nach Schulausstattung auszufüllen: Medien, Literatur, Software, Modelle zum Treibhauseffekt etc.

<b>Zeitbedarf</b>
ca. 12 Wochen bei 5-stündigem Unterricht

<b>Möglichkeiten zur Leistungsbewertung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppenarbeit</li> <li>• Präsentationen</li> <li>• Klausur</li> </ul>

## A 8 Dokumentationsbogen: „Vom Kompost zur Biogasanlage“

<b>Unterrichtseinheit: Vom Kompost zur Biogasanlage</b>	<b>Semester 13.1</b>
<b>Semesterthema</b>	
Naturstoffe und Nanostrukturen	
<b>Kompetenzaufbau</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Schwerpunkt im Kompetenzbereich Sachkompetenz: Struktur-Eigenschaftsbeziehungen, Wiederholen und Anwenden von Inhalten aus 12.1 (Energetik)</li><li>• Schwerpunkt im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung: Experimentieren und Modellieren auf Basis vorhandener Methodenkompetenz</li><li>• Schwerpunkt im Kompetenzbereich Kommunikation: Trainieren und Festigen von Fachsprache</li><li>• Schwerpunkt im Kompetenzbereich Bewertung: Erfassen der Bedeutung von Naturstoffen im Alltag, Erfassen von Alternativen, Möglichkeiten und Grenzen von Bio-Kunststoffen</li></ul>	
<b>Grober Verlauf</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Einstieg: Kompostierbare Müllbeutel (für Bioabfälle), Biopolymere</li><li>• Die Abbaubarkeit von Biokunststoffen (aus Stärke) wird durch die Iod-Stärke Reaktion überprüft.</li><li>• Glucose-Moleküle werden als Monomere identifiziert.</li><li>• D-Glucose, L-Glucose und Chiralität werden eingeführt.</li><li>• Unter Anwendung des Vorwissens werden funktionelle Gruppen identifiziert.</li><li>• Vom Monomer zum Polymer: Der Molekülaufbau von Stärke-Molekülen aus Amylose- und Amylopektin-Molekülen wird beschrieben.</li><li>• Zur Beschreibung der Eigenschaften und der Struktur des Makromoleküls werden inter- und intramolekulare Wechselwirkungen angewendet.</li><li>• Unter Bezug zu den Vorkenntnissen wird beschrieben, dass Saccharose-Moleküle aus Glucose- und Fructose-Einheiten aufgebaut sind.</li><li>• Die Benedict-Probe wird auf reduzierend wirkende organische Verbindungen angewendet.</li><li>• Unter Bezug zum Abbau von Proteinen im Kompost werden Proteine als Makromoleküle beschrieben.</li><li>• Der Proteinaufbau wird beschrieben, hierzu werden Kenntnissen zu intramolekularen Wechselwirkungen angewendet.</li><li>• Die Biuret-Probe zum Nachweis von Proteinen wird eingeführt.</li><li>• Der Abbau im Kompost wird mit Reaktionen in der Biogasanlage verglichen, es erfolgen Rückbezüge zur Energetik.</li><li>• Enthalpieberechnungen werden genutzt, um die Stoffgruppen als Energieträger zu identifizieren.</li><li>• Flussdiagramme werden zur Prozessdarstellung genutzt.</li></ul> <p><b>Mögliche Erweiterungen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Die Keto-Enol-Tautomerie wird beschrieben.</li><li>• Durch die Betrachtung des Abbaus von Fetten im Kompost erfolgt eine Vernetzung mit den Kenntnissen über die Veresterung.</li><li>• Die Verseifungsreaktion wird eingeführt: Mechanistische Beschreibungen werden geübt.</li></ul>	

Bezug zu den Basiskonzepten	
Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atom- und Molekülbau (Kohlenhydrate, Chiralität, Proteine)</li> <li>• funktionelle Gruppen (Hydroxy-Gruppe, Keto-Gruppe, Aldehyd-Gruppe, Carboxy-Gruppe, Amino-Gruppe)</li> <li>• Stoffklassen (Kohlenhydrate, Proteine)</li> <li>• inter- und intramolekulare Wechselwirkungen</li> <li>• Verwendungsmöglichkeiten (Biokunststoffe und Kompostierbarkeit)</li> </ul>
Konzept der chemischen Reaktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachweisreaktionen (Iod-Stärke, Biuret, Benedict)</li> <li>• Gleichgewichtsreaktionen (Ketten- und Ringsysteme bei Zuckern)</li> <li>• Elektronenübertragungsreaktionen</li> </ul>
Energiekonzept	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieformen, -umwandlung,- kreislauf</li> <li>• Energie chemischer Bindungen</li> </ul>

Kompetenzbereich Sachkompetenz (Zuordnung zu den Kompetenzen gemäß der Bildungsstandards) Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Struktur von Aminosäuren- und Kohlenhydraten -Molekülen (Glucose,- Stärke-Molekül). (S1)</li> <li>• benennen die Amino- und die Carboxy-Gruppe als funktionelle Gruppen der Aminosäuren. (S1)</li> <li>• <b>beschreiben am Beispiel der D- und L-Glucose-Moleküle das Phänomen der Chiralität (eA). (S2)</b></li> <li>• <b>beschreiben intramolekulare Wechselwirkungen in einem Protein-Molekül (eA). (S13)</b></li> <li>• beschreiben die Nachweisreaktion mit dem Benedict-Reagenz.</li> <li>• begründen anhand von funktionellen Gruppen die Reaktion zum Nachweis der funktionellen Gruppen in Zuckern.</li> <li>• stellen Redoxgleichungen in Form von Teil- und Gesamtgleichungen auf. (S16)</li> <li>• beschreiben die Molekülstruktur von Alkanalen, Alkanonen und Alkansäuren. (S1)</li> <li>• benennen die funktionellen Gruppen: Carbonyl- (Aldehyd-, Keto-), Carboxy-Gruppe. (S1)</li> <li>• erklären die Enthalpieänderung als ausgetauschte Wärme bei konstantem Druck. (S3, S12)</li> <li>• nennen die Definition der Standard-Bildungsenthalpie. (S3)</li> </ul>
Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (Zuordnung zu den Kompetenzen gemäß der Bildungsstandards) Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen die Iod-Stärke-Reaktion durch. (E5)</li> <li>• <b>führen die Biuret-Probe durch (eA). (E5)</b></li> <li>• führen die Benedict-Probe durch. (E5)</li> <li>• diskutieren die Aussagekraft von Nachweisreaktionen. (E9)</li> <li>• vergleichen die Aussagen verschiedener Formelschreibweisen und Strukturschreibweisen, sie diskutieren die Grenzen und Möglichkeiten der Anschauungsmodelle. (E6, E9)</li> <li>• <b>wenden ihre Kenntnisse zu Reaktionstypen auf die Bildung von Polypeptiden an (eA). (E7)</b></li> <li>• nutzen den Satz von Hess, um Reaktionsenthalpien zu berechnen. (E8)</li> <li>• nutzen tabellierte Daten zur Berechnung von Standard-Reaktionsenthalpien aus Standard-Bildungsenthalpien. (E8)</li> </ul>

**Kompetenzbereich Kommunikation** (Zuordnung zu den Kompetenzen gemäß der Bildungsstandards)  
Die Lernenden ...

- identifizieren funktionelle Gruppen in Naturstoffen und wenden Fachbegriffe an. (K9)
- **erklären Chiralität mit dem Vorhandensein eines asymmetrischen Kohlenstoff-Atoms (eA). (K10)**
- unterscheiden Fachsprache und Alltagssprache bei der Benennung chemischer Verbindungen. (K6)
- wenden Fachbegriffe zu inter- und intramolekularen Wechselwirkungen an. (K10)

**Kompetenzbereich Bewertung** (Zuordnung zu den Kompetenzen gemäß der Bildungsstandards)  
Die Lernenden ...

- beurteilen die Bedeutung von Naturstoffen im Alltag. (B8)
- kennen die Bedeutung der Fachsprache für Erkenntnisgewinnung und Kommunikation.
- bewerten Verfahren zur Nutzung und Verarbeitung ausgewählter Naturstoffe vor dem Hintergrund knapper werdender Ressourcen.
- nutzen ihre Erkenntnisse zu Wechselwirkungen zur Erklärung der div. Versuchsbeobachtungen.
- beschreiben die Abbaureaktionen der Nährstoffe (Zellatmung) als Redoxreaktion, beschreiben ihre Bedeutung und stellen ihre Kenntnisse zur Enthalpieänderung damit in Verbindung. (B8)

#### **Anregungen für Lehr- bzw. Lernmethoden**

- Schülerexperimente
- Lernen an Stationen
- arbeitsteilige Gruppenarbeit
- Expertenrunde
- Referate
- Podiumsdiskussion oder Rollenspiel (Abschluss der UE)

#### **Materialien und Fundstellen**

je nach Schulausstattung auszufüllen: Medien, Literatur, Software, Modelle etc.

#### **Zeitbedarf**

ca. 6 Wochen bei 5-stündigem Unterricht

#### **Möglichkeiten zur Leistungsbewertung**

- Gruppenarbeit (Gruppenpuzzle)
- Klausur