



# Kerncurriculum gymnasiale Oberstufe



**CHEMIE**  
Ausgabe 2024

## **Impressum**

**Herausgeber:** Hessisches Ministerium für Kultus, Bildung und Chancen (HMKB)  
Luisenplatz 10  
65185 Wiesbaden  
Telefon: 0611 368-0  
E-Mail: [poststelle.hmkb@kultus.hessen.de](mailto:poststelle.hmkb@kultus.hessen.de)  
Internet: <https://kultus.hessen.de>

**Stand:** Ausgabe 2024, Stand 21.04.2026

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorbemerkung</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium</b> .....	<b>5</b>
1.1 Ganzheitliches Lernen und Kompetenzorientierung in der gymnasialen Oberstufe und dem beruflichen Gymnasium.....	5
1.2 Strukturelemente des Kerncurriculums .....	7
1.3 Überfachliche Kompetenzen .....	9
<b>2 Bildungsbeitrag und didaktische Grundlagen des Faches</b> .....	<b>13</b>
2.1 Beitrag des Faches zur Bildung .....	13
2.2 Kompetenzmodell .....	14
2.3 Kompetenzbereiche .....	15
2.4 Strukturierung der Fachinhalte und Basiskonzepte .....	19
<b>3 Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte</b> .....	<b>22</b>
3.1 Einführende Erläuterungen .....	22
3.2 Bildungsstandards .....	23
3.3 Kurshalbjahre und Themenfelder .....	29

**Hinweis:** Anregungen zur Umsetzung des Kerncurriculums im Unterricht sowie weitere Materialien abrufbar im Internet unter: [Kerncurricula | kultus.hessen.de](https://www.kerncurricula.de)

## Vorbemerkung

Das Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium trat zum Schuljahr 2016/17 in Kraft und ist seither Grundlage eines kompetenzorientierten Oberstufenunterrichts zur Vorbereitung auf das hessische Landesabitur. Den Fächern Mathematik, Deutsch und den fortgeführten Fremdsprachen (Englisch, Französisch) liegen dabei die Bildungsstandards nach dem Beschluss der Kultusministerkonferenz (KMK) vom 18.10.2012 zugrunde. Den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik liegen die Bildungsstandards nach dem Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020 zugrunde.

Die politischen Vorhaben zur „Ländervereinbarung über die gemeinsame Grundstruktur des Schulwesens und die gesamtstaatliche Verantwortung der Länder in zentralen bildungspolitischen Fragen“ (Beschluss der KMK vom 15.10.2020) in Verbindung mit der „Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung“ (Beschluss der KMK vom 07.07.1972 in der Fassung vom 06.06.2024) bedingen eine Ausweitung der für das schriftliche Abitur prüfungsrelevanten Themen und Inhalte auf das Kurshalbjahr Q4, das vor den Osterferien endet.

Dies macht eine Anpassung der Kerncurricula der gymnasialen Oberstufe in allen Abiturprüfungsfächern notwendig. Die Änderungen betreffen die inhaltliche Anschlussfähigkeit der Q4 sowie gegebenenfalls notwendige Anpassungen in den vorherigen Kurshalbjahren.

## 1 Die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium

### 1.1 Ganzheitliches Lernen und Kompetenzorientierung in der gymnasialen Oberstufe und dem beruflichen Gymnasium

Das Ziel der gymnasialen Oberstufe und des beruflichen Gymnasiums ist die Allgemeine Hochschulreife, die zum Studium an einer Hochschule berechtigt und auch den Weg in eine berufliche Ausbildung ermöglicht. Lernende, die die gymnasiale Oberstufe besuchen, wollen auf die damit verbundenen Anforderungen vorbereitet sein. Erwarten können sie daher einen Unterricht, der sie dazu befähigt, Fragen nach der Gestaltung des eigenen Lebens und der Zukunft zu stellen und orientierende Antworten zu finden. Sie benötigen Lernangebote, die in sinnstiftende Zusammenhänge eingebettet sind, in einem verbindlichen Rahmen eigene Schwerpunktsetzungen ermöglichen und Raum für selbstständiges Arbeiten schaffen. Mit diesem berechtigten Anspruch geht die Verpflichtung der Lernenden einher, die gebotenen Lerngelegenheiten in eigener Verantwortung zu nutzen und mitzugestalten. Lernen wird so zu einem stetigen, nie abgeschlossenen Prozess der Selbstbildung und Selbsterziehung, getragen vom Streben nach Autonomie, Bindung und Kompetenz. In diesem Verständnis wird die Bildung und Erziehung junger Menschen nicht auf zu erreichende Standards reduziert, vielmehr kann Bildung Lernende dazu befähigen, selbstbestimmt und in sozialer Verantwortung, selbstbewusst und resilient, kritisch-reflexiv und engagiert, neugierig und forschend, kreativ und genussfähig ihr Leben zu gestalten und wirtschaftlich zu sichern.

Für die Lernenden stellen die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium ein wichtiges Bindeglied zwischen einem zunehmend selbstständigen, dennoch geleiteten Lernen in der Sekundarstufe I auf der einen Seite und dem selbstständigen und eigenverantwortlichen Weiterlernen auf der anderen Seite dar, wie es mit der Aufnahme eines Studiums oder einer beruflichen Ausbildung verbunden ist. Auf der Grundlage bereits erworbener Kompetenzen zielt der Unterricht in der gymnasialen Oberstufe und dem beruflichen Gymnasium auf eine vertiefte Allgemeinbildung, eine allgemeine Studierfähigkeit sowie eine fachlich fundierte wissenschaftspropädeutische Bildung. Dabei gilt es in besonderem Maße, flankiert durch Angebote zur beruflichen Orientierung, die Potenziale der Jugendlichen zu entdecken und zu stärken sowie die Bereitschaft zu beständigem Weiterlernen zu wecken, damit die jungen Erwachsenen selbstbewusste, ihre Neigungen und Stärken berücksichtigende Entscheidungen über ihre individuellen Bildungs-, Berufs- und Lebenswege treffen können. So bietet der Unterricht in der Auseinandersetzung mit ethischen Fragen die zur Bildung reflektierter Werthaltungen notwendigen Impulse – den Lernenden kann so die ihnen zukommende Verantwortung für Staat, Gesellschaft und das Leben zukünftiger Generationen bewusst werden. Auf diese Weise nehmen die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium den ihnen in den §§ 2 und 3 des Hessischen Schulgesetzes (HSchG) aufgegebenen Erziehungsauftrag wahr.

Das Lernen in der gymnasialen Oberstufe und dem beruflichen Gymnasium differenziert die Inhalte und die Lern- und Arbeitsweisen der Sekundarstufe I weiter aus. So zielt der Unterricht auf den Erwerb profunden Wissens sowie auf die Vertiefung beziehungsweise Erweiterung von Sprachkompetenz. Der Unterricht fördert Team- und Kommunikationsfähigkeit, lernstrategische und wissenschaftspropädeutische Fähigkeiten und Fertigkeiten, um zunehmend selbstständig lernen zu können, sowie die Fähigkeit, das eigene Denken und Handeln zu reflektieren. Ein breites, in sich gut organisiertes und vernetztes sowie in unterschiedlichen Anwendungssituationen erprobtes Orientierungswissen hilft dabei, unterschiedliche, auch interkulturelle Horizonte des Weltverstehens zu erschließen. Aus dieser Handlungsorientierung

leiten sich die didaktischen Aufgaben der gymnasialen Oberstufe und des beruflichen Gymnasiums ab:

- sich aktiv und selbstständig mit bedeutsamen Gegenständen und Fragestellungen zentraler Wissensdomänen auseinanderzusetzen,
- wissenschaftlich geprägte Kenntnisse für die Bewältigung persönlicher und gesellschaftlicher Herausforderungen zu nutzen,
- Inhalte und Methoden kritisch zu reflektieren und daraus folgend Erkenntnisse und Erkenntnisweisen auszuwerten und zu bewerten,
- in kommunikativen Prozessen sowohl aus der Perspektive aufgeklärter Laien als auch aus der Expertenperspektive zu agieren.

Lernende begegnen der Welt auf unterschiedliche Art und Weise. Ganzheitliche schulische Bildung eröffnet den Lernenden daher unterschiedliche Dimensionen von Erkenntnis und Verstehen. Sie reflektieren im Bildungsprozess verschiedene „Modi der Weltbegegnung und -erschließung“<sup>1</sup>, die sich – in flexibler beziehungsweise mehrfacher Zuordnung – in den Unterrichtsfächern und deren Bezugswissenschaften wiederfinden:

- (1) eine kognitiv-instrumentelle Modellierung der Welt (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften oder Technik),
- (2) ästhetisch-expressive Begegnung und Gestaltung (Sprache/Literatur, Musik / bildende und theatrale Kunst / physische Expression)
- (3) normativ-evaluative Auseinandersetzung mit Wirtschaft und Gesellschaft (Geschichte, Politik, Ökonomie, Recht, Wirtschaft, Gesundheit und Soziales)
- (4) einen Modus, in dem „Probleme konstitutiver Rationalität“ behandelt werden und über „die Bedingungen menschlicher Erkenntnis und menschlichen In-der-Welt-Seins“ nachgedacht wird (Religion, Ethik und Philosophie).

Jeder dieser gleichrangigen Modi bietet also eine eigene Art und Weise, die Wirklichkeit zu konstituieren – aus einer jeweils besonderen Perspektive, mit den jeweils individuellen Erschließungsmustern und Erkenntnisräumen. Den Lernenden eröffnen sich dadurch Möglichkeiten für eine mehrperspektivische Betrachtung und Gestaltung von Wirklichkeit, die durch geeignete Lehr-Lern-Prozesse initiiert werden.

Die Grundstruktur der Allgemeinbildung besteht in der Verschränkung der oben genannten Sprachkompetenzen und lernstrategischen Fähigkeiten mit den vier „Modi der Weltbegegnung und -erschließung“ und gibt damit einen Orientierungsrahmen für kompetenzorientierten Unterricht auf Basis der KMK-Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife. Mit deren Erreichen dokumentieren die Lernenden, dass sie ihre Kompetenzen und fundierten Fachkenntnisse in innerfachlichen, fachübergreifenden und fächerverbindenden Zusammenhängen verständlich nutzen können.

In der Umsetzung eines ganzheitlichen Bildungsanspruchs verbinden sich sowohl Erwartungen der Schule an die Lernenden als auch Erwartungen der Lernenden an die Schule.

Den Lehrkräften kommt daher die Aufgabe zu,

---

<sup>1</sup> Hier und im Folgenden adaptiert aus Jürgen Baumert: Deutschland im internationalen Bildungsvergleich, in: Nelson Killius und andere (Herausgeber), Die Zukunft der Bildung, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2002, Seite 113, und Bernhard Dressler: Bildung und Differenzkompetenz, in: Österreichisches Religionspädagogisches Forum 2/2021, Seite 216.

- Lernende darin zu unterstützen, sich die Welt aktiv und selbstbestimmt fortwährend lernend zu erschließen, eine Fragehaltung zu entwickeln sowie sich reflexiv und zunehmend differenziert mit den unterschiedlichen „Modi der Weltbegegnung und Welterschließung“ zu beschäftigen,
- Lernende mit Respekt, Geduld und Offenheit sowie durch Anerkennung ihrer Leistungen und förderliche Kritik darin zu unterstützen, in einer komplexen Welt mit Herausforderungen wie fortschreitender Technisierung, beschleunigtem globalen Wandel, der Notwendigkeit erhöhter Flexibilität und Mobilität und diversifizierten Formen der Lebensgestaltung angemessen umgehen zu lernen sowie im Sinne des Allgemeinen Gleichbehandlungsgesetzes (AGG) kultureller Heterogenität und weltanschaulich-religiöser Pluralität mit Offenheit und Toleranz zu begegnen,
- Lernen in Gemeinschaft und das Schulleben mitzugestalten.

Aufgabe der Lernenden ist es,

- das eigene Lernen und die Lernumgebungen aktiv mitzugestalten sowie eigene Fragen und Interessen, Fähigkeiten und Fertigkeiten bewusst einzubringen und zu mobilisieren; schulische Lernangebote als Herausforderungen zu verstehen und zu nutzen; dabei Disziplin und Durchhaltevermögen zu beweisen; sich zu engagieren und sich anzustrengen,
- Lern- und Beurteilungssituationen zum Anlass zu nehmen, ein an Kriterien orientiertes Feedback einzuholen, konstruktiv mit Kritik umzugehen, sich neue Ziele zu setzen und diese konsequent zu verfolgen,
- im Sinne des Allgemeinen Gleichbehandlungsgesetzes (AGG) kultureller Heterogenität und weltanschaulich-religiöser Pluralität mit Offenheit und Toleranz zu begegnen,
- Lernen in Gemeinschaft und das Schulleben mitzugestalten.

Die Entwicklung von Kompetenzen wird möglich, wenn Lernende sich mit komplexen und herausfordernden Aufgabenstellungen, die Problemlösen erfordern, auseinandersetzen, wenn sie dazu angeleitet werden, ihre eigenen Lernprozesse zu steuern und an der Gestaltung des Unterrichts aktiv mitzuwirken. Solchermaßen gestalteter Unterricht bietet Lernenden Arbeitsformen und Strukturen, in denen sie wissenschaftspropädeutisches und berufsbezogenes Arbeiten in realitätsnahen Kontexten erproben und erlernen können. Es bedarf der Bereitstellung einer motivierenden Lernumgebung, die neugierig macht auf die Entdeckung bisher unbekanntem Wissens, in welcher die Suche nach Verständnis bestärkt und Selbstreflexion gefördert wird. Und es bedarf Formen der Instruktion, der Interaktion und Kommunikation, die Diskurs und gemeinsame Wissensaneignung, und auch das Selbststudium und die Konzentration auf das eigene Lernen ermöglichen.

## 1.2 Strukturelemente des Kerncurriculums

Das Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium formuliert Bildungsziele für fachliches (Bildungsstandards) und überfachliches Lernen sowie inhaltliche Vorgaben als verbindliche Grundlage für die Prüfungen im Rahmen des Landesabiturs. Die Leistungserwartungen werden auf diese Weise für alle, Lehrende wie Lernende, transparent und nachvollziehbar. Das Kerncurriculum ist in mehrfacher Hinsicht anschlussfähig: Es nimmt zum einen die Vorgaben in den Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) und den Beschluss der Kultusministerkonferenz (KMK) vom 18.10.2012 zu den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife in den Fächern Deutsch und Mathematik

sowie in der fortgeführten Fremdsprache (Englisch, Französisch) und vom 18.06.2020 in den naturwissenschaftlichen Fächern (Biologie, Chemie und Physik) und die Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung (Beschluss der KMK vom 07.07.1972 in der Fassung vom 16.03.2023) auf. Zum anderen setzt sich in Anlage und Aufbau des Kerncurriculums die Kompetenzorientierung, wie bereits im Kerncurriculum für die Sekundarstufe I umgesetzt, konsequent fort – modifiziert in Darstellungsformat und Präzisionsgrad der verbindlichen inhaltlichen Vorgaben gemäß den Anforderungen der gymnasialen Oberstufe und des beruflichen Gymnasiums und mit Blick auf die Abiturprüfung.

Das pädagogisch-didaktische Konzept des ganzheitlichen Lernens und der Kompetenzorientierung in der gymnasialen Oberstufe und dem beruflichen Gymnasium spiegelt sich in den einzelnen Strukturelementen wider:

**Überfachliche Kompetenzen** (Abschnitt 1.3): Bildung, nicht nur als individueller, sondern auch sozialer Prozess fortwährender Selbstbildung und Selbsterziehung verstanden, zielt auf fachlichen und überfachlichen Kompetenzerwerb gleichermaßen. Daher sind im Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe und für das berufliche Gymnasium neben den fachlichen Leistungserwartungen zunächst die wesentlichen Dimensionen und Aspekte überfachlicher Kompetenzentwicklung beschrieben.

**Bildungsbeitrag und didaktische Grundlagen des Faches** (Abschnitt 2): Der „Beitrag des Faches zur Bildung“ (Abschnitt 2.1) beschreibt den Bildungsanspruch und die wesentlichen Bildungsziele des Faches. Dies spiegelt sich in den Kompetenzbereichen (Abschnitt 2.2 beziehungsweise Abschnitt 2.3 in den Naturwissenschaften, in Mathematik und Informatik) und der Strukturierung der Fachinhalte (Abschnitt 2.3 beziehungsweise Abschnitt 2.4 Naturwissenschaften, Mathematik, Informatik) wider. Die didaktischen Grundlagen, durch den Bildungsbeitrag fundiert, bilden ihrerseits die Bezugsfolie für die Konkretisierung in Bildungsstandards und Unterrichtsinhalten.

**Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte** (Abschnitt 3): Bildungsstandards weisen die Erwartungen an das fachbezogene Können der Lernenden am Ende der gymnasialen Oberstufe und des beruflichen Gymnasiums aus (Abschnitt 3.2). Sie konkretisieren die Kompetenzbereiche und zielen grundsätzlich auf kritische Reflexionsfähigkeit sowie den Transfer beziehungsweise das Nutzen von Wissen für die Bewältigung persönlicher und gesellschaftlicher Herausforderungen.<sup>2</sup>

Die Lernenden setzen sich mit geeigneten und repräsentativen Lerninhalten und Themen, deren Sachaspekten und darauf bezogenen Fragestellungen auseinander und entwickeln auf diese Weise die in den Bildungsstandards formulierten fachlichen Kompetenzen. Entsprechend gestaltete Lernarrangements zielen auf den Erwerb jeweils bestimmter Kompetenzen aus in der Regel unterschiedlichen Kompetenzbereichen. Auf diese Weise können alle Bildungsstandards mehrfach und in unterschiedlichen inhaltlichen Zusammenhängen erarbeitet werden. Hieraus erklärt sich, dass Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte nicht bereits im Kerncurriculum miteinander verknüpft werden, sondern dies erst sinnvoll auf der Unterrichtsebene erfolgen kann.

---

<sup>2</sup> In den sieben Fächern, für die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife (Beschluss der KMK vom 18.10.2012 für die Fächer Deutsch, Mathematik sowie die fortgeführten Fremdsprachen Englisch und Französisch und vom 18.06.2020 für die naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Chemie, Physik) vorliegen, werden diese in der Regel wörtlich übernommen.

Die Lerninhalte sind in unmittelbarer Nähe zu den Bildungsstandards in Form verbindlicher Themen der Kurshalbjahre, gegliedert nach Themenfeldern, ausgewiesen (Abschnitt 3.3). Hinweise zur Verbindlichkeit der Themenfelder finden sich im einleitenden Text zu Abschnitt 3.3 sowie in jedem Kurshalbjahr. Die Thematik eines Kurshalbjahres wird jeweils in einem einführenden Text skizziert und begründet. Im Sinne eines Leitgedankens stellt er die einzelnen Themenfelder in einen inhaltlichen Zusammenhang und zeigt Schwerpunktsetzungen für die Kompetenzerbahnung auf.

### 1.3 Überfachliche Kompetenzen

Für Lernende, die nach dem erfolgreichen Abschluss der gymnasialen Oberstufe oder des beruflichen Gymnasiums ein Studium oder eine berufliche Ausbildung beginnen und die damit verbundenen Anforderungen erfolgreich meistern wollen, kommt dem Erwerb all jener Kompetenzen, die über das rein Fachliche hinausgehen, eine fundamentale Bedeutung zu. Nur in der Verknüpfung mit personalen und sozialen Kompetenzen können sich fachliche Expertise und nicht zuletzt auch die Bereitschaft und Fähigkeit, für Demokratie und Teilhabe sowie zivilgesellschaftliches Engagement und einen verantwortungsvollen Umgang mit den natürlichen Ressourcen einzustehen, adäquat entfalten.

Daher liegt es in der Verantwortung aller Fächer, dass Lernende im fachgebundenen wie auch im projektorientiert ausgerichteten fachübergreifenden und fächerverbindenden Unterricht ihre überfachlichen Kompetenzen weiterentwickeln können, auch im Hinblick auf eine kompetenz- und interessenorientierte sowie praxisbezogene Studien- und Berufsorientierung. Dabei kommt den Fächern Politik und Wirtschaft sowie Deutsch eine besondere Verantwortung zu, Lernangebote bereitzustellen, die den Lernenden die Möglichkeit eröffnen, ihre Interessen und Neigungen zu entdecken und die gewonnenen Informationen mit Blick auf ihre Ziele zu nutzen.

Überfachliche Kompetenzen umspannen ein weites Spektrum. Es handelt sich dabei um Fähigkeiten und Fertigkeiten genauso wie um Haltungen und Einstellungen. Mit ihnen stehen kulturelle Werkzeuge zur Verfügung, in denen sich auch normative Ansprüche widerspiegeln.

Im Folgenden werden die anzustrebenden überfachlichen Kompetenzen als sich ergänzende und ineinandergreifende gleichrangige Dimensionen beschrieben, dem Prinzip „vom Individuum zur Gemeinschaft“ entsprechend:

**a) Personale Kompetenzen:** eigenständig und verantwortlich handeln und entscheiden; selbstbewusst mit Irritationen umgehen, Dissonanzen aushalten (Ambiguitätstoleranz); widerstandsfähig mit Enttäuschungen und Rückschlägen umgehen; sich zutrauen, die eigene Person und inneres Erleben kreativ auszudrücken; divergent denken; fähig sein zu naturbezogenem sowie ästhetisch ausgerichtetem Erleben; sensibel sein für die eigene Körperlichkeit und psychische Gesundheit, eigene Bedürfnisse wahrnehmen und äußern.

Dazu gehören

**emotionale Kompetenzen:** den eigenen emotionalen Zustand erkennen, adressaten- und situationsadäquat ausdrücken können und damit umgehen; aversive oder belastende Emotionen bewältigen (Emotionsregulation); emotionale Selbstwirksamkeit; empathisch auf Emotionen anderer eingehen, anderen vertrauen.

**Motivation/Lernbereitschaft:** sich (auf etwas) einlassen; für eine Sache fiebern; sich motiviert fühlen und andere motivieren; von epistemischer Neugier geleitete Fragen formulieren;

sich vertiefen, etwas herausbekommen, einer Sache/Fragestellung auf den Grund gehen; (etwas) durchhalten, etwas vollenden; eine Arbeitshaltung kultivieren (sich Arbeitsschritte vornehmen, Arbeitserfolg kontrollieren).

**Lernkompetenz / wissenschaftspropädeutische Kompetenzen:** eigenes Lernen reflektieren („Lernen lernen“) und selbst regulieren; Lernstrategien sowohl der Zielsetzung und Zielbindung als auch der Selbstbeobachtung (*self-monitoring*) anwenden; Probleme im Lernprozess wahrnehmen, analysieren und Lösungsstrategien entwickeln; eine positive Fehler-Kultur aufbauen; sich im Spannungsverhältnis zwischen Fremd- und Selbstbestimmung orientieren; fachliches Wissen nutzen und bewerten und dabei seine Perspektivität reflektieren, dabei verschiedene Stufen von Erkenntnis und Wissen erkennen und zwischen diesen differenzieren, auf einem entwickelten/gesteigerten Niveau abstrahieren; in Modellen denken und modellhafte Vorstellungen als solche erkennen; Verfahren und Strategien der Argumentation anwenden; Zitierweisen beherrschen.

**Sprachkompetenzen (im Sinne eines erweiterten Sprachbegriffs):** unterschiedliche Zeichensysteme beherrschen (*literacy*): Verkehrssprache, Fachsprache, Mathematik, Fremdsprachen, Naturwissenschaften, musisch-künstlerische Fächer, symbolisch-analoges Sprechen (wie etwa in religiösen Kontexten), Ästhetik, Informations- und Kommunikationstechnologien; sich in den unterschiedlichen Symbol- und Zeichengefügen ausdrücken und verständigen; Übersetzungsleistungen erbringen: Verständigung zwischen unterschiedlichen Sprachniveaus und Zeichensystemen ermöglichen.

**b) Soziale Kompetenzen:** sich verständigen und kooperieren; Verantwortung übernehmen und Rücksichtnahme praktizieren; im Team agieren; Konflikte aushalten, austragen und konstruktiv lösen; andere Perspektiven einnehmen; von Empathie geleitet handeln; sich durchsetzen; Toleranz üben; Zivilcourage zeigen: sich einmischen und in zentralen Fragen das Miteinander betreffend Stellung beziehen.

Dazu gehören

**wertbewusste Haltungen:** um Kategorien wie Respekt, Gerechtigkeit, Fairness, Kostbarkeit, Eigentum und deren Stellenwert für das Miteinander wissen; ökologisch nachhaltig handeln; mit friedlicher Gesinnung im Geiste der Völkerverständigung handeln, ethische Normen sowie kulturelle und religiöse Werte kennen, reflektieren und auf dieser Grundlage eine Orientierung für das eigene Handeln gewinnen; demokratische Normen und Werthaltungen im Sinne einer historischen Weltsicht reflektieren und Rückschlüsse auf das eigene Leben in der Gemeinschaft und zum Umgang mit der Natur ziehen; selbstbestimmt urteilen und handeln.

**interkulturelle Kompetenz:** Menschen aus verschiedenen soziokulturellen Kontexten und Kulturen vorurteilsfrei sowie im Handeln reflektiert und offen begegnen; sich kulturell unterschiedlich geprägter Identitäten, einschließlich der eigenen, bewusst sein; die unverletzlichen und unveräußerlichen Menschenrechte achten und sich an den wesentlichen Traditionen der Aufklärung orientieren; wechselnde kulturelle Perspektiven einnehmen, empathisch und offen das Andere erleben.

Mit Blick auf gesellschaftliche Entwicklungen und die vielfältigen damit verbundenen Herausforderungen für junge Erwachsene zielt der Erwerb fachlicher und überfachlicher Kompetenzen insbesondere auf die folgenden **drei gesellschaftlichen Dimensionen**, die von übergreifender Bedeutung sind:

**Demokratie und Teilhabe / zivilgesellschaftliches Engagement:** sozial handeln, politische Verantwortung übernehmen; Rechte und Pflichten in der Gesellschaft wahrnehmen; sich einmischen, mitentscheiden und mitgestalten; sich persönlich für Einzelne und/oder das Gemeinwohl engagieren (aktive Bürgerschaft); Fragen des Zusammenlebens der Geschlechter / Generationen / sozialen Gruppierungen / Kulturen reflektieren; Innovationspotenzial zur Lösung gesellschaftlicher Probleme des sozialen Miteinanders entfalten und einsetzen; entsprechende Kriterien des Wünschenswerten und Machbaren differenziert bedenken.

**Nachhaltigkeit / Lernen in globalen Zusammenhängen:** globale Zusammenhänge bezogen auf ökologische, soziale und ökonomische Fragestellungen wahrnehmen, analysieren und darüber urteilen; Rückschlüsse auf das eigene Handeln ziehen; sich mit den Fragen, die im Zusammenhang des wissenschaftlich-technischen Fortschritts aufgeworfen werden, auseinandersetzen; sich dem Diskurs zur nachhaltigen Entwicklung stellen, sich für nachhaltige Entwicklung engagieren.

#### **Selbstbestimmtes Leben in der digitalisierten Welt:**

**Lernkompetenz:** digitale Werkzeuge zur Organisation von Lernprozessen nutzen (zum Beispiel Dateiablage, zielgerechte Nutzung von Programmen, Recherche, Gestaltung, Zugriff auf Arbeitsmaterialien über das Internet beziehungsweise schulische Intranet); digitale Bearbeitungswerkzeuge handhaben und zur Ergebnisdarstellung nutzen; beim Lernen digital kommunizieren und sich vernetzen (zum Beispiel über Messengerdienste, Videochats) sowie sich gegenseitig unterstützen und sich dabei gegenseitig Lern- und Lösungsstrategien erklären. Medienkompetenz ist heutzutage genauso wichtig wie Lesen, Schreiben und Rechnen. Die Digitalisierung spielt dabei eine zentrale Rolle bei der Vermittlung von digitalen Medien und bereitet die Schüler auf die sich ständig verändernde Lebenswelt vor. Die prozessbezogenen Kompetenzen umfassen Fähigkeiten wie das Strukturieren und Modellieren, Implementieren, Kommunizieren und Darstellen sowie Begründen und Bewerten. Diese Kompetenzen bilden eine Grundlage für lebenslanges Lernen und die Anpassung an den Wandel in der Digitalisierung.

Die Lernenden sollen die Funktionsweise und Struktur von Informatiksystemen verstehen, diese konstruieren können und sich mit den Wechselwirkungen zwischen Digitalisierung, Medienerziehung und Gesellschaft auseinandersetzen. Dabei stellt der Umgang mit Informatiksystemen und Digitalisierungs-Werkzeugen eine grundlegende Qualifikation für die Teilhabe an der Gesellschaft und insbesondere in der Berufswelt dar. Prozess- und inhaltsbezogene Kompetenzen, wie zum Beispiel Daten und ihre Spuren, Computerkompetenz, algorithmisches Problemlösen und automatisierte Prozesse sind Bestandteil des Unterrichts.

**Personal/Sozial:** den Einfluss von digitaler Kommunikation auf eigenes Erleben, soziale Interaktion und persönliche Erfahrungen wahrnehmen und reflektieren; damit verbundene Chancen und Risiken erkennen; Unterschiede zwischen unmittelbaren persönlichen Erfahrungen und solchen in „digitalen Welten“ identifizieren; in der mediatisierten Welt eigene Bedürfnisse wahrnehmen und Interessen vertreten; Möglichkeiten und Risiken digitaler Umgebungen in unterschiedlichen Lebensbereichen (Alltag, soziale Beziehungen, Kultur, Politik) kennen, reflektieren und berücksichtigen: zum Beispiel in sozialen Medien; Umgangsregeln bei digitaler Interaktion kennen und anwenden; Urheberrechte wahren; auch im „online-Modus“ ethisch

verantwortungsvoll handeln, das heißt unter anderem einen selbstbestimmten Umgang mit sozialen Netzwerken im Spannungsfeld zwischen Wahrung der Privatsphäre und Teilhabe an einer globalisierten Öffentlichkeit praktizieren.

## 2 Bildungsbeitrag und didaktische Grundlagen des Faches

### 2.1 Beitrag des Faches zur Bildung

Die naturwissenschaftlichen Fächer befassen sich mit der kognitiv-instrumentellen Modellierung der Welt als einem Modus der Weltbegegnung und des Weltverstehens (vergleiche Abschnitt 1.1). Sie umfassen damit die empirisch erfassbare, in formalen Strukturen beschreibbare und durch Technik gestaltbare Wirklichkeit sowie die Verfahrens- und Erkenntnisweisen, die ihrer Erschließung und Gestaltung dienen.

Naturwissenschaftliche Bildung gehört zu den konstitutiven Bestandteilen unserer Kultur und umfasst grundlegende und spezifische Denkstrukturen und Sichtweisen, die eine differenzierte Betrachtung der natürlichen und technischen Umwelt in ihrer Beziehung zum Menschen ermöglicht. Sie befähigt die Lernenden, ihre Umwelt in einer naturwissenschaftlichen Perspektive zu erschließen und in ihr reflektiert zu handeln. Naturwissenschaftliche Bildung ist daher eine Voraussetzung für die aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung. Sie leistet einen essenziellen Beitrag für die persönliche Entwicklung des Einzelnen und kann anschlussfähige Grundlagen für ein berufs- beziehungsweise studiumbezogenes Lernen sowie Perspektiven für den späteren Werdegang eröffnen. In der gymnasialen Oberstufe beinhaltet die naturwissenschaftliche Bildung das Verständnis für den Vorgang der Abstraktion und Idealisierung, die Fähigkeit zu empirisch begründeten Schlussfolgerungen, eine Sicherheit im Umgang mit Kalkülen, Einsichten in die Mathematisierung von Sachverhalten und die Besonderheiten naturwissenschaftlicher Methoden, Entwicklung von Modellvorstellungen und deren Anwendung auf die belebte und unbelebte Natur sowie das Verständnis naturwissenschaftlicher Theorien in ihrer Funktion der Beschreibung und Erklärung naturwissenschaftlicher Zusammenhänge.

Als wesentliche Grundlage technischer, ökologischer und wirtschaftlicher Entwicklungen eröffnet die Chemie Möglichkeiten für die Gestaltung unserer Lebenswelt und somit zur Verbesserung unserer Lebensqualität. Chemische Erkenntnisse, Methoden und Anwendungsbereiche sind infolgedessen integraler Bestandteil einer fundierten naturwissenschaftlichen Grundbildung. Diese kann hilfreich sein sowohl in der Bewältigung der eigenen selbstgestalteten Lebenssituation als auch bei der Suche nach Lösungsansätzen bezogen auf die globalen Probleme der Menschheit.

Im Fach Chemie gewinnen die Lernenden auf verschiedenen Ebenen strukturierte Kenntnisse über und Einsichten in die stoffliche Welt und die Gesetzmäßigkeiten der Umwandlung von Stoffen. Sie befassen sich daher mit folgenden Aspekten, welche die chemiebezogene Perspektive beschreiben:

- Stoffe, ihre strukturellen Merkmale, Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten
- chemische Reaktionen und deren teilchenbezogene Aspekte
- Arbeitsweisen in der Chemie
- Zusammenhänge zwischen Chemie, Lebenswelt und Gesellschaft

Lernen im Fach Chemie wird im Sinne einer Kompetenzentwicklung als aktiver Prozess verstanden, in dem die Lernenden zu einem vertieften Verständnis von chemischen Grundlagen, Zusammenhängen und komplexen Erscheinungen einschließlich ihrer Bedeutungen für ein umfassendes Weltverständnis gelangen. Dabei ordnen sie in einem reflexiven Prozess Neues

in bestehende und erweiterbare Strukturen ein und wenden ihre sich fortlaufend weiterentwickelnden Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten zur Klärung von chemiebezogenen Sachverhalten und Problemen an. Folglich ist im Chemieunterricht der Erwerb überfachlicher Kompetenzen (vergleiche Abschnitt 1.3) und allgemeiner fachlicher Kompetenzen (vergleiche Abschnitt 3.2) ein ebenso wesentliches Anliegen wie die Betrachtung exemplarischer Gegenstände (vergleiche Abschnitt 3.3) unter verschiedenen Sichtweisen (vergleiche Abschnitt 3.2). Das Unterrichtsfach Chemie darf daher insgesamt nicht als Abbild der Fachwissenschaft verstanden werden. Vielmehr besitzt es eine wissenschaftspropädeutische Funktion und leistet einen Beitrag zur Einführung in Denk- und Arbeitsweisen empirischer Wissenschaften. Es ermöglicht den Lernenden eine Orientierung in chemiebezogenen Berufsfeldern und bietet ihnen Grundlagen für ein anschlussfähiges studien- und/oder ausbildungsorientiertes Lernen.

Fachübergreifende und fächerverbindende Fragestellungen und Probleme eröffnen im Lernprozess ein Lernen in größeren Sinnzusammenhängen unter Rückgriff auf die verschiedenen Modi der Weltbegegnung und des Weltverstehens (vergleiche Abschnitt 1.1).

## 2.2 Kompetenzmodell

Das Modell der naturwissenschaftlichen Kompetenz unterstützt die Übersetzung von Bildungszielen in Unterrichtsvorhaben und in Aufgabenstellungen für Prüfungen. Es stellt somit ein Bindeglied zwischen Bildungszielen und Aufgaben im Unterricht beziehungsweise in Prüfungssituationen dar.

Das Fach Chemie betreffend wird im Kompetenzmodell unterschieden zwischen den **Kompetenzbereichen** Sach-, Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz (Abschnitte 2.3 und 3.2), die wesentliche Bereiche naturwissenschaftsbezogenen Arbeitens und Reflektierens beschreiben, den **Basiskonzepten** Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen, Konzept der chemischen Reaktion und Energiekonzept (Abschnitt 2.4), die die Vernetzung fachlicher Inhalte ermöglichen, sowie den unterschiedlichen **Anforderungsniveaus** in Grund- und Leistungskurs, die für jeden Kompetenzbereich in Abschnitt 3.3 voneinander abgegrenzt werden.

Die Inhalte, an denen die Kompetenzen erworben werden sollen, sind im Abschnitt 3.3 aufgeführt. Sie sind in Themenfelder strukturiert, welche den inhaltlichen Kern der jeweiligen Kursjahre bilden. Für die Einführungsphase werden die Themen der beiden Kurshalbjahre zu einem Jahresthema zusammengefasst. Für die Qualifikationsphase sind die angegebenen Themen zeitlich konkreten Kurshalbjahren zugeordnet. Innerhalb der Themenfelder der Qualifikationsphase ist eine Niveaudifferenzierung in Grund- und Leistungskurs im Rahmen der inhaltlichen Angaben ausgewiesen.

Anforderungsbereiche sind kein Bestandteil fachspezifischer Kompetenzbereiche, sondern ein Merkmal von Aufgaben und werden an anderer Stelle beschrieben (vergleiche § 25 Abs. 4 der Oberstufen- und Abiturverordnung (OAVO) in der jeweils geltenden Fassung).

### 2.3 Kompetenzbereiche

Die Kompetenzbereiche sind in Teilbereiche gegliedert (siehe nachfolgend dargestellte Übersichtstabelle). Für jeden Teilbereich werden abschlussbezogene Bildungsstandards in Form von Regelstandards (Abschnitt 3.2) angegeben. Sie definieren, welche Kompetenzen Lernende „in der Regel“ beziehungsweise im Durchschnitt in einem Fach erreichen sollen. Die Kompetenzbereiche, ihre Teilbereiche und die zugehörigen Bildungsstandards werden aus den Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18. Juni 2020) übernommen. Sie knüpfen an die Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss an und entwickeln diese spezifisch für die gymnasiale Oberstufe weiter.

Die in der Sekundarstufe I erworbenen Kompetenzen und Inhalte bilden die Grundlage für die unterrichtliche Arbeit in der Sekundarstufe II. Die in Abschnitt 3.2 aufgeführten Bildungsstandards sind abschlussbezogen formuliert. Damit diese von den Lernenden erreicht werden können, ist der fachbezogene Kompetenzerwerb über die gesamte Lernzeit der gymnasialen Oberstufe zu fördern.

Die Bildungsstandards sind so formuliert, dass sie bezüglich der konkreten Lerninhalte variabel interpretiert werden können. In Lern- und Prüfungssituationen ist die inhaltliche Anbindung der Kompetenzen durch die ausgewiesenen Inhalte der Kurshalbjahre (vergleiche Abschnitt 3.3) gegeben. Die Verben in den Standards beschreiben zu erwerbende Kompetenzen. Sie sind nicht gleichzusetzen mit Operatoren in Aufgaben, stehen aber nicht im Widerspruch zu diesen.

Die Bildungsstandards sind nicht nach Anforderungsniveaus differenziert formuliert. Die unterschiedlichen Anforderungen für den Grundkurs und den Leistungskurs in den Bildungsstandards ergeben sich durch die in Abschnitt 3.3 genannten Aspekte und vertiefenden Inhalte in den Themenfeldern.

Die vier Kompetenzbereiche Sach-, Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz durchdringen einander und bilden gemeinsam die **Fachkompetenz** im jeweiligen Fach ab. Kompetenzen zeigen sich in der Verbindung von Wissen und Können in den jeweiligen Kompetenzbereichen, also von Kenntnissen und Fähigkeiten, und sind nur im Umgang mit Inhalten zu erwerben. Die Kompetenzbereiche sind in Teilkompetenzbereiche untergliedert.

Die Kompetenzbereiche erfordern jeweils bereichsspezifisches **Fachwissen**. Das Fachwissen besteht somit aus einem breiten Spektrum an Kenntnissen als Grundlage fachlicher Kompetenz. Zu diesem Spektrum gehören naturwissenschaftliche Konzepte, Theorien, Verfahren, Denk- und Arbeitsweisen, Fachsprache, fachtypische Darstellungen und Argumentationsstrukturen, fachliche wie überfachliche Perspektiven und Bewertungsverfahren.

Die folgende Tabelle stellt die Kompetenzbereiche und Teilbereiche im Fach Chemie im Überblick dar. Den Bildungsstandards werden in Abschnitt 3.2 Kennziffern zugeordnet, auf die sich die rechte Spalte der Tabelle bezieht.

Kompetenzbereiche	Teilbereiche	Bildungsstandards
Sachkompetenz (S)	Chemische Konzepte und Theorien zum Klassifizieren, Strukturieren, Systematisieren und Interpretieren nutzen	S 1–5
	Chemische Konzepte und Theorien auswählen und vernetzen	S 6–10
	Chemische Zusammenhänge qualitativ-modellhaft erklären	S 11–15
	Chemische Zusammenhänge quantitativ-mathematisch beschreiben	S 16–17
Erkenntnisgewinnungskompetenz (E)	Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden	E 1–3
	Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen	E 4–7
	Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren	E 8–11
	Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren	E 12
Kommunikationskompetenz (K)	Informationen erschließen	K 1–4
	Informationen aufbereiten	K 5–8
	Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren	K 9–13
Bewertungskompetenz (B)	Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen	B 1–4
	Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen	B 5–11
	Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren	B 12–14

### Sachkompetenz

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.

Im Bereich der Sachkompetenz ist es wichtig, nicht nur das erworbene Wissen nachzuweisen, sondern es sowohl im Fach Chemie als auch fachübergreifend in unterschiedlichen Zusammenhängen und auf verschiedene Problemstellungen anwenden zu können. Im Mittelpunkt steht hierbei die modellhafte Deutung beobachtbarer Phänomene auf Teilchenebene. Dabei werden vier sich überlappende Teilkompetenzbereiche unterschieden. Konzepte und Theorien werden zum Strukturieren von Inhalten und Problemstellungen genutzt, um dadurch die fachliche Perspektive auf Phänomene deutlich zu machen sowie diese aus chemischer Sicht zu interpretieren und zu verstehen. Dazu sind eigenständige fachliche Konstruktionsprozesse

und eine Vernetzung von Theorien und Konzepten notwendig. Das Charakteristische der chemischen Betrachtungsweise sind qualitativ-modellhafte und quantitativ-mathematische Beschreibungen der Phänomene.

### **Erkenntnisgewinnungskompetenz**

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.

Im Bereich der Erkenntnisgewinnungskompetenz ist es wichtig, nicht nur das Experimentieren als chemische Untersuchungsmethode zu kennen und Experimente zur Datengewinnung nutzen zu können, sondern auch Modelle sachgerecht zur Beschreibung eines Phänomens oder zur Gewinnung von Erkenntnissen einsetzen zu können. Dabei werden vier sich überlappende Teilkompetenzbereiche unterschieden. Experimente und Modelle werden eingesetzt, um durch theoriegeleitete Beobachtungen entwickelte weiterführende Fragestellungen und Hypothesen zu überprüfen und um Sachverhalte zu untersuchen. Die experimentellen Ergebnisse und die aus Modellen abgeleiteten Annahmen werden vor dem Hintergrund der theoretischen Erkenntnisse interpretiert und der gesamte Erkenntnisgewinnungsprozess reflektiert. Auf einer Metaebene werden die Merkmale naturwissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisiert und von nicht-naturwissenschaftlichen abgegrenzt.

Das wissenschaftliche Vorgehen umfasst ausgehend von einem Phänomen die Verknüpfung der zentralen Schritte des Erkenntnisprozesses:

- Formulieren von Fragestellungen,
- Ableitung von Hypothesen,
- Planung und Durchführung von Untersuchungen,
- Auswertung, Interpretation und methodische Reflexion zur Widerlegung bzw. Stützung der Hypothese sowie zur Beantwortung der Fragestellung.

### **Kommunikationskompetenz**

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.

Chemisch kompetent Kommunizieren bedingt ein Durchdringen der Teilkompetenzbereiche Erschließen, Aufbereiten und Austauschen. Im Bereich der Kommunikationskompetenz ist es wichtig, sich nicht darauf zu beschränken, fachlich richtige Sätze zu Aufgabenstellungen zu formulieren, sondern auch fachlich und fachsprachlich richtig mit chemiebezogenen analogen und digitalen Informationsmaterialien umzugehen und unterschiedliche Repräsentationsformen adressatengerecht einzusetzen. Dabei werden drei sich überlappende Teilkompetenzbereiche unterschieden. Fachsprache und andere fachspezifische Repräsentationsformen wie chemische Formeln und Reaktionsgleichungen werden erlernt, um Inhalte aus unterschiedlichen Medien zu erschließen, sie fachgerecht und aufgabenbezogen aufzubereiten und um situationsangemessen agieren zu können. Hierzu zählt der Informationsaustausch im sozialen

Umfeld genauso wie die Partizipation in einer wissenschaftlichen Diskussion auf einem angemessenen Niveau. Dazu müssen Aussagen – auch im historischen Kontext – differenziert wahrgenommen, Missverständnisse und Standpunkte geklärt und Lösungen angestrebt werden.

### **Bewertungskompetenz**

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 beziehungsweise 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.

Im Bereich der Bewertungskompetenz ist es wichtig, sich nicht darauf zu beschränken, Fakten zu vergleichen, sondern Sachverhalte und Informationen fachlich zu beurteilen und gegebenenfalls ethisch zu bewerten. Dabei werden drei sich überlappende Teilkompetenzbereiche unterschieden. Um mit Informationen kritisch umgehen zu können, werden Quellen in ihrer Qualität beurteilt. Hierfür ist Wissen über den Bewertungsprozess notwendig. Die Unterscheidung von wissenschaftlichen und nicht-wissenschaftlichen Aussagen erfordert Kenntnisse formaler und inhaltlicher Kriterien zur Prüfung der Glaubwürdigkeit und zur Beurteilung des Einflusses von Werten, Normen und Interessen. Es geht darum, sich kriteriengeleitet eigene Meinungen zu bilden, Entscheidungen zu treffen und Handlungsoptionen abzuleiten. Dazu zählt zum Beispiel bei der Beurteilung und Bewertung von Technologien ein Abwägen von Chancen und Risiken unter Berücksichtigung von Sicherheitsmaßnahmen. Hierbei reichen die Entscheidungsfelder vom eigenen täglichen Leben bis zu gesellschaftlich oder politisch relevanten globalen Entscheidungen. Aus einer Metaperspektive heraus werden die Entscheidungsprozesse reflektiert und daraus entstehende Folgen abgeschätzt. Die Einbindung von Bewertungskompetenz in den Chemieunterricht erfordert, über die sachliche Beurteilung von naturwissenschaftlichen Aussagen hinauszugehen und fachlich relevante Handlungen und Entscheidungen aus persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Perspektive zu betrachten.

### **Kompetenzerwerb in fachübergreifenden und fächerverbindenden Zusammenhängen**

Fachübergreifende und fächerverbindende Lernformen ergänzen fachliches Lernen in der gymnasialen Oberstufe und sind unverzichtbarer Bestandteil des Unterrichts (vergleiche § 7 Absatz 7 OAVO). In diesem Zusammenhang gilt es insbesondere auch, die Kompetenzbereiche der Fächer zu verbinden und dabei zugleich die Dimensionen überfachlichen Lernens sowie die besonderen Bildungs- und Erziehungsaufgaben, erfasst in Aufgabengebieten (vergleiche § 6 Absatz 4 HSchG), zu berücksichtigen. So können Synergiemöglichkeiten ermittelt und genutzt werden. Für die Lernenden ist diese Vernetzung zugleich Voraussetzung und Bedingung dafür, Kompetenzen in vielfältigen und vielschichtigen inhaltlichen Zusammenhängen und Anforderungssituationen zu erwerben.

Damit sind zum einen Unterrichtsvorhaben gemeint, die mehrere Fächer gleichermaßen berühren und unterschiedliche Zugangsweisen der Fächer integrieren. So lassen sich zum Beispiel in Projekten – ausgehend von einer komplexen problemhaltigen Fragestellung – fachübergreifend und fächerverbindend und unter Bezugnahme auf die drei herausgehobenen überfachlichen Dimensionen komplexere inhaltliche Zusammenhänge und damit Bildungsstandards aus den unterschiedlichen Kompetenzbereichen der Fächer erarbeiten (vergleiche

Abschnitt 1.3). Zum anderen können im Fachunterricht Themenstellungen bearbeitet werden, die – ausgehend vom Fach und einem bestimmten Themenfeld – auch andere, eng verwandte Fächer berühren. Dies erweitert und ergänzt die jeweilige Fachperspektive und trägt damit zum vernetzten Lernen bei.

## 2.4 Strukturierung der Fachinhalte und Basiskonzepte

Die Fachinhalte sind in Themenfelder strukturiert und den Kurshalbjahren zugeordnet.

Der Beschreibung von chemischen Sachverhalten liegen fachspezifische Gemeinsamkeiten zugrunde, die sich in Form von Basiskonzepten strukturieren lassen. Die Basiskonzepte im Fach Chemie ermöglichen somit die Vernetzung fachlicher Inhalte und deren Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven. Die Basiskonzepte werden übergreifend auf alle Kompetenzbereiche bezogen. Sie können kumulatives Lernen, den Aufbau von strukturiertem Wissen und die Erschließung neuer Inhalte fördern.

Die Basiskonzepte werden aus den Bildungsstandards im Fach Chemie (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18. Juni 2020) übernommen. Sie berücksichtigen die Ziele des Unterrichts der gymnasialen Oberstufe in besonderer Weise und sind anschlussfähig an die Basiskonzepte und Inhaltsfelder der Sekundarstufe I (siehe Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen. Sekundarstufe I / Gymnasium. Chemie).

Das Fach Chemie ist im Besonderen durch eine Betrachtung der Analyse und Synthese von Stoffen, der Beschreibung ihres Aufbaus und ihrer Eigenschaften sowie energetischer Zusammenhänge gekennzeichnet, woraus die folgenden drei Basiskonzepte resultieren:

- **Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen**
- **Konzept der chemischen Reaktion**
- **Energiekonzept**

Im folgenden Abschnitt werden die Basiskonzepte näher erläutert und neben einer fachlichen Beschreibung exemplarisch Anwendungssituationen aufgeführt. Weiterhin werden zu jedem Basiskonzept Kurshalbjahre benannt, in denen der Bezug zum jeweiligen Basiskonzept in besonderer Weise herzustellen ist.

### **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 und können daher durch ein Basiskonzept inhaltlich kohärent beschrieben werden. Insbesondere die Betrachtung sowohl auf der Stoffebene als auch auf der Teilchenebene hat dabei eine große Bedeutung und zeigt sich zum Beispiel in den nachfolgend aufgelisteten Zusammenhängen. 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:

- |                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| – Atom- und Molekülbau, | – Stoffeigenschaften, |
| – chemische Bindung,    | – Stoffklassen,       |

**Chemie****gymnasiale Oberstufe**

- Modifikationen,
- funktionelle Gruppen,
- Isomerie,
- inter- und intramolekulare Wechselwirkungen,
- analytische Verfahren (qualitativ/quantitativ),
- Verwendungsmöglichkeiten.

So können zum Beispiel Kenntnisse über inter- und intramolekulare Wechselwirkungen genutzt werden, um Eigenschaften von Stoffen auf der Stoffebene zu erklären. Somit werden Phänomene auf der Stoffebene und deren Deutung auf der Teilchenebene konsequent unterschieden.

Die Themen der darauf bezogenen Kurshalbjahre sind:

E1/E2 – Redoxreaktionen, Protolysereaktionen und ausgewählte organische Verbindungen

Q1 – Stoffgruppen

Q2 – Naturstoffe und Synthesechemie

**Konzept der chemischen Reaktion**

Chemische Reaktionen spielen in der Chemie eine zentrale Rolle und werden in diesem Basiskonzept in den folgenden Zusammenhängen systematisch betrachtet: Donator-Akzeptor-Prinzip bei Protonen- und Elektronenübergängen; Reaktionsmechanismen in der organischen Chemie.

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

So können zum Beispiel mit dem Donator-Akzeptor-Prinzip Protonen- und Elektronenübergänge beschrieben werden, um so chemische Reaktionen sowohl in der anorganischen als auch in der organischen Chemie erschließen zu können. Kennzeichnend für das Donator-Akzeptor-Prinzip ist dabei der Teilchenübergang.

Die Themen der darauf bezogenen Kurshalbjahre sind:

E1/E2 – Redoxreaktionen, Protolysereaktionen und ausgewählte organische Verbindungen

Q1 – Stoffgruppen

Q2 – Naturstoffe, und Synthesechemie

Q3 – Das chemische Gleichgewicht

Q4 – Energie und Nachhaltigkeit

**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. So können zum Beispiel folgende Zusammenhänge betrachtet werden: thermodynamische Prinzipien beim Ablauf

chemischer und physikalisch-chemischer Vorgänge, kinetische Prinzipien beim Ablauf chemischer Reaktionen. Hierbei werden die Reaktionsverläufe auch mechanistisch betrachtet.

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

So kann zum Beispiel die energetische Betrachtung sowohl auf chemische Reaktionen (zum Beispiel Aktivierungsenergie) als auch auf einzelne Teilchen (zum Beispiel Ionisierungsenergie) bezogen und zur Erklärung von Prozessen herangezogen werden.

Die Themen der darauf bezogenen Kurshalbjahre sind:

E1/E2 – Redoxreaktionen, Protolysereaktionen und ausgewählte organische Verbindungen

Q3 – Das chemische Gleichgewicht

Q4 – Energie und Nachhaltigkeit

### 3 Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte

#### 3.1 Einführende Erläuterungen

Nachfolgend werden die am Ende der gymnasialen Oberstufe erwarteten fachlichen Kompetenzen in Form von Bildungsstandards, gegliedert nach Kompetenzbereichen (Abschnitt 3.2), aufgeführt. Die verbindlichen Unterrichtsinhalte (Abschnitt 3.3) werden in Kurshalbjahre und Themenfelder strukturiert. Diese sind durch verbindlich zu bearbeitende inhaltliche Aspekte konkretisiert und durch ergänzende Erläuterungen didaktisch fokussiert.

Im Unterricht werden Bildungsstandards und Themenfelder so zusammengeführt, dass die Lernenden in unterschiedlichen inhaltlichen Kontexten die Bildungsstandards – je nach Schwerpunktsetzung – erarbeiten können. Mit wachsender Komplexität der fachlichen Zusammenhänge und der kognitiven Operationen entwickeln sie in entsprechend gestalteten Lernumgebungen ihre Fachkompetenz weiter.

Die Themenfelder bieten die Möglichkeit – im Rahmen der Unterrichtsplanung didaktisch-methodisch aufbereitet – jeweils in thematische Einheiten umgesetzt zu werden. Zugleich lassen sich, themenfeldübergreifend, inhaltliche Aspekte der Themenfelder, die innerhalb eines Kurshalbjahres vielfältig miteinander verschränkt sind und je nach Kontext auch aufeinander aufbauen können, in einen unterrichtlichen Zusammenhang stellen.

Themenfelder und inhaltliche Aspekte sind über die Kurshalbjahre hinweg so angeordnet, dass im Verlauf der Lernzeit – auch Kurshalbjahre übergreifend – immer wieder Bezüge zwischen den Themenfeldern hergestellt werden können. In diesem Zusammenhang bieten die Basis-konzepte (vergleiche die ausführliche Darstellung in Abschnitt 2.4) Orientierungshilfen, um fachliches Wissen zu strukturieren, anschlussfähig zu machen und zu vernetzen.

Die Bildungsstandards sind nicht nach Kursen auf grundlegendem Niveau (Grund- und Leistungskurs) und auf erhöhtem Niveau (Leistungskurs) differenziert. Hingegen werden in den Kurshalbjahren der Qualifikationsphase die Fachinhalte nach grundlegendem Niveau (Grundkurs und Leistungskurs) und erhöhtem Niveau (Leistungskurs) unterschieden. Die jeweils fachbezogenen Anforderungen, die an Lernende in Grund- und Leistungskurs gestellt werden, unterscheiden sich wie folgt: „Grundkurse vermitteln grundlegende wissenschaftspropädeutische Kenntnisse und Einsichten in Stoffgebiete und Methoden, Leistungskurse exemplarisch vertieftes wissenschaftspropädeutisches Verständnis und erweiterte Kenntnisse“ (§ 8 Abs. 2 OAVO).

Im Unterricht ist ein Lernen in Kontexten anzustreben. Lernen in Kontexten bedeutet, dass Fragestellungen aus der Praxis der Forschung, technische und gesellschaftliche Fragestellungen und solche aus der Lebenswelt der Lernenden den Rahmen für Unterricht und Lernprozesse bilden. Geeignete Kontexte beschreiben Situationen mit Problemen, deren Relevanz für die Lernenden erkennbar ist und die mit den zu erwerbenden Kompetenzen gelöst werden können.

### 3.2 Bildungsstandards

#### Kompetenzbereich: Sachkompetenz (S)

##### Chemische Konzepte und Theorien zum Klassifizieren, Strukturieren, Systematisieren und Interpretieren nutzen

Die Lernenden

- S 1** ■ beschreiben und begründen Ordnungsprinzipien für Stoffe und wenden diese an,
- S 2** ■ leiten Voraussagen über die Eigenschaften der Stoffe auf Basis chemischer Strukturen und Gesetzmäßigkeiten begründet ab,
- S 3** ■ interpretieren Phänomene der Stoff- und Energieumwandlung bei chemischen Reaktionen,
- S 4** ■ bestimmen Reaktionstypen,
- S 5** ■ beschreiben Stoffkreisläufe in Natur oder Technik als Systeme chemischer Reaktionen.

##### Chemische Konzepte und Theorien auswählen und vernetzen

Die Lernenden

- S 6** ■ unterscheiden konsequent zwischen Stoff- und Teilchenebene,
- S 7** ■ beschreiben die Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen, das dynamische Gleichgewicht und das Donator-Akzeptor-Prinzip und wenden diese an,
- S 8** ■ beschreiben Einflussfaktoren auf chemische Reaktionen und Möglichkeiten der Steuerung durch Variation von Reaktionsbedingungen sowie durch den Einsatz von Katalysatoren,
- S 9** ■ erklären unterschiedliche Reaktivitäten und Reaktionsverläufe,
- S 10** ■ nutzen chemische Konzepte und Theorien zur Vernetzung von Sachverhalten innerhalb der Chemie sowie mit anderen Unterrichtsfächern.

##### Chemische Zusammenhänge qualitativ-modellhaft erklären

Die Lernenden

- S 11** ■ erklären die Vielfalt der Stoffe und ihrer Eigenschaften auf der Basis unterschiedlicher Kombinationen und Anordnungen von Teilchen,
- S 12** ■ deuten Stoff- und Energieumwandlungen hinsichtlich der Veränderung von Teilchen sowie des Umbaus chemischer Bindungen,
- S 13** ■ nutzen Modelle zur chemischen Bindung und zu intra- und intermolekularen Wechselwirkungen,
- S 14** ■ beschreiben ausgewählte Reaktionsmechanismen,

- S 15** ■ grenzen mithilfe von Modellen den statischen Zustand auf Stoffebene vom dynamischen Zustand auf Teilchenebene ab.

Die Lernenden

- S 16** ■ entwickeln Reaktionsgleichungen,  
**S 17** ■ wenden bekannte mathematische Verfahren auf chemische Sachverhalte an.

### Kompetenzbereich: Erkenntnisgewinnungskompetenz (E)

#### Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden

Die Lernenden

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

#### Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen

Die Lernenden

- E 4** ■ planen, gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Variablenkontrolle, experiment- oder modellbasierte Vorgehensweisen, auch zur Prüfung von Hypothesen, Aussagen oder Theorien,  
**E 5** ■ führen qualitative und quantitative experimentelle Untersuchungen – den chemischen Arbeitsweisen und Sicherheitsregeln entsprechend – durch, protokollieren sie und werten diese aus,  
**E 6** ■ nutzen digitale Werkzeuge und Medien zum Aufnehmen, Darstellen und Auswerten von Messwerten, für Berechnungen, Modellierungen und Simulationen,  
**E 7** ■ wählen geeignete Real- oder Denkmodelle (zum Beispiel Atommodelle, Periodensystem der Elemente) aus und nutzen sie, um chemische Fragestellungen zu bearbeiten.

#### Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren

Die Lernenden

- E 8** ■ finden in erhobenen oder recherchierten Daten Strukturen, Beziehungen und Trends, erklären diese theoriebezogen und ziehen Schlussfolgerungen,  
**E 9** ■ diskutieren Möglichkeiten und Grenzen von Modellen,  
**E 10** ■ reflektieren die eigenen Ergebnisse und den eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung,

- E 11** ■ stellen bei der Interpretation von Untersuchungsbefunden fachübergreifende Bezüge her.

**Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren**

Die Lernenden

- E 12** ■ reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse (zum Beispiel Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Intersubjektivität, logische Konsistenz, Vorläufigkeit).

**Kompetenzbereich: Kommunikationskompetenz (K)****Informationen erschließen**

Die Lernenden

- K 1** ■ recherchieren zu chemischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus,
- K 2** ■ wählen relevante und aussagekräftige Informationen und Daten zu chemischen Sachverhalten und anwendungsbezogenen Fragestellungen aus und erschließen Informationen aus Quellen mit verschiedenen, auch komplexen Darstellungsformen,
- K 3** ■ prüfen die Übereinstimmung verschiedener Quellen oder Darstellungsformen im Hinblick auf deren Aussagen,
- K 4** ■ überprüfen die Vertrauenswürdigkeit verwendeter Quellen und Medien (zum Beispiel anhand ihrer Herkunft und Qualität).

**Informationen aufbereiten**

Die Lernenden

- K 5** ■ wählen chemische Sachverhalte und Informationen sach-, adressaten- und situationsgerecht aus,
- K 6** ■ unterscheiden zwischen Alltags- und Fachsprache,
- K 7** ■ nutzen geeignete Darstellungsformen für chemische Sachverhalte und überführen diese ineinander,
- K 8** ■ strukturieren und interpretieren ausgewählte Informationen und leiten Schlussfolgerungen ab.

**Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren**

Die Lernenden

- K 9** ■ verwenden Fachbegriffe und -sprache korrekt,
- K 10** ■ erklären chemische Sachverhalte und argumentieren fachlich schlüssig,
- K 11** ■ präsentieren chemische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien,

- K 12** ■ prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate,  
**K 13** ■ tauschen sich mit anderen konstruktiv über chemische Sachverhalte aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt.

### **Kompetenzbereich: Bewertungskompetenz (B)**

#### **Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen**

Die Lernenden

- B 1** ■ betrachten Aussagen, Modelle und Verfahren aus unterschiedlichen Perspektiven und beurteilen diese sachgerecht auf der Grundlage chemischer Kenntnisse,  
**B 2** ■ beurteilen die Inhalte verwendeter Quellen und Medien (zum Beispiel anhand der fachlichen Richtigkeit und Vertrauenswürdigkeit),  
**B 3** ■ beurteilen Informationen und Daten hinsichtlich ihrer Angemessenheit, Grenzen und Tragweite,  
**B 4** ■ analysieren und beurteilen die Auswahl von Quellen und Darstellungsformen im Zusammenhang mit der Intention der Autorin / des Autors.

#### **Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen**

Die Lernenden

- B 5** ■ entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie gegeneinander ab,  
**B 6** ■ beurteilen Chancen und Risiken ausgewählter Technologien, Produkte und Verhaltensweisen fachlich und bewerten diese,  
**B 7** ■ treffen mithilfe fachlicher Kriterien begründete Entscheidungen in Alltagssituationen,  
**B 8** ■ beurteilen die Bedeutung fachlicher Kompetenzen in Bezug auf Alltagssituationen und Berufsfelder,  
**B 9** ■ beurteilen Möglichkeiten und Grenzen chemischer Sichtweisen,  
**B 10** ■ bewerten die gesellschaftliche Relevanz und ökologische Bedeutung der angewandten Chemie,  
**B 11** ■ beurteilen grundlegende Aspekte zu Gefahren und Sicherheit in Labor und Alltag und leiten daraus begründet Handlungsoptionen ab.

#### **Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren**

Die Lernenden

- B 12** ■ beurteilen und bewerten Auswirkungen chemischer Produkte, Methoden, Verfahren und Erkenntnisse in historischen und aktuellen gesellschaftlichen Zusammenhängen,
- B 13** ■ beurteilen und bewerten Auswirkungen chemischer Produkte, Methoden, Verfahren und Erkenntnisse sowie des eigenen Handelns im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Perspektive,
- B 14** ■ reflektieren Kriterien und Strategien für Entscheidungen aus chemischer Perspektive.

### 3.3 Kurshalbjahre und Themenfelder

Dem Unterricht in der **Einführungsphase** kommt mit Blick auf den Übergang in die Qualifikationsphase eine Brückenfunktion zu. Zum einen erhalten die Lernenden die Möglichkeit, das in der Sekundarstufe I erworbene Wissen und Können zu festigen und zu vertiefen beziehungsweise zu erweitern (Kompensation) sowie Neigungen und Stärken zu identifizieren, um auf die Wahl der Grundkurs- und Leistungskursfächer entsprechend vorbereitet zu sein. Zum anderen werden sie an das wissenschaftspropädeutische Arbeiten herangeführt. Damit wird eine solide Ausgangsbasis geschaffen, um in der Qualifikationsphase erfolgreich zu lernen. Die Themenfelder der Einführungsphase sind dementsprechend ausgewählt und bilden die Basis für die Qualifikationsphase.

In der **Qualifikationsphase** erwerben die Lernenden eine solide Wissensbasis sowohl im Fachunterricht als auch in fachübergreifenden und fächerverbindenden Zusammenhängen und wenden ihr Wissen bei der Lösung zunehmend anspruchsvoller und komplexer Frage- und Problemstellungen an. Dabei erschließen sie Zusammenhänge zwischen Wissensbereichen und erlernen Methoden und Strategien zur systematischen Beschaffung, Strukturierung und Nutzung von Informationen und Materialien. Der Unterricht in der Qualifikationsphase zielt auf selbstständiges und eigenverantwortliches Lernen und Arbeiten sowie auf die Weiterentwicklung der Kommunikationsfähigkeit; der Erwerb einer angemessenen Fachsprache ermöglicht die Teilhabe am fachbezogenen Diskurs. In diesem Kontext beschreiben die Bildungsstandards und die verbindlichen Themenfelder die Leistungserwartungen für das Erreichen der Allgemeinen Hochschulreife. Durch die Wahl von Grund- und Leistungskursen ist die Möglichkeit gegeben, individuelle Schwerpunkte zu setzen und auf unterschiedlichen Anforderungsniveaus zu lernen.

#### Verbindliche Regelungen zur Bearbeitung der Themenfelder

##### Einführungsphase

In der Einführungsphase sind die Themenfelder 1 bis 3 verbindliche Grundlage des Unterrichts. Die „zum Beispiel“-Nennungen in den Themenfeldern dienen der inhaltlichen Anregung und sind nicht verbindlich. Soweit sich eine bestimmte Reihenfolge der Themenfelder nicht aus fachlichen Erfordernissen ableitet, kann die Reihenfolge frei gewählt werden. In jedem Fall ist aber mindestens eines der verbindlichen Themenfelder im zweiten Kurshalbjahr zu bearbeiten. Für die Bearbeitung der verbindlichen Themenfelder sind etwa zwei Drittel der gemäß OAVO zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit – in der Regel circa 24 Unterrichtswochen – vorgesehen. Die verbleibende Unterrichtszeit bietet die Möglichkeit, Aspekte der verbindlichen Themenfelder zu vertiefen oder zu erweitern, und den notwendigen Zeitrahmen für Unterrichtsvorhaben, die in besonderer Weise auf den Kompetenzerwerb in den einzelnen Kompetenzbereichen ausgerichtet sind. Darüber hinaus kann diese Zeit auch zur Bearbeitung eines nicht verbindlichen Themenfeldes genutzt werden.

##### Qualifikationsphase

Verbindliche Grundlage des Unterrichts sind im Kurshalbjahr Q1 die Themenfelder 1 bis 3, im Kurshalbjahr Q2 die innerhalb der Themenfelder 1 und 2 jeweils durch Erlass festgelegten Inhalte, im Kurshalbjahr Q3 die innerhalb der Themenfelder 1 bis 3 jeweils durch Erlass festgelegten Inhalte sowie im Kurshalbjahr Q4 die innerhalb des Themenfelds 1 durch Erlass festgelegten Inhalte; insgesamt gibt es somit neun Themenfelder, die jeweils entweder insgesamt

für die schriftlichen Abiturprüfungen verbindlich sind oder aus denen jeweils durch Erlass die für die schriftlichen Abiturprüfungen verbindlichen Inhalte festgelegt werden. Im Hinblick auf die verbindlichen Themenfelder 1 bis 3 der Q1 können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen innerhalb dieser Themenfelder ausgewiesen werden. Je nach Länge der Kurs-halbjahre Q1 bis Q4 können Teile eines der Themenfelder zwischen zwei aufeinanderfolgenden Halbjahren verschoben werden.

Die „zum Beispiel“-Nennungen in den Themenfeldern dienen der inhaltlichen Anregung und sind nicht verbindlich. Inhalte im Kontext der Formulierung „am Beispiel von“ sind hingegen verbindlich. Soweit sich eine bestimmte Reihenfolge der Themenfelder nicht aus fachlichen Erfordernissen ableitet, kann die Reihenfolge frei gewählt werden.

### **Differenzierung zwischen Grund- und Leistungskursen**

Gemeinsames Ziel von Grund- und Leistungskursen in den naturwissenschaftlichen Fächern ist die Förderung und Entwicklung grundlegender Kompetenzen als Teil der Allgemeinbildung und Voraussetzung für Studium und Beruf. Daher werden für beide Kursarten gemeinsame Könnenserwartungen (vergleiche Abschnitt 3.2) in Form von Bildungsstandards formuliert. Diese Kompetenzen erfahren im Unterricht und in Prüfungen durch eine Verschränkung mit den nach Grund- und Leistungskurs differenzierten Inhalten (vergleiche Abschnitt 3.3) auch eine Differenzierung im Leistungsniveau. Ein exemplarisches Arbeiten lässt Zusammenhänge im Fach und über dessen Grenzen hinaus erkennbar werden.

Grund- und Leistungskurse führen in grundlegende Fragestellungen, Sachverhalte, Problemkomplexe und Strukturen ein. Sie machen dabei wesentliche Arbeits- und Fachmethoden sowie Darstellungsformen bewusst und erfahrbar. Der Unterricht in Grundkursen fördert durch lebensweltliche Bezüge Einsicht in die Bedeutung des Faches sowie durch schülerzentriertes und handlungsorientiertes Arbeiten die Selbstständigkeit der Lernenden.

Zusätzlich vertiefen Leistungskurse die Inhalte, Modelle, Theorien und Arbeitsweisen, so dass die Komplexität und der Aspektreichtum des Faches noch deutlicher werden. Der Unterricht ist auf eine Beherrschung der Arbeits- und Fachmethoden, deren selbstständige Anwendung, Übertragung und Reflexion sowie auf ein exemplarisch vertieftes wissenschaftspropädeutisches Arbeiten ausgerichtet. Leistungskurse zielen auf einen hohen Grad an Selbsttätigkeit der Lernenden vor allem während des Experimentierens sowie des Erarbeitens fachlicher Kenntnisse und deren gesellschaftlicher und wissenschaftlicher Bezüge.

Die Anforderungen im Leistungskurs unterscheiden sich daher nicht nur quantitativ, sondern vor allem qualitativ von denen im Grundkurs. Dies zeigt sich in allen Kompetenzbereichen.

Im Bereich der Sachkompetenz äußert sich das erhöhte Anforderungsniveau im Leistungskurs darin, dass bestimmte Sachverhalte in höherer Komplexität der verwendeten Modelle detaillierter betrachtet werden. Darüber hinaus nutzen Lernende des erhöhten Anforderungsniveaus auch eine umfangreichere und tiefere Mathematisierung.

Im Bereich der Erkenntnisgewinnungskompetenz bedingt das erhöhte Anforderungsniveau eine höhere Komplexität der bearbeiteten Fragestellungen, Modelle und Experimente sowie eine vertiefte Reflexion des Prozesses der Erkenntnisgewinnung. Auch die Vor- und Nachteile und die Aussagekraft verschiedener Mess- und Auswertungsverfahren werden vertieft betrachtet.

Im Bereich der Kommunikationskompetenz bedingt das erhöhte Anforderungsniveau ein umfangreicheres Fachvokabular, abstraktere Darstellungsformen – auch im Bereich der Mathematisierung – und erfordert fachlich differenziertere Ausdrucksweisen. Auch müssen Fachtexte zu komplexeren Inhalten verstanden werden.

Im Bereich der Bewertungskompetenz zeigt sich das erhöhte Anforderungsniveau darin, dass mehr und komplexere Argumente mit Belegen zur Bewertung naturwissenschaftlicher Sachverhalte herangezogen werden. Auch müssen eigene Standpunkte differenzierter begründet und so besser gegen sachliche Kritik verteidigt werden.

## Übersicht über die Themen der Kurshalbjahre und die Themenfelder

## Einführungsphase (E)

<b>E1/E2</b>	<b>Redoxreaktionen, Protolysereaktionen und ausgewählte organische Verbindungen</b>
Themenfelder	
E.1	<b>Redoxreaktionen</b>
E.2	<b>Protolysereaktionen</b>
E.3	<b>Einführung in die Chemie organischer Verbindungen</b>
E.4	Erdöl und Erdgas – Brennstoffe in der Diskussion
E.5	Mobile Energiewandler

**verbindlich:** Themenfelder 1 bis 3

## Qualifikationsphase (Q)

<b>Q1</b>	<b>Stoffgruppen</b>
Themenfelder	
Q1.1	<b>Chemische Bindung und Strukturen ausgewählter anorganischer und organischer Stoffe</b>
Q1.2	<b>Alkanole und Carbonylverbindungen</b>
Q1.3	<b>Alkansäuren und ihre Derivate</b>
Q1.4	Seifen
Q1.5	Konservierungsstoffe

**verbindlich:** Themenfelder 1 bis 3; innerhalb dieser Themenfelder können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden; je nach Länge der Kurshalbjahre Q1 bis Q4 können Teile eines der Themenfelder zwischen zwei aufeinanderfolgenden Halbjahren verschoben werden.

<b>Q2</b>	<b>Naturstoffe und Synthesechemie</b>
Themenfelder	
Q2.1	<b>Naturstoffe</b>
Q2.2	<b>Grundlagen der Kunststoffchemie</b>
Q2.3	Chemie der Aromaten
Q2.4	Organische Werkstoffe

**verbindlich:** die innerhalb der Themenfelder 1 und 2 jeweils durch Erlass festgelegten Inhalte; je nach Länge der Kurshalbjahre Q1 bis Q4 können Teile eines der Themenfelder zwischen zwei aufeinanderfolgenden Halbjahren verschoben werden.

<b>Q3 Das chemische Gleichgewicht</b>	
Themenfelder	
Q3.1	<b>Chemische Gleichgewichte und ihre Einstellung</b>
Q3.2	<b>Protolysegleichgewichte</b>
Q3.3	<b>Redoxgleichgewichte</b>
Q3.4	Puffersysteme – Säure-Base-Puffer
Q3.5	Geschwindigkeit chemischer Reaktionen

**verbindlich:** die innerhalb der Themenfelder 1 bis 3 jeweils durch Erlass festgelegten Inhalte; je nach Länge der Kurshalbjahre Q1 bis Q4 können Teile eines der Themenfelder zwischen zwei aufeinanderfolgenden Halbjahren verschoben werden.

<b>Q4 Energie und Nachhaltigkeit</b>	
Themenfelder	
Q4.1	<b>Energetische und kinetische Aspekte chemischer Reaktionen</b>
Q4.2	Nachhaltige Chemie und Energieumwandlung in der Technik
Q4.3	Nachhaltige Chemie am Beispiel eines modernen Waschmittels

**verbindlich:** die innerhalb von Themenfeld 1 durch Erlass festgelegten Inhalte; je nach Länge der Kurshalbjahre Q1 bis Q4 können Teile eines der Themenfelder zwischen zwei aufeinanderfolgenden Halbjahren verschoben werden.

Im Zusammenhang der Bearbeitung der Themen der Kurshalbjahre und der Themenfelder des Faches lassen sich vielfältig Bezüge auch zu Themenfeldern anderer Fächer (innerhalb eines Kurshalbjahres) herstellen, um sich komplexeren Fragestellungen aus unterschiedlichen Fachperspektiven zu nähern. Auf diese Weise erfahren die Lernenden die Notwendigkeit und Wirksamkeit interdisziplinärer Kooperation und erhalten gleichzeitig Gelegenheit, ihre fachspezifischen Kenntnisse in anderen Kontexten zu erproben und zu nutzen. Dabei erwerben sie neues Wissen, welches die Fachdisziplinen verbindet. Dies bereitet sie auf den Umgang mit vielschichtigen und vielgestaltigen Problemlagen vor und fördert eine systemische Sichtweise. Durch fachübergreifende und fächerverbindende Themenstellungen können mit dem Anspruch einer stärkeren Lebensweltorientierung auch die Interessen und Fragestellungen, die junge Lernende bewegen, Berücksichtigung finden. In der Anlage der Themenfelder in den Kurshalbjahren sind – anknüpfend an bewährte Unterrichtspraxis – fachübergreifende und fächerverbindende Bezüge jeweils mitgedacht. Dies erleichtert die Kooperation zwischen den Fächern und ermöglicht interessante Themenstellungen.

---

**E1/E2 Redoxreaktionen, Protolysereaktionen und ausgewählte organische Verbindungen**

---

Die Lernenden greifen Kenntnisse aus der Sekundarstufe I zum Aufbau von Atomen, Ionen und Molekülen sowie Vorstellungen zum räumlichen Bau von Stoffen und deren Eigenschaften auf und erweitern diese. Sie erkennen bei der Beschäftigung mit Protolyse- und Redoxreaktionen, dass die Vielfalt chemischer Reaktionen auf wenige übertragbare Grundprinzipien zurückgeführt werden kann. Dabei verwenden sie aus dem Konzept der chemischen Reaktion insbesondere das Donator-Akzeptor-Prinzip als wichtige Strukturierungshilfe und erkennen die Analogie zwischen beiden Reaktionstypen. Ihre Kenntnisse über polare Bindungen und den Bau von Molekülen verhelfen den Lernenden zu einem tieferen Verständnis der Protonenübergänge. Dieses befähigt sie dazu, die Bedeutung beider Reaktionstypen in Technik und Alltag zu erkennen, in Teilen experimentell zu prüfen und zu bewerten.

Am Beispiel strukturell übersichtlicher Kohlenwasserstoffe gewinnen die Lernenden einen Eindruck davon, wie aus den überschaubaren Bindungsverhältnissen des Kohlenstoffatoms die strukturelle Vielfalt organischer Verbindungen entstehen kann. Mithilfe des Konzepts vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen und in Verbindung mit geeigneten Modellen stellen die Lernenden Bezüge zwischen der Molekülstruktur und den beobachtbaren Eigenschaften der Stoffe her. Sie erhalten an Beispielen einen ersten exemplarischen Einblick, wie funktionelle Gruppen physikalische Eigenschaften und chemische Reaktionen maßgeblich bestimmen. Die Lernenden erfahren anhand ausgewählter funktioneller Gruppen und homologer Reihen, wie die Vielfalt organischer Verbindungen geordnet und beschrieben werden kann. Insbesondere am Beispiel Ethanol erkennen und beschreiben die Lernenden die Relevanz und Bedeutung chemischer Kenntnisse im Zusammenhang von Fragen und Problemen, die persönliche und gesellschaftliche Aspekte betreffen. Auch Einblicke in aktuelle Forschungsgebiete, das Aufgreifen relevanter Umweltaspekte und die Auseinandersetzung mit Fragen zu Problemen der Grundstoff- und Energieversorgung sind für Lernende geeignet, die eigene und gesellschaftliche Verantwortung für eine nachhaltige Entwicklung zu erkennen und kritisch zu diskutieren.

Bezug zu den Basiskonzepten: Im Kontext des Themas der Kurshalbjahre sind vor allem das **Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen** (insbesondere in den Themenfeldern E2 und E3), das **Konzept der chemischen Reaktion** (insbesondere in den Themenfeldern E1 und E2) und das **Energiekonzept** (insbesondere im Themenfeld E1) maßgeblich.

---

**Themenfelder**

---

**verbindlich:** Themenfelder 1 bis 3

---

**E.1 Redoxreaktionen**

Aufgreifen von Inhalten aus der Sekundarstufe I:

- erweiterter Redoxbegriff: Redoxreaktionen als Elektronenübergänge, Definition der Begriffe Oxidation, Reduktion, Oxidationsmittel, Reduktionsmittel
- Begriffe auf Modellebene erklären: Aufbau einfacher Anionen und Kationen mithilfe des Bohr'schen Atommodells, Oktettregel
- Ionenbindung und Ionengitter (im Allgemeinen)

Erweiterung und Vertiefung von Inhalten:

- Metallbindung (Elektronengasmodell /Metallgitter im Allgemeinen)
- Ermitteln einer verkürzten Redoxreihe der Metalle (Metallabscheidungen aus Metallsalzlösungen einschließlich der Kennzeichnung von Elektronendonator/-akzeptor-Paaren)
- elektrochemische Spannungsreihe: Standard-Wasserstoff-Halbzelle, Berechnung der Zellspannung
- elektrochemische Spannungsquellen / galvanische Elemente: grundlegender Aufbau und Funktionsprinzip an einem Beispiel
- Aufstellen von Reaktionsgleichungen unter Verwendung von Oxidationszahlen
- Elektrolyse an einem Beispiel

**E.2 Protolysereaktionen**

Aufgreifen von Inhalten aus der Sekundarstufe I:

- Wiederholung: Definition des Begriffs Säure beziehungsweise Base/Lauge laut Säure-Base-Theorie nach Arrhenius, Namen und Summenformeln folgender anorganischer Säuren und deren Salzen: Schwefelsäure, Salpetersäure, Kohlensäure, Phosphorsäure, Salzsäure, Namen und Verhältnisformeln folgender Basen/Laugen: Natriumhydroxid/Natronlauge, Kaliumhydroxid/Kalilauge, Calciumhydroxid/Kalkwasser, Bariumhydroxid/Barytwasser

Erweiterung und Vertiefung von Inhalten:

- Berechnungen: Masse, molare Masse, Stoffmenge und Konzentration von Lösungen
- Definition des Begriffes pH-Wert, Nachweis von Oxonium- und Hydroxidionen mit Universalindikatorpapier, pH-Wert-Berechnungen wässriger Lösungen von starken Säuren und starken Basen
- Säure-Base-Titration (mit Umschlagspunkt) mit wässriger Salzsäurelösung und Natronlauge, Berechnung der Konzentration der Probelösung
- Säure-Base-Theorie nach Brönsted: Säuren als Protonendonatoren, Basen als Protonenakzeptoren, Säure-Base-Reaktionen als Protonenübertragungsreaktionen
- Anwenden der Säure-Base-Theorie nach Brönsted: Ionengleichung von Protolysereaktionen, Bildung von Oxoniumionen und Hydroxidionen

### E.3 Einführung in die Chemie organischer Verbindungen

Aufgreifen von Inhalten aus der Sekundarstufe I:

- Elektronenpaarbindung, Elektronegativität, unpolare und polare Bindung, Molekülgeometrie – Elektronenpaarabstoßungsmodell (EPA-Modell)
- Wasser als Dipolmolekül, Wasserstoffbrücken
- Ionen-Dipol-Wechselwirkung einschließlich Solvatisierung von Ionen

Erweiterung und Vertiefung von Inhalten:

- homologe Reihe der Alkane und Alkene: Nomenklatur, Isomerie, Darstellung in Strukturformeln, räumliche Struktur
- Reaktionen der Alkane mit Brom einschließlich des Reaktionsmechanismus der radikalischen Substitution
- Einfluss der Van-der-Waals-Kräfte auf Schmelz- oder Siedetemperaturen bei Alkanen oder Alkenen, Löslichkeit in polaren und unpolaren Lösungsmitteln
- Ethanol: Hydroxygruppe und deren Einfluss auf die Stoffeigenschaften, Wirkung von Ethanol im menschlichen Körper

### E.4 Erdöl und Erdgas – Brennstoffe in der Diskussion

- Lagerstätten und Förderung: Erdöl als begrenzte Ressource, Förderverfahren und ihre Risiken für die Umwelt, geopolitische Aspekte
- Gewinnung von Kohlenwasserstoffen aus Erdöl: Cracken, fraktionierte Destillation
- exemplarische Beispiele für Vorkommen und Bedeutung: Methan (zum Beispiel Methanhydrat), Propan und Butan (zum Beispiel Flüssiggas, Feuerzeugbenzin, Camping- und Autogas), Isooctan (zum Beispiel Octanzahl)
- energetische Betrachtungen: Verbrennung ausgewählter Stoffe im Vergleich

### E.5 Mobile Energiewandler

- Funktionsweise einer Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle: Vorgänge an den Elektroden, Wasserstoff als Energiespeicher, Gewinnung von Wasserstoff durch Elektrolyse (zum Beispiel mittels Solarzellen)
- Lithium-Ionen-Akkumulator: Aufbau und Funktionsweise in vereinfachter Form
- Blei-Akkumulator: Aufbau, Funktionsweise in vereinfachter Form bezogen auf Blei-Ionen

---

## Q1 Stoffgruppen

---

Die Lernenden greifen sowohl Kenntnisse aus der Sekundarstufe I als auch aus der E-Phase zum Aufbau von Atomen, Ionen und Molekülen, zu Vorstellungen zum räumlichen Bau von Stoffen und deren Eigenschaften ebenso auf wie zu Bindungsarten. Sie erweitern diese im Leistungskurs auch in Bezug auf die Betrachtung der koordinativen Bindung.

Aliphatische Kohlenwasserstoffverbindungen (einschließlich der sich daraus ableitenden sauerstoffhaltigen Derivate) haben beispielsweise für die Ernährung des Menschen, zur Energiegewinnung, in biologischen Prozessen sowie durch die vielfältige Verwendung dieser Stoffe in der chemischen Produktion und der Industrie eine große Bedeutung. Die Lernenden erklären Auswirkungen funktioneller Gruppen auf physikalische Eigenschaften und Reaktionsverhalten organischer Stoffe. Sie greifen dabei das Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen auf und vertiefen es, indem sie Stoffklassen über funktionelle Gruppen identifizieren und ordnen. In diesem Zusammenhang erweitern die Lernenden über das Konzept der chemischen Reaktion auch die das Donator-Akzeptor-Prinzip betreffenden Aspekte um Kenntnisse zu Reaktionen zwischen nucleophilen und elektrophilen Teilchen.

Anhand von Reaktionsmechanismen entwickeln die Lernenden eine vertiefte Vorstellung vom Ablauf chemischer Reaktionen. Ihre Kenntnisse hierzu wirken auch im Kurshalbjahr Q3 über die Aspekte zum chemischen Gleichgewicht im Rahmen des Konzepts der chemischen Reaktion daran mit, ein tragfähiges Wissensnetz zu knüpfen.

Den Lernenden werden Grenzen bisheriger Bindungsmodelle bewusst, indem sie sich zum Beispiel mit der Acidität von Carbonsäuren, der Stabilität des Carboxylations oder (im Leistungskurs) mit dem besonderen Reaktionsverhalten aromatischer Verbindungen befassen. In diesem Zusammenhang erweitern die Lernenden ihre Modellvorstellungen um die Mesomerie, mit der für sie das besondere Verhalten dieser Stoffe erklärbar wird.

Eine Orientierung an Stoffklassen, funktionellen Gruppen und Strukturmerkmalen ermöglicht es den Lernenden insgesamt, Reaktionstypen und auch Synthesewege über die Stoffklassen hinweg zu erkennen, zu beschreiben und zu beurteilen. Dadurch wird ihnen das Prinzip deutlich, wie aus wenigen Grundstoffen zielgerichtet neue Substanzen hergestellt werden können, die unseren Alltag entscheidend prägen.

Die beiden fakultativen Themenfelder 4 und 5 bieten für die Lernenden Möglichkeiten, ausgewählte Anwendungsbezüge zu vertiefen und damit verbundene Sachverhalte zu beurteilen und zu bewerten.

Bezug zu den Basiskonzepten: Im Kontext des Themas des Kurshalbjahres sind vor allem das **Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen** und das **Konzept der chemischen Reaktion** maßgeblich.

**Themenfelder**

**verbindlich:** Themenfelder 1 bis 3; innerhalb dieser Themenfelder können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden; je nach Länge der Kurshalbjahre Q1 bis Q4 können Teile eines der Themenfelder zwischen zwei aufeinanderfolgenden Halbjahren verschoben werden.

**Q1.1 Chemische Bindung und Strukturen ausgewählter anorganischer und organischer Stoffe****grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

Aufgreifen von Inhalten aus der Sekundarstufe I beziehungsweise aus der Einführungsphase:

- intramolekulare Wechselwirkungen: Metallbindung (Elektronengasmodell / Metallgitter im Allgemeinen), Ionenbindung und Ionengitter (im Allgemeinen), Elektronenpaarbindung und Molekülgeometrie (EPA-Modell)
- intermolekulare Wechselwirkungen: Dipolmoleküle, Wasserstoffbrücken, Ionen-Dipol-Wechselwirkungen einschließlich Solvatisierung von Ionen, Van-der-Waals-Kräfte

Erweiterung und Vertiefung von Inhalten:

- Übersicht über die Substanzklassen der Alkane, Alkene, Alkine: Nomenklatur, homologe Reihen, Mehrfachbindungen bei Alkenen und Alkinen, Konstitutionsisomerie, Strukturformeln (auch Skelettformeln)
- Struktur-Eigenschafts-Beziehungen: Van-der-Waals-Kräfte im Kontext von Struktur und Eigenschaften (Schmelz- oder Siedetemperaturen, Löslichkeit)
- vollständige Oxidation: Verbrennungsreaktion einschließlich Oxidationszahlen und Nachweis von Wasser (mit wasserfreiem Kupfer(II)-sulfat) und Kohlenstoffdioxid (mit Kalkwasser), Nachweis des entstandenen Carbonats (mit verdünnter Salzsäure)
- Reaktionstypen und Reaktionsmechanismen: Grundprinzipien von Reaktionsmechanismen, radikalische Substitution am Alkan sowie elektrophile Addition von Molekülen des Typs  $X_2$  an eine Kohlenstoff-Kohlenstoff-Mehrfachbindung (Nachweis der Doppelbindungen mit Brom)

**erhöhtes Niveau (Leistungskurs)**

- erweiterte Betrachtungen der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindung: cis-trans-Isomerie/E-Z-Isomerie, induktive Effekte in Bezug auf Additionsreaktionen, Reaktionstyp und Reaktionsmechanismus der elektrophilen Addition von Molekülen des Typs HX (Markovnikov-Regel), Reaktionstyp der Eliminierung
- Benzen (Benzol): aromatisches System – Struktur und Reaktivität, Eigenschaften und Bindungsverhältnisse auf Basis des Mesomeriemodells
- Erstsitution an Aromaten: Reaktionstyp und Reaktionsmechanismus der elektrophilen Substitution (Mechanismus der Bromierung)

## Q1.2 Alkanole und Carbonylverbindungen

### grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)

- Übersicht über die Substanzklasse der Alkanole: Nomenklatur, Hydroxygruppe, homologe Reihe, Konstitutionsisomerie, Strukturformeln (auch Skelettformeln), Struktur-Eigenschafts-Beziehungen im Zusammenhang mit Dipol-Dipol-Wechselwirkungen und Wasserstoffbrücken (Schmelz- oder Siedetemperaturen, Löslichkeit)
- Reaktionstyp der nucleophilen Substitution: Reaktionsgleichungen zwischen Hydroxidionen und Halogenalkanen einschließlich Nachweis von Chlorid- und Bromidionen mit Silbernitrat
- partielle Oxidation: Redox-Reaktionen primärer und sekundärer Alkanole im Unterschied zu tertiären Alkanolen einschließlich der Anwendung von Oxidationszahlen (Oxidationsmittel Kupfer(II)-oxid, Permanganationen in saurer Lösung)
- mehrwertige Alkanole: Nomenklatur, Struktur (Ethan-1,2-diol, Propan-1,2,3-triol)
- Übersicht über die Substanzklasse der Alkanale: Strukturmerkmal der endständigen Carbonylgruppe (Aldehydgruppe) einschließlich des Nachweises der Aldehydgruppe über die reduzierende Wirkung (Fehling-Probe mit Reaktionsgleichung), Strukturformeln (auch Skelettformeln)
- Übersicht über die Substanzklasse der Alkanone: Strukturmerkmal der mittelständigen Carbonylgruppe (Ketogruppe), Strukturformeln (auch Skelettformeln)

### erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- koordinative Bindung – Wechselwirkung von Metallkationen und Teilchen mit freien Elektronenpaaren am Beispiel der Bildung von Kupfer(II)-tartrat bei der Fehling-Probe
- Reaktionsmechanismus der nucleophilen Substitution einschließlich Differenzierung nach  $S_N1$ -Mechanismus (bei tertiären Kohlenstoffatomen) und  $S_N2$ -Mechanismus (bei primären Kohlenstoffatomen), Einfluss induktiver und sterischer Effekte

## Q1.3 Alkansäuren und ihre Derivate

### grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)

- Übersicht über die Substanzklasse der Carbonsäuren: Nomenklatur, Carboxygruppe einschließlich des Nachweises der Carboxygruppe über den sauren Charakter, homologe Reihe, Strukturformeln (auch Skelettformeln), Struktur-Eigenschafts-Beziehungen (Schmelz- oder Siedetemperaturen, Löslichkeit)
- Acidität im Zusammenhang mit polaren Bindungen und induktiven Effekten, Mesomeriemodell am Beispiel des Carboxylations
- Derivate der Monocarbonsäuren: struktureller Aufbau von Hydroxy- und Aminosäuren, Aminogruppe
- Substanzklasse der Carbonsäureester: Nomenklatur, Estergruppe, Strukturformeln (auch Skelettformeln), Esterbildung – Reaktionstyp (Kondensation) und mechanistische Betrachtung der Estersynthese
- Reaktionstyp Hydrolyse: saure und alkalische Esterhydrolyse

**erhöhtes Niveau (Leistungskurs)**

- mechanistische Betrachtung der alkalischen Esterhydrolyse
- Di- und Tricarbonsäuren: Struktur

**Q1.4 Seifen****grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- Herstellung von Seife durch alkalische Hydrolyse
- Aufbau von Seifen und Zusammenhänge zwischen Struktur und Eigenschaften: Emulgator, pH-Wert, Grenzflächenaktivität und Oberflächenspannung des Wassers
- Waschvorgang: Dispergiervermögen und Micellenbildung, Beeinflussung der Waschwirkung, Bildung von Kalkseifen

**erhöhtes Niveau (Leistungskurs)**

- Wasserhärte (permanente, temporäre und Gesamthärte)

**Q1.5 Konservierungsstoffe****grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- Lebensmittelkonservierung früher und heute
- qualitativer Nachweis von Ascorbinsäure als Antioxidans
- Zusatz von Sorbinsäure in Lebensmitteln

**erhöhtes Niveau (Leistungskurs)**

- strukturelle Eigenschaften und quantitative Bestimmung der Ascorbinsäure
- Verwendung der Parabene: p-Hydroxybenzoesäureester

---

**Q2 Naturstoffe und Synthesechemie**

---

Viele organische Verbindungen, die uns in unserem Alltag begegnen, sind strukturell kompliziert aufgebaut. Sie weisen oftmals mehrere funktionelle Gruppen auf und erreichen mitunter eine strukturell nur schwer zu erfassende molekulare Größe. An ausgewählten Beispielen erhalten die Lernenden einen Einblick in die Vielfalt dieser Kohlenstoffverbindungen und ihrer Anwendungsgebiete im Alltag.

Die Inhalte der Themenfelder 1 und 2 berücksichtigen mit den Proteinen, den Polysacchariden und den Kunststoffen höhermolekulare Verbindungen. Gemeinsam ist diesen Verbindungen, dass sie aus strukturell relativ einfach gebauten Stoffen mit übersichtlicher Anzahl an funktionellen Gruppen hergestellt beziehungsweise in diese zerlegt werden können. Damit einhergehend rücken auch die jeweiligen niedermolekularen Edukte beziehungsweise Spaltprodukte sowie deren Eigenschaften, Vorkommen und Verwendungen in den Fokus. Mit den Fetten wird ein weiterer bedeutender Naturstoff betrachtet. Die Lernenden erhalten dabei die Gelegenheit, die Bedeutung der Fette zum Beispiel im Rahmen der Ernährung und als nachwachsender Rohstoff zu erörtern. Über die Auseinandersetzung mit der Herstellung und dem Recycling von Kunststoffen entwickeln die Lernenden die Bereitschaft zu verantwortlichem Handeln im Sinne der Nachhaltigkeit. Durch die Betrachtung moderner Werkstoffe wie Nanomaterialien wird darüber hinaus im inhaltlichen Kontext der Kunststoffe angeknüpft. Damit wird sowohl dem Konzept vom Aufbau und den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen als auch dem Konzept der chemischen Reaktion Rechnung getragen.

Im fakultativen Themenfeld 3 liegt der Schwerpunkt auf dem Beschreiben und Erklären des charakteristischen Reaktionsverhaltens der Aromaten. Insgesamt erkennen die Lernenden, dass aromatische Verbindungen als Grundstoffe zahlreicher Alltagsprodukte von Bedeutung sind. Im Leistungskurs werden Inhalte aus dem Kurshalbjahr Q1 vertieft und erweitert. Durch einen Einblick in das Orbitalmodell gilt das die Modellvorstellungen betreffend ebenso wie für die Kenntnisse zum Reaktionsverhalten von Aromaten beziehungsweise zu Reaktionsmechanismen.

Das fakultative Themenfeld 4 zeichnet sich durch einen vertiefenden Charakter bezüglich makromolekularer Verbindungen aus. Über die Auseinandersetzung mit konkreten, dem Alltag entnommenen Anwendungssituationen erkennen die Lernenden das Prinzip der anwendungsbezogenen Modifizierung von Makromolekülen.

In der Auseinandersetzung mit den Inhalten der Themenfelder dieses Kurshalbjahres bieten sich Vernetzungsmöglichkeiten mit inhaltlichen Aspekten aus dem Kurshalbjahr Q1 an. So können Lernende beispielsweise Kenntnisse zu Stoffklassen, funktionellen Gruppen und Strukturelementen aufgreifen und diese vertiefen. Im Rahmen ausgewählter Alltags- und Anwendungsbezüge bieten sich für die Lernenden vielseitige Möglichkeiten zur kritischen Reflexion.

Bezug zu den Basiskonzepten: Im Kontext des Themas des Kurshalbjahres sind vor allem das **Konzept vom Aufbau und von den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen** und das **Konzept der chemischen Reaktion** maßgeblich.

---

**Themenfelder**

---

**verbindlich:** die innerhalb der Themenfelder 1 und 2 jeweils durch Erlass festgelegten Inhalte; je nach Länge der Kurshalbjahre Q1 bis Q4 können Teile eines der Themenfelder zwischen zwei aufeinanderfolgenden Halbjahren verschoben werden.

---

**Q2.1 Naturstoffe****grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- Aminosäuren: grundlegender struktureller Bau, Zwitterion, Strukturformeln (auch Skelettformeln), Eigenschaften proteinogener Aminosäuren, Säure-Base-Eigenschaften, asymmetrisches C-Atom, Chiralität, Strukturdarstellung in der Fischer-Projektion, D-/L-Konfiguration, Stereoisomere, Enantiomere
- Peptide: Peptidbindung
- Strukturebenen der Proteine: Primärstruktur, Sekundärstrukturen, Tertiärstruktur einschließlich aller Wechselwirkungen zwischen den Aminosäureseitenketten, Quartärstruktur
- Eigenschaften, Bedeutung und Verwendung von Proteinen
- Nachweis von Proteinen (typische Färbung bei der Biuret-Reaktion) und von Ammoniumionen als Abbauprodukt von Proteinen (Reaktion mit Natriumhydroxid und Nachweis des Ammoniaks)
- Kohlenhydrate: Monosaccharide (Glucose und Fructose), Strukturdarstellungen in der Fischer-/Haworth-Projektion, D-/L-Konfiguration, Enantiomere, Anomere, Fehling-Probe mit Aldosen
- Kohlenhydrate: Di- und Polysaccharide (Maltose, Saccharose, Stärke, Cellulose), glycosidische Bindung, reduzierende und nicht reduzierende Disaccharide, Iod-Stärke-Reaktion
- Fette: Aufbau und Eigenschaften der Fette und Öle; Aufbau und Eigenschaften von Fettsäuren: gesättigte und ungesättigte Fettsäuren, cis-trans-Isomerie
- Fette: Herstellung von Margarine: Fetthärtung durch Hydrierung von Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen

**erhöhtes Niveau (Leistungskurs)**

- Aminosäuren: isoelektrischer Punkt
- Chromatografie am Beispiel der Dünnschichtchromatografie von Aminosäuren: Prinzip der Chromatografie, Nachweis der Aminosäuren mit Ninhydrin-Sprühreagenz, Ermittlung und Interpretation von R<sub>f</sub>-Werten
- optische Aktivität, Polarimetrie als ein Verfahren der instrumentellen Analyse
- Kohlenhydrate: Keto-Enol-Tautomerie am Beispiel von Fructose, Diastereomere, Halb-acetal- und Acetal-Bildung durch nucleophile Addition
- Fette: Tensidwirkung von Fettsäureanionen
- Fette: Umesterung

## Q2.2 Grundlagen der Kunststoffchemie

### grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)

- Klassifizierung von Kunststoffen und Zusammenhänge zwischen Struktur und Eigenschaften: Duroplaste, Thermoplaste, Elastomere
- Reaktionstypen zur Verknüpfung von Monomeren zu Makromolekülen: Polymerisation und Polykondensation sowie Mechanismus der radikalischen Polymerisation
- Rohstoffgewinnung und -verarbeitung: Gewinnung von Ethen (durch thermisches Cracken), Synthesereaktion von Polyethylen
- Synthesereaktionen: Polyester, Polyamide am Beispiel von Nylon
- Recycling von Kunststoffen: Rohstoffliches Recycling am Beispiel der Zerlegung in Monomere, werkstoffliches Recycling - Einschmelzen von Thermoplasten, ökologische und ökonomische Aspekte des Recyclings
- moderne Werkstoffe: Nanostrukturen am Beispiel von Silber-Nanopartikeln, Nanomaterialien am Beispiel von Silber-Nanopartikeln zur antimikrobiellen Ausrüstung von Polyolefin-Lebensmittelverpackungen (zum Beispiel Polyethylen, Polypropylen)

### erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- Reaktionstyp der Polyaddition am Beispiel der Polyurethane
- Recycling von Kunststoffen: Hydrolyse von Polykondensaten
- Wertstoffkreisläufe am Beispiel von Polyethylen

## Q2.3 Chemie der Aromaten

### grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)

- Benzen (Benzol): Eigenschaften und Bindungsverhältnisse auf Basis des Mesomeriemodells
- elektrophile Substitution: Reaktionstyp und Reaktionsmechanismus der Halogenierung am Aromaten

### erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- vereinfachtes Orbitalmodell:  $sp^3$ -,  $sp^2$ - und  $sp$ -Hybridisierung von Kohlenstoffatomen,  $\sigma$ - und  $\pi$ -Bindung, delokalisiertes  $\pi$ -Elektronensystem des Benzenmoleküls (Benzolmoleküls)
- elektrophile Substitution: Reaktionsmechanismus der Nitrierung
- Reaktionsmechanismus der elektrophilen Zweitsubstitution: induktive und mesomere Effekte, dirigierende Wirkung an den Beispielen Toluol, Phenol, Anilin und Nitrobenzen (Nitrobenzol)

**Q2.4 Organische Werkstoffe****grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- Biokunststoffe: Synthese, Eigenschaften und Verwendung am Beispiel der Polymilchsäure (PLA)
- Aufbau eines Copolymers

**erhöhtes Niveau (Leistungskurs)**

- synthetischer Kautschuk: Herstellung, Erklärung der Elastizität auf molekularer Ebene und deren Veränderung durch Vulkanisation
- Textilfaser: Viskose, modifizierte Cellulose

---

### Q3 Das chemische Gleichgewicht

---

Die Inhalte von Themenfeld 1 lassen die Lernenden erkennen, dass viele chemische Prozesse reversibel sind und ihnen ein dynamisches Gleichgewicht zugrunde liegt. Dabei greifen sie auch Beispiele aus thematischen Zusammenhängen der Einführungsphase sowie des Kurshalbjahres Q1 auf und vernetzen diese mithilfe der Aspekte zum chemischen Gleichgewicht im Kontext des Konzepts der chemischen Reaktion. Kenntnisse zum Massenwirkungsgesetz befähigen sie in diesem Zusammenhang zu quantitativen Beschreibungen von Gleichgewichtszuständen in geschlossenen Systemen und erlauben ihnen Berechnungen in Bezug auf die Konzentrationen beteiligter Stoffe. Eine erweiterte Betrachtung der Lage des chemischen Gleichgewichts wird den Lernenden möglich, indem sie das Prinzip des kleinsten Zwangs (Le Chatelier) anwenden. Somit wird über die Behandlung der Aspekte zum chemischen Gleichgewicht das Konzept der chemischen Reaktion berücksichtigt.

Die Themenfelder 2 (Protolysegleichgewichte) und 3 (Redoxgleichgewichte) bieten Kontextbezüge zum chemischen Gleichgewicht und ermöglichen es den Lernenden somit, Grundvorstellungen zu chemischen Gleichgewichten zu erweitern beziehungsweise auf viele Bereiche der Chemie zu übertragen. Durch die Anwendung des Massenwirkungsgesetzes ist es nun möglich, das bislang nur qualitativ zugängliche Donator-Akzeptor-Prinzip auch quantitativ einzuordnen. Damit wird dem Konzept der chemischen Reaktion in weiterem Umfang Rechnung getragen.

Protolysegleichgewichte finden ihre Anwendung nicht nur in Technik und Industrie, sondern auch in Bezügen des alltäglichen Lebens. Die Lernenden erlangen beispielsweise Kenntnisse hinsichtlich der Kenngrößen pH-Wert und Säure- beziehungsweise Basenkonstante, die sie zu einer differenzierten Einschätzung des jeweiligen Gefahrenpotenzials der Anwendung von Produkten und daraus abzuleitender Handlungsoptionen befähigen. Basierend auf der Neutralisationsreaktion spielt die Titration als analytisches Verfahren zum Beispiel bei Untersuchungen umweltrelevanter Aspekte oder Überprüfungen von Herstellerangaben eine wichtige Rolle.

Redoxgleichgewichte finden sich im Alltag vielfach im Zusammenhang der Elektrochemie – etwa bei in Batterien beziehungsweise Akkumulatoren ablaufenden chemischen Reaktionen. Dies können die Lernenden anhand von Untersuchungen zur Redoxreihe, zu galvanischen Elementen und zum Energieträger Wasserstoff erkennen und als Grundlage für die fundierte Bewertung alternativer Mobilitätskonzepte beziehungsweise von Möglichkeiten der effizienten Energiespeicherung nutzen. Neue Planungsvorhaben zur Mobilität der Zukunft und die zunehmende Digitalisierung verschiedenster Lebensbereiche sind ohne eine Weiterentwicklung mobiler Energiequellen nicht denkbar. Damit findet über das Konzept der chemischen Reaktion hinaus auch das Energiekonzept Berücksichtigung.

Die fakultativen Themenfelder 4 und 5 greifen zusätzliche Inhalte für Kontextbezüge auf. So besteht die Möglichkeit, in den ausgewählten Anwendungsgebieten „Puffersysteme“ und „Geschwindigkeit chemischer Reaktionen“ die erworbenen Kenntnisse zu vertiefen.

Bezug zu den Basiskonzepten: Im Kontext des Themas des Kurshalbjahres sind insbesondere das **Konzept der chemischen Reaktion** und das **Energiekonzept** maßgeblich.

## Themenfelder

---

**verbindlich:** die innerhalb der Themenfelder 1 bis 3 jeweils durch Erlass festgelegten Inhalte; je nach Länge der Kurshalbjahre Q1 bis Q4 können Teile eines der Themenfelder zwischen zwei aufeinanderfolgenden Halbjahren verschoben werden.

---

### Q3.1 Chemische Gleichgewichte und ihre Einstellung

#### grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)

- Nachweis des gleichzeitigen Vorliegens von Edukten und Produkten
- Definition des chemischen Gleichgewichts als dynamisches Gleichgewicht: Hin- und Rückreaktion
- chemische Gleichgewichte an Beispielen: Estergleichgewicht und Ammoniak-Synthese
- Massenwirkungsgesetz (MWG) vereinfacht (stöchiometrische Faktoren der Edukte und Produkte sind in der Summe gleich) am Beispiel des Estergleichgewichts, Bedeutung der Gleichgewichtskonstanten  $K_C$
- Lage von Gleichgewichten in Abhängigkeit von Druck, Temperatur und Konzentration: Prinzip von Le Chatelier
- Katalyse: Einfluss von Katalysatoren auf die Einstellung eines chemischen Gleichgewichts, Unterschied zwischen homogener und heterogener Katalyse

#### erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- ein technisches Syntheseverfahren: Ammoniak-Synthese nach Haber-Bosch
- Massenwirkungsgesetz erweitert (stöchiometrische Faktoren der Edukte und Produkte sind in der Summe nicht gleich), Berechnung von Gleichgewichtskonstanten  $K_C$  und Konzentrationsberechnungen im Gleichgewicht (MWG) (einschließlich Lösung quadratischer Gleichungen)
- Löslichkeitsgleichgewichte: Interpretation von  $K_L$ -Werten

### Q3.2 Protolysegleichgewichte

#### grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)

Aufgreifen von Inhalten aus der Einführungsphase:

- Säure-Base-Konzept nach Brønsted: Protolyse, korrespondierende Säure-Base-Paare
- Definition pH-Wert, Nachweis von Oxonium- und Hydroxidionen mit Universalindikator

Erweiterung und Vertiefung von Inhalten:

- Stärke von Säuren und Basen (qualitative Betrachtung): Säurekonstante ( $K_S$ -Wert) sowie  $pK_S$ -Wert, Basenkonstante ( $K_B$ -Wert) sowie  $pK_B$ -Wert
- Berechnung von pH-Werten wässriger Lösungen starker Säuren und starker Basen (bei vollständiger Protolyse)

- Säure-Base-Titration (mit Umschlagspunkt) bei vollständiger Protolyse am Beispiel von Salzsäure-Lösung/Natronlauge; Berechnung der Konzentration der Probelösung

### erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- Berechnung von pH-Werten wässriger Lösungen schwacher Säuren und Basen (bei nicht vollständiger Protolyse) mithilfe von  $pK_S$ - und  $pK_B$ -Werten
- Säure-Base-Titration (mit Titrationskurve): Titration bei unvollständiger Protolyse am Beispiel der Titration einer schwachen einprotonigen Säure mit einer starken Base
- Säure-Base-Titration (mit Titrationskurve): Titration einer mehrprotonigen Säure am Beispiel der Titration einer Aminosäurelösung
- Interpretation einer Titrationskurve, Berechnung von charakteristischen Punkten der Titrationskurve: Anfangspunkt, Äquivalenzpunkt, Halbäquivalenzpunkt
- Puffersysteme (qualitativ): Bedeutung, Zusammensetzung und Wirkung am Beispiel des Essigsäure-Acetat-Puffers

### Q3.3 Redoxgleichgewichte

#### grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)

Aufgreifen von Inhalten aus der Einführungsphase:

- korrespondierende Redoxpaare, Redoxreaktionen als Elektronenübergang, Aufstellen von Redoxgleichungen (auch für Redoxreaktionen in saurer Lösung) unter Verwendung von Oxidationszahlen
- elektrochemische Spannungsquellen (galvanische Elemente am Beispiel des Daniell-Elements)
- elektrochemische Spannungsreihe: Standard-Wasserstoff-Halbzelle, Standardpotenziale (Berechnung von Potenzialdifferenzen beziehungsweise Zellspannungen bei Standardbedingungen)
- Elektrolyse am Beispiel einer Kupfer(II)-chloridlösung

Erweiterung und Vertiefung von Inhalten:

- alternative Energieträger und Energiespeicherung: Speicherung von Sonnenenergie über die Gewinnung des alternativen Energieträgers Wasserstoff durch Elektrolyse von Wasser unter Verwendung von Solarzellen
- Korrosion: Metallkorrosion am Lokalelement (Sauerstoff- und Säurekorrosion)
- Korrosionsschutz (Opferanode)

#### erhöhtes Niveau (Leistungskurs)

- Nernst-Gleichung: Berechnungen (ohne pH- und Temperaturabhängigkeit), Konzentrationszelle
- Elektrolyse: Überspannung, Zersetzungsspannung
- Faraday-Gesetze (ohne Berechnungen)

- Redoxtitration (Prinzip) am Beispiel der Manganometrie

### **Q3.4 Puffersysteme – Säure-Base-Puffer**

#### **grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- geschlossene Puffersysteme am Beispiel des Phosphat-Puffer-Systems, Berücksichtigung des Prinzips von Le Chatelier
- Bedeutungen von Puffern für lebende Organismen

#### **erhöhtes Niveau (Leistungskurs)**

- offene Puffersysteme am Beispiel des Kohlensäure-Hydrogencarbonat-Puffersystems im Blut und am Beispiel des Ammoniumpuffersystems
- Puffergleichung (Henderson-Hasselbalch-Gleichung) zur quantitativen Betrachtung von Pufferlösungen: Berechnungen zu pH-Werten von Pufferlösungen

### **Q3.5 Geschwindigkeit chemischer Reaktionen**

#### **grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- zeitlicher Verlauf einer Reaktion: mittlere und momentane Reaktionsgeschwindigkeit, Konzentrations-/Zeit-Diagramme (c/t-Diagramme)
- Einfluss weiterer Faktoren auf die Reaktionsgeschwindigkeit: Stoff, Konzentration, Zerteilungsgrad
- Aktivierungsenergie und Katalyse

#### **erhöhtes Niveau (Leistungskurs)**

- Autokatalyse am Beispiel der Reaktion Oxalsäure mit Kaliumpermanganat
- Enzyme: Einfluss der Temperatur

---

## Q4 Energie und Nachhaltigkeit

---

Energetische Betrachtungen spielen zur Beschreibung von Teilchen- und Stoffumwandlungen eine wichtige Rolle. In diesem Kurshalbjahr erweitern die Lernenden ihre Kenntnisse zum Verlauf chemischer Reaktionen um energetische, kinetische und thermodynamische Aspekte in der belebten und unbelebten Natur sowie in der Technik. Damit wird dem Energiekonzept vertiefend Rechnung getragen.

Während über die Inhalte des ersten Themenfelds die Grundlagen vermittelt werden, eröffnen die beiden fakultativen Themenfelder die Möglichkeit, diese Kenntnisse über Anwendungsbezüge aus dem Alltag zu vertiefen und dabei je nach Neigung den Bereich der Nachhaltigkeit entweder im Zusammenhang mit Energieumwandlung bei verschiedenen technischen Verfahren oder am Beispiel moderner Waschmittel zu erarbeiten. Insbesondere bei Fragen der Mobilität spielt nicht nur die Bereitstellung von Energie, sondern auch die Betrachtung von Aspekten der Nachhaltigkeit eine große Rolle. Über das fakultative Themenfeld 2 werden daher auch verschiedene Optionen im Hinblick auf den Antrieb von Fahrzeugen inhaltlich erschlossen, Vor- und Nachteile der jeweiligen Verwendung unter energetischen und ökologischen Gesichtspunkten diskutiert und ihre Zukunftsfähigkeit bewertet. Die Lernenden nutzen in ihrer Lebenswelt jeden Tag eine Vielzahl unterschiedlicher Produkte der chemischen Industrie. Als Verbraucher entscheiden sie über ihre Auswahl von Produkten mit, welchen Stellenwert Nachhaltigkeit hat und auch in Zukunft haben wird. Über das fakultative Themenfeld 3 soll beispielhaft ein modernes Waschmittel als ein solches Produkt betrachtet werden.

Die Inhalte beider fakultativen Themenfelder sollen in diesem Sinne jeweils insbesondere der Vernetzung von Sach- und Bewertungskompetenz dienen. Darüber hinaus sind die Inhalte beider fakultativen Themenfelder jeweils so kombiniert, dass sie über bedeutende lebensweltliche Bezüge hinaus Aspekte zur Wiederholung, Erweiterung und Vertiefung von Inhalten vorausgegangener Kurshalbjahre integrieren, was mithilfe der Basiskonzepte zur kursübergreifenden Vernetzung von Kenntnissen bzw. Kompetenzen beiträgt.

Bezug zu den Basiskonzepten: Im Kontext des Themas des Kurshalbjahres sind insbesondere das Energiekonzept und das Konzept der chemischen Reaktion maßgeblich.

### Themenfelder

---

**verbindlich:** die innerhalb des Themenfelds 1 durch Erlass festgelegten Inhalte; je nach Länge der Kurshalbjahre Q1 bis Q4 können Teile eines der Themenfelder zwischen zwei aufeinanderfolgenden Halbjahren verschoben werden.

---

## Q4.1 Energetische und kinetische Aspekte chemischer Reaktionen

### grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)

- 1. Hauptsatz der Thermodynamik (qualitativ): Energieerhaltung in thermodynamischen Systemen (offenes, geschlossenes und isoliertes System), innere Energie
- Enthalpie: Reaktionswärme bei konstantem Druck, Berechnung von Standardreaktionsenthalpien, Satz von Hess
- Kalorimetrie (Prinzip)
- Reaktionsgeschwindigkeit: Abhängigkeiten und Stoßtheorie

- Reaktionsgeschwindigkeit-Temperatur-Regel (RGT-Regel)

#### **erhöhtes Niveau (Leistungskurs)**

- 2. Hauptsatz der Thermodynamik (qualitativ): Entropie als Maß für die Unordnung eines Systems, Einfluss der Reaktionsentropie in spontan ablaufenden endothermen Reaktionen, Berechnung von Reaktionsentropien
- freie Enthalpie, Berechnungen mit der Gibbs-Helmholtz-Gleichung

### **Q4.2 Nachhaltige Chemie und Energieumwandlung in der Technik**

#### **grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle: Aufbau und Funktionsprinzip, Elektrodenreaktionen in saurer und alkalischer Elektrolytlösung, Einsatzgebiete (zum Beispiel Antrieb von Bussen und Zügen), Vorteile (zum Beispiel emissionsfreier Betrieb) und Nachteile (zum Beispiel hoher Energieaufwand bei der Wasserstoffgewinnung) der Verwendung, Problematik eines flächendeckenden Einsatzes für den Fahrzeugantrieb
- Pflanzenölkraftstoffe: Fette und fette Öle als Gemische von Triglyceriden, Aufbau eines Triglycerids, Einsatz von Pflanzenölkraftstoffen (zum Beispiel Rapsöl, Palmöl) als erneuerbare Kraftstoffe für Dieselmotoren, Vor- und Nachteile des Einsatzes (zum Beispiel Umweltproblematik des Abholzens von Regenwald beim Anlegen von Palmölplantagen)
- Bioethanol: Gewinnung von Glucose aus stärkehaltigen Pflanzen, Aufbau eines Glucosemoleküls, Gewinnung von Ethanol aus Glucose durch alkoholische Gärung, Vor- und Nachteile der Verwendung als Alternative zu fossilen Kraftstoffen

#### **erhöhtes Niveau (Leistungskurs)**

- Antrieb von Elektrofahrzeugen: Aufbau und Funktionsprinzip von Lithium-Ionen-Akkumulatoren
- Biodiesel: Gewinnung aus Rapsöl durch Umsetzung mit Methanol (Umesterung), Vor- und Nachteile des Einsatzes
- Biokunststoffe auf Stärkebasis: glycosidische Bindung, Aufbau von Stärke, großtechnisch aus partiell oxidierte Stärke hergestellte Stärkefolien – Problematik bezüglich der biologischen Abbaubarkeit infolge der Reaktion zwischen Aldehydgruppen und Hydroxygruppen verschiedener Glucoseeinheiten zu Halbacetalen unter Entstehung von Quervernetzungen)

### **Q.4.3 Nachhaltige Chemie am Beispiel eines modernen Waschmittels**

#### **grundlegendes Niveau (Grundkurs und Leistungskurs)**

- Strukturen und Eigenschaften ausgewählter Tenside (zum Beispiel anionische, kationische und nichtionische Tenside)
- Zusammensetzung von Waschmitteln: Funktion von Enthärter, Bleichsystem, Enzymen und ausgewählten Hilfsstoffen

- ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit (zum Beispiel Prinzip der biologischen Abbaubarkeit, Nachhaltigkeit in Bezug auf die Wahl der Rohstoffe für die Synthese, petrochemische Rohstoffe im Vergleich zu nachwachsenden Rohstoffen, Waschgewohnheiten und Verbraucherverhalten)

**erhöhtes Niveau (Leistungskurs)**

- Wasserenthärtung: vereinfachte Struktur und Funktion eines ionentauschenden Enthärters (zum Beispiel Zeolith A)
- biologische Abbaupfade eines Tensids (zum Beispiel Hydrolyse, Oxidation der endständigen Methylgruppe beziehungsweise Hydroxygruppe zur Carboxygruppe,  $\beta$ -Oxidation durch Mikroorganismen)



HESSEN



**Hessisches Ministerium  
für Kultus, Bildung und Chancen**  
Luisenplatz 10  
60185 Wiesbaden  
<https://kultus.hessen.de>