

Unterrichtung

Hannover, den 9. März 2022

Niedersächsisches Kultusministerium

Kerncurricula für die gymnasiale Oberstufe: Chemie und Physik

Frau
Präsidentin des Niedersächsischen Landtages
Hannover

Sehr geehrte Frau Präsidentin,

als **Anlage** übersende ich die neuen Kerncurricula für die oben genannten Unterrichtsfächer nach Abschluss des Anhörungsverfahrens.

Der Landesschulbeirat, der Landesschülerrat und der Landeselternrat haben den Entwürfen zugestimmt bzw. sie zur Kenntnis genommen.

Es ist beabsichtigt, die Kerncurricula in Druck zu geben und zum 01.08.2022 in Kraft zu setzen.

Mit freundlichen Grüßen

Grant Hendrik Tonne

**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.



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

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 Bildungsstandards¹ 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.² 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.

¹ Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife (KMK 2020)

² 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 Welt³.

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 Fachgremiums⁴ 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.

³ Bildung in der digitalen Welt. Strategie der KMK 2016.

⁴ 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.

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

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

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

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

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

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

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

Chemisches Gleichgewicht (Seite 1/2)

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

Chemisches Gleichgewicht (Seite 2/2)

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

Protonenübertragungsreaktionen (Seite 1/3)

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

Protonenübertragungsreaktionen (Seite 2/3)

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

Protonenübertragungsreaktionen (Seite 3/3)

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

Elektronenübertragungsreaktionen (Seite 1/4)

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

Elektronenübertragungsreaktionen (Seite 2/4)

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

Elektronenübertragungsreaktionen (Seite 3/4)

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

Elektronenübertragungsreaktionen (Seite 4/4)

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

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

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

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

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

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

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 Ethanol durchgeführt. Um die Resorption und Verteilung des Ethanol 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 Ethanol. 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"> • Atom- und Molekülbau (am Bsp. der Alkanole) • chemische Bindung • Stoffeigenschaften (am Bsp. der Alkanole) • funktionelle Gruppen (Hydroxy-Gruppe, Keto-Gruppe, Aldehyd-Gruppe, Carboxy-Gruppe) • Stoffklassen (Alkanole, Alkanale, Alkanone, Alkansäuren) • inter- und intramolekulare Wechselwirkungen • analytische Verfahren (qualitative und quantitative Elementaranalyse am Bsp. von Ethanol) • Verwendungsmöglichkeiten (verschiedener Alkanole)
Konzept der chemischen Reaktion	<ul style="list-style-type: none"> • Elektronenübertragungsreaktionen (Oxidationsreihe der Alkanole) • Nachweisreaktionen (zur Deutung der qualitativen Analyse von Ethanol)
Energiekonzept	nicht im Schwerpunkt angesprochen

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

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

A 7 Dokumentationsbogen: „Treibstoffe“

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

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

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

Kompetenzbereich Kommunikation (Zuordnung zu den Kompetenzen gemäß der Bildungsstandards)

Die Lernenden ...

- übersetzen die Alltagsbegriffe „Energiequelle“, „Wärmeenergie“, „verbrauchte Energie“ und „Energieverlust“ in Fachsprache. (K6)
- stellen die Enthalpieänderungen in einem Enthalpiediagramm dar. (K7)
- interpretieren Enthalpiediagramme. (K8)
- wenden die IUPAC-Nomenklatur zur Benennung organischer Verbindungen an. (K9)
- **nutzen die Gibbs-Helmholtz-Gleichung, um Aussagen zum freiwilligen Ablauf chemischer Prozesse zu machen. (K10)**
- **stellen die Mesomerieenergie des Benzols in einem Enthalpiediagramm dar (eA). (K7)**
- stellen die Wirkung eines Katalysators in einem Energiediagramm dar. (K7)

Kompetenzbereich Bewertung (Zuordnung zu den Kompetenzen gemäß der Bildungsstandards)

Die Lernenden ...

- beurteilen grundlegende Aspekte zu Gefahren und Sicherheit in Labor und Alltag. (B11)
- beurteilen ausgewählter Prozesse ihrer Lebenswelt aus energetischer Perspektive. (B5, B6, B7, B8)
- beurteilen ökologische und ökonomische Aspekte herkömmlicher und alternativer Energieträger. (B7, B9, B13, B14) 2.6.4 aus Bildungsstandards
- reflektieren den Nutzen der IUPAC-Nomenklatur. (B7)
- beurteilen den Einsatz von Katalysatoren in technischen Prozessen. (B6)

Erweiterungsmöglichkeiten

- Strahlungsbilanz beim Treibhauseffekt
- Wasserstofftechnologie
- verschiedene Antriebstechniken
- weitergehende Betrachtungen zum Klimawandel
- politische Diskussionen zum Klimawandel

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 zum Treibhauseffekt etc.

Zeitbedarf

ca. 12 Wochen bei 5-stündigem Unterricht

Möglichkeiten zur Leistungsbewertung

- Gruppenarbeit
- Präsentationen
- Klausur

A 8 Dokumentationsbogen: „Vom Kompost zur Biogasanlage“

Unterrichtseinheit: Vom Kompost zur Biogasanlage	Semester 13.1
---	----------------------

Semesterthema
Naturstoffe und Nanostrukturen

Kompetenzaufbau
<ul style="list-style-type: none">• Schwerpunkt im Kompetenzbereich Sachkompetenz: Struktur-Eigenschaftsbeziehungen, Wiederholen und Anwenden von Inhalten aus 12.1 (Energetik)• Schwerpunkt im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung: Experimentieren und Modellieren auf Basis vorhandener Methodenkompetenz• Schwerpunkt im Kompetenzbereich Kommunikation: Trainieren und Festigen von Fachsprache• Schwerpunkt im Kompetenzbereich Bewertung: Erfassen der Bedeutung von Naturstoffen im Alltag, Erfassen von Alternativen, Möglichkeiten und Grenzen von Bio-Kunststoffen

Grober Verlauf
<ul style="list-style-type: none">• Einstieg: Kompostierbare Müllbeutel (für Bioabfälle), Biopolymere• Die Abbaubarkeit von Biokunststoffen (aus Stärke) wird durch die Iod-Stärke Reaktion überprüft.• Glucose-Moleküle werden als Monomere identifiziert.• D-Glucose, L-Glucose und Chiralität werden eingeführt.• Unter Anwendung des Vorwissens werden funktionelle Gruppen identifiziert.• Vom Monomer zum Polymer: Der Molekülaufbau von Stärke-Molekülen aus Amylose- und Amylopektin-Molekülen wird beschrieben.• Zur Beschreibung der Eigenschaften und der Struktur des Makromoleküls werden inter- und intramolekulare Wechselwirkungen angewendet.• Unter Bezug zu den Vorkenntnissen wird beschrieben, dass Saccharose-Moleküle aus Glucose- und Fructose-Einheiten aufgebaut sind.• Die Benedict-Probe wird auf reduzierend wirkende organische Verbindungen angewendet.• Unter Bezug zum Abbau von Proteinen im Kompost werden Proteine als Makromoleküle beschrieben.• Der Proteinaufbau wird beschrieben, hierzu werden Kenntnissen zu intramolekularen Wechselwirkungen angewendet.• Die Biuret-Probe zum Nachweis von Proteinen wird eingeführt.• Der Abbau im Kompost wird mit Reaktionen in der Biogasanlage verglichen, es erfolgen Rückbezüge zur Energetik.• Enthalpieberechnungen werden genutzt, um die Stoffgruppen als Energieträger zu identifizieren.• Flussdiagramme werden zur Prozessdarstellung genutzt. <p>Mögliche Erweiterungen:</p> <ul style="list-style-type: none">• Die Keto-Enol-Tautomerie wird beschrieben.• Durch die Betrachtung des Abbaus von Fetten im Kompost erfolgt eine Vernetzung mit den Kenntnissen über die Veresterung.• Die Verseifungsreaktion wird eingeführt: Mechanistische Beschreibungen werden geübt.

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

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

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

Niedersächsisches
Kultusministerium

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

Physik



Niedersachsen

An der Weiterentwicklung des Kerncurriculums für das Unterrichtsfach Physik für den Sekundarbereich II waren die nachstehend genannten Personen beteiligt:

Klaus Bresser, Lüneburg

Dr. Oliver Burmeister, Hannover

Michael Frenzel, Osnabrück

Jens Gössing, Wolfsburg

Ulf Hampe, Wolfsburg

Jörg Michal, Hannover

Michael Rode, Lüneburg

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 und die ergänzenden Materialien können als PDF-Datei vom Niedersächsischen Bildungsserver (NIBIS) unter (<http://www.cuvo.nibis.de>) heruntergeladen werden.



Inhalt	Seite
1 Bildungsbeitrag des Faches Physik	5
2 Kompetenzorientierter Unterricht	7
2.1 Kompetenzbereiche	7
2.2 Kompetenzentwicklung	8
2.3 Beitrag des Faches Physik zur Medienbildung	13
2.4 Basiskonzepte	14
3 Erwartete Kompetenzen	16
3.1 Prozessbezogene Kompetenzen	16
3.2 Inhaltsbezogene Kompetenzen mit Zuordnung prozessbezogener Kompetenzen in der Einführungsphase	27
3.3 Inhaltsbezogene Kompetenzen mit Zuordnung prozessbezogener Kompetenzen in der Qualifikationsphase	33
4 Leistungsfeststellung und Leistungsbewertung	47
5 Aufgaben der Fachkonferenz bzw. der Fachgruppe	49
Anhang	50
A 1 Operatoren für die Naturwissenschaften (Biologie, Chemie, Physik)	50
A 2 Dokumentation eines Lösungsweges bei Verwendung eines elektronischen Rechenwerkzeugs	52
A 3 Abschätzung von Messunsicherheiten im Physikunterricht	54

1 Bildungsbeitrag des Faches Physik

Im naturwissenschaftlichen Unterricht sollen ein Verständnis für den Vorgang der Abstraktion, die Fähigkeit zu logischem Schließen und die Sicherheit in einfachen Kalkülen vermittelt werden. Die Lernenden sollen darüber hinaus einen Einblick in die Mathematisierung von Sachverhalten, in die Besonderheiten naturwissenschaftlicher Methoden, in die Entwicklung von Modellvorstellungen und deren Anwendung auf die belebte und unbelebte Natur und in die Funktion naturwissenschaftlicher Theorien erhalten.

Die Bedeutung des Unterrichtsfaches Physik für den Unterricht in der Einführungs- und Qualifikationsphase erschließt sich aus den Merkmalen der Fachwissenschaft Physik. Diese Fachwissenschaft

- ist eine theoriegeleitete Erfahrungswissenschaft,
- betrachtet die Natur unter bestimmten Aspekten,
- hat einen hohen Grad an Formalisierung und Mathematisierung,
- entwickelt ein spezifisches Methodenrepertoire,
- hat starke Anwendungsbezüge und hohe gesellschaftliche Relevanz und
- unterliegt einem historisch-dynamischen Prozess.

Viele dieser Merkmale teilt die Physik mit anderen, insbesondere naturwissenschaftlichen Fächern, worin der gemeinsame fächerübergreifende Bildungsauftrag begründet ist. Der Ausprägungsgrad der genannten Merkmale unterscheidet die Physik von anderen Fächern. Diese Merkmale der Physik machen den Kern dessen aus, was das Unterrichtsfach zur Allgemeinbildung beiträgt, um den Bildungsauftrag im Sekundarbereich II zur vertieften Allgemeinbildung mit Wissenschaftspropädeutik, Studierfähigkeit und Berufsorientierung zu erfüllen. Hieraus ergeben sich zusammen mit den Vorgaben der Bildungsstandards¹ die Ziele des Physikunterrichts im Sekundarbereich II und die spezifischen Kompetenzen und Inhalte, die im Physikunterricht vermittelt werden. Der so festgelegte Bestand enthält auch die Inhalte und Kompetenzen, die für die Abiturprüfung zur Verfügung stehen müssen.

An authentischen Beispielen kann der Physikunterricht Erfahrungen mit wesentlichen Elementen naturwissenschaftlichen Arbeitens vermitteln, indem von den Lernenden formulierte Vermutungen und Hypothesen in eigenen, auch quantitativ auswertbaren Experimenten überprüft werden. Bei selbstständigem Experimentieren erfahren die Lernenden, wie wesentlich genaues Arbeiten und gewissenhafter Umgang mit Daten sind. Hierbei werden grundlegende fachliche Kriterien zur Bewertung wissenschaftlicher Ergebnisse bereitgestellt und das Verantwortungsbewusstsein der Lernenden gestärkt.

Im Physikunterricht wird in besonderer Weise der messende Zugang zu naturwissenschaftlichen Fragestellungen fokussiert. Die Lernenden erwerben dabei auf Neues übertragbare Erfahrungen im selbstständigen Umgang mit modernen Messmitteln und wesentlichen Verfahren der Darstellung von Messdaten sowie deren Auswertung in relevanten Zusammenhängen. Die in diesem Zusammenhang benötigte Fähigkeit zur Mathematisierung ist nicht nur aus innerfachlicher Notwendigkeit ein wesentlicher Bestandteil des vom Physikunterricht zu erbringenden Bildungsbeitrages, sie ist auch unerlässlich

¹ Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020)

als Baustein einer zeitgemäßen und sachgerechten Kommunikationsfähigkeit. Kompetenz in naturwissenschaftlichen Bereichen zeigt sich darüber hinaus durch sachgerechte Verwendung des erworbenen Begriffsinventars bei der Formulierung eigener Ergebnisse, vor allem aber beim Verstehen fachbezogener Texte.

Auf der Grundlage erlebter Phänomene, eigener experimenteller Erfahrungen, eines gesicherten Basiswissens und der Beherrschung grundlegender Fachmethoden einschließlich der erforderlichen Mathematisierung gewinnen die Lernenden im Physikunterricht auch die Erkenntnis, dass die spezifische Art und Weise der physikalischen Naturuntersuchung immer nur aspekthafte Aussagen hervorbringen kann, die mitunter durch andere Betrachtungsweisen ergänzt werden müssen. Dazu kann das Fach Physik an geeigneter Stelle soziale, ökonomische, ökologische und politische Phänomene und Probleme der nachhaltigen Entwicklung thematisieren und so dazu beitragen, wechselseitige Abhängigkeiten zu erkennen und Wertmaßstäbe für eigenes Handeln sowie ein Verständnis für gesellschaftliche Entscheidungen zu entwickeln.

Besondere Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang der Auseinandersetzung mit Aspekten der Quanten- und Atomphysik zu. Zum einen erarbeiten sich die Lernenden hier Kenntnisse mit direktem Anschluss an die moderne Forschung, zum anderen lernen sie in einem aktuellen Gebiet das Wechselspiel zwischen Modellvorstellung, Experiment und Theorie kennen. Sie erfahren dabei exemplarisch, dass es Wissensgebiete gibt, die man sich gedanklich erschließen kann, die aber der unmittelbaren Beobachtung prinzipiell unzugänglich bleiben müssen.

Sowohl bei der Recherche nach Wissensbeständen als auch in besonderem Maße durch Einsatz moderner Messtechnik und durch Computereinsatz bei Auswertungen, numerischen Modellierungen und Simulationen trägt der Physikunterricht zur Auseinandersetzung mit modernen Medien wesentlich bei.

Durch Erfolgserlebnisse bei Problemlösungen trägt der Physikunterricht auch dazu bei, dass sich eine Haltung herausbildet, die lebenslanges Fragen, daraus resultierendes Streben nach lebenslangem Lernen und somit erst Bildung im eigentlichen Sinne ermöglicht.

2 Kompetenzorientierter Unterricht

Im Kerncurriculum des Faches Physik werden die Zielsetzungen des Bildungsbeitrags durch verbindlich erwartete Lernergebnisse konkretisiert und als Kompetenzen formuliert. Dabei werden im Sinne eines Kerns die als grundlegend und unverzichtbar erachteten fachbezogenen Kenntnisse und Fertigkeiten vorgegeben.

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. Die Bewältigung von Aufgaben setzt gesichertes Wissen und die Beherrschung fachbezogener Verfahren voraus sowie die Einstellung und Bereitschaft, diese gezielt einzusetzen.
- 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.

Die erwarteten Kompetenzen werden in Kompetenzbereichen zusammengefasst, die das Fach strukturieren. Aufgabe des Unterrichts im Fach Physik 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.¹

2.1 Kompetenzbereiche

Um die Kompetenzentwicklung über die gesamte Dauer des Physikunterrichts geschlossen darzustellen, wird die im Kerncurriculum für das Fach Physik im Sekundarbereich I begonnene kumulative Darstellung von Kompetenzen auch in diesem Kerncurriculum weitergeführt. Die von den Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife geforderten Kompetenzen, auch im Bereich Sachkompetenz, werden dabei von der Summe der Kompetenzen in diesem Kerncurriculum vollständig abgedeckt.

¹ Vgl. Schulisches Curriculum Berufsbildende Schulen (SchuCu-BBS): <https://schucu-bbs.nline.nibis.de>

Die in den Kapiteln 3.1 bis 3.3 aufgeführten erwarteten Kompetenzen lassen sich folgenden Kompetenz- bzw. Inhaltsbereichen zuordnen:

Prozessbezogene Kompetenzbereiche	Inhaltsbereiche
<ul style="list-style-type: none"> • Physikalisch argumentieren • Probleme lösen • Planen, experimentieren, auswerten • Mathematisieren • Mit Modellen arbeiten • Erkenntniswege der Physik beschreiben • Kommunizieren • Dokumentieren • Bewerten 	<ul style="list-style-type: none"> • Dynamik (Einführungsphase) • Elektrizität • Schwingungen und Wellen • Quantenobjekte • Atomhülle • Atomkern

Das zuständige schulische Fachgremium¹ legt auf der Grundlage des Kerncurriculums einen schuleigenen Arbeitsplan fest (vgl. Kapitel 5). Im ersten Jahr der Qualifikationsphase müssen mindestens die Themenbereiche *Elektrizität* und *Schwingungen und Wellen* behandelt werden.

2.2 Kompetenzentwicklung

Aufgabe des Physikunterrichts im Sekundarbereich II ist es, die im Sekundarbereich I begonnene Kompetenzentwicklung der Lernenden aufzunehmen, weiter zu entwickeln und dabei ein möglichst hohes Maß an Selbstständigkeit bei der Bearbeitung von Fragestellungen und möglichst weitgehende Unabhängigkeit von vorstrukturierenden Hilfen anzustreben. Weil Inhalte und Verfahren in der Regel zunächst nur in denjenigen Zusammenhängen erinnert werden können, in denen sie erstmals erlernt wurden, ist es Aufgabe kompetenzorientierten Unterrichts, durch variantenreiches Üben und zunehmend offene Anwendungen die Inhalte aus dieser engen Bindung zu lösen. Der Unterricht sollte von der Perspektive der Lernenden ausgehen und an deren Interessenlagen und Lernvoraussetzungen orientiert sein.

Sachgerecht angelegter Physikunterricht lässt Lernende im Unterricht physikalische Situationen erkunden, bietet ihnen in verschiedenen Varianten physikalische Erfahrungen, verhilft auf diese Weise zum Erwerb eines tragfähigen Begriffsnetzes und strebt Sicherheit beim Lösen physikalischer Aufgaben und Probleme an.

Der Erwerb eines gesicherten Fachwissens wird gleichermaßen durch wiederholte Auseinandersetzung mit konkreten Beispielen sowie durch Einordnung in fachlogische Strukturen gefördert. Mathematische Methoden werden gegenüber dem Sekundarbereich I in zunehmendem Maße, nie aber nur um ihrer selbst willen verwendet. Die Gefahr eines unverstandenen und inhaltsleeren Umgangs mit

¹ An allgemein bildenden Schulen ist die Fachkonferenz und an Beruflichen Gymnasien die Fachgruppe zuständig.

mathematischen Formalismen wird durch Konkretisieren und physikalisches Interpretieren von Diagrammen und Gleichungen vermindert.

Zum Erwerb sowohl prozess- als auch inhaltsbezogener Kompetenzen werden Unterrichtsformen mit vielfältigen Methodenelementen situationsangepasst eingesetzt. Dabei sind Gruppen- und Projektarbeiten, insbesondere geeignete Schülerexperimente, unverzichtbar, um selbstständiges Erkunden, Problemlösen, Dokumentieren und Präsentieren zu fördern. Der Grad der Offenheit der Arbeitsaufträge wird dem Lernstand der Lerngruppe angepasst: in bekanntem Zusammenhang eher offen, in komplexen Zusammenhängen eher strukturiert.

Fehler oder fachlich nicht korrekte Ausdrucksweisen sind natürliche Begleiterscheinungen des Lernens und können konstruktiv für den Lernprozess genutzt werden. Damit Lernenden offen und produktiv mit eigenen Fehlern umgehen können, sind Lern- und Prüfungssituationen im Unterricht klar voneinander zu trennen.

Übungs- und Wiederholungsphasen sind zeitlich und inhaltlich so zu planen, dass bereits erworbene Kompetenzen durch Anwendung des Gelernten in variierenden Zusammenhängen langfristig gesichert werden. Dabei ist zu beachten, dass Lernende auch im Sekundarbereich II den bereits durchlaufenen Kompetenzerwerb in neuem Zusammenhang nochmals, wenn auch schneller, durchlaufen müssen, um wirksam zu lernen.

Einführungsphase

Neben der Erarbeitung der Inhalte aus der Dynamik besteht die besondere Aufgabe des Physikunterrichts in der Einführungsphase darin, die inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzen unterschiedlich vorgebildeter Lernender zu erweitern, zu festigen und zu vertiefen, damit die Lernenden am Ende der Einführungsphase über die für eine erfolgreiche Teilnahme am Unterricht in der Qualifikationsphase notwendigen Kompetenzen verfügen.

Damit hat der Unterricht folgende Ziele:

- einführen in die Arbeitsweisen der Qualifikationsphase,
- Einblicke gewähren in das unterschiedliche Vorgehen der Kurse auf grundlegendem und erhöhtem Anforderungsniveau,
- Entscheidungshilfen geben bei der Fächerwahl in der Qualifikationsphase,
- Kenntnisse fachlich ausdifferenzieren,
- ausdifferenzieren der verbalen und mathematischen Beschreibung von Zusammenhängen physikalischer Größen,
- Interesse wecken an physikalischen Betrachtungsweisen durch Behandlung altersgemäßer Kontexte, auch mit Bezug zur Bildung für nachhaltige Entwicklung,
- Auseinandersetzung mit Bewertungsansätzen anregen, die die Fachgrenzen überschreiten,
- physikalische Arbeitsmethoden vertiefend einüben,
- ausgewählte Fachinhalte quantitativ behandeln,
- Lücken schließen, die sich durch die unterschiedlichen Bildungsgänge ergeben haben.

Zusätzlich zu den verpflichtenden Inhalten wählt das zuständige schulische Fachgremium mindestens ein Wahlmodul aus (vgl. Kapitel 3.2) oder erarbeitet ein eigenes Wahlmodul unter Berücksichtigung oben angegebener Aspekte.

Qualifikationsphase

Aufgabe des Unterrichts in der Qualifikationsphase ist es, bei den Lernenden den Aufbau prozessbezogener und inhaltsbezogener Kompetenzen zu ermöglichen. Viele der prozessbezogenen Kompetenzen sind in Kapitel 3.3 dieses Kerncurriculums bereits konkretisiert und Inhalten zugeordnet. Diese Zuordnung ist allerdings nicht vollständig. Wo sie nicht vorgenommen wurde, ist es Aufgabe der Lehrkräfte, prozessbezogene Kompetenzen selbst Inhalten zuzuordnen. Dabei besteht die Möglichkeit, besondere Interessen von Lernenden und Lehrkräften und ggf. auch regionale Besonderheiten zu berücksichtigen.

Auswahl der Inhalte im Kerncurriculum

Ein wesentliches Ziel des Unterrichts in der Einführungs- und Qualifikationsphase ist der Aufbau von prozessbezogenen Kompetenzen. Diese können nur im Zusammenhang mit ausgewählten physikalischen Inhalten erworben werden.

Bei der in Kapitel 3.3 vorgenommenen Auswahl verbindlicher Inhalte ist einerseits darauf geachtet worden, dass die Vorgaben der Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife erfüllt werden, andererseits sind die Inhalte so aufeinander abgestimmt, dass jeweils für spätere Bausteine erforderliche Vorkenntnisse bereitstehen. Die Auswahl verbindlicher Inhalte wurde so getroffen, dass für die Planung eines Durchganges durch den Sekundarbereich II noch Freiräume bestehen bleiben.

Um die Gestaltung anspruchsvoller und gleichzeitig variantenreicher Prüfungsaufgaben für eine zentrale Abiturprüfung zu ermöglichen, wurden zusätzlich zu den Inhalten zum Teil auch spezielle Experimente festgelegt.

Die Anordnung der Inhalte im Kerncurriculum legt nicht notwendig die Reihenfolge der Behandlung im Unterricht fest. Durch vorausschauende Unterrichtsplanung kann man bei Beschränkung auf diesen Kanon Zeitfenster schaffen. Diese können genutzt werden,

- um weitere Anwendungsbezüge herzustellen, z. B. „Physik und Medizin“, Behandlung physikalischer Aspekte in der Technik,
- um Pflichtstoffe vertiefend zu behandeln, z. B. genauere Betrachtung von Erkenntniswegen, historischen Bezügen, vertiefender Mathematisierung, Modellbildung,
- um das in den Schuljahrgängen 5 - 10 angelegte Energiekonzept mit den Inhalten dieses Kerncurriculums weiter zu entwickeln,
- um im Kerncurriculum nicht enthaltene Themenbereiche zu behandeln, z. B. Grundzüge der Relativitätstheorie, Elementarteilchen, Kosmologie und
- um die experimentellen Kompetenzen der Lernenden zu vertiefen.

Weitere Aspekte der Unterrichtsgestaltung

Der Umgang mit den in der Abiturprüfung zugelassenen Hilfsmitteln ist von Beginn des Unterrichts in der Einführungsphase an einzuüben. Neben der Verwendung einer Formelsammlung ist dabei besonderer Wert auf die sachgerechte Verwendung des eingeführten Rechenwerkzeugs zu legen. Möglichst in Abstimmung zwischen den zuständigen schulischen Gremien in den Fächern Mathematik und Physik ist ein verbindliches Verfahren für die Dokumentation von Arbeitsschritten und Ergebnissen festzulegen und einzuüben, wenn diese mit elektronischen Werkzeugen gewonnen wurden. Dieses Verfahren muss so gewählt sein, dass es wesentliche Überlegungen, Lösungsschritte und eine ausreichende Zahl von Zwischenergebnissen enthält. Ein Beispiel für ein mögliches Verfahren wird im Anhang A 2 gegeben.

Zu den prozessbezogenen Kompetenzen gehört der sachgerechte Umgang mit Messunsicherheiten. Im Anhang A 3 ist ein Beispiel dafür angegeben.

Die Nutzung von Termumformungen für deduktive Schlüsse erfordert die Fähigkeit, diese auch ohne elektronische Hilfsmittel zu bewältigen.

Bei der Verwendung der Zeigerdarstellung empfiehlt es sich, diese bereits zu Beginn des Kurses über Schwingungen als bereichsübergreifendes Konzept einzuführen und sie auch bei der Behandlung der Quantenphysik zu verwenden.

Kursarten und Anforderungsniveaus

Das Fach Physik kann in der Qualifikationsphase wie folgt angeboten werden:

- als *fünfstündiges Prüfungsfach* auf erhöhtem Anforderungsniveau,
- als *dreistündiges Fach* auf grundlegendem Anforderungsniveau,
- an Beruflichen Gymnasien, dem Abendgymnasium und dem Kolleg
als *zweistündiges Ergänzungsfach* auf grundlegendem Anforderungsniveau.

Die Ausführungen für die Qualifikationsphase beziehen sich nicht auf das zweistündige Ergänzungsfach. In diesem Fall trifft das zuständige schulische Fachgremium eine Auswahl aus den vorgegebenen Inhaltsbereichen. Ziel des zweistündigen Unterrichts ist es, die Allgemeinbildung der Lernenden über die Physik aufzubauen bzw. zu erweitern.

Die Kursarten in der Qualifikationsphase haben unterschiedliche Zielsetzungen. Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau dienen der Vermittlung einer wissenschaftspropädeutisch orientierten Grundbildung, die Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau der systematischen, vertieften und reflektierten wissenschaftspropädeutischen Arbeit.

Allen Kursarten gemeinsam ist die Förderung und Entwicklung der in den Kapiteln 3.1 und 3.3 beschriebenen Kompetenzen als Teil der Allgemeinbildung und Voraussetzung für Studium und Beruf.

Die Unterschiede zwischen den Kursarten bestehen insbesondere in folgenden Aspekten:

- Umfang bzw. Spezialisierungsgrad bezüglich des Fachwissens, des Experimentierens und der Theoriebildung,
- Komplexität der Sachzusammenhänge sowie der physikalischen Inhalte, Theorien und Modellvorstellungen,
- Anspruch an die verwendete Fachsprache,
- Grad der Mathematisierung physikalischer Sachverhalte,
- Grad der Strukturierung von Aufgabenstellungen.

Zur Rolle von Aufgaben

Aufgaben haben verschiedene Funktionen. Sie können im Unterricht eingesetzt werden zum Lernen, zum Üben, zur Überprüfung des Kompetenzerwerbs (Eigen- und Fremddiagnostik) und zur Leistungsbewertung. Entsprechend ihrer Funktion müssen sie unterschiedlich gestaltet werden.

In der Einstiegsphase können Aufgaben eine Fragehaltung und ein Problembewusstsein bei den Lernenden erzeugen.

In der Erarbeitungsphase helfen Aufgaben den Lernenden beim Erfassen neuer Begriffe, Gesetze, Konzepte und Verfahren. Dabei müssen diese Aufgaben in angemessener Weise strukturiert sein und sich sowohl auf das Vorwissen als auch auf die jeweils anzustrebende Kompetenz beziehen. Rückmeldungen über mögliche Verständnisschwierigkeiten oder Lösungswege dienen in dieser Phase als Orientierung und unterstützen so den Kompetenzerwerb. Beispiele für zum Kompetenzerwerb geeignete Lernaufgaben findet man u. a. auf der Seite des IQB¹. Sie beziehen sich auf die in den Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife vorgeschriebenen Kompetenzformulierungen, gehen aber im Einzelfall von länderspezifischen Inhaltslisten aus, die nicht allgemein verbindlich sind.

In der Übungsphase sollen Lernergebnisse gesichert, vertieft und transferiert werden. Die hier verwendeten Aufgaben ermöglichen variantenreiches Üben in leicht veränderten Zusammenhängen. Sie lassen nach Möglichkeit unterschiedliche Lösungswege zu und fordern zum kreativen Umgang mit der Physik heraus. Fehlerhafte Lösungen und Irrwege können dabei vielfach als neue Lernanlässe genutzt werden.

Die Auseinandersetzung mit Lernaufgaben unterstützt die Lernenden daher wesentlich beim Kompetenzaufbau. Ausgehend vom Leistungsvermögen der Lernenden sind Aufgaben so zu konstruieren, dass sowohl prozessbezogene als auch inhaltsbezogene Kompetenzen Anwendung finden bzw. erworben werden können. Besondere Möglichkeiten zur Förderung prozessbezogener Kompetenzen ergeben sich durch Aufgaben, die sich auf ein Schülerexperiment beziehen. Die Lernenden erleben ihren Kompetenzzuwachs bei der Auseinandersetzung mit physikalischen Sachverhalten und entwickeln langfristig eine positive Einstellung gegenüber der Physik.

¹ https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekII/nawi_allg/physik/

Bei Aufgaben zum Kompetenznachweis ist darauf zu achten, dass die gestellten Anforderungen für die Lernenden im Vorfeld transparent sind. Dies geschieht insbesondere durch die Verwendung geeigneter Operatoren (siehe Anhang A 1) bei der Formulierung von Aufgaben. Art und Inhalt der Aufgabenstellungen sind entsprechend dem unterrichtlichen Vorgehen anzulegen, dabei kommt es auf ein ausgewogenes Verhältnis von inhaltsbezogenen und prozessbezogenen Anforderungen an. Dies ist in der Regel in einem experimentellen Kontext oder durch Arbeit an Texten oder anderen Medien zu erreichen, wenn dabei der Unterrichtsgegenstand von verschiedenen Seiten aus betrachtet werden kann. Bei der Planung ist zu berücksichtigen, dass die Bearbeitung von Aufgaben zur Überprüfung prozessbezogener Kompetenzen einen hohen Zeitanteil beansprucht. Dies trifft in besonderem Maße zu, wenn Schülerexperimente zugrunde gelegt werden.

Bei einer so gestalteten Leistungsaufgabe sind entsprechend Abschnitt 3.1.1 der Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife alle drei Anforderungsbereiche (AFB) zu berücksichtigen, dabei liegt der Schwerpunkt im AFB II. Darüber hinaus sind die Anforderungsbereiche I und III in einem angemessenen Verhältnis zu berücksichtigen, wobei Anforderungsbereich I stärker als III gewichtet werden sollte.

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.

Zu beachten ist, dass es keine Zuordnung von Operatoren zu Anforderungsbereichen gibt. Vielmehr kann jeder Operator Anforderungen in jedem Anforderungsbereich stellen.

2.3 Beitrag des Faches Physik zur Bildung in der digitalen Welt

Der Physikunterricht ist neben der experimentellen Orientierung in stärkerem Maße mathematisch geprägt als andere Unterrichtsfächer. In beiden Feldern kann er daher besondere Beiträge zur Bildung in der digitalen Welt leisten.

Im experimentellen Bereich gehören dazu die zunehmend selbstständige Auswahl und Verwendung auch digitaler Messinstrumente, die rechnergestützte Auswertung von Daten mit geeignet gewählten Werkzeugen und auch der kritische Blick auf die Güte der erzielten Ergebnisse.

Im mathematischen Bereich gehört hierzu der reflektierte Umgang mit Computer-Algebra-Systemen (CAS), aber auch als besonderer Beitrag des Faches Physik der Entwurf und die Ausführung von Algorithmen im Differenzenverfahren mittels eines geeigneten Werkzeugs.

Zum naturwissenschaftlichen Unterricht gehören auch die Informationsbeschaffung und -auswertung sowie die altersgerechte Darstellung und Präsentation von Informationen. Indem die Lernenden dazu angehalten werden, auch im Physikunterricht die Medienvielfalt zu nutzen, leistet das Fach Physik einen Beitrag zum kompetenten Umgang mit Medien. In der Auseinandersetzung mit Medien eröffnen sich den Lernenden erweiterte Möglichkeiten der Wahrnehmung, des Verstehens und Gestaltens. Für den handelnden Wissenserwerb sind Medien daher selbstverständlicher Bestandteil des Unterrichts. Sie unterstützen die individuelle und aktive Wissensaneignung und fördern selbstgesteuertes, kooperatives und kreatives Lernen. Medien, insbesondere die digitalen Medien, sind wichtiges Element zur Erlangung übergreifender Methodenkompetenz. Sie dienen Lernenden dazu, sich Informationen zu beschaffen, zu interpretieren und kritisch zu bewerten und fördern die Fähigkeit, Aufgaben und Problemstellungen selbstständig und lösungsorientiert zu bearbeiten.

Die Kompetenzen aus der KMK-Strategie zur Bildung in der digitalen Welt sind, soweit sie im Physikunterricht relevant sind, in die Kompetenztabellen in Kapitel 3.1 eingearbeitet.

2.4 Basiskonzepte

Die inhaltlichen Vorgaben für den Physikunterricht in Niedersachsen folgen der gewohnten fachlichen Systematik. Deren Eignung zur Gliederung des Fachgebiets hat sich bewährt. Im Unterricht sollen an den fachsystematisch eingeordneten Inhalten zuallererst prozessbezogene Kompetenzen erworben werden, darüber hinaus ist anzustreben, dass Lernen möglichst oft auch einen Kontextbezug hat. Wegen der durch diese Forderungen bedingten Breite fachlicher Anforderungen muss das Lernen im Fach Physik immer exemplarisch sein. Damit das erfolgreich gelingen kann, ist es erforderlich, Lerninhalte wo immer möglich miteinander zu vernetzen.

Die vier in den Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife formulierten Basiskonzepte ermöglichen eine Vernetzung von Lerngegenständen und deren Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven. Damit erleichtern sie kumulatives Lernen, den Aufbau von strukturiertem Wissen und die Erschließung neuer Inhalte. Basiskonzepte müssen dazu in Lehr-Lernprozessen wiederholt thematisiert werden. Den Lernenden wird aufgezeigt, dass diese grundlegenden Konzepte in vielen verschiedenen Lernbereichen einsetzbar sind und einen systematischen Wissensaufbau und somit den Erwerb eines strukturierten Wissens unterstützen. In der folgenden Beschreibung der Basiskonzepte werden dafür Beispiele genannt.

Erhaltung und Gleichgewicht

Viele Sachverhalte und Vorgänge lassen sich in der Physik durch ein Denken in Bilanzen oder Gleichgewichten beschreiben und erklären. Hierbei spielen neben statischen und dynamischen Gleichgewichtsbedingungen auch Erhaltungssätze wie der Energieerhaltungssatz eine wesentliche Rolle. Das

Basiskonzept Erhaltung und Gleichgewicht verbindet Themen wie z. B. das Wien-Filter, den Hall-Effekt, die Gegenfeldmethode bei der Fotozelle und den Franck-Hertz-Versuch, die Absorption und Emission von Licht, die charakteristische Röntgenstrahlung oder die Kernstrahlung.

Superposition und Komponenten

Das Konzept der Superposition bildet eine wesentliche Grundlage der analytisch-synthetischen Vorgehensweise in der Physik. Die Überlagerung gleicher physikalischer Größen oder die Zerlegung von physikalischen Größen in Komponenten wird z. B. bei der Kräfteaddition, bei der Vektorsumme von Feldstärken, bei der Bewegung von geladenen Teilchen in Feldern, beim Induktionsgesetz oder bei der Polarisation verwendet. Darüber hinaus ist Superposition ein zentraler Begriff in der Interferenzoptik und der Quantenphysik, der insbesondere bei der Nutzung der Zeigerdarstellung sein didaktisches Potenzial entfaltet.

Mathematisieren und Vorhersagen

Zentrales Merkmal der Physik ist es, Vorgänge und Zusammenhänge mathematisch zu beschreiben – grafisch (insbesondere in der Zeigerdarstellung) und sowohl analytisch geschlossen als auch durch Differenzgleichungen – und daraus Erkenntnisse und Vorhersagen zu erhalten. Die Beschreibung von Größenabhängigkeiten erfolgt verbal und in Gestalt von Gleichungen und Funktionen. In den Kompetenztabellen, insbesondere zu *Mathematisieren* und *Mit Modellen arbeiten* werden die zu behandelnden funktionalen Zusammenhänge beschrieben. Die physikalische Interpretation von gegebenenfalls grafisch ermittelten Ableitungen und Integralen sowie im Zusammenhang damit auch die Anwendung von Differenzenverfahren eröffnet weitere Möglichkeiten für die Erkenntnisgewinnung, z. B. bei dem Lade- und Entladevorgang eines Kondensators und beim Zerfallsgesetz.

Zufall und Determiniertheit

In der Physik spielen Fragen nach Zufall und Determiniertheit sowohl auf einer philosophischen als auch auf einer praktischen Ebene eine Rolle.

Determiniertheit ist in allen Bereichen der Physik die Grundvoraussetzung für eine Beschreibung von Phänomenen durch Gesetzmäßigkeiten, etwa für die Vorhersage von Ereignissen oder für die Modellierung durch Ausgleichskurven. Zufall tritt in unterschiedlicher Weise auf, z. B. als Messunsicherheit oder als statistische Verteilung physikalischer Größen, insbesondere in der Quantenphysik.

In der Atomphysik ist z. B. bei einer Gasentladungsröhre der Zeitpunkt der Emission eines Photons durch ein einzelnes Atom zufällig, bei einer festen angelegten Spannung stellt sich aber dennoch eine eindeutig vorhersagbare Strahlungsleistung ein. Am Beispiel der Quantenphysik kann zwischen der prinzipiellen Nichtdeterminiertheit von Messergebnissen an einzelnen Quantenobjekten und der Determiniertheit von Verteilungen der Nachweiswahrscheinlichkeit durch die Versuchsbedingungen unterschieden werden. Die Zeigerdarstellung ist dabei ein geeignetes Mittel, Wahrscheinlichkeitsamplituden zu handhaben.

3 Erwartete Kompetenzen

3.1 Prozessbezogene Kompetenzen

In der horizontalen Anordnung der folgenden Tabellen werden die prozessbezogenen Kompetenzen in ihrer Progression dargestellt. Die Darstellung erfolgt daher so, dass in der ersten Spalte die am Ende der Einführungsphase abgesicherten Kompetenzen abgedruckt sind. In der rechten Spalte stehen die in der Qualifikationsphase hinzutretenden Kompetenzen oder Erweiterungen.

Physikalisch argumentieren

Physikalische Argumentation ist dadurch gekennzeichnet, dass ein sachbezogenes Vokabular verwendet wird und festgelegte Regeln sowie ein gesicherter Wissensbestand über die Qualität von Argumenten entscheiden helfen. Vorliegende Fragen und Vermutungen werden durch Anwendung weiterer Darstellungselemente (insbesondere von Graphen, fachsprachlichen Formulierungen von Zusammenhängen und schließlich Gleichungen) sowie durch die Durchführung hypothesengeleiteter Experimente einer rationalen Beantwortung zugänglich gemacht. Auch im Sekundarbereich II verdient der Übergang von der Alltagssprache zur Fachsprache noch Aufmerksamkeit, der Wechsel zwischen Darstellungen und Sprachebenen muss weiterhin geübt werden.

16

am Ende der Einführungsphase	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase
<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • geben ihre erworbenen Kenntnisse wieder und nutzen erlerntes Vokabular. • verwenden die erlernte Fachsprache zunehmend sicher und wählen die Sprachebene bewusst aus. • trennen physikalische Aspekte selbstständig von außerphysikalischen. • unterwerfen Vermutungen einer fachlich-kritischen Prüfung. • argumentieren mithilfe von Diagrammen linearer Funktionen und einfacher Potenzfunktionen. • setzen Darstellungen situationsgerecht ein. 	<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • argumentieren insbesondere mithilfe von Kräften und Energiebilanzen. • verwenden die erlernte Fachsprache sicher und wählen die Sprachebene bewusst aus. • identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten. • unterwerfen Argumentationen einer fachlich-kritischen Prüfung. • formulieren Hypothesen und überprüfen sie mithilfe von Experimenten. • argumentieren zusätzlich mithilfe der Diagramme von Winkelfunktionen bzw. der Zeigerdarstellung, den Gleichungen linearer Funktionen, einfacher Potenzfunktionen sowie Exponentialfunktionen und ziehen zur Argumentation Ableitung und Flächeninhalt heran.

Probleme lösen

Die Fähigkeit, Probleme zu lösen, ist sehr anspruchsvoll. Sie entwickelt sich nur, wenn die Lernenden sich bei der Problemlösung immer wieder als erfolgreich erleben. Zur Unterstützung der Entwicklung dieser Fähigkeit können genaue Anleitung und feste Strukturierung hilfreich sein, wenn die Probleme aus Sicht der Lernenden neuartig oder komplex sind. Offene Problemstellungen können eher in bekannten Zusammenhängen für Lernende eine angemessene Herausforderung darstellen. Für die Gestaltung von Unterricht ergibt sich daraus die Forderung nach einem kumulativen Aufbau auch in den einzelnen Unterrichtseinheiten mit zunehmender Öffnung bei wachsendem Kenntnisstand.

am Ende der Einführungsphase	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> • ergänzen fehlende Informationen selbstständig und ziehen Schulbuch und Formelsammlung zur Problemlösung heran. • wählen geeignete Quellen selbst aus. • führen selbstverantwortlich ihre Notizen. • setzen ihre Kenntnisse über nichtlineare Zusammenhänge ein. • verwenden das eingeführte elektronische Rechenwerkzeug. • erkennen bekannte Zusammenhänge auch in einem komplexeren Umfeld. 	<ul style="list-style-type: none"> • wählen zur Problemlösung in unterschiedlichen Quellen (analog und digital) passende Informationen aus und prüfen die Plausibilität und Relevanz. • nutzen Termumformungen für Deduktionen. • nutzen Experimente zur Problemlösung und schließen induktiv. • wenden Kenntnisse auf Alltagssituationen und technische Anwendungen an. • übertragen Kenntnisse analog auf andere Situationen und verwenden dazu auch einfache mathematische Modelle. • nur eA: verwenden dazu einfache numerische Modelle.

Planen, experimentieren, auswerten

Wie die Problemlösefähigkeit muss auch die Experimentierfähigkeit entwickelt werden. In einem neuen Sachgebiet sollten die Lernenden in der Regel zunächst angeleitet experimentieren. Mit zunehmender Sicherheit werden Fragestellungen und Anleitungen schrittweise offener, um in einem neuen Sachgebiet wieder verengt zu werden. Sie sind dabei stets so zu gestalten, dass die Lernenden Experimente als Mittel erleben, wesentliche Fragen zu beantworten oder neue Phänomene kennenzulernen. Arbeitsaufträge müssen so angelegt sein, dass die Lernenden den erlebten Erfolg in erster Linie dem eigenen Handeln zuschreiben können. Insbesondere die selbständige Nutzung digitaler Messwerkzeuge und die selbständige Durchführung von rechnergestützten Auswertungen sollen sich für die Lernenden zu sicher beherrschten Methoden entwickeln.

am Ende der Einführungsphase	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase
Die Lernenden ... <ul style="list-style-type: none">• experimentieren zunehmend selbstständig.• planen einfache Experimente zur Untersuchung ausgewählter, auch eigener Fragestellungen selbst und achten darauf, jeweils nur einen Parameter zu variieren.• legen selbstständig geeignete Messtabellen an.• fertigen auch nichtlineare Graphen an, nutzen das eingeführte elektronische Rechenwerkzeug zur Ermittlung funktionaler Zusammenhänge und erstellen eine geeignete Dokumentation der Arbeitsschritte.• fertigen bei Bedarf Versuchsprotokolle selbstständig an.• tragen Ergebnisse von z. B. arbeitsteilig ausgeführten Experimenten sachgerecht und adressatenbezogen vor.	Die Lernenden ... <ul style="list-style-type: none">• bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen und Oszilloskopen ggf. nach Anleitung auf.• planen Experimente zur Untersuchung ausgewählter, auch eigener Fragestellungen selbst und führen diese sachgerecht durch.• nutzen zur Auswertung von Messergebnissen das eingeführte elektronische Rechenwerkzeug und dokumentieren ihr Vorgehen.• dokumentieren Aufbau, Durchführung, Beobachtung und Auswertung von Experimenten selbstständig.

am Ende der Einführungsphase	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> • schätzen die absolute Unsicherheit beim Messen einzelner Größen ab. 	<ul style="list-style-type: none"> • geben Messwerte mit einer reflektierten Anzahl signifikanter Stellen an. • geben das Ergebnis einer daraus berechneten Größe auf Aufforderung mit einer sinnvollen Anzahl signifikanter Stellen an. • nur eA: schätzen die Messunsicherheit eines Messergebnisses aus den Versuchsbedingungen ab und berechnen daraus die relative Messunsicherheit einer gemessenen Größe. • nur eA: schätzen eine Grenze für die relative und die absolute Messunsicherheit einer aus Messdaten berechneten Größe sachgerecht ab. • erklären bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus. • erklären bekannte Auswerteverfahren.

Mathematisieren

Die Physik unterscheidet sich von den anderen Naturwissenschaften unter anderem durch ihren höheren Grad der Mathematisierung. Es ist eine wesentliche Aufgabe des Physikunterrichts im Sekundarbereich II, die Lernenden beim Erwerb mathematischer Verfahren anzuleiten. In jedem Fall wird dabei der Weg über eine sprachliche Beschreibung und einfache Diagramme zur Angabe von Gleichungen und deren anschließender Interpretation führen. In einem neuen Fachgebiet müssen die Lernenden die zum Erwerb einer Kompetenz erforderlichen Schritte jeweils wieder neu und wiederholt durchlaufen. Termumformungen und das Lösen von Gleichungen sind immer dann Gegenstand des Physikunterrichtes, wenn dies unter physikalischen Gesichtspunkten sinnvoll ist. Allerdings erfordert die Nutzung von Termumformungen für deduktive Schlüsse die Fähigkeit, diese sowohl mit als auch ohne elektronische Hilfsmittel zu bewältigen. Die rechnergestützte Auswertung von Differenzgleichungen ermöglicht einen Zugang zu numerischen Verfahren.

am Ende der Einführungsphase	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> • verwenden die wissenschaftliche Notation für Zahlenangaben und Vorsilben von Einheiten. • verwenden Größen und Einheiten und führen erforderliche Umrechnungen durch. • wechseln zwischen sprachlicher, grafischer und algebraischer Darstellung eines Zusammenhanges. • fertigen Grafen zu beliebigen Zusammenhängen an. • fertigen Ausgleichskurven zu Messdaten an und erläutern daran den Einfluss von Messunsicherheiten. • ermitteln lineare, quadratische und antiproportionale Zusammenhänge aus Messdaten – auch mithilfe des eingeführten elektronischen Rechenwerkzeugs, dokumentieren ihre Arbeitsschritte und begründen ihre Entscheidungen. 	<ul style="list-style-type: none"> • verwenden physikalische Symbole sachgerecht. • entnehmen grafischen Darstellungen und Termen die physikalischen Sachverhalte auch im Zusammenhang mit Ableitung und Fläche. • wählen geeignete Ausgleichskurven begründet aus. • ermitteln zusätzlich exponentielle Zusammenhänge und Zusammenhänge die Quadratwurzeln enthalten (nur eA: sowie umgekehrt quadratische Zusammenhänge und exponentielle Zusammenhänge zur Basis e) mithilfe des eingeführten elektronischen Rechenwerkzeugs.

am Ende der Einführungsphase	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> • schätzen die absolute Unsicherheit beim Messen einzelner Größen ab. 	<ul style="list-style-type: none"> • geben Messwerte mit einer reflektierten Anzahl signifikanter Stellen an. • geben das Ergebnis einer daraus berechneten Größe auf Aufforderung mit einer sinnvollen Anzahl signifikanter Stellen an. • nur eA: schätzen die Messunsicherheit eines Messergebnisses aus den Versuchsbedingungen ab und berechnen daraus die relative Messunsicherheit einer gemessenen Größe. • nur eA: schätzen eine Grenze für die relative und die absolute Messunsicherheit einer aus Messdaten berechneten Größe sachgerecht ab. • nutzen funktionale Zusammenhänge, Gleichungen und Termumformungen für deduktive Schlüsse und Begründungen. • dokumentieren Herleitungen sachgerecht. • stellen Zusammenhänge in Form von Funktionsgleichungen dar. • nur eA: stellen Zusammenhänge in Form von Differenzgleichungen dar und modellieren einfache Prozesse damit. • verwenden die Zeigerdarstellung oder eine andere geeignete Darstellung zur mathematischen Beschreibung sowohl für Wellen als auch für Quanten. • nur eA: interpretieren das Quadrat der resultierenden Zeigerlänge oder das Quadrat der Amplitude der resultierenden Sinuskurve als Maß für die Nachweiswahrscheinlichkeit für einzelne Quantenobjekte.

Mit Modellen arbeiten

Physikalische Probleme werden durch Modellieren und Idealisieren einer Bearbeitung zugänglich gemacht. Modelle können dabei gegenständlich, ikonisch, grafisch oder mathematisch sein. Beispiele aus dem Sekundarbereich I sind das Kern-Hülle-Modell des Atoms, das Modell der Elementarmagnete und das im Chemieunterricht eingeführte Teilchenmodell als ikonische Modelle, Energieflussdiagramme als grafische Modelle. Im Unterricht im Sekundarbereich II gehört zu den mathematischen Modellen auch die Zeigerdarstellung. An Beispielen erkennen die Lernenden die Prognosefähigkeit von Modellen und deren Grenzen. Erst fortgeschrittene Lernende sind dabei in der Lage, über die Unterschiede zwischen Modell und Realität zu reflektieren.

am Ende der Einführungsphase	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> • stellen Zusammenhänge in Form von grafischen Darstellungen dar. • überprüfen Hypothesen an ausgewählten Beispielen durch selbst entworfene Experimente. • ziehen Modellvorstellungen als Hilfsmittel zur Problemlösung und Formulierung von Hypothesen heran. • beschreiben Idealisierungen in verschiedenen Situationen. <ul style="list-style-type: none"> • unterscheiden zwischen Modellvorstellung und Realität. 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen Zusammenhänge in Form von Funktionsgleichungen dar. • nur eA: modellieren einfache Prozesse mit Differenzgleichungen. • erläutern das Modell des Potenzialtopfs und ziehen es als heuristisches Hilfsmittel zur Problemlösung heran. • verwenden die Zeigerdarstellung oder eine andere geeignete Darstellung zur Lösung von Problemen in den Themenbereichen Wellen und Quanten. • erkennen Strukturgleichheiten und nutzen sie dafür, vorhandene Kenntnisse angeleitet auf andere Situationen zu übertragen. • unterscheiden zwischen Modellvorstellung, ikonischer Repräsentation und Realität.

Erkenntniswege der Physik beschreiben und reflektieren

Die hier beschriebenen Kompetenzen treten im Sekundarbereich II zu den aus dem Sekundarbereich I bekannten hinzu. Im Sekundarbereich I wird das Nachdenken über die Aussagekraft physikalischer Gesetze im Wesentlichen auf die Abschätzung von Messunsicherheiten beschränkt. Es wird altersgemäß nur ansatzweise darüber reflektiert, wie man in der Physik zu Erkenntnissen oder Gesetzen kommt. Im Sekundarbereich II stehen nun mehr Beispiele zur Verfügung, der Grad der systematischen Ordnung der Sachgebiete hat zugenommen. Deswegen ist es nun möglich und sinnvoll, auf dieser Basis über Wege der Erkenntnisgewinnung zu reflektieren.

am Ende der Einführungsphase	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase
<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • schätzen die absolute Unsicherheit beim Messen einzelner Größen ab. • beurteilen den Gültigkeitsbereich untersuchter Zusammenhänge. 	<p>Die Lernenden ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • nur eA: beurteilen ein Ergebnis aufgrund einer Betrachtung der Messunsicherheiten sachgerecht und begründet. • erläutern, dass man mithilfe experimenteller Daten Hypothesen zwar widerlegen, aber nie beweisen kann. • erörtern die Funktion eines Experiments bei der Entscheidung über Hypothesen bzw. zur Initiierung von Ideen. • erläutern die Vorgehensweise zur Informationsgewinnung aus Experimenten. • erläutern die Bedeutung von Modellvorstellungen als Hilfsmittel zur Problemlösung und Formulierung von Hypothesen. • erläutern die Besonderheiten der quantenphysikalischen Sichtweise.

Kommunizieren

Lernende müssen Äußerungen von anderen und Texte mit physikalischen Inhalten, auch ausgewählte Fachliteratur, verstehen, sich zu eigen machen und überprüfen. Sie nehmen dazu Informationen auf, strukturieren diese und dokumentieren ihre Arbeit, ihre Lernwege und ihre Ergebnisse. Dabei nutzen sie unterschiedliche Darstellungsformen und Medien. Zunehmend achten die Lernenden auf eine adressatengerechte Darstellung und die Auswahl geeigneter Sprachelemente.

am Ende der Einführungsphase	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none"> • wählen die Sprachebene adressatengerecht aus. • strukturieren, interpretieren und beurteilen fachbezogene Darstellungen. • wählen Informationen aus Formelsammlung und anderen geeigneten Quellen sachgerecht aus. • verfassen Berichte selbstständig. • stellen die Ergebnisse einer selbstständigen Arbeit zu einem Thema in angemessener Form schriftlich dar. • referieren über selbst durchgeführte Experimente sachgerecht und adressatenbezogen und wählen dazu geeignete Medien aus. • entwickeln die Arbeit in der Gruppe weiter. 	<ul style="list-style-type: none"> • verwenden die Fachsprache in den behandelten Gebieten sicher. • nur eA: strukturieren, interpretieren und beurteilen fachbezogene Darstellungen für komplexe Sachverhalte, Phänomene in der Natur und Anwendungen in der Technik. • entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder. • präsentieren Arbeitsergebnisse sach-, situations- und adressatengerecht unter Verwendung geeigneter, auch digitaler Darstellungsmethoden und beachten dabei Urheberrecht und Zitierregeln. • nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener und zur Entwicklung eigener innerfachlicher Argumentationen. • führen zu einem Sachverhalt ein Fachgespräch auf angemessenem Niveau. • arbeiten sachgerecht und zielgerichtet in einer Gruppe.

Dokumentieren

Wesentliches Kriterium für die Anerkennung naturwissenschaftlicher Ergebnisse ist deren Reproduzierbarkeit. Das setzt eine geeignete Form der Dokumentation voraus. Im Unterricht gelangen die Lernenden zu einer zunehmend selbstständig ausgeführten, situations- und adressatengerechten Darstellungsform, auch unter Nutzung elektronischer Arbeitsmittel, ohne in eine ritualisierte Art des Protokolls zu verfallen. Zur Dokumentation gehört die genau eingehaltene Verwendung von Größensymbolen, Einheiten und Schaltzeichen. Ebenso entwickelt werden soll die Fähigkeit, Lernergebnisse und Kenntnisstand in geeigneter Form übersichtlich darzustellen und so eine Basis für künftiges Lernen bereitzustellen. Eine besondere Bedeutung kommt der Dokumentation von Lösungswegen immer dann zu, wenn elektronische Rechenhilfen benutzt werden. Ein Beispiel für eine geeignete Darstellung befindet sich im Anhang A 2.

am Ende der Einführungsphase	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase
Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<ul style="list-style-type: none">• führen ihre Notizen selbstständig.• dokumentieren ihre Arbeitsschritte auch bei selbst geplanten Experimenten oder Auswertungen in geeigneter schriftlicher Darstellung.• nutzen vereinbarte grafische Darstellungen zur Veranschaulichung.• fertigen Messtabellen selbstständig an und geben Größensymbole und Einheiten an.• nutzen grafische Darstellungen für beliebige Zusammenhänge, auch unter Benutzung des eingeführten elektronischen Rechenwerkzeugs.	<ul style="list-style-type: none">• dokumentieren Versuchsergebnisse selbstständig.• ziehen zur Dokumentation selbstständig Bilder, Texte, Skizzen und Diagramme heran.• dokumentieren Arbeitsschritte mit dem eingeführten elektronischen Rechenwerkzeug in der vereinbarten Weise.

Bewerten

Zum Bewerten gehört die Fähigkeit, das erworbene Wissen kritisch einordnen zu können, ebenso wie die Beantwortung der Frage, in welchem Gebiet die Physik Aussagen machen kann und in welchem nicht. Insofern ist es unumgänglich, dass die Lernenden zwischen naturwissenschaftlichen, gesellschaftlichen und politischen Komponenten einer Bewertung unterscheiden. Die Gelegenheiten, Bewertungskompetenz im Physikunterricht zu entwickeln, sind allerdings begrenzt und zugleich komplex. Deshalb sind vorhandene, insbesondere aktuelle Anlässe gezielt zu nutzen. Erwartungen an die Progression müssen realistisch eingeschätzt werden, weil die zur Entwicklung erforderlichen Schritte nur selten durchlaufen werden können.

am Ende der Einführungsphase	zusätzlich am Ende der Qualifikationsphase
Die Lernenden ... <ul style="list-style-type: none">• trennen physikalische Aspekte selbstständig von außerphysikalischen.	Die Lernenden ... <ul style="list-style-type: none">• erläutern den Aspektcharakter der Wissenschaft Physik an ausgewählten Beispielen.• stellen die Beziehung zwischen Physik und Technik an ausgewählten Beispielen dar.• nennen Beispiele für die historische oder gesellschaftliche Bedingtheit physikalischer Sichtweisen.• entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie gegeneinander ab.• bilden sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten ein eigenes Urteil.• wenden selbstständig das erlernte Bewertungsverfahren auf eine geeignete außerfachliche Problemsituation an.
<ul style="list-style-type: none">• beschreiben ein einfaches Bewertungsverfahren und wenden dieses angeleitet auf eine geeignete außerfachliche Problemsituation an¹.	

¹ vgl. Onlinematerial unter www.physik-material-SekII.bp-nds.de

3.2 Inhaltsbezogene Kompetenzen mit Zuordnung prozessbezogener Kompetenzen in der Einführungsphase

In den folgenden Tabellen werden die verbindlichen inhaltsbezogenen Kompetenzen (in Verbindung mit ausgewählten prozessbezogenen Kompetenzen) dargestellt, die am Ende der Einführungsphase erworben sein sollen. Dabei ist das erste Halbjahr in allen Schulformen der Dynamik vorbehalten.

Für das zweite Kurshalbjahr ist ein Wahlmodul im Umfang von ungefähr 16 Unterrichtsstunden (bzw. acht Doppelstunden) vorgesehen. Hierzu werden im Folgenden verschiedene Wahlmodule vorgeschlagen. Stattdessen ist es auch möglich, dass das zuständige schulische Fachgremium ein eigenes Wahlmodul aus einem anderen Inhaltsbereich plant, wenn sichergestellt ist, dass für die Physik typische Arbeitsweisen und Anforderungen beispielhaft dargestellt werden oder Defizite aus dem Sekundarbereich I ausgeglichen werden.

An einem geeigneten Beispiel muss im Verlauf der Einführungsphase dargestellt werden, welchen Beitrag Kenntnisse aus der Physik zu Entscheidungen in außerphysikalischen Kontexten leisten können und wo die Grenze zu persönlichen oder politischen Präferenzen liegt. Dazu soll ein einfaches Verfahren zur Entscheidungsfindung vorgestellt werden. Als Anknüpfungspunkte für die Ergänzung von außerphysikalischen Fragestellungen bzw. Bewertungsanlässen eignen sich u. a. Aspekte der Dynamik, des Klimawandels oder der sinnvollen Nutzung von Energie. Falls erforderlich, kann das auch in einem Wahlmodul „Ausgleich von Defiziten aus dem Sekundarbereich I“ geschehen, wenn die Kontexte geeignet gewählt werden.

Dynamik

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen
Die Lernenden...	
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den freien Fall und den waagerechten Wurf mithilfe von t-s- und t-v-Zusammenhängen. 	<ul style="list-style-type: none"> • wenden die Kenntnisse über diese Zusammenhänge zur Lösung ausgewählter Aufgaben und Probleme an. • werten Daten aus selbst durchgeführten Experimenten aus. • übertragen die Ergebnisse auf ausgewählte gleichmäßig beschleunigte Bewegungen. • beschreiben die Idealisierungen, die zum Begriff freier Fall führen. • erläutern die Ortsabhängigkeit der Fallbeschleunigung. • übersetzen zwischen sprachlicher, grafischer und algebraischer Darstellung dieser Zusammenhänge und verwenden insbesondere die Begriffe Beschleunigung und Geschwindigkeit sachgerecht.
<ul style="list-style-type: none"> • nennen die Grundgleichung der Mechanik. • erläutern die sich daraus ergebende Definition der Krafteinheit. • erläutern die drei newtonschen Axiome. 	<ul style="list-style-type: none"> • wenden diese Gleichung zur Lösung ausgewählter Aufgaben und Probleme an. • deuten den Ortsfaktor als Fallbeschleunigung. • wenden ihr Wissen zur Beurteilung von Risiken und Sicherheitsmaßnahmen im Straßenverkehr an.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die gleichförmige Kreisbewegung mithilfe der Begriffe Umlaufdauer, Bahngeschwindigkeit und Zentripetalbeschleunigung. • nennen die Gleichung für die Zentripetalkraft. 	<ul style="list-style-type: none"> • begründen die Entstehung der Kreisbewegung mittels der richtungsändernden Wirkung der Zentripetalkraft. • unterscheiden dabei zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung.
<ul style="list-style-type: none"> • nennen die Gleichung für die kinetische Energie. • formulieren den Energieerhaltungssatz der Mechanik. • erarbeiten ein Werturteil zu einer Fragestellung bezüglich der Energienutzung. 	<ul style="list-style-type: none"> • wenden diese Zusammenhänge als Alternative zur Lösung einfacher Aufgaben und Probleme an. • planen einfache Experimente zur Überprüfung des Energieerhaltungssatzes, führen sie durch und dokumentieren die Ergebnisse. • argumentieren mithilfe des Energieerhaltungssatzes bei einfachen Experimenten. • wenden ein Bewertungsverfahren auf eine Fragestellung im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit an.

Wahlmodule für die Einführungsphase¹

Akustik

Die Behandlung der Akustik kann einen fächerverbindenden Einblick in die Zusammenhänge zwischen dem Klang verschiedener Instrumente und deren physikalischer Beschreibung bieten, ohne dabei die Wellenlehre zu thematisieren. Es bietet sich dazu an, verschiedene Instrumente mit Sensoren, z. B. von Smartphones oder Tablets, genauer zu untersuchen. Auch für die Messung von Schalldruckpegeln kann auf diese Geräte zurückgegriffen werden.

Zum Wahlmodul Akustik kann gehören:

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen
Die Lernenden ...	
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben ein Verfahren zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Luft und einem anderen Medium. 	<ul style="list-style-type: none"> • werten in diesem Zusammenhang Messwerte angeleitet aus.
<ul style="list-style-type: none"> • vergleichen Ton, Klang und Geräusch anhand der zugehörigen Schwingungsbilder. • beschreiben die Frequenz als Maß für die Tonhöhe und die Amplitude als Maß für die Lautstärke eines akustischen Signals. • beschreiben die Lautstärke von Signalen mithilfe des Schalldruckpegels. • erläutern den Zusammenhang zwischen Frequenzverhältnissen und musikalischen Intervallen. 	<ul style="list-style-type: none"> • führen ein Experiment mit Mikrofon und registrierendem Messinstrument durch, um Schwingungsbilder verschiedener Klangerzeuger aufzunehmen. • bestimmen die Frequenzen der zugehörigen periodischen Signale. • wenden Schallpegelmessinstrumente an, um Aussagen über die Gefährdung durch Lärm zu treffen. • beschreiben Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den Schwingungsbildern von gleichen Noten, die auf verschiedenen Instrumenten gespielt werden.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben Gemeinsamkeiten und Unterschiede bei der Frequenzanalyse des Signals gleicher Noten, die auf verschiedenen Instrumenten gespielt werden. • erläutern den Begriff Klangfarbe. 	<ul style="list-style-type: none"> • wenden dazu Ergebnisse der Frequenzanalyse von Tönen und Klängen an. • bestätigen die Beziehung $f_n = (n + 1) \cdot f_0$ zwischen Frequenz des n-ten Obertons und Frequenz f_0 des Grundtons.

¹ vgl. Onlinematerial unter www.physik-material-SekII.bp-nds.de

Atom- und Kernphysik

Dieses Wahlmodul dient dazu, vorhandene Unterschiede zwischen Kursen auszugleichen, die sich durch die Herkunft der Lernenden aus unterschiedlichen Bildungsgängen möglicherweise ergeben haben. Aus diesem Grund ähnelt es dem entsprechenden Themenbaustein im Kerncurriculum des Sekundarbereichs I für Gymnasien. Zu den Inhalten sollte gehören:

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen
Die Lernenden ...	
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben das Kern-Hülle-Modell des Atoms und erläutern den Begriff Isotop. 	<ul style="list-style-type: none"> • deuten das Phänomen der Ionisation mithilfe dieses Modells.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die ionisierende Wirkung von Kernstrahlung und deren stochastischen Charakter. • beschreiben die grundlegende Funktionsweise eines Geiger-Müller-Zählrohrs. 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die biologische Wirkung und ausgewählte medizinische Anwendungen.
<ul style="list-style-type: none"> • vergleichen α-, β-, γ-Strahlung anhand ihres Durchdringungsvermögens und ihrer Reichweite in Luft und beschreiben ihre Entstehung modellhaft. 	<ul style="list-style-type: none"> • untersuchen die zugehörigen Abhängigkeiten, ggf. in Analogversuchen. • beschreiben die Ähnlichkeit von UV-, Röntgen-, γ-Strahlung und sichtbarem Licht und die Unterschiede hinsichtlich ihrer biologischen Wirkung.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den radioaktiven Zerfall eines Stoffes unter Verwendung des Begriffes Halbwertszeit. 	<ul style="list-style-type: none"> • bestimmen die Halbwertszeit durch zeichnerische Auswertung der Abklingkurve. • nehmen Stellung zur Problematik der Lagerung des radioaktiven Abfalls.

Optische Abbildungen

Im Mittelpunkt dieses Moduls stehen optische Abbildungen durch Linsen. Dabei lässt sich an die Kenntnisse aus dem Bereich Optik des Sekundarbereichs I anknüpfen. Die Auseinandersetzung mit den Grundlagen soll quantitative Aspekte umfassen. Dazu kann gehören:

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen
Die Lernenden ...	
<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Entstehung eines Bildes an Linsen. • beschreiben den Einfluss verschiedener Brennweiten auf die Größe und Lage des Bildes. 	<ul style="list-style-type: none"> • führen Experimente zur Erzeugung optischer Abbildungen durch. • konstruieren Bilder mithilfe ausgezeichneter Strahlen. • bestimmen den Abbildungsmaßstab.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Eigenschaften des Bildes in Abhängigkeit von der Gegenstandsweite. 	<ul style="list-style-type: none"> • modellieren optische Abbildungen mithilfe von dynamischer Geometriesoftware. • überprüfen die theoretischen Vorhersagen anhand entsprechender Experimente.
<ul style="list-style-type: none"> • nennen die Gleichung für den Zusammenhang zwischen Brenn-, Gegenstands- und Bildweite. 	<ul style="list-style-type: none"> • leiten diese Gleichung her. • wenden die Gleichung in ausgewählten Situationen an.
<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die grundlegende Funktionsweise ausgewählter Geräte (z. B. Beamer, Fotoapparat, Mikroskop, Fernrohr). 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den Unterschied zwischen abbildenden und den Sehwinkel vergrößernden Geräten.

Strahlungsphysik

Die Behandlung der Strahlungsphysik soll die Einstellung eines Gleichgewichts der globalen Energieströme verständlich machen und dazu beitragen, die Störung dieses Gleichgewichts als eine mögliche Ursache von Klimaveränderungen zu verstehen. Dazu kann gehören:

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen
Die Lernenden ...	
<ul style="list-style-type: none"> • nennen das boltzmannsche Strahlungsgesetz. 	<ul style="list-style-type: none"> • wenden dieses Gesetz auf ausgewählte Fragestellungen an.
<ul style="list-style-type: none"> • nennen das wiensche Verschiebungsgesetz. 	<ul style="list-style-type: none"> • wenden dieses Gesetz auf Beobachtungen an verschiedenen Lichtquellen an.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Einstellung eines Strahlungsgleichgewichts. 	<ul style="list-style-type: none"> • deuten die zugehörigen Vorgänge als Folge von Reflexions-, Absorptions- bzw. Reemissionsvorgängen.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben ein Experiment zur selektiven Absorption. 	<ul style="list-style-type: none"> • übertragen das Ergebnis auf das unterschiedliche Absorptionsverhalten der klima-relevanten Gase gegenüber sichtbarem bzw. infrarotem Licht.
<ul style="list-style-type: none"> • stellen den Treibhauseffekt an einem geeignet vereinfachten Modell dar. 	<ul style="list-style-type: none"> • wenden dazu vorgelegte grafische Darstellungen an. • erörtern an diesem Modell Aussagen und Grenzen der Modellierung. • beschreiben an diesem Modell die Auswirkungen von Veränderungen an einzelnen Parametern.

3.3 Inhaltsbezogene Kompetenzen mit Zuordnung prozessbezogener Kompetenzen in der Qualifikationsphase

In den folgenden Tabellen werden die verbindlichen inhaltsbezogenen Kompetenzen (in Verbindung mit ausgewählten prozessbezogenen Kompetenzen) dargestellt, die am Ende der Qualifikationsphase erworben sein sollen.

Elektrizität

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben elektrische Felder durch ihre Kraftwirkungen auf geladene Probekörper. 	<ul style="list-style-type: none"> • skizzieren Feldlinienbilder für das homogene Feld, das Feld einer Punktladung und das eines Dipols. • beschreiben die Funktionsweise eines faradayschen Käfigs als Resultat des Superpositionsprinzips. 	<ul style="list-style-type: none"> • skizzieren Feldlinienbilder für das homogene Feld, das Feld einer Punktladung und das eines Dipols. • beschreiben die Funktionsweise eines faradayschen Käfigs als Resultat des Superpositionsprinzips.
<ul style="list-style-type: none"> • nennen die Einheit der Ladung und erläutern die Definition der elektrischen Feldstärke. • nur eA: beschreiben das coulombsche Gesetz. 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben ein Verfahren zur Bestimmung der elektrischen Feldstärke auf der Grundlage von Kraftmessungen. • werten in diesem Zusammenhang Messreihen angeleitet aus. 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben ein Verfahren zur Bestimmung der elektrischen Feldstärke auf der Grundlage von Kraftmessungen. • werten in diesen Zusammenhängen Messreihen aus.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den Zusammenhang zwischen Ladung und elektrischer Stromstärke. • nennen die Definition der elektrischen Spannung als der pro Ladung übertragbaren Energie. 		<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die elektrische Spannung auch als Potentialdifferenz.

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den Zusammenhang zwischen der Feldstärke in einem Plattenkondensator und der anliegenden Spannung. • geben die Energiebilanz für einen freien geladenen Körper im elektrischen Feld eines Plattenkondensators an. 	<ul style="list-style-type: none"> • ermitteln angeleitet die Geschwindigkeit eines geladenen Körpers im homogenen elektrischen Feld eines Plattenkondensators mithilfe dieser Energiebilanz. 	<ul style="list-style-type: none"> • ermitteln die Geschwindigkeit eines geladenen Körpers im homogenen elektrischen Feld eines Plattenkondensators mithilfe dieser Energiebilanz.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den t-I-Zusammenhang (nur eA: und die t-U-Zusammenhänge) beim Aufladevorgang und beim Entladevorgang eines Kondensators mithilfe einer Exponentialfunktion. 	<ul style="list-style-type: none"> • führen angeleitet Experimente zum Aufladevorgang durch. • ermitteln aus den Messdaten den zugehörigen t-I-Zusammenhang. • beschreiben qualitativ den Einfluss von R und C auf diesen Zusammenhang. • begründen die Auswahl einer exponentiellen Regression auf der Grundlage der Messdaten. • ermitteln die geflossene Ladung mithilfe von t-I-Diagrammen. 	<ul style="list-style-type: none"> • führen selbstständig Experimente zum Auf- und Entladevorgang hinsichtlich Stromstärke und Spannung durch. • ermitteln aus den Messdaten den zugehörigen t-I bzw. t-U-Zusammenhang. • überprüfen den Zusammenhang zwischen der Halbwertszeit und dem Produkt aus R und C. • begründen die Auswahl einer exponentiellen Regression auf der Grundlage der Messdaten. • ermitteln die geflossene Ladung mithilfe von t-I-Diagrammen.
<ul style="list-style-type: none"> • nennen die Definition der Kapazität eines Kondensators. • nennen die Gleichung für die Energie des elektrischen Feldes eines Plattenkondensators. 	<ul style="list-style-type: none"> • führen ein Experiment zur Bestimmung der Kapazität eines Kondensators durch. • beschreiben eine Einsatzmöglichkeit von Kondensatoren in technischen Systemen. • berechnen die Kapazität eines Plattenkondensators aus seinen geometrischen Abmessungen. 	<ul style="list-style-type: none"> • planen ein Experiment zur Bestimmung der Kapazität eines Kondensators und führen es durch. • beschreiben eine Einsatzmöglichkeit von Kondensatoren in technischen Systemen. • berechnen die Kapazität eines Plattenkondensators aus seinen geometrischen Abmessungen. • beschreiben qualitativ den Einfluss eines Dielektrikums auf die Kapazität.

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben magnetische Felder durch ihre Wirkung auf Kompassnadeln. • ermitteln Richtung (Dreifingerregel) und Betrag der Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im homogenen Magnetfeld. • nennen die Definition der magnetischen Flussdichte B (Feldstärke B) in Analogie zur elektrischen Feldstärke E. 	<ul style="list-style-type: none"> • ermitteln die Richtung von magnetischen Feldern mit Kompassnadeln. • erläutern ein Experiment zur Bestimmung von B mithilfe einer Stromwaage. • begründen die Definition mithilfe geeigneter Messdaten. 	<ul style="list-style-type: none"> • ermitteln die Richtung von magnetischen Feldern mit Kompassnadeln. • erläutern ein Experiment zur Bestimmung von B mithilfe einer Stromwaage. • begründen die Definition mithilfe geeigneter Messdaten.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Bewegung von freien Elektronen: <ul style="list-style-type: none"> ○ unter Einfluss der Lorentzkraft, ○ unter Einfluss der Kraft im homogenen elektrischen Querfeld, ○ im Wien-Filter. 	<ul style="list-style-type: none"> • begründen den prinzipiellen Verlauf der Bahnkurven. • übertragen ihre Kenntnisse auf andere geladene Teilchen. • leiten die zugehörige Gleichung für die Geschwindigkeit angeleitet her. 	<ul style="list-style-type: none"> • begründen den prinzipiellen Verlauf der Bahnkurven. • übertragen ihre Kenntnisse auf andere geladene Teilchen. • leiten vorstrukturiert die Gleichung für die Bahnkurve im homogenen elektrischen Querfeld her. • leiten die zugehörige Gleichung für die Geschwindigkeit her.
<ul style="list-style-type: none"> • nur eA: beschreiben das physikalische Prinzip zur Bestimmung der spezifischen Ladung von Elektronen mithilfe des Fadenstrahlrohres. 		<ul style="list-style-type: none"> • leiten dazu die Gleichung für die spezifische Ladung des Elektrons her und bestimmen die Elektronenmasse.

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben ein Experiment zur Messung von B mit einer Hallsonde. • nur eA: erläutern die Entstehung der Hallspannung. 	<ul style="list-style-type: none"> • führen Experimente zur Messung von B bei Spulen mit einer Hallsonde durch. • beschreiben qualitativ die Abhängigkeit von B von I, n, l und μ_r. • skizzieren Magnetfeldlinienbilder für einen geraden Leiter und eine Spule. 	<ul style="list-style-type: none"> • führen selbstständig Experimente zur Messung von B mit einer Hallsonde durch. • berechnen die magnetische Flussdichte B (Feldstärke B) im Inneren einer schlanken Spule. • skizzieren Magnetfeldlinienbilder für einen geraden Leiter und eine Spule. • leiten die Gleichung für die Hallspannung in Abhängigkeit von der Driftgeschwindigkeit anhand einer geeigneten Skizze her.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Erzeugung einer Induktionsspannung qualitativ mithilfe des magnetischen Flusses. 	<ul style="list-style-type: none"> • führen einfache qualitative Experimente zur Erzeugung einer Induktionsspannung durch. 	<ul style="list-style-type: none"> • führen einfache qualitative Experimente zur Erzeugung einer Induktionsspannung durch.
<ul style="list-style-type: none"> • nur gA: nennen den Zusammenhang zwischen Induktionsspannung und einer linearen zeitlichen Änderung des magnetischen Flusses. 	<ul style="list-style-type: none"> • werten geeignete Versuche bzw. Diagramme zur Überprüfung des Induktionsgesetzes für den Fall linearer Änderungen von A bzw. B aus. • beschreiben ein Beispiel für eine technische Anwendung der Induktion. 	
<ul style="list-style-type: none"> • nur eA: wenden das Induktionsgesetz in differenzieller Form auf vorgegebene lineare und sinusförmige Verläufe von Φ an. 		<ul style="list-style-type: none"> • begründen den Verlauf von t-U-Diagrammen für lineare und sinusförmige Änderungen von Φ. • werten geeignete Versuche bzw. Diagramme zur Überprüfung des Induktionsgesetzes aus. • stellen technische Bezüge hinsichtlich der Erzeugung von Wechselspannung dar.
<ul style="list-style-type: none"> • nur eA: beschreiben Spulen als Energiespeicher in Analogie zu Kondensatoren. • nur eA: nennen die Gleichung für die Energie des magnetischen Feldes einer Spule. 		<ul style="list-style-type: none"> • erläutern in diesem Zusammenhang die Vorgänge beim Ein- und Ausschalten von Spulen durch Selbstinduktion. • definieren die Induktivität als Bauteileigenschaft aus einer Energiebetrachtung.

Schwingungen und Wellen

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> stellen harmonische Schwingungen grafisch dar. beschreiben harmonische Schwingungen mithilfe von Auslenkung, Amplitude, Periodendauer und Frequenz. 	<ul style="list-style-type: none"> verwenden die Zeigerdarstellung oder Sinuskurven zur grafischen Beschreibung. ermitteln Werte durch Ablesen an einem registrierenden Messinstrument (Oszilloskop oder geeignetes digitales Werkzeug). 	<ul style="list-style-type: none"> verwenden die Zeigerdarstellung oder Sinuskurven zur grafischen Beschreibung. ermitteln Werte durch Ablesen an einem registrierenden Messinstrument (Oszilloskop oder geeignetes digitales Werkzeug).
<ul style="list-style-type: none"> geben die Gleichung für die Periodendauer eines Feder-Masse-Pendels an. nur eA: nennen ein lineares Kraftgesetz als Bedingung für die Entstehung einer mechanischen harmonischen Schwingung. 	<ul style="list-style-type: none"> bestätigen die zugehörigen Abhängigkeiten experimentell. 	<ul style="list-style-type: none"> untersuchen die zugehörigen Abhängigkeiten experimentell. ermitteln geeignete Ausgleichskurven. wenden diese Verfahren auf das Fadenpendel an.
<ul style="list-style-type: none"> nur eA: beschreiben die Schwingung eines Feder-Masse-Pendels mithilfe von Energieumwandlungen. nur eA: beschreiben die Bedingung, unter der bei einer erzwungenen Schwingung Resonanz auftritt. 		<ul style="list-style-type: none"> deuten in diesem Zusammenhang die zugehörigen t-s- und t-v-Diagramme auch bei gedämpften Schwingungen im Spezialfall exponentiell abnehmender Amplitude. erläutern das Phänomen Resonanz anhand eines Experiments.

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den Aufbau eines elektromagnetischen Schwingkreises. 	<ul style="list-style-type: none"> • ermitteln Amplitude, Periodendauer bzw. Frequenz aus vorgelegten Messdaten. 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben in Analogie zum Feder-Masse-Pendel die Energieumwandlungen in einem Schwingkreis qualitativ. • beschreiben ein Experiment zur Erzeugung einer Resonanzkurve. • ermitteln die Abhängigkeit der Frequenz der Eigenschwingung von der Kapazität experimentell anhand eines Resonanzversuchs. • nennen die thomsonsche Schwingungsgleichung.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Ausbreitung harmonischer Wellen. • beschreiben harmonische Wellen mithilfe von Periodendauer, Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge, Frequenz, Amplitude und Phase. • geben den Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Frequenz an. • beschreiben Reflexion, Brechung und Beugung als Phänomene, die bei der Wellenausbreitung auftreten. 	<ul style="list-style-type: none"> • verwenden Zeigerketten oder Sinuskurven zur grafischen Darstellung. • wenden die zugehörige Gleichung an. 	<ul style="list-style-type: none"> • verwenden Zeigerketten oder Sinuskurven zur grafischen Darstellung. • wenden die zugehörige Gleichung an. • begründen diesen Zusammenhang mithilfe der Zeigerdarstellung oder der Sinusfunktion.
<ul style="list-style-type: none"> • vergleichen longitudinale und transversale Wellen. • beschreiben Polarisierbarkeit als Unterscheidungsmerkmal zwischen transversalen und longitudinalen Wellen. 	<ul style="list-style-type: none"> • überprüfen die Polarisierbarkeit bei einem Experiment mit Licht. 	<ul style="list-style-type: none"> • untersuchen experimentell die Winkelabhängigkeit der Intensität des durchgehenden Lichts bei einem Paar von Polarisatoren. • interpretieren in diesem Zusammenhang das Quadrat der Zeigerlänge bzw. das Quadrat der Amplitude der zugehörigen Sinuskurve als Intensität.

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und deuten Interferenzphänomene für folgende „Situationen“: <ul style="list-style-type: none"> ○ stehende Welle, ○ Michelson-Interferometer, ○ Doppelspalt und Gitter, ○ nur eA: Einzelspalt, ○ nur eA: bei der Bragg-Reflexion. 	<ul style="list-style-type: none"> • verwenden die Zeigerdarstellung oder eine andere geeignete Darstellung zur Beschreibung und Deutung der aus dem Unterricht bekannten Situationen. • erläutern die technische Verwendung des Michelson-Interferometers zum Nachweis kleiner Längenänderungen. 	<ul style="list-style-type: none"> • verwenden die Zeigerdarstellung oder eine andere geeignete Darstellung zur Beschreibung und Deutung. • erläutern die technische Verwendung des Michelson-Interferometers zum Nachweis kleiner Längenänderungen. • erläutern die Veränderung des Interferenzmusters beim Übergang vom Doppelspalt zum Gitter.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben je ein Experiment zur Bestimmung der Wellenlänge <ul style="list-style-type: none"> ○ von Ultraschall bei durch Reflexion entstandenen stehenden Wellen, ○ von weißem und monochromatischem Licht mit einem Gitter (objektiv / nur eA: subjektiv), ○ nur eA: mit dem Michelson-Interferometer, ○ nur eA: von Röntgenstrahlung mit Bragg-Reflexion. 	<ul style="list-style-type: none"> • werten entsprechende Experimente angeleitet aus. • beschreiben die Funktion der zugehörigen optischen Bauteile auf der Grundlage einer vorgegebenen Skizze. • leiten die Gleichung für die Interferenz am Doppelspalt vorstrukturiert und begründet her. • ordnen den Frequenzbereich des sichtbaren Lichts in das Spektrum elektromagnetischer Wellen ein. 	<ul style="list-style-type: none"> • werten entsprechende Experimente aus. • beschreiben die Funktion der zugehörigen optischen Bauteile. • leiten die Gleichung für die Interferenz am Doppelspalt selbstständig und begründet her. • ordnen den Frequenzbereich des sichtbaren Lichts in das Spektrum elektromagnetischer Wellen ein. • wenden ihre Kenntnisse zur Bestimmung des Spurabstandes bei einer CD/DVD an. • erläutern ein Verfahren zur Aufnahme eines Röntgenspektrums. • leiten die Bragg-Gleichung selbstständig und begründet her.

Quantenobjekte

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben ein Doppelspaltexperiment zur Interferenz von Quantenobjekten mit Ruhemasse (z. B. kalte Neutronen, Fullerene). • ermitteln die Wellenlänge bei Quantenobjekten mit Ruhemasse mithilfe der de-Broglie-Gleichung. • nur eA: nennen in diesem Zusammenhang die Definition des Impulses. • beschreiben das Experiment mit der Elektronenbeugungsröhre. 	<ul style="list-style-type: none"> • deuten das Interferenzmuster stochastisch. • bestätigen durch angeleitete Auswertung von Messwerten die Antiproportionalität zwischen Wellenlänge und Geschwindigkeit. • deuten die Beobachtungen mithilfe optischer Analogieversuche an Transmissionsgittern. 	<ul style="list-style-type: none"> • deuten das Interferenzmuster stochastisch. • verwenden zur Deutung der Interferenzmuster die Zeigerdarstellung oder eine andere geeignete Darstellung. • beschreiben den Zusammenhang zwischen der Nachweiswahrscheinlichkeit für ein einzelnes Quantenobjekt und dem Quadrat der resultierenden Zeigerlänge bzw. der Amplitude der resultierenden Sinuskurve. • bestätigen durch Auswertung von Messwerten die Antiproportionalität zwischen Wellenlänge und Geschwindigkeit. • deuten die Beobachtungen mithilfe optischer Analogieversuche an Transmissionsgittern.
<ul style="list-style-type: none"> • übertragen die stochastische Deutung von Interferenzmustern auf Doppelspaltexperimente mit einzelnen Photonen und Elektronen. 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und deuten die entstehenden Interferenzmuster bei geringer und hoher Intensität. • erläutern den Begriff Komplementarität mithilfe der Beobachtungen an einem Doppelspaltexperiment. 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und deuten die entstehenden Interferenzmuster bei geringer und hoher Intensität. • erläutern die Koinzidenzmethode zum Nachweis einzelner Photonen.

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> • nur eA: beschreiben den Aufbau eines Mach-Zehnder-Interferometers. • nur eA: interpretieren ein Experiment mit dem Mach-Zehnder-Interferometer mit einzelnen Quantenobjekten unter den Gesichtspunkten Komplementarität und Nichtlokalität. • nur eA: beschreiben ein Experiment mit dem Mach-Zehnder-Interferometer analog zu einem delayed-choice-Experiment. • nur eA: erläutern die Begriffe Zustand, Präparation und Superposition am Beispiel eines Experimentes mit polarisiertem Licht. 		<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Begriffe Komplementarität und Nichtlokalität mithilfe der Beobachtungen am Mach-Zehnder-Interferometer mit einzelnen Quantenobjekten. • erläutern an diesem Beispiel die Begriffe Nichtlokalität und Kausalität. • erläutern eine Anwendung der Quantenphysik.
<ul style="list-style-type: none"> • nur eA: erläutern Unbestimmtheit in der Form: die Streuungen der Werte zweier komplementärer Größen können nicht beide beliebig klein sein. 		<ul style="list-style-type: none"> • veranschaulichen das Konzept der Unbestimmtheit an einem Beispiel. • vergleichen das Erlernte mit der Lehrbuch-Notierung der Unbestimmtheitsrelation für Ort und Impuls.

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die experimentelle Bestimmung der planckschen Konstante h mit LEDs in ihrer Funktion als Energiewandler. • nur eA: beschreiben ein Experiment zur Bestimmung der Energie der Photoelektronen beim äußeren lichtelektrischen Effekt mit der Vakuum-Fotозelle. • nur eA: erläutern die Entstehung des Röntgenbremsspektrums als Energieübertragung von Elektronen auf Photonen. 	<ul style="list-style-type: none"> • deuten das zugehörige Experiment mithilfe des Photonenmodells. • überprüfen durch angeleitete Auswertung von Messwerten die Hypothese der Proportionalität zwischen Energie des Photons und der Frequenz. 	<ul style="list-style-type: none"> • deuten das zugehörige Experiment mithilfe des Photonenmodells. • überprüfen durch Auswertung von Messwerten die Hypothese der Proportionalität zwischen Energie des Photons und der Frequenz. • wenden ihre Kenntnisse über das Photonenmodell des Lichtes auf diese Situation an. • deuten das zugehörige f-E-Diagramm. • ermitteln aus Röntgenbremsspektren einen Wert für die plancksche Konstante h.

Atomhülle

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Quantisierung der Gesamtenergie von Elektronen in der Atomhülle. • nennen die Gleichung für die Gesamtenergie eines Elektrons in diesem Modell. 	<ul style="list-style-type: none"> • wenden dazu das Modell vom eindimensionalen Potenzialtopf mit unendlich hohen Wänden an. • beschreiben die Aussagekraft und die Grenzen dieses Modells. 	<ul style="list-style-type: none"> • wenden dazu das Modell vom eindimensionalen Potenzialtopf mit unendlich hohen Wänden an. • leiten die Gleichung für die Gesamtenergie eines Elektrons in diesem Modell her. • beschreiben die Aussagekraft und die Grenzen dieses Modells auch unter Berücksichtigung der Unbestimmtheitsrelation.
<ul style="list-style-type: none"> • erläutern quantenhafte Emission anhand von Experimenten zu Linienspektren bei Licht ... • nur eA: ... und Röntgenstrahlung. • erläutern einen Versuch zur Resonanzabsorption. • beschreiben einen Franck-Hertz-Versuch. 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären diese Beobachtungen durch die Annahme diskreter Energieniveaus in der Atomhülle. • beschreiben Wellenlängen-Intensitäts-Spektren von Licht. • deuten die Abnahme der Stromstärke und die Leuchterscheinungen in einer mit Neon gefüllten Franck-Hertz-Röhre als Folge von Anregungen von Atomen durch Elektronenstöße. 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären diese Beobachtungen durch die Annahme diskreter Energieniveaus in der Atomhülle. • beschreiben Wellenlängen-Intensitäts-Spektren von Licht. • stellen einen Zusammenhang zwischen den Leuchterscheinungen in einer mit Neon gefüllten Franck-Hertz-Röhre und der Franck-Hertz-Kennlinie dar. • ermitteln eine Anregungsenergie anhand einer Franck-Hertz-Kennlinie. • nennen Unterschiede zwischen einer Anregung mit Photonen und einer Anregung mit Elektronen.

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> • erklären den Zusammenhang zwischen Spektrallinien und Energieniveauschemata. • beschreiben die Vorgänge der Fluoreszenz an einem einfachen Energieniveauschema. 	<ul style="list-style-type: none"> • benutzen vorgelegte Energieniveauschemata zur Berechnung der Wellenlänge von Spektrallinien und ordnen gemessenen Wellenlängen Energieübergänge zu. • berechnen die Energieniveaus von Wasserstoff mit der Balmerformel. • erläutern und bewerten die Bedeutung der Fluoreszenz in Leuchtstoffen an den Beispielen Leuchtstoffröhre und „weiße“ LED. 	<ul style="list-style-type: none"> • benutzen vorgelegte Energieniveauschemata zur Berechnung der Wellenlänge von Spektrallinien und ordnen gemessenen Wellenlängen Energieübergänge zu. • erklären ein charakteristisches Röntgenspektrum auf der Grundlage dieser Kenntnisse. • berechnen die Energieniveaus von Wasserstoff und von wasserstoffähnlichen Atomen mit der Balmerformel. • erläutern und bewerten die Bedeutung der Fluoreszenz in Leuchtstoffen an den Beispielen Leuchtstoffröhre und „weiße“ LED.
<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Orbitale des Wasserstoffatoms bis $n = 2$. • nur eA: beschreiben die „Orbitale“ bis $n = 2$ in einem dreidimensionalen Potenzialtopf. • nur eA: nennen das Pauliprinzip. 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen einen Zusammenhang zwischen Orbitalen und Nachweiswahrscheinlichkeiten für Elektronen anschaulich her. 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen einen Zusammenhang zwischen Orbitalen und Nachweiswahrscheinlichkeiten für Elektronen anschaulich her. • erläutern Gemeinsamkeiten zwischen den Orbitalen des Wasserstoffatoms und denen des dreidimensionalen Potenzialtopfs. • bestimmen die maximale Anzahl der Elektronen im dreidimensionalen Potenzialtopf bis $n = 2$.

Atomkern

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> • erläutern das grundlegende Funktionsprinzip eines Geiger-Müller-Zählrohrs als Messgerät für Zählraten. • erläutern das Zerfallsgesetz. 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen Zerfallsvorgänge grafisch dar und werten sie unter Verwendung der Eigenschaften einer Exponentialfunktion aus. 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen Zerfallsvorgänge grafisch dar und werten sie unter Verwendung der Eigenschaften einer Exponentialfunktion zur Basis e aus. • übertragen dieses Vorgehen auf andere Abklingvorgänge. • beurteilen Gültigkeitsgrenzen der mathematischen Beschreibung aufgrund der stochastischen Natur der Strahlung. • modellieren einen radioaktiven Zerfall mit dem Differenzenverfahren unter Einsatz einer Tabellenkalkulation oder eines Modellbildungssystems. • wenden dieses Verfahren auf einen Mutter-Tochter-Zerfall an.
<ul style="list-style-type: none"> • stellen Zerfallsreihen anhand einer Nuklidkarte auf. 	<ul style="list-style-type: none"> • ermitteln aus einer Nuklidkarte die kennzeichnenden Größen eines Nuklids und die von ihm emittierte Strahlungsart. • beschreiben grundlegende Eigenschaften von α-, β- und γ-Strahlung. 	<ul style="list-style-type: none"> • ermitteln aus einer Nuklidkarte die kennzeichnenden Größen eines Nuklids und die von ihm emittierte Strahlungsart. • beschreiben grundlegende Eigenschaften von α-, β- und γ-Strahlung.

Inhaltsbezogene Kompetenzen	Prozessbezogene Kompetenzen für ...	
	Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau	Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau
Die Lernenden ...		
<ul style="list-style-type: none"> • erläutern das grundlegende Funktionsprinzip eines Halbleiterdetektors für die Energiemessung von Kernstrahlung. • interpretieren ein α-Spektrum auf der Basis der zugehörigen Zerfallsreihe. 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die in Energiespektren verwendete Darstellungsform (Energie-Häufigkeits-Diagramm). • wenden in diesem Zusammenhang die Nuklidkarte an. 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die in Energiespektren verwendete Darstellungsform (Energie-Häufigkeits-Diagramm). • wenden in diesem Zusammenhang die Nuklidkarte an. • erläutern die Bedeutung der Bragg-Kurve in der Strahlentherapie.
<ul style="list-style-type: none"> • nur eA: beschreiben die Quantisierung der Gesamtenergie von Nukleonen im eindimensionalen Potenzialtopf. 		<ul style="list-style-type: none"> • schätzen die Größenordnung der Energie bei Kernprozessen mithilfe des Potenzialtopfmodells ab.

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 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 es 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 mündlicher, schriftlicher und anderer fachspezifischer Lernkontrollen zur Leistungsfeststellung heranzuziehen.

In Lernkontrollen werden überwiegend Kompetenzen überprüft, die im unmittelbar vorangegangenen Unterricht erworben werden konnten. Darüber hinaus sollen jedoch auch Problemstellungen einbezogen werden, die die Verfügbarkeit von Kompetenzen eines langfristig angelegten Kompetenzaufbaus überprüfen. In schriftlichen Lernkontrollen sind alle drei Anforderungsbereiche zu berücksichtigen. Bei schriftlichen Lernkontrollen liegt der Schwerpunkt im Anforderungsbereich II, und der Anforderungsbereich I wird in höherem Maße als der Anforderungsbereich III berücksichtigt. Festlegungen zur Anzahl der bewerteten schriftlichen Lernkontrollen in der Einführungsphase sowie der Dauer der schriftlichen Lernkontrollen im Sekundarbereich II trifft an allgemein bildenden Schulen die Fachkonferenz auf der Grundlage der Vorgaben der „Verordnung über die gymnasiale Oberstufe“ und den „Ergänzenden Bestimmungen zur Verordnung über die gymnasiale Oberstufe“ in der jeweils gültigen Fassung.

Zur Ermittlung der Gesamtzensur sind die Ergebnisse der Klausuren und die Bewertung der Mitarbeit im Unterricht heranzuziehen. Der Anteil der schriftlichen Leistungen an der Gesamtzensur ist abhängig von der Anzahl der schriftlichen Lernkontrollen innerhalb eines Schulhalbjahres. Er darf ein Drittel an der Gesamtzensur nicht unterschreiten und 50% nicht überschreiten.

Im Laufe des Schulhalbjahres sind die Lernenden mehrfach über ihren aktuellen Leistungsstand zu informieren.

Zur Mitarbeit im Unterricht (mündliche und andere fachspezifische Leistungen) 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. Experiment, Referate, Vorstellung eines Thesepapiers, 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 schriftlichen Ausarbeitungen,
- mündliche Überprüfungen und kurze schriftliche Lernkontrollen,
- häusliche Vor- und Nachbereitung,
- freie Leistungsvergleiche (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 sozial-kommunikative Leistungen berücksichtigt.

Die Grundsätze der Leistungsfeststellung und -bewertung müssen für Lernenden sowie für die Erziehungsberechtigten transparent sein.

5 Aufgaben der Fachkonferenz bzw. der Fachgruppe

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

Unter Beachtung der rechtlichen Grundlagen und der fachbezogenen Vorgaben des Kerncurriculums ist ein schuleigener Arbeitsplan zu erarbeiten. Diese Erstellung ist ein Prozess.

Die regelmäßige Überprüfung und Weiterentwicklung des schuleigenen Arbeitsplans trägt zur Qualitätsentwicklung und zur Qualitätssicherung des Faches bei.

Das zuständige schulische Fachgremium ...

- legt die Themen bzw. die Struktur von Unterrichtseinheiten fest, die die Entwicklung der erwarteten Kompetenzen ermöglichen, und berücksichtigt dabei regionale Bezüge,
- legt die Zuordnung der Themenbausteine auf die Schulhalbjahre fest,
- arbeitet ggf. fachübergreifende und fächerverbindende Anteile heraus und stimmt diese mit den anderen Fachkonferenzen ab,
- legt Themen bzw. Unterrichtseinheiten für Wahlmodule sowie ggf. Wahlpflichtkurse in der Einführungsphase in Abstimmung mit den schuleigenen Arbeitsplänen fest,
- stimmt die fachbezogenen Arbeitspläne der Einführungsphase auf die Arbeitspläne abgebender Schulformen ab,
- entscheidet, welche Schulbücher und Unterrichtsmaterialien eingeführt werden sollen,
- trifft Absprachen zur einheitlichen Verwendung der Fachsprache und der fachbezogenen Hilfsmittel,
- trifft für die Einführungsphase Absprachen über die Anzahl und Verteilung verbindlicher Lernkontrollen im Schuljahr,
- trifft Absprachen zur Konzeption und zur Bewertung von schriftlichen, mündlichen und fachspezifischen Leistungen und bestimmt deren Verhältnis bei der Festlegung der Zeugnisnote,
- wirkt mit bei der Erstellung des fächerübergreifenden Konzepts zur Beruflichen Orientierung und greift das Konzept im schuleigenen Arbeitsplan auf,
- entwickelt ein fachbezogenes Konzept zum Einsatz von Medien im Zusammenhang mit dem schulinternen Mediencurriculum,
- wirkt mit bei der Entwicklung des Förderkonzepts der Schule und stimmt die erforderlichen Maßnahmen zur Umsetzung ab,
- initiiert ggf. die Nutzung außerschulischer Lernorte, die Teilnahme an Wettbewerben etc.,
- initiiert Beiträge des Faches zur Gestaltung des Schullebens (Ausstellungen, Projektstage etc.) und trägt zur Entwicklung des Schulprogramms bei und
- ermittelt Fortbildungsbedarfe innerhalb der Fachgruppe und entwickelt Fortbildungskonzepte für die Fachlehrkräfte und informiert sich über die Ergebnisse.

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 Verwendung eines Operators lässt keinen Rückschluss auf den Anforderungsbereich zu.

Die folgenden Operatoren werden in den naturwissenschaftlichen Fächern 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 Dokumentation eines Lösungsweges bei Verwendung eines elektronischen Rechenwerkzeugs

An der folgenden Aufgabe soll beispielhaft gezeigt werden, wie eine angemessene Dokumentation bei Verwendung elektronischer Rechenwerkzeuge aussehen könnte. Die linke Spalte enthält die Dokumentation der gedanklichen Schritte bis hin zum Ergebnis. In der rechten Spalte werden wesentliche Ergebnisse aus dem Display des elektronischen Rechenwerkzeugs wiedergegeben.

Dabei sollten folgende Punkte Beachtung finden:

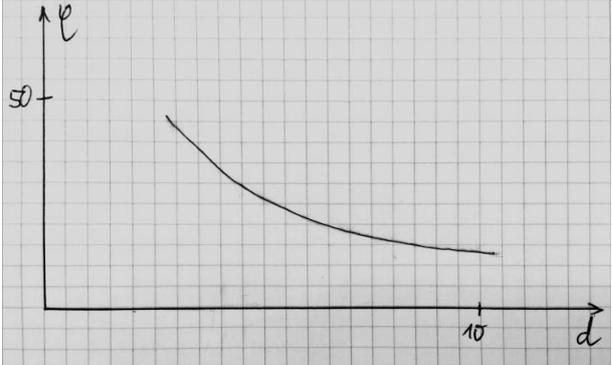
- qualitative Beschreibung der Abhängigkeit der Messgrößen,
- begründete Vermutung über die Art des funktionalen Zusammenhangs,
- Bestimmung des funktionalen Zusammenhangs (z. B. Regression, Produktbildung, ...),
- Formulierung eines Ergebnisses in physikalischen Größen und Einheiten.

Aufgabe:

Ermitteln Sie unter Verwendung folgender Messwerte den funktionalen Zusammenhang zwischen dem Plattenabstand d und der Kapazität C eines Plattenkondensators.

Plattenabstand d in mm	3,0	4,0	5,2	6,1	6,9	7,7	8,4	9,8
Kapazität C in pF	44,3	32,8	25,3	21,6	19,0	17,3	15,6	13,3

Beispiel 1: Regression

Dokumentation des Vorgehens	Display-Dokumentation
<p>Da sich die Kapazität bei einer ungefähren Verdopplung des Plattenabstands in etwa halbiert, gehe ich von einem antiproportionalen Zusammenhang aus.</p> <p>Diesen überprüfe ich durch eine Potenzregression.</p> <p>Da der Exponent $b \approx -1$ ist, ist meine Vermutung sinnvoll.</p> <p>Die erhaltene Gleichung übersetzt in physikalische Symbole lautet:</p> $C \approx 1,34 \cdot 10^{-10} \text{ F} \cdot \text{mm} \cdot d^{-1}$ <p>oder</p> $C \approx 1,34 \cdot 10^{-13} \text{ F} \cdot \text{m} \cdot \frac{1}{d}$	 <p>[Hinweis: Zur Dokumentation reicht eine Skizze der Displayanzeige wie im obigen Beispiel aus.]</p> $y = a \cdot x^b$ $a = 133,61$ $b = -1,0083$

Beispiel 2: Produktgleichheit

Dokumentation des Vorgehens	Display-Dokumentation								
<p>Da sich die Kapazität bei einer ungefähren Verdopplung des Plattenabstands in etwa halbiert, gehe ich von einem antiproportionalen Zusammenhang aus.</p> <p>Diesen überprüfe ich durch Berechnung des Produkts $d \cdot C$.</p> <p>Da dieses Produkt in guter Näherung konstant ist, ist meine Annahme sinnvoll.</p> <p>Die erhaltene Gleichung übersetzt in physikalische Symbole lautet:</p> $C \approx 1,32 \cdot 10^{-10} \text{ F} \cdot \text{mm} \cdot \frac{1}{d}$ <p>oder</p> $C \approx 1,32 \cdot 10^{-13} \text{ F} \cdot \text{m} \cdot \frac{1}{d}$	<p>Produktbildung:</p> <table border="1" data-bbox="831 557 1281 680"> <tr> <td>132,9</td> <td>131,2</td> <td>131,56</td> <td>131,76</td> </tr> <tr> <td>131,1</td> <td>133,21</td> <td>131,04</td> <td>130,34</td> </tr> </table> <p>Mittelwert der Produkte: 131,6388</p>	132,9	131,2	131,56	131,76	131,1	133,21	131,04	130,34
132,9	131,2	131,56	131,76						
131,1	133,21	131,04	130,34						

A 3 Abschätzung von Messunsicherheiten im Physikunterricht

Grundlage für die folgende Darstellung sind DIN 1319 und DIN 1333.

Die dort festgelegten Regeln sind für die Schule zu anspruchsvoll und müssen angemessen reduziert werden. Daher wird die folgende Vorgehensweise vorgeschlagen:

- Fachsprachlich angegebene Werte folgen der Konvention, dass die letzte angegebene Stelle durch Rundung entstanden ist.
- Bis zur Angabe des Endergebnisses wird mit der vollen Taschenrechnergenauigkeit gerechnet.
- Ergebnisse werden mit einer um eins höheren Anzahl signifikanter Stellen angegeben, als die Messgröße mit der geringsten Anzahl signifikanter Stellen aufweist. Auf die letzte Stelle ist zu runden.

Bei expliziter Betrachtung von Messunsicherheiten (**nur eA**):

- Ausgehend von der Regel, dass die relative Messunsicherheit einer als Produkt bzw. Quotient berechneten Größe niemals kleiner sein kann als die größte relative Messunsicherheit aller Eingangsgrößen, darf die relative Messunsicherheit des Ergebnisses auch in anderen Fällen auf diese Weise abgeschätzt werden.
- Auf dieser Grundlage berechnete relative bzw. absolute Unsicherheiten werden stets mit zwei signifikanten Stellen angegeben. Das Endergebnis wird dann mit der gleichen Anzahl an Dezimalstellen wie die absolute Unsicherheit angegeben.

Beispiel 1: Experimentelle Bestimmung der Wellenlänge von Licht am Gitter

Sachlage:

Angegebener Wert: Spaltabstand $d = \frac{1}{500} \text{ mm} = 2,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

Gemessene Werte: Abstand Gitter-Schirm $l = 320 \text{ mm}$,
Abstand der Maxima 0. und 1. Ordnung $s = 105 \text{ mm}$

daraus berechnet: $\lambda = d \cdot \sin\left(\arctan\left(\frac{s}{l}\right)\right) = 623,540 \dots \text{ nm}$

Ohne Betrachtung von Messunsicherheiten (gA und eA):

Alle Größen sind mit drei signifikanten Stellen angegeben.

Daher soll man das hieraus erhaltene Ergebnis mit vier signifikanten Stellen angeben: $\lambda \approx 623,5 \text{ nm}$.

Mit Betrachtung von Messunsicherheiten (nur eA):

Die drei absoluten Messunsicherheiten werden aufgrund der Herstellerangaben ($\Delta d = 0,005 \cdot 10^{-6} \text{ m}$) und des Vorgehens bei der Messung im Experiment ($\Delta l = 1 \text{ mm}$; $\Delta s = 2 \text{ mm}$) abgeschätzt und die Werte der relativen Messunsicherheiten daraus berechnet.

Ein Vergleich zeigt, dass die Messung von s den größten Beitrag zur Messunsicherheit liefert:

$$\frac{\Delta s}{s} \approx \frac{2 \text{ mm}}{105 \text{ mm}} \approx 1,904 \dots \%$$

Die relative Messunsicherheit der zu berechnenden Wellenlänge kann daher nicht kleiner als 1,9 % sein.

Unter Berücksichtigung der Dezimalstellen der absoluten Messunsicherheit ist das Endergebnis dann:

$$\lambda \approx 624 \text{ nm} \pm 12 \text{ nm}.$$

Beispiel 2: Rechenaufgabe zur Stromwaage

Sachlage:

Angegebene Werte: Kraft $F = 15,1 \text{ mN}$
Stromstärke $I = 5,64 \text{ A}$
Leiterlänge $s = 4,0 \text{ cm}$
daraus berechnet: $B = \frac{F}{I \cdot s} = 0,066932 \dots \text{ T}$

Ohne Betrachtung von Messunsicherheiten (gA und eA):

Die Leiterlänge s ist mit zwei signifikanten Stellen angegeben.

Daher soll man das hieraus erhaltene Ergebnis mit drei signifikanten Stellen angeben: $B \approx 66,9 \text{ mT}$.

Mit Betrachtung von Messunsicherheiten (nur eA):

Die drei absoluten Messunsicherheiten werden aufgrund der Zahlenangaben in der Aufgabenstellung abgeschätzt ($\Delta F = 0,05 \text{ mN}$, $\Delta I = 5 \text{ mA}$, $\Delta s = 0,5 \text{ mm}$) und die Werte der relativen Messunsicherheiten daraus berechnet.

Ein Vergleich zeigt, dass die Messung von s den größten Beitrag zur Messunsicherheit liefert:

$$\frac{\Delta s}{s} = \frac{0,5 \text{ mm}}{4,0 \text{ cm}} = 1,25 \%$$

Unter Berücksichtigung der Dezimalstellen der absoluten Messunsicherheit ist das Endergebnis dann:

$$B \approx 66,93 \text{ mT} \pm 0,84 \text{ mT}.$$

Die relative Messunsicherheit der zu berechnenden Flussdichte würde durch $1,3 \%$ angegeben.

Wäre die Leiterlänge im Material mit $s = 4 \text{ cm}$ angegeben, würde das Ergebnis $B \approx 66,9 \text{ mT} \pm 8,4 \text{ mT}$ lauten.

Hinweis:

Bei Berechnungen mit Messgrößen enthalten die angegebenen Werte und das ermittelte Ergebnis infolge der Zahl der angegebenen signifikanten Stellen implizite Aussagen über die Messunsicherheit.

Berücksichtigt man die vorliegenden Messunsicherheiten explizit, so kann es notwendig sein, dass Ergebnis mit einer Stellenzahl anzugeben, die von der Regel zur Zahl der signifikanten Stellen abweicht (vgl. Beispiel 1 bzw. Beispiel 2). Die maßgebliche Information über die Messunsicherheit ist in diesem Fall nicht in der Stellenzahl, sondern in der angegebenen Messunsicherheit enthalten.