

# Kerncurriculum berufliches Gymnasium



**CHEMIETECHNIK**

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 01.08.2025

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorbemerkung .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Die gymnasiale Oberstufe und das berufliche Gymnasium .....</b>	<b>6</b>
1.1 Ganzheitliches Lernen und Kompetenzorientierung in der gymnasialen Oberstufe und dem beruflichen Gymnasium .....	6
1.2 Strukturelemente des Kerncurriculums .....	8
1.3 Überfachliche Kompetenzen .....	10
<b>2 Bildungsbeitrag und didaktische Grundlagen des Schwerpunkts .....</b>	<b>14</b>
2.1 Beitrag des Schwerpunkts zur Bildung .....	14
2.2 Kompetenz-Strukturmodell .....	16
2.3 Kompetenzbereiche .....	18
2.4 Strukturierung der Fachinhalte (Leitideen) .....	22
<b>3 Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte .....</b>	<b>24</b>
3.1 Einführende Erläuterungen .....	24
3.2 Bildungsstandards des Schwerpunkts .....	25
3.3 Kurshalbjahre und Themenfelder .....	29
<b>Chemietechnik .....</b>	<b>35</b>
E: Grundlagen chemischer Reaktionen und organische Chemie .....	35
Q1: Wichtige Kohlenstoffverbindungen in Labor und Technik (LK) .....	38
Q2: Instrumentelle Analysetechniken (LK) .....	41
Q3: Redoxreaktionen, Elektrochemie und Energetik (LK) .....	44
Q4: Ausgewählte Stoffgruppen und Systeme (LK) .....	46
Q3: Umweltchemie (eGK) .....	48
<b>Laborpraxis Chemietechnik .....</b>	<b>50</b>
E: Grundlagen der Laborarbeit .....	50
Q1: Synthesen organischer Verbindungen (GK) .....	53
Q2: Instrumentell-analytische Untersuchungen (GK) .....	56
Q3: Thermodynamische und elektrochemische Untersuchungen (GK) .....	59
Q4: Projekte zu ausgewählten Stoffgruppen und Systemen (GK) .....	61

---

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

<b>Stöchiometrie und Datenverarbeitung.....</b>	<b>64</b>
E: Stöchiometrie und Datenverarbeitung.....	64

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

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

## **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 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

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

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 verständig 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.

---

<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.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

Den Lehrkräften kommt daher die Aufgabe zu,

- 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 unbekannten 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



Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

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

---

<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.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

Kerncurriculum miteinander verknüpft werden, sondern dies erst sinnvoll auf der Unterrichtsebene erfolgen kann.

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 Kompetenzanbahnung 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.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

**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.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

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

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

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.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

## **2 Bildungsbeitrag und didaktische Grundlagen des Schwerpunkts**

### **2.1 Beitrag des Schwerpunkts zur Bildung**

Der Unterricht im Schwerpunkt Chemietechnik baut auf den Inhalten des Faches Chemie aus der Sekundarstufe I auf. In diesem Sinne sind die in den Kerncurricula für das Fach Chemie sowohl für die Sekundarstufe I als auch für die Sekundarstufe II genannten Aufgaben und Ziele für den Schwerpunkt Chemietechnik uneingeschränkt zu nennen. Im Schwerpunkt Chemietechnik werden die Fächer Chemietechnik (Leistungskurs und ergänzender Grundkurs) und Laborpraxis Chemietechnik erteilt:

Das Fach Chemietechnik hat die Theorie und Praxis chemischer Produktionstechnik und Labortechnik sowie deren gesellschaftliche Voraussetzungen und Konsequenzen zum Thema. Das Fach Stöchiometrie und Datenverarbeitung unterstützt die Fächer Chemietechnik und Laborpraxis Chemietechnik in den Bereichen Reaktionsgleichungen, Massenwirkungsgesetz, chemische Berechnungen und bei der Labordaten- und Prozessdatenauswertung.

Das Fach Laborpraxis Chemietechnik begleitet, ergänzt und vertieft den Unterricht im Fach Chemietechnik. Während die Chemietechnik vor allem wissenschaftspropädeutische Funktionen besitzt und anhand ausgewählter, technikrelevanter Beispiele in die fachspezifischen Denk- und Verfahrensweisen einer empirischen Wissenschaft einführt, setzt sich das Fach Laborpraxis Chemietechnik schwerpunktmäßig mit labortechnisch-analytischen Anwendungen, Verfahren und Methoden auseinander. Das Fach trägt so dem hohen Praxisanteil Rechnung, der auf allen Ebenen der Chemieausbildung (von der beruflichen Grund- und Fachbildung bis zum Hochschulstudium) zum Ausdruck kommt.

Das primäre Ziel ist die Entwicklung einer Handlungskompetenz im Bereich der Produktions- und Labortechnik, die den Lernenden weitergehende Möglichkeiten zur gleichberechtigten und aktiven Teilhabe am gesellschaftlichen Leben bietet sowie im wissenschaftspropädeutischen Sinne auf Studium oder Ausbildung in der Industriegesellschaft vorbereitet.

Im Unterricht des Schwerpunktes Chemietechnik setzen sich die Lernenden exemplarisch mit Prozessverläufen beginnend bei den wissenschaftlichen und technologischen Grundprinzipien bis hin zu großtechnischen und industriellen Produktionen auseinander. Auf der Grundlage individueller Lernbiografien erwerben die Lernenden Handlungskompetenzen beim Anwenden chemischer Modelle, bei der praktischen Laborarbeit sowie der fachlichen Kommunikation in chemischen Kontexten. Dies bildet die Basis für ein späteres Arbeiten in chemisch-technischen Berufen und verdeutlicht den berufsvorbereitenden Anspruch des Schwerpunktes. Dabei werden die Inhalte aller schwerpunktbezogenen Fächer aufeinander abgestimmt und in enger Verzahnung unterrichtet.

Der ergänzende Grundkurs erweitert die Inhalte mit Blick auf den Umweltschutz und bietet besondere fächerübergreifende Möglichkeiten zur Verknüpfung mit anderen naturwissenschaftlichen oder gesellschaftswissenschaftlichen Fächern. Labortechnische Grundoperationen werden in Theorie und Praxis anwendungsorientiert vertieft und die gesellschaftlichen Relevanzen des Faches unmittelbar für die Lernenden erfahrbar.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

Eine zentrale Zielsetzung des Faches besteht darin, die Lernenden für die grundsätzlich vorhandenen Gefahren der praktischen Laborarbeit zu sensibilisieren und ihnen ein angemessenes Wissen im Umgang mit potenziell gefährlichen Arbeitsstoffen zu vermitteln. Situationsgerechtes Verhalten im Labor schließt auch die Erkenntnis ein, dass jede und jeder Lernende für die eigene Gesundheit und für die Unversehrtheit des anderen in besonderem Maße Verantwortung trägt.

Die Kursthemen sind so gewählt, dass sie sowohl hinsichtlich der lebensweltorientierten und beruflichen Zugangsmöglichkeiten für die Lernenden als auch hinsichtlich der Möglichkeit der Vermittlung naturwissenschaftlicher Grundlagen und instrumenteller Fertigkeiten einen ganzheitlichen Bildungsgang ermöglichen.

Der Bezug zur Arbeits- und Berufswelt ist für diejenigen Lernenden umso bedeutsamer, die von der im beruflichen Gymnasium Schwerpunkt Chemietechnik bestehenden Möglichkeit Gebrauch machen, nach dem Erwerb der Allgemeinen Hochschulreife in einem weiteren Jahr die Qualifikation zur chemisch-technischen Assistentin beziehungsweise zum chemisch-technischen Assistenten zu erwerben (doppeltqualifizierender Bildungsgang).

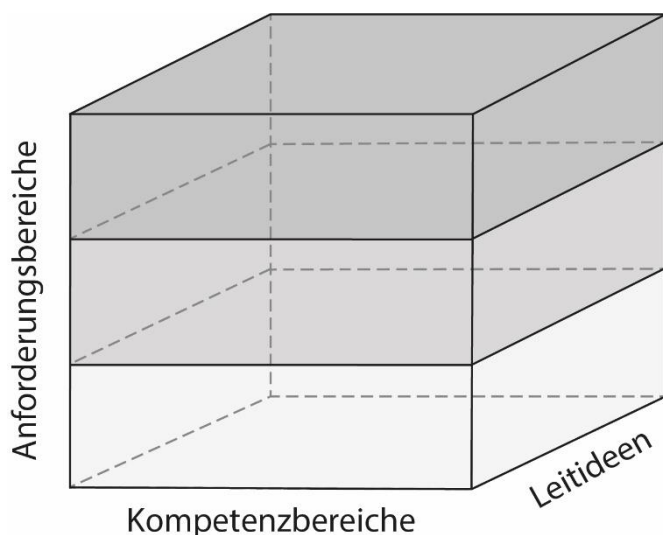
Über die instrumentelle Handhabung großtechnischer Prozesse im Kontext der Bezugswissenschaften Chemie und Physik hinaus, werden auch die gesellschaftlichen und ökonomischen Auswirkungen der Laborarbeit, der Produktion und des Konsums an anwendungsbezogenen Beispielen transparent. Die Lernenden entwickeln dabei eine Sichtweise, die nicht nur auf die bloße Reproduktion fachlicher Kenntnisse und Fertigkeiten abzielt, sondern auf sozial und kulturell bedeutsame Handlungsfelder verweist und so eine kritisch-konstruktive Auseinandersetzung mit der chemischen Laborpraxis aus einem auf Lebens- und Umweltprobleme gerichteten Blickwinkel zulässt.

Insbesondere ergeben sich Fragen nach der Verantwortung des Menschen für seine Umwelt. Verantwortliches Handeln im Hinblick auf die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen für jetzige und zukünftige Generationen, Maßnahmen des Umweltschutzes, der fachgerechten Entsorgung und des schonenden Umgangs mit natürlichen Ressourcen werden bedeutsam und vermitteln den Lernenden ein Bewusstsein für die weit reichenden Konsequenzen menschlichen Handelns. Dass diese Folgenabschätzung nicht nur in Bezug auf die natürliche, sondern auch in Bezug auf die soziale und ökonomische Um- und Mitwelt geleistet wird, gehört zu den weiteren Zielsetzungen des Schwerpunktes. Die Lernenden sammeln hierbei arbeits- und berufsweltorientierte Erfahrungen, die sie für ihr späteres Studium beziehungsweise für ihre berufliche Tätigkeit unmittelbar einsetzen können.

## 2.2 Kompetenz-Strukturmodell

Das Kompetenz-Strukturmodell des beruflichen Gymnasiums ist dreidimensional aufgebaut:

1. **Kompetenzbereiche** konkretisieren die Handlungsdimensionen;
2. **Leitideen** beschreiben die inhaltlichen Dimensionen;
3. **Anforderungsbereiche** (Oberstufen- und Abiturverordnung / OAVO in der jeweils geltenden Fassung) verknüpfen Leitideen und Kompetenzbereiche. Sie beschreiben mithilfe von Operatoren die einzelnen Niveaustufen.



### 1. Kompetenzbereiche

- K1: Kommunizieren und Kooperieren
- K2: Analysieren und Interpretieren
- K3: Entwickeln und Modellieren
- K4: Entscheiden und Implementieren
- K5: Reflektieren und Beurteilen

### 3. Anforderungsbereiche

- AFB I Reproduktion
- AFB II Reorganisation und Transfer
- AFB III Reflexion und Problemlösung

### 2. Leitideen

- L1: Stoff-Teilchen-Modell
- L2: Struktur-Eigenschafts-Beziehungen
- L3: Donator-Akzeptor-Prinzip
- L4: Energetische Betrachtungen
- L5: Gleichgewichtszustände
- L6: Umwelt und Gesellschaft

Abbildung: Kompetenz-Strukturmodell (Hessische Lehrkräfteakademie 2024)



Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

Fünf Kompetenzbereiche erfassen die wesentlichen Aspekte des Handelns in der jeweiligen Fachrichtung beziehungsweise dem jeweiligen Schwerpunkt. Sie beschreiben kognitive Fähigkeiten und Fertigkeiten, die zwar fachspezifisch geprägt, aber nicht an spezielle Inhalte gebunden sind. Sie können von den Lernenden allerdings nur in der aktiven Auseinandersetzung mit konkreten Fachinhalten erworben werden, weil Inhaltsbereiche in Form von Wissensaspekten und Problemlösungen untrennbar miteinander verknüpft sind. Die hier gewählten Begriffe sind zwar zum Teil identisch mit einzelnen Operatoren innerhalb der Anforderungsbereiche im Zusammenhang mit der Abiturprüfung (vergleiche OAVO), sie sollen in Zusammenhang mit dem Kerncurriculum allerdings als allgemeine Handlungs- und Problemlösungsansätze verstanden werden.

Sechs Leitideen reduzieren die Vielfalt inhaltlicher Zusammenhänge auf eine begrenzte Anzahl fachtypischer, grundlegender Prinzipien und strukturieren so einen systematischen Wissensaufbau. Bei aller Unterschiedlichkeit der Themen und Inhalte fassen sie wesentliche Kategorien zusammen, die als grundlegende Denkmuster im jeweiligen Unterrichtsfach immer wiederkehren. Die Leitideen erfassen die Phänomene beziehungsweise Prozesse, die aus der Perspektive der jeweiligen Fachrichtung erkennbar sind.

Drei Anforderungsbereiche erlauben eine differenzierte Beschreibung der erwarteten Kenntnisse, Fähigkeiten und Einsichten: Anforderungsbereich I umfasst in der Regel Reproduktionsleistungen: Die Lernenden beschreiben Sachverhalte und wenden gelernte Arbeitstechniken in geübter Weise an. In Anforderungsbereich II werden Reorganisations- und Transferleistungen erwartet: Die Lernenden wählen unter verschiedenen Bearbeitungsansätzen selbstständig aus und wenden diese auf vergleichbare neue Zusammenhänge an. Anforderungsbereich III umfasst Reflexion und Problemlösung, kreatives Erarbeiten, Anwenden und bewerten von Lösungsansätzen in komplexeren und neuartigen Zusammenhängen.

Das Kompetenz-Strukturmodell unterstützt die Übersetzung abstrakter Bildungsziele in konkrete Aufgabenstellungen und Unterrichtsvorhaben. Die Unterscheidung in drei Dimensionen ist sowohl bei der Konstruktion neuer als auch bei der Analyse gegebener Aufgaben hilfreich. Der Erwerb von Kompetenzen geschieht gleichsam in der Verbindung der Kompetenzbereiche mit den Leitideen und den Anforderungsbereichen als Schnittpunkt im Kompetenzwürfel.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

## 2.3 Kompetenzbereiche

Bildungsstandards beschreiben kognitive Dispositionen für erfolgreiche und verantwortliche Denkopoperationen und Handlungen, zur Bewältigung von Anforderungen in allen Fachrichtungen und Schwerpunkten des beruflichen Gymnasiums.

Die in **Kompetenzbereichen** erfassten wesentlichen Aspekte dieser Denkopoperationen und Handlungen sind aber nicht an spezielle Inhalte gebunden. Sie lassen sich nicht scharf voneinander abgrenzen und durchdringen sich teilweise.

Wissenschafts- und Handlungsorientierung sind die grundlegenden Prinzipien des Arbeitens in den Fachrichtungen beziehungsweise Schwerpunkten des beruflichen Gymnasiums. Um diese Gemeinsamkeiten zu verdeutlichen, sind die Kompetenzbereiche in allen Fachrichtungen und Schwerpunkten gleichlautend bezeichnet. Die konkretisierenden Beschreibungen weisen sowohl Übereinstimmungen als auch fachspezifische Besonderheiten aus.

Die Kompetenzbereiche gehen dabei von den Kompetenzbereichen in den Kerncurricula der Sekundarstufe I und der gymnasialen Oberstufe aus und werden für das berufliche Gymnasium weiterentwickelt. Zugrunde gelegt werden die Vorgaben der EPA für die jeweilige Fachrichtung beziehungsweise den jeweiligen Schwerpunkt.

### Kommunizieren und Kooperieren (K1)

Kommunikation ist der Austausch und die Vermittlung von Informationen durch mündliche, schriftliche oder symbolische Verständigung unter Verwendung der Fachsprache. Mithilfe von Zeichnungen, Texten, Tabellen, Diagrammen, Symbolen und anderen spezifischen Kennzeichnungen tauschen sich die Lernenden über Fachinhalte aus und bringen sich aktiv in Diskussionen ein. Eigene Beiträge werden unter Verwendung adäquater Medien präsentiert. Bei der Dokumentation von Problemlösungen und Projekten können sie selbstständig fachlich korrekte und gut strukturierte Texte verfassen, normgerechte Zeichnungen erstellen sowie Skizzen, Tabellen, Kennlinien oder Diagramme verwenden.

Kooperationsfähigkeit ist Voraussetzung für gute Zusammenarbeit in den häufig wechselnden Sozialformen gruppenbasierter Experimentalphasen im Fach Chemietechnik. Die Lernenden vereinbaren gemeinsam Ziele, verständigen sich über die Arbeitsaufteilung und Zuständigkeiten, definieren Schnittstellen und planen Termine. Sie übernehmen für den eigenen Bereich und das ganze Projekt Verantwortung, halten sich an die Absprachen, helfen sich gegenseitig und arbeiten effektiv und in angemessener Atmosphäre zusammen. Auftretende Konflikte lösen sie respektvoll und sachbezogen.

### Analysieren und Interpretieren (K2)

Nachdem die Sachverhalte angemessen erfasst und kommuniziert sind, müssen die dahinterstehenden Zusammenhänge in einzelne Elemente zerlegt, auf der Grundlage von Kriterien untersucht und geordnet sowie die dahinterstehenden Prinzipien herausgearbeitet und verstanden werden. Dies ermöglicht, Beziehungen, Wirkungen und Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Elementen zu interpretieren oder auch völlig neue Zusammenhänge zu entwickeln.

Im Fach Chemietechnik analysieren die Lernenden Zusammenhänge zwischen Struktur, Eigenschaft und Verwendung von Stoffen und deren Reaktionen. Dabei wenden sie Kenntnisse

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

über Merkmale, Verlauf und Bedingungsabhängigkeit chemischer Reaktionen auf labortechnische und produktionstechnische Prozesse an und erarbeiten Grundsätze der Beeinflussbarkeit chemischer Reaktionen in technischen Abläufen (Zusammenhängen). Sie wenden Kenntnisse der Struktur-Eigenschaftsbeziehung auf unterschiedliche Analyseverfahren an und erarbeiten Grundprinzipien der quantitativen und qualitativen Stoffuntersuchung.

Interpretieren bezeichnet in der Chemietechnik einen kognitiven Verarbeitungsprozess, der eng mit dem Experimentieren, mit Reaktionsgleichungen und Diagrammen verbunden ist. Dabei stellen die Lernenden die Bedeutung einer verkürzten beziehungsweise komprimierten Aussage mit sprachlichen Mitteln in einem umfassenden Zusammenhang dar. Beim Interpretieren von Reaktionsgleichungen leiten die Lernenden qualitative und quantitative Aussagen zum Stoffumsatz und zur Art der chemischen Reaktion ab. Dabei geht es darum, den Inhalt der Gleichung zu erfassen und eventuell auch Folgerungen daraus abzuleiten. Unter Berücksichtigung der thermodynamischen und kinetischen Daten der Gleichung entwickeln sie Schlussfolgerungen zur Lage und zur Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts durch die Reaktionsbedingungen.

### **Entwickeln und Modellieren (K3)**

Dieser Kompetenzbereich beschreibt die Reduktion komplexer realer Verhältnisse auf vereinfachte Abbildungen, Prinzipien und wesentliche Einflussfaktoren. Hierzu gehört sowohl das Konstruieren passender Modelle als auch das Verstehen oder Bewerten vorgegebener Modelle. Typische Teilschritte des Modellierens sind das Strukturieren und Vereinfachen vorhandener Realsituationen, das Übersetzen realer Gegebenheiten in Modelle und das Interpretieren der Modellergebnisse im Hinblick auf Stimmigkeit und Angemessenheit.

Entwickeln und Modellieren erfolgt unter Anwendung spezifischer Theorien und führt zum Verständnis komplexer Sachverhalte sowie zur Entwicklung von Strukturen und Systemen, die als Ersatzsysteme fungieren und die Realität in eingeschränkter, aber dafür überschaubarer Weise abbilden. Im Modellierungsprozess entwickeln die Lernenden Modelle, die wesentliche Elemente der Problemlösung beinhalten und in Prinzipien und Systembetrachtungen zum Ausdruck kommen.

Im Fach Chemietechnik entwickeln die Lernenden problembezogene Lösungsstrategien und Erklärungen unter Einbeziehung von naturwissenschaftlichen Definitionen, Regeln, Prinzipien, Gesetzmäßigkeiten und Theorien. Diese werden von ihnen auf konkrete Anwendungssituationen übertragen und als Grundlage für Prognosen zu labortechnischen und großtechnischen Verfahrensabläufen genutzt.

Unter Modellierung wird die Abbildung eines Realitätsausschnitts in einem fachspezifischen Modell verstanden. Die Lernenden entwickeln Modelle beziehungsweise verändern bestehende Modelle, um komplexe Sachverhalte darzustellen, Phänomene und Vorgänge zu erklären und naturwissenschaftliche Fragen zu untersuchen. Sie verwenden geeignete Modelle, um Prognosen in einem definierten Bereich abzuleiten und diese zu diskutieren. Weiterhin erläutern sie Funktionen und Eigenschaften naturwissenschaftlicher Modelle und prüfen diese hinsichtlich ihrer Anwendungsbereiche und Grenzen.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

### **Entscheiden und Implementieren (K4)**

Die Lernenden entscheiden sich mit Bezug auf fachliche Kriterien begründet für einen Problemlösungsansatz und implementieren festgelegte Strukturen und Prozessabläufe unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen, Regeln und Zielvorgaben in ein konkretes System.

Im Fach Chemietechnik ist die eigenständige Planung, Durchführung und Auswertung von Versuchen ein zentrales Unterrichtselement. Die Lernenden entscheiden auf der Grundlage ihrer Unterrichtserfahrungen und ihrer unterrichtsvermittelten Fachkenntnisse über die apparativen und instrumentellen Faktoren des Experiments sowie die Messwerterfassung. Sie implementieren dabei ihre Versuchsplanungen auf der Grundlage der getroffenen Entscheidungen, indem sie die Versuche praktisch umsetzen. Der Implementationsprozess macht auf diese Weise die jeweiligen Versuchsgegenstände und die zugrundeliegenden Leitideen des Faches Chemietechnik unmittelbar erlebbar.

### **Reflektieren und Beurteilen (K5)**

Die Lernenden reflektieren nach vorgegebenen oder selbst gewählten Kriterien Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten, Unterschiede, Vor- und Nachteile von Arbeitsergebnissen. Sie stellen Problemlösungen in angemessener Weise dar. In einer Begründung sichern sie die gegebenen Aussagen oder Sachverhalte fachlich fundiert durch rational nachvollziehbare Argumente, Belege oder Beispiele ab und beurteilen ihre gefundenen Lösungsansätze.

Im Fach Chemietechnik reflektieren die Lernenden den Einsatz und die Wirkung chemischer Stoffe im Rahmen von labor- und großtechnischen Verfahrensabläufen anhand der fachlichen Grundkonzepte (zum Beispiel Struktur-Eigenschafts-Konzept, Gleichgewichtskonzept). Dabei analysieren, interpretieren und diskutieren sie Auswirkungen unterschiedlicher Reaktionsbedingungen auch im Hinblick auf die Steuerung chemischer Reaktionen. Die Lernenden entwickeln kriteriengeleitete Handlungsoptionen und stellen aus unterschiedlichen Perspektiven Vor- und Nachteile sowie Chancen und Risiken verschiedener Handlungsoptionen gegenüber. Dabei reflektieren sie die jeweiligen Handlungskonsequenzen aus Sicht unterschiedlicher Interessengruppen und Perspektiven.

Im Fach Chemietechnik beurteilen die Lernenden chemische Sachverhalte in ihren technischen Anwendungsbezügen mithilfe fachspezifischer Kriterien. Dabei setzen sie sich in exemplarischer Herangehensweise mit den Abläufen chemischer Reaktionen im Rahmen labor- und produktionstechnischer Verfahrensprozessen auseinander. In diesem Zusammenhang legen sie mit Bezug auf ausgewählte Prozesse sozio-ökonomische und ökologische Auswirkungen chemisch-technischer Verfahrensweisen dar und beurteilen diese mit dem Blick auf die Ziele einer nachhaltigen Entwicklung.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

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

Fachübergreifende und fächerverbindende Lernformen ergänzen fachliches Lernen in der gymnasialen Oberstufe und im beruflichen Gymnasium und sind unverzichtbarer Bestandteil des Unterrichts (vergleiche § 7 Absatz 7 OAVO). Diese Lernformen lassen sich in möglicher Bezugnahme sowohl auf andere fachrichtungs- und schwerpunktbezogene Fächer als auch auf die des allgemein bildenden Bereichs umsetzen. 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 sowie unter Bezugnahme auf die drei herausgehobenen überfachlichen Dimensionen (vergleiche Abschnitt 1.3) komplexere inhaltliche Zusammenhänge und damit Bildungsstandards aus den unterschiedlichen Kompetenzbereichen der Fächer erarbeiten. Zum anderen können im fachbezogenen Unterricht Themenstellungen bearbeitet werden, die – ausgehend vom Fach und einem bestimmten Themenfeld – auch andere, eher benachbarte Fächer berühren. Dies erweitert und ergänzt die jeweilige Fachperspektive und trägt damit zum vernetzten Lernen bei.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

## 2.4 Strukturierung der Fachinhalte (Leitideen)

Die Bewältigung von anforderungsreichen Problemsituationen erfordert das permanente Zusammenspiel von Handlungen (Kompetenzbereiche) und Wissen (Leitideen). Die jeweiligen fachlichen Inhalte werden Leitideen zugeordnet, die nicht auf bestimmte Themenbereiche begrenzt sind. Diese Leitideen bilden den strukturellen Hintergrund des Unterrichts und bauen ein tragfähiges Gerüst für ein Wissensnetz auf.

### Stoff-Teilchen-Modell (L1)

Das Stoff-Teilchen-Modell weist Überschneidungen mit allen weiteren Leitideen auf. Es ist grundlegender Bestandteil der Denk- und Arbeitsweise im Fach Chemietechnik und wird daher in allen Kurshalbjahren weiterentwickelt.

Die erfahrbaren Phänomene der stofflichen Welt und deren Deutung auf der Teilchenebene werden konsequent unterschieden. Charakteristisch für das Stoff-Teilchen-Modell ist die Herstellung einer wechselseitigen Beziehung zwischen makroskopischer und submikroskopischer Sicht. Die Stoffebene umfasst Phänomene und Beschreibungen von Stoffen sowie Stoff- und Energieänderungen, die mit Sinnen und Geräten erfasst werden können. Zugehörige Deutungen und Erklärungen auf Teilchenebene beinhalten Aussagen über Atome, Ionen und Moleküle sowie die Anordnung dieser Teilchen in Verbindung mit Modellen und Modellvorstellungen.

### Struktur-Eigenschafts-Beziehungen (L2)

Struktur-Eigenschafts-Beziehungen können auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen gedeutet werden. Sie stellen einen Schlüssel zum Verständnis der Vielfalt der Materie und ihrer potenziellen Veränderung dar.

In dieser Leitidee werden die Bezüge zwischen den atomaren Strukturen (Art, Aufbau, Anordnung, zwischenmolekulare Kräfte) und den beobachteten Eigenschaften und Reaktionen der Stoffe hergestellt. Einen Schwerpunkt bildet dabei die Darstellung und Beschreibung chemischer Strukturen mit differenzierten Modellvorstellungen.

### Donator-Akzeptor-Prinzip (L3)

Diese Leitidee richtet den Blick auf ein vertieftes Verständnis chemischer Reaktionen auf der Teilchenebene. Ein großer Teil dieser Reaktionen basiert auf einem gemeinsamen Grundprinzip. An einer Reaktion beteiligte Teilchen (Atome, Ionen oder Moleküle) beziehungsweise funktionelle Gruppen können anhand ihrer Reaktionsweise als Donator beziehungsweise Akzeptor charakterisiert werden. Bezogen auf die jeweilige Reaktion liegt der Fokus auf der gleichzeitigen Abgabe und Aufnahme von zum Beispiel Protonen, Elektronen oder auch Elektronenpaaren durch die jeweiligen Teilchen beziehungsweise funktionellen Gruppen. So lassen sich beispielsweise Säure-Base- und Redoxreaktionen als Protonen- beziehungsweise Elektronenübergänge beschreiben. Zudem lässt sich die Leitidee auch auf Reaktionsmechanismen und die Farbigkeit von Stoffen übertragen.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

### **Energetische Betrachtungen (L4)**

Chemische Reaktionen sind in der Regel mit einem Energieumsatz verbunden. Die Leitidee der energetischen Betrachtungen befasst sich mit dem Energiegehalt von Stoffen und dem Austausch von Energie. Mithilfe dieser Leitidee können Vorhersagen über den Ablauf und die Richtung von chemischen Reaktionen getroffen werden. Außerdem können äußere Einflüsse auf chemische Reaktionen diskutiert werden. Dies ermöglicht es zum Beispiel technische Prozesse zu beurteilen und schafft eine Grundlage, um mögliche Verbesserungen der Abläufe zu diskutieren.

### **Gleichgewichtszustände (L5)**

Chemische Reaktionen sind prinzipiell umkehrbar. Reversible chemische Reaktionen können zu einem Gleichgewichtszustand führen.

Diese Leitidee unterstützt ein Verständnis für den Antrieb und die Steuerung chemischer Vorgänge. Sie richtet den Blick auf den zeitlichen Verlauf und die Ausbeute chemischer Reaktionen. Das Massenwirkungsgesetz und das Prinzip des kleinsten Zwangs (nach LE CHATELIER) bilden die Basis für Überlegungen und Planungen zum Verlauf chemischer Reaktionen in Natur, Alltag und Technik.

### **Umwelt und Gesellschaft (L6)**

Die Fachrichtungen und Schwerpunkte des beruflichen Gymnasiums sind eingebunden in das komplexe Netzwerk des gesellschaftlichen Bezugsrahmens. Bei kritischer Reflexion fachrichtungs- und / oder schwerpunktbezogener Sachzusammenhänge sind auch politische, ethische, gesellschaftliche, soziale, ökologische und ökonomische Einflussfaktoren zu berücksichtigen, um nachhaltiges, verantwortungsvolles und ressourcenorientiertes Handeln zu ermöglichen.

Diese Leitidee unterstützt ein Verständnis für die komplexe Vernetzung von großtechnischen Prozessen und ihren ökonomischen und ökologischen Folgen im gesellschaftlichen Bezugsrahmen. Sie bildet die Grundlage für eine kritisch-reflexive Auseinandersetzung mit den Auswirkungen der Laborarbeit, der Produktion und des Konsums. Vor dem Hintergrund einer ressourcenorientierten Umsetzung technischer Verfahrensweisen wird nachhaltiges und verantwortliches Handeln direkt erfahrbar.

Die Leitidee „Umwelt und Gesellschaft“ bildet den übergreifenden Rahmen für die exemplarische Einbettung fachlicher Grundprinzipien in labor- und produktionstechnischen Prozessen und Verfahren und weist deswegen Vernetzungen zu allen anderen Leitideen des Schwerpunktes auf.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

### 3 Bildungsstandards und Unterrichtsinhalte

#### 3.1 Einführende Erläuterungen

Nachfolgend werden die mit Abschluss des beruflichen Gymnasiums erwarteten fachlichen Kompetenzen in der jeweiligen Fachrichtung beziehungsweise dem jeweiligen Schwerpunkt in Form von Bildungsstandards, gegliedert nach Kompetenzbereichen (Abschnitt 3.2), sowie die verbindlichen Unterrichtsinhalte (Abschnitt 3.3), thematisch strukturiert in Kurshalbjahre und Themenfelder, aufgeführt. Kurshalbjahre und Themenfelder 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 wachsenden Anforderungen an die Komplexität der Zusammenhänge und kognitiven Operationen entwickeln sie in entsprechend gestalteten Lernumgebungen ihre fachlichen Kompetenzen weiter.

Die Themenfelder bieten die Möglichkeit – im Rahmen der Unterrichtsplanung didaktisch-methodisch aufbereitet – jeweils in thematische Einheiten umgesetzt zu werden. Zugleich lassen sich inhaltliche Aspekte der Themenfelder, die innerhalb eines Kurshalbjahres vielfältig miteinander verschränkt sind und je nach Kontext auch aufeinander aufbauen können, themenfeldübergreifend 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 Leitideen (vergleiche ausführliche Darstellung in Abschnitt 2.4) Orientierungshilfen, um fachliches Wissen zu strukturieren, anschlussfähig zu machen und zu vernetzen.

Die Bildungsstandards sind nach Anforderungsbereichen differenziert. In den Kurshalbjahren der Qualifikationsphase setzen sich die Lernenden mit den Fachinhalten des Leistungskurses sowie den Fachinhalten des Grundkurses auseinander. Die jeweils fachbezogenen Anforderungen, die an Lernende in Leistungs- und Grundkurs 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 Absatz 2 OAVO).

Im Unterricht ist ein Lernen in Kontexten anzustreben. Kontextuelles Lernen bedeutet, dass Fragestellungen aus der Praxis der Forschung, gesellschaftliche, technische und ökonomische 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.



Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

### 3.2 Bildungsstandards des Schwerpunkts

#### Kompetenzbereich: Kommunizieren und Kooperieren (K1)

##### Anforderungsbereich I

Die Lernenden können

- K1.1** ■ chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fach- und Symbolsprache beschreiben,
- K1.2** ■ Fachtexte strukturiert unter Verwendung der Fachsprache zusammenfassen.

##### Anforderungsbereich II

Die Lernenden können

- K1.3** ■ eine Reaktionsgleichung für einen chemischen Vorgang formulieren,
- K1.4** ■ die Durchführung und Beobachtung von Experimenten detailgenau, zeichnerisch und fachsprachlich korrekt protokollieren,
- K1.5** ■ chemische Sachverhalte erklären,
- K1.6** ■ arbeitsteilige Experimente oder Projekte planen und durchführen.

##### Anforderungsbereich III

Die Lernenden können

- K1.7** ■ zu mündlich und schriftlich formulierten Sachverhalten Stellung nehmen,
- K1.8** ■ Methoden und Arbeitsergebnisse unter fachlichen Gesichtspunkten diskutieren.

#### Kompetenzbereich: Analysieren und Interpretieren (K2)

##### Anforderungsbereich I

Die Lernenden können

- K2.1** ■ die Aussagen einer gegebenen Reaktionsgleichung beschreiben,
- K2.2** ■ die Lage eines chemischen Gleichgewichts anhand thermodynamischer Daten berechnen.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

### Anforderungsbereich II

Die Lernenden können

- K2.3** ■ aus einer Reaktionsgleichung qualitative und quantitative Aussagen zum Stoffumsatz und zur Art der chemischen Reaktion herleiten,
- K2.4** ■ chemische und physikalische Eigenschaften anhand der Molekülstruktur begründen,
- K2.5** ■ Messwerte eines Versuchs auswerten.

### Anforderungsbereich III

Die Lernenden können

- K2.6** ■ in einer Probensubstanz Analyten nachweisen.

## Kompetenzbereich: Entwickeln und Modellieren (K3)

### Anforderungsbereich I

Die Lernenden können

- K3.1** ■ ein Experiment nach einer vorgegebenen Anleitung durchführen,
- K3.2** ■ für Experimente die geeigneten Laborgeräte auswählen.

### Anforderungsbereich II

Die Lernenden können

- K3.3** ■ Reaktionsmechanismen auf neue Problemstellungen anwenden und diese erklären,
- K3.4** ■ für den Ablauf einer chemischen Reaktion eine Reaktionsgleichung / einen Reaktionsmechanismus entwickeln.

### Anforderungsbereich III

Die Lernenden können

- K3.5** ■ Alltagerscheinungen analysieren und auf chemische Grundprinzipien zurückführen.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

## **Kompetenzbereich: Entscheiden und Implementieren (K4)**

### **Anforderungsbereich I**

Die Lernenden können

- K4.1** ■ sicherheitsrelevante Aspekte zur Durchführung von Experimenten beschreiben,
- K4.2** ■ Gefahrstoffe korrekt handhaben und entsorgen,
- K4.3** ■ den Aufbau einer Versuchsanordnung skizzieren.

### **Anforderungsbereich II**

Die Lernenden können

- K4.4** ■ sich zwischen / für geeignete(n) Untersuchungsmethoden entscheiden, um Hypothesen zu verifizieren beziehungsweise zu falsifizieren,
- K4.5** ■ chemische Versuche selbstständig planen, durchführen und auswerten.

### **Anforderungsbereich III**

Die Lernenden können

- K4.6** ■ mögliche Analyseverfahren diskutieren und sich für ein geeignetes entscheiden,
- K4.7** ■ zu gegebenen Reaktionsbedingungen Stellung nehmen und diese hinsichtlich einer optimierten Ausbeute begründet modifizieren.

## **Kompetenzbereich: Reflektieren und Beurteilen (K5)**

### **Anforderungsbereich I**

Die Lernenden können

- K5.1** ■ die Auswirkungen unterschiedlicher Reaktionsbedingungen im Hinblick auf die Steuerung chemischer Reaktionen beschreiben.

### **Anforderungsbereich II**

Die Lernenden können

- K5.2** ■ die Ergebnisse von Versuchen nach vorgegebenen Kriterien prüfen.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

### **Anforderungsbereich III**

Die Lernenden können

- K5.3** ■ die Auswirkung von chemischen Prozessen auf sozio-ökonomische und ökologische Aspekte beurteilen,
- K5.4** ■ labor- und produktionstechnische Verfahren auf Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit prüfen.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

### 3.3 Kurshalbjahre und Themenfelder

Dem Unterricht in der **Einführungsphase** kommt mit Blick auf den Übergang in die Qualifikationsphase eine Brückenfunktion zu.

Eine Besonderheit des beruflichen Gymnasiums ist seine Organisation nach beruflichen Fachrichtungen und Schwerpunkten, die bereits zu Beginn der Oberstufe einen Leistungskurs festlegt. Mit Eintritt in diese Schulform belegen die Lernenden neben den allgemein bildenden Fächern neue fachrichtungs- und schwerpunktbezogene Unterrichtsfächer, die den Fächerkanon der Sekundarstufe I erweitern. Einerseits erhalten Lernende so die Möglichkeit, das in der Sekundarstufe I erworbene Wissen und Können zu festigen und zu vertiefen beziehungsweise zu erweitern (Kompensation). Auf diese Weise kann es ihnen gelingen, Neigungen und Stärken zu identifizieren, um auf die Wahl eines allgemein bildenden Leistungskurses und der allgemein bildenden Grundkurse entsprechend vorbereitet zu sein.

Andererseits beginnen sie mit dem Eintritt in das berufliche Gymnasium neu mit fachrichtungs- und schwerpunktbezogenen Fächern, in denen sie ohne schulisches Vorwissen an das systematische wissenschaftspropädeutische Arbeiten herangeführt werden. 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 sowohl im Unterricht der jeweiligen fachrichtungs- beziehungsweise schwerpunktbezogenen Fächer als auch in fachübergreifenden und fächerverbindenden Zusammenhängen eine solide Wissensbasis 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 ab; der Erwerb einer angemessenen Fachsprache ermöglicht die Teilhabe am fachbezogenen Diskurs.

Durch die Wahl von Grundkursen und einem Leistungskurs in den allgemein bildenden Fächern haben die Lernenden die Möglichkeit, auf unterschiedlichen Anspruchsebenen zu lernen und ein individuelles Leistungsprofil zu entwickeln. Darüber hinaus können sie durch die Entscheidung für eine bestimmte Fachrichtung oder einen bestimmten Schwerpunkt innerhalb des Kanons der fachrichtungs- und schwerpunktbezogenen Fächer relevante Kompetenzen erlangen.

Dementsprechend beschreiben die Bildungsstandards und die verbindlichen Themenfelder die Leistungserwartungen für das Erreichen der allgemeinen Hochschulreife.

### Verbindliche Regelungen zur Bearbeitung der Themenfelder

#### Einführungsphase

In der Einführungsphase sind Themenfelder verbindlich festgelegt (vergleiche Kurshalbjahresthemen). Die „zum Beispiel“-Nennungen in den Themenfeldern dienen der inhaltlichen Anregung und sind nicht verbindlich. Soweit sich eine bestimmte Reihenfolge der Themenfelder

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

nicht aus fachlichen Erfordernissen ableiten lässt, kann die Reihenfolge frei gewählt werden. Für die Bearbeitung der verbindlichen Themenfelder sind je Kurshalbjahr etwa zwei Drittel der gemäß OAVO zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit – in der Regel entspricht dies etwa zwölf Unterrichtswochen – vorgesehen. In der verbleibenden Unterrichtszeit ist es möglich, Aspekte der verbindlichen Themenfelder zu vertiefen, zu erweitern oder eines der nicht verbindlichen Themenfelder vollumfänglich oder teilweise zu bearbeiten.

### **Qualifikationsphase**

In den Kurshalbjahren Q1-3 sind die Themenfelder 1 und 2 verbindliche Grundlage des Unterrichts. Durch Erlass wird ein weiteres Themenfeld in zwei dieser drei Kurshalbjahre sowie ein Themenfeld im Kurshalbjahr Q4 verbindlich festgelegt, insgesamt gelten also neun verbindliche Themenfelder für die schriftlichen Abiturprüfungen. Ergänzend können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen innerhalb dieser Themenfelder ausgewiesen werden. 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. Für die Bearbeitung der verbindlichen Themenfelder sind etwa zwei Drittel der gemäß OAVO zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit – in Q1-3 in der Regel zwölf Unterrichtswochen und in der Q4 in der Regel vier Unterrichtswochen – vorgesehen. In der verbleibenden Unterrichtszeit ist es möglich, Aspekte der verbindlichen Themenfelder zu vertiefen oder zu erweitern oder eines der nicht verbindlichen Themenfelder zu bearbeiten.

### **Bedeutung der fachrichtungs- beziehungsweise schwerpunktbezogenen Leistungskurse**

Die fachrichtungs- beziehungsweise schwerpunktbezogenen Leistungskurse führen einerseits in grundlegende Fragestellungen, Sachverhalte, Problemkomplexe und Strukturen ein. Sie machen dabei wesentliche Arbeits- und Fachmethoden sowie Darstellungsformen bewusst und erfahrbare. Andererseits richten sie sich auf Inhalte, Modelle, Theorien und Arbeitsweisen, so dass die Komplexität und die Differenziertheit der Fachrichtung beziehungsweise des Schwerpunkts deutlich 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.

### **Bedeutung der fachrichtungs- beziehungsweise schwerpunktbezogenen Grundkurse**

Bei den fachrichtungs- beziehungsweise schwerpunktbezogenen Grundkursen können zwei grundlegende Typen unterschieden werden:

Die einen – wie im vorliegenden Schwerpunkt das Fach Laborpraxis Chemietechnik – verstärken und vertiefen das berufsbezogene Kompetenzprofil des Leistungskurses, indem neben der Wissenschaftspropädeutik Anwendungsbezug und Praxisorientierung betont werden.

Die anderen erweitern das berufsbezogene Kompetenzprofil indem sie eigenständige, für die berufliche Fachrichtung beziehungsweise den beruflichen Schwerpunkt bedeutsame Fächer abbilden.

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

**Übersicht über die Themen der Kurshalbjahre und Themenfelder**
**Einführungsphase (E1/E2)**

<b>Chemietechnik</b>		<b>Laborpraxis Chemietechnik</b>		<b>Stöchiometrie und Datenverarbeitung</b>	
<b>E</b>	<b>Grundlagen chemischer Reaktionen und der organischen Chemie</b>		<b>Grundlagen der Laborarbeit</b>		<b>Stöchiometrie und Datenverarbeitung</b>
	E.1 Atombau und Redoxreaktionen	E.1	Grundtechniken im Labor	E.1	Reaktionsgleichungen und ihre stöchiometrische Auswertung
	E.2 Protolysereaktionen und Massenwirkungsgesetz	E.2	Charakterisieren von Stoffen	E.2	Gehaltsgrößen
	E.3 Einführung in die organische Chemie	E.3	Arbeiten mit Lösungen	E.3	Berechnungen zum Massenwirkungsgesetz
	E.4 Energetik bei Reaktionen und Lösungswärmen	E.4	Trennmethoden	E.4	Statistische Auswertung von Messdaten
	E.5 Technische Anwendungen	E.5	Qualitative Analyse	E.5	Auswertung und Datenverarbeitung
		E.6	Quantitative Analyse		
		E.7	Volumetrische Gehaltsbestimmungen		
		E.8	Versuche zu Stöchiometrie, Kinetik und Gleichgewicht		
		E.9	Angewandte Untersuchungsverfahren		
	<b>verbindlich:</b> Themenfelder E.1–E.3		<b>verbindlich:</b> Themenfelder E.1–E.6		<b>verbindlich:</b> Themenfelder E.1–E.4

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

**Qualifikationsphase (Q1/Q2)**

Chemietechnik (LK)		Laborpraxis Chemietechnik (GK)	
<b>Q1</b>	<b>Wichtige Kohlenstoffverbindungen in Labor und Technik</b>	<b>Synthesen organischer Verbindungen</b>	
	<b>Q1.1 Aliphatische Kohlenstoffverbindungen</b>	<b>Q1.1 Allgemeine Arbeitsgrundlagen</b>	
	<b>Q1.2 Aromatische Kohlenstoffverbindungen</b>	<b>Q1.2 Organische Synthesen</b>	
	Q1.3 Mehrstufige Synthesen	<b>Q1.3 Versuche zu Alkansäuren</b>	
	Q1.4 Stereochemie	Q1.4 Identifizierung von Stoffklassen und funktionellen Gruppen	
	Q1.5 Großtechnische Verfahren zur Herstellung organischer Grundchemikalien	Q1.5 Recycling und Entsorgung von Chemikalien	
		Q1.6 Qualitätsmanagement im Labor (GLP)	
	<b>verbindlich:</b> Themenfelder Q1.1 und Q1.2 sowie gegebenenfalls ein weiteres Themenfeld aus den Themenfeldern Q1.3–Q1.5, durch Erlass festgelegt	<b>verbindlich:</b> Themenfelder Q1.1–Q1.3, sowie ein weiteres, ausgewählt durch die Lehrkraft	

Chemietechnik (LK)		Laborpraxis Chemietechnik (GK)	
<b>Q2</b>	<b>Instrumentelle Analysetechniken</b>	<b>Instrumentell-analytische Untersuchungen</b>	
	<b>Q2.1 UV-VIS-Spektroskopie</b>	<b>Q2.1 UV-VIS-Spektroskopie</b>	
	<b>Q2.2 Gaschromatographie (GC)</b>	<b>Q2.2 Gaschromatographie</b>	
	Q2.3 Infrarot-Spektroskopie (IR)	Q2.3 Infrarot-Spektroskopie	
	Q2.4 Hochleistungsflüssigchromatographie (HPLC)	Q2.4 Dünnschichtchromatographie (DC)	
	Q2.5 Kernresonanzspektroskopie (NMR)	Q2.5 Hochleistungsflüssigchromatographie (HPLC)	
	<b>verbindlich:</b> Themenfelder Q2.1 und Q2.2 sowie gegebenenfalls ein weiteres Themenfeld aus den Themenfeldern Q2.3–Q2.5, durch Erlass festgelegt	<b>verbindlich:</b> Themenfelder Q2.1 und Q2.2, sowie ein weiteres, ausgewählt durch die Lehrkraft	



Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

### Qualifikationsphase (Q3/Q4)

Chemietechnik (LK)		Laborpraxis Chemietechnik (GK)	Chemietechnik (eGK)
<b>Q3</b>	<b>Redoxreaktionen, Elektrochemie und Energetik</b>	<b>Thermodynamische und elektrochemische Untersuchungen</b>	<b>Umweltchemie</b>
	<b>Q3.1 Redoxreaktionen und Elektrochemie</b>	<b>Q3.1 Vertiefende maßanalytische Verfahren</b>	Q3.1 Chemie der Atmosphäre
	<b>Q3.2 Energetik bei chemischen Reaktionen</b>	<b>Q3.2 Elektrochemische Messverfahren</b>	Q3.2 Klimawandel
	Q3.3 Großtechnische Elektrolysen	<b>Q3.3 Kalorimetrische Messungen</b>	Q3.3 Gewässeruntersuchung
	Q3.4 Großtechnische Verfahren zur Herstellung von Grundchemikalien	Q3.4 Galvanische Zellen	Q3.4 Bodenuntersuchung
		Q3.5 Elektrolysen	Q3.5 Umweltgifte
			Q3.6 Green Chemistry
	<b>verbindlich:</b> Themenfelder Q3.1 und Q3.2 sowie gegebenenfalls ein weiteres Themenfeld aus den Themenfeldern Q3.3–Q3.4, durch Erlass festgelegt	<b>verbindlich:</b> Themenfelder Q3.1–Q3.3, sowie ein weiteres, ausgewählt durch die Lehrkraft	<b>verbindlich:</b> zwei Themenfelder aus Q3.1–Q3.6, ausgewählt durch die Lehrkraft

Chemietechnik (LK)		Laborpraxis Chemietechnik (GK)
<b>Q4</b>	<b>Ausgewählte Stoffgruppen und Systeme</b>	<b>Projekte zu ausgewählten Stoffgruppen und Systemen</b>
	Q4.1 Polymerchemie	Q4.1 Polymerchemie
	Q4.2 Angewandte Analysemethoden	Q4.2 Angewandte Analysemethoden
	Q4.3 Komplexchemie	Q4.3 Tenside
	Q4.4 Batterien, Akkumulatoren und Brennstoffzellen	Q4.4 Biologische Systeme
	Q4.5 Synthesepaltung	Q4.5 Chemie und Gesundheit

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

		Q4.6 Mehrstufensynthese
	<b>verbindlich:</b> ein Themenfeld aus Q4.1–Q4.5 durch Erlass festgelegt; innerhalb dieses Themenfeldes können Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden. Ein weiteres Themenfeld wird durch die Lehrkraft ausgewählt.	<b>verbindlich:</b> zwei Themenfelder aus Q4.1–Q4.6, ausgewählt durch die Lehrkraft

## Chemietechnik

---

### E: Grundlagen chemischer Reaktionen und organische Chemie

---

Die Themenfelder der Einführungsphase beinhalten grundlegende chemische Konzepte und bieten die Möglichkeit das in der Sekundarstufe I erworbene Wissen dazu aufzugreifen, zu festigen und zu vertiefen. Die unterschiedlichen Lernvoraussetzungen, die typischerweise in den Lerngruppen der Einführungsphase des beruflichen Gymnasiums zu beobachten sind, werden dadurch kompensiert.

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 können. Dabei wenden sie insbesondere das Donator-Akzeptor-Prinzip als wichtige Strukturierungshilfe an und erkennen die Analogie zwischen beiden Reaktionstypen. Säuren und Laugen zählen zu den bedeutendsten Industriechemikalien. Die Nomenklatur von Basen, Säuren und ihren Salzen muss beherrscht werden. In diesem Zusammenhang stehen Pufferlösungen, die in biologischen Systemen sowie in technischen Prozessen von großer Bedeutung sind. Um ihre Funktionsweise und Eigenschaften verstehen zu können, werden auch die Theorien um schwache Säuren und Basen behandelt und zum Beispiel Titrationskurven aufgenommen und gedeutet.

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. Grundlegende strukturelle Elemente werden durch die Stoffgruppen der Alkane, Alkene, Halogenalkane und Alkanole eingeführt. Dabei werden die Reaktionsmechanismen radikalische Substitution ( $S_R$ ) und elektrophile Addition ( $A_E$ ) erarbeitet.

Die fakultativen Themenfelder bieten die Möglichkeit Reaktionsbedingungen festzustellen und darauf aufbauend eine geeignete Reaktionsführung zu verstehen oder zu entwickeln. Ebenso spielt der Aggregatzustand der Edukte und Produkte eine große Rolle für die gewählten Reaktionsbedingungen, was anhand großtechnischer Prozesse von bekannten Gasreaktionen untersucht wird.

### Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Stoff-Teilchen-Modell (L1), Struktur-Eigenschafts-Beziehungen (L2), Donator-Akzeptor-Prinzip (L3) sowie Gleichgewichtszustände (L5).

---

### verbindlich:

Themenfelder E.1–E.3

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****E.1 Atombau und Redoxreaktionen**

- Aufbau von Atomen und Molekülen
  - BOHRSCHE Atommodell, Periodensystem, Oktettregel
- Bindungsarten
- Elektronenpaarbindung, Ionenbindung, Metallbindung
- Wasserstoffbrückenbindungen, VAN-DER-WAALS-Kräfte
- Reaktionsgleichungen
  - formulieren und bilanzieren von Reaktionsgleichungen
  - Gasreaktionen und ideales Gasgesetz
- Redoxreaktionen
  - erweiterter Redoxbegriff, Oxidation, Reduktion, Oxidations- und Reduktionsmittel, Oxidationszahlen
  - Redoxreaktionen im sauren und basischen Milieu, Redoxreihe der Metalle

**E.2 Protolysereaktionen und Massenwirkungsgesetz**

- Säure-Base-Theorie nach BRÖNSTED
  - Säure-Base-Reaktionen, Nomenklatur wichtiger Säuren, Basen und Salze
- Massenwirkungsgesetz
  - Autoprotolyse von Wasser
  - Ionenprodukt, pH-Wert
- Protolysegleichgewichte
  - starke und schwache Säuren und Basen ( $K_S$ -,  $K_B$ -,  $pK_S$ -,  $pK_B$ -Werte)
  - pH-Berechnungen
- Titrationsen
  - Titrationskurven von starken und schwachen Säuren und Basen, Indikatorauswahl
- Puffersysteme
  - Henderson-Hasselbalch-Gleichung

**E.3 Einführung in die organische Chemie**

- qualitative und quantitative Elementaranalyse
- Alkane und Alkene
  - homologe Reihe, Nomenklatur, Isomerie, räumliche Struktur
  - Reaktionen mit Halogenen, Reaktionsmechanismen ( $S_R$  und  $A_E$ )
  - physikalische Eigenschaften, zum Beispiel Schmelzpunkt, Siedepunkt, Löslichkeit, Viskosität im Zusammenhang mit zwischenmolekularen Kräften
- Halogenalkane und Alkanole
  - homologe Reihe, Nomenklatur, Isomerie, Struktur und Eigenschaften

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

Fach: Chemietechnik

**E.4 Energetik bei Reaktionen und Lösungswärmen**

- exotherme und endotherme Reaktionen
  - Energie-/Enthalpiediagramme, Aktivierungsenergie, Katalysatoren, Reaktionsenthalpie (nur qualitative Betrachtung)
- Lösungswärme
  - Löslichkeit und Temperaturabhängigkeit

**E.5 Technische Anwendungen**

- LINDE-Verfahren
  - Kompression und Entspannung von Gasen
- Rohstoffgewinnung
  - Erdöl, Erdgas
  - Cracken (zum Beispiel Steamcracker), fraktionierte Destillation, Fracking

---

**Q1: Wichtige Kohlenstoffverbindungen in Labor und Technik (LK)**

---

Kohlenstoffverbindungen begegnen uns heute in den vielfältigsten Anwendungen in nahezu allen Bereichen des täglichen Lebens und haben eine große Bedeutung in Labor und Technik. Aufbauend auf den Kenntnissen der Einführungsphase werden technisch bedeutsame organische Stoffklassen erarbeitet. Ziel ist, dass strukturierende Prinzip der funktionellen Gruppe für die organische Chemie herauszustellen.

Aus dieser Einordnung sind für jede Verbindungsklasse charakteristische physikalische Eigenschaften und chemisches Reaktionsverhalten abzuleiten und zu erklären. Dabei werden Struktur-Eigenschafts-Beziehungen vertieft und das Donator-Akzeptor-Prinzip um Kenntnisse zu Reaktionen zwischen nucleophilen und elektrophilen Teilchen erweitert.

Den Lernenden werden Grenzen bisheriger Bindungsmodelle bewusst, indem sie sich zum Beispiel mit der Acidität von Carbonsäuren oder der Mesomerie aromatischer Verbindungen befassen. In diesem Zusammenhang erweitern die Lernenden ihre Modellvorstellungen und erkennen die Auswirkungen von induktiven und mesomeren Effekten auf physikalische Eigenschaften und Reaktionsverhalten. Zudem wird den typischen Reaktionen und Reaktionsmechanismen der angeführten Stoffklassen ein besonderes Gewicht beigemessen. Anhand von Reaktionsmechanismen entwickeln die Lernenden eine vertiefte Vorstellung vom chemischen Gleichgewicht sowie der Konkurrenz von Reaktionen in Abhängigkeit von Reaktionsbedingungen und Stoffführung.

Diese Mechanismen sind nicht isoliert zu betrachten, sondern werden mit Blick auf die Planung / Durchführung von Ein- und Mehrstufensynthesen zur Herstellung wichtiger organischer Zwischen- und Endprodukte angewandt. Zur Planung und Durchführung von Synthesen gehören neben der Berechnung von Ansatzgrößen und der Überprüfung der erzielten Ausbeute auch Möglichkeiten der Charakterisierung von Ausgangs-, Zwischen- und Endprodukten.

Die fakultativen Themenfelder bieten für die Lernenden Möglichkeiten, ausgewählte Anwendungsbezüge zu vertiefen und damit verbundene Sachverhalte zu beurteilen und zu bewerten. Die verfahrenstechnischen Gegebenheiten können dabei in Form von Grund- und Verfahrensfleißbildern nach DIN EN ISO 10628 interpretiert werden.

Eine Orientierung an funktionellen Gruppen und Strukturmerkmalen ermöglicht es den Lernenden insgesamt, 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 und in der Industrie eine große Bedeutung haben.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Stoff-Teilchen-Modell (L1), Struktur-Eigenschafts-Beziehungen (L2), Donator-Akzeptor-Prinzip (L3) sowie Gleichgewichtszustände (L5).

---

**verbindlich:**

Themenfelder Q1.1 und Q1.2 sowie gegebenenfalls ein weiteres Themenfeld aus den Themenfeldern Q1.3–Q1.5, durch Erlass festgelegt; innerhalb dieser Themenfelder können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden.

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****Q1.1 Aliphatische Kohlenstoffverbindungen**

- technische Bedeutung und physikalische Eigenschaften
  - Nomenklatur, funktionelle Gruppen, homologe Reihen, Isomerie von Alkanolen, Alkanalen, Alkanonen, Alkansäuren und Alkansäureestern
  - Struktur-Eigenschafts-Beziehungen aliphatischer Verbindungen
- Herstellung von Alkanolen
  - aus Alkenen durch elektrophile Addition ( $A_E$ )
  - Reaktionsmechanismus  $A_E$ , MARKOVNIKOV-Regel
  - aus Alkylhalogeniden durch nucleophile Substitution ( $S_N$ ), Reaktionsmechanismen  $S_N1$  und  $S_N2$
  - Stabilität von Carbeniumionen
- Reaktionsverhalten der genannten Stoffklassen
  - Dehydratisierung von Alkanolen, Eliminierung, Reaktionsmechanismus der Eliminierung
  - nucleophile Substitution als Konkurrenzreaktion zur Eliminierung
  - Oxidation von Alkanolen
  - Acidität von Alkansäuren in wässrigen Lösungen, induktive und mesomere Effekte, pH-Wert-Berechnung, Säure-Base-Titration (mit Indikator)
  - Puffersystem (zum Beispiel Essigsäure-Acetat-Puffer), Henderson-Hasselbalch-Gleichung
  - Reaktionsmechanismus der Veresterung, Veresterung als Gleichgewichtsreaktion, Gleichgewichtsverschiebung und -berechnungen

**Q1.2 Aromatische Kohlenstoffverbindungen**

- Aromatizität und physikalische Eigenschaften
  - Mesomerie, delokalisiertes  $\pi$ -Elektronensystem
  - Nomenklatur, funktionelle Gruppen, Isomerie
  - Struktur-Eigenschafts-Beziehungen aromatischer Verbindungen

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

Fach: Chemietechnik

- elektrophile Substitution am Aromaten ( $S_E$ )
  - Reaktionsmechanismen der Halogenierung, Sulfonierung, Nitrierung und Alkylierung
  - Zweitsubstitution am aromatischen Ring, aktivierende und deaktivierende Substituenten (I. und II. Ordnung), Orientierung des Zweitsubstituenten
  - induktive und mesomere Effekte
- radikalische Substitution
  - Seitenkettenhalogenierung am Aromaten, Reaktionsmechanismus ( $S_R$ )

### Q1.3 Mehrstufige Synthesen

- Mehrstufensynthesen (max. 4-stufig) mit aliphatischen Verbindungen, zum Beispiel vom Alkanol zum Alkansäureester, vom Alkan zur Halogenalkansäure
- Mehrstufensynthesen (max. 4-stufig) mit aromatischen Verbindungen zum Beispiel Alkylierung und Oxidation der Alkylgruppen, Nitrierung und Reduktion zu Aminen, Bildung eines zweifachsubstituierten Aromaten aus Benzol
- systematische Zusammenhänge zwischen den organischen Stoffklassen und ihren Reaktionen, zum Beispiel vom Alkan zur Alkansäure

### Q1.4 Stereochemie

- WALDEN-Umkehr bei  $S_N2$ -Reaktion
- Enantiomere und Diastereomere (CAHN-INGOLD-PRELOG-Nomenklatur, optische Aktivität, Polarimetrie, Chemische und physikalische Eigenschaften von Stereoisomeren)
  - Gefahr bei Medikation, zum Beispiel Contergan

### Q1.5 Großtechnische Verfahren zur Herstellung organischer Grundchemikalien

- großtechnische Verfahren zum Beispiel Halogenierung von Methan, Methanol-Synthese
  - Ethanol-Synthese
  - Phenol-Synthese (Cumol-Verfahren, ohne Umlagerung)
  - Essigsäure-Synthese
- Interpretieren von Verfahrensfliessbildern der genannten Synthesen



---

**Q2: Instrumentelle Analysetechniken (LK)**

---

In diesem Kurs werden verbindlich zwei wesentliche Methoden der instrumentellen Analytik thematisiert, die sowohl im chemischen Labor als auch in der Produktion zur Prozesskontrolle routinemäßig Anwendung finden. Aus der Vielzahl der instrumentell-analytischen Analyseverfahren repräsentieren sie maßgeblich den aktuellen Stand der chemisch-technischen Arbeitswelt.

Um zu überprüfen, ob Synthesen den hergestellten Stoff in der erforderlichen Reinheit liefern, muss das Produkt analytisch charakterisiert und eine Qualitätskontrolle durchgeführt werden. Hierbei dienen UV-VIS-Spektroskopie (Fotometrie) und Gaschromatographie der quantitativen und der qualitativen Analyse eines Stoffsystems. Dabei werden die dem jeweiligen Verfahren zugrundeliegenden physikalischen Prinzipien erklärt, aber auch die Tendenz der Anwenderinnen und Anwender, immer kleinere Mengen, immer genauer und möglichst schnell zu analysieren, werden diskutiert.

Für den verantwortlichen Umgang mit den erhaltenen Analysewerten muss das Bewusstsein für die Aussagekraft und die Zuverlässigkeit geweckt werden. Gute Laborpraxis (GLP) und die statistische Auswertung der Messergebnisse sind dazu wichtige Hilfsmittel.

Die fakultativen Themenfelder bieten die Möglichkeit weitere ergänzende analytische Methoden vertiefend kennenzulernen.

Die Infrarotspektroskopie (IR-Spektroskopie) und Kernresonanzspektroskopie (NMR-Spektroskopie) dienen dabei in erster Linie der Strukturaufklärung und Identifizierung von Stoffen. Die Hochleistungsflüssigchromatographie (HPLC) stellt eine weitere analytische Trennmethode dar. Diese Methoden spielen sowohl in der Forschung und Entwicklung neuer Verbindungen als auch in der betrieblichen Laborpraxis eine große Rolle.

In der Auseinandersetzung mit chromatographischen und spektroskopischen Analyseverfahren vollziehen die Lernenden Grundprinzipien der qualitativen und quantitativen Stoffuntersuchung nach. Sie interpretieren und beurteilen Analyseergebnisse und wenden Kenntnisse der Struktur-Eigenschaftsbeziehungen auf unterschiedliche Analyseverfahren an. An exemplarischen Beispielen beurteilen und reflektieren die Lernenden die Relevanz und Bedeutung von instrumentellen Analysetechniken und ihre Bedeutung für Fragen und Probleme, die gesellschaftliche Aspekte betreffen.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Struktur-Eigenschafts-Beziehungen (L2), Energetische Betrachtungen (L4) sowie Gleichgewichtszustände (L5).

---

**verbindlich:**

Themenfelder Q2.1 und Q2.2 sowie gegebenenfalls ein weiteres Themenfeld aus den Themenfeldern Q2.3–Q2.5, durch Erlass festgelegt; innerhalb dieser Themenfelder können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden.

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****Q2.1 UV-VIS-Spektroskopie**

- Aufbau und Funktion eines UV-VIS-Spektrometers
  - Einstrahl- und Zweistrahl-Spektrometer
- qualitative und quantitative Analyse
  - Interpretation von Spektren
  - Lambert-Beersches-Gesetz
  - statistische Auswertung, Linearität, GRUBBS-Test
- Struktur-Eigenschafts-Beziehungen
  - Absorption und Farbigkeit (Komplementärfarben), bathochrome und hypsochrome Effekte
  - physikalisches Grundprinzip der Messung, Theorie der Elektronenübergänge

**Q2.2 Gaschromatographie (GC)**

- Aufbau und Funktion eines Gaschromatographen
  - polare und unpolare Säulen, gepackte Säulen, Kapillarsäulen, Trägergase, FID- und WLD-Detektoren, Split- und Splitless Injektor
- qualitative Analyse
  - chromatographische Trennprinzipien der Verteilung und Adsorption
  - Interpretation und Auswertung von Chromatogrammen, Retentionszeiten, Selektivität und Trennleistung, Trennstufenzahl, Trennfaktor
- quantitative Analyse
  - 100%-Methode, externer Standard
- Optimierung eines Chromatogramms
  - Temperaturprogramme, Säuleneigenschaften, Peakformen

**Q2.3 Infrarot-Spektroskopie (IR)**

- grundlegender Aufbau und Funktion eines IR-Spektrometers
- qualitative Analyse
  - Interpretation von Spektren, Gruppenfrequenz- und Fingerprintbereich
  - Strukturaufklärung
- Strukturmerkmale in Spektren
  - Absorptionsbereiche funktioneller Gruppen
  - Schwingungsarten

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

Fach: Chemietechnik

**Q2.4 Hochleistungsflüssigchromatographie (HPLC)**

- Aufbau und Funktion eines HPLC-Gerätes
  - Normal- und Reverse-Phase-Säulen, Injektionssysteme, Detektoren (zum Beispiel UV-Detektor)
- qualitative Analyse
  - Chromatographische Trennprinzipien der Verteilung und Adsorption
  - Interpretation und Auswertung von Chromatogrammen
- quantitative Analyse
  - 100 %-Methode, externer Standard
- Optimierung eines Chromatogramms
  - Änderung der Fließmittelzusammensetzung, Säuleneigenschaften, Peakformen

**Q2.5 Kernresonanzspektroskopie (NMR)**

- Kernspinresonanz-Spektrometer und NMR-Spektren
  - schematisches Aufbauprinzip (Radiofrequenzsender, homogenes Magnetfeld, Radiofrequenzempfänger)
  - Probenvorbereitung in deuterierten Lösemitteln
  - chemische Verschiebung verschiedener Protonenarten (Anzahl und Lage der Signale)
  - Intensität und Aufspaltung der Protonensignale
- Strukturaufklärung durch Interpretation einfacher NMR-Spektren

---

**Q3: Redoxreaktionen, Elektrochemie und Energetik (LK)**

---

Der Kurs greift thematisch die in der E-Phase gewonnenen Erkenntnisse über Gleichgewichtsreaktionen und Redoxreaktionen wieder auf und vertieft diese am Beispiel elektrochemischer Verfahren, Elektrolysen sowie an Reaktionen von großtechnischer Bedeutung.

Die potentiometrische und oxidimetrische Maßanalyse sind Verfahren, die in der Laborarbeit die praktische Bedeutung und Anwendung der Elektronenübertragungsreaktionen verdeutlichen. Für die Lernenden stellt es eine bedeutende Erkenntnis dar, dass chemische Energie durch Redoxreaktionen in elektrische Energie umgewandelt werden kann. Der Vergleich galvanischer Elemente mit elektrolytischen Prozessen bietet die Möglichkeit, die energetischen Beziehungen näher zu betrachten.

Die Anwendung des Massenwirkungsgesetzes auf Redoxgleichgewichte und die Einbeziehung von thermodynamischen Aspekten verdeutlicht den Lernenden die Einflussmöglichkeiten der Reaktionsführung bei technischen Prozessen und wird ergänzt durch die exemplarische Behandlung von Fragestellungen zur Freiwilligkeit chemischer Reaktionen und den Möglichkeiten der Energieumwandlung.

Am Beispiel großtechnischer Elektrolyseverfahren werden die Unterschiede zwischen freiwilligen und erzwungenen Reaktionen sowie der Zusammenhang zwischen chemischer und elektrischer Energie im großen industriellen Maßstab dargestellt. Während der Thematisierung großtechnischer Herstellungsverfahren von Grundchemikalien können einerseits die Auswirkungen der Druckerhöhung auf das Reaktionsergebnis, andererseits der Zusammenhang zwischen der Gleichgewichtslage und den energetischen Bedingungen dargestellt werden. Dabei wird besonderes Gewicht auf die freie Enthalpie der Reaktionen als Ursache für deren Ablauf gelegt. Dies führt zu einem tieferen Verständnis für die in der Technik angewandten Reaktionsbedingungen.

Das Aufgreifen relevanter Umweltaspekte und die Auseinandersetzung mit Fragen zu Problemen der Grundstoff- und Energieversorgung sind für die Lernenden geeignet, die eigene und gesellschaftliche Verantwortung für eine nachhaltige Entwicklung zu erkennen und kritisch zu diskutieren.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Stoff-Teilchen-Modell (L1), Energetische Betrachtungen (L4), Gleichgewichtszustände (L5) sowie Umwelt und Gesellschaft (L6).

---

**verbindlich:**

Themenfelder Q3.1 und Q3.2 sowie gegebenenfalls ein weiteres Themenfeld aus den Themenfeldern Q3.3–Q3.5, durch Erlass festgelegt; innerhalb dieser Themenfelder können durch Erlass Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden.

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****Q3.1 Redoxreaktionen und Elektrochemie**

- Redoxtitrationen
  - Manganometrie und Iodometrie
- galvanische Elemente
  - Standardwasserstoffelektrode, elektrochemische Spannungsreihe, Elektrodenpotentiale, NERNSTSCHE Gleichung anwenden
- Prinzip der Potentiometrie
  - Auswertung von Titrationskurven, Lage und Berechnung der charakteristischen Punkte einer Titrationskurve,
- Elektrolyse
  - Zersetzungsspannung, FARADAY-Gesetze, Überspannung, elektrische Arbeit, elektrische Leistung, Stromausbeute, Wirkungsgrad

**Q3.2 Energetik bei chemischen Reaktionen**

- Berechnung thermodynamischer Größen unter Standardbedingungen
  - Reaktionsenthalpie ( $\Delta H$ ), freie Reaktionsenthalpie ( $\Delta G$ ), Entropie ( $\Delta S$ )
  - Gibbs-Helmholtz-Gleichung
  - Zusammenhang  $\Delta G$  und  $K$ , Zusammenhang  $\Delta G$  und  $U$ ,
- Anwendung energetischer Größen
  - zum Beispiel Ammoniaksynthese (Haber-Bosch-Verfahren)
  - Prinzip von LE CHATELIER, Massenwirkungsgesetz, Berechnung von  $K_c$  und  $K_p$
  - Erstellen von Grundfließbildern und Interpretation eines Verfahrensfließbildes

**Q3.3 Großtechnische Elektrolysen**

- Chlor-Alkali-Elektrolyse
  - Diaphragma-Verfahren
  - Membran Verfahren
- Kupferraffination
- Schmelzflusselektrolyse, zum Beispiel Aluminiumherstellung

**Q3.4 Großtechnische Verfahren zur Herstellung von Grundchemikalien**

- Schwefelsäureherstellung
  - Interpretation von Verfahrensfließbildern
  - Prinzip von LE CHATELIER, Massenwirkungsgesetz, Berechnung von  $K_c$  und  $K_p$
- Methanolsynthese
  - Interpretation von Verfahrensfließbildern
  - Prinzip von LE CHATELIER, Massenwirkungsgesetz, Berechnung von  $K_c$  und  $K_p$

---

**Q4: Ausgewählte Stoffgruppen und Systeme (LK)**

---

Die thematischen Aspekte der Themenfelder Q4.1–Q4.5 bieten vielfältige Möglichkeiten einer projekt- und handlungsorientierten Arbeitsweise. Das eigenständige Planen, Durchführen und Auswerten von Unterrichtsinhalten ist vorzusehen.

Hier werden exemplarische Stoffgruppen oder -systeme charakterisiert und ihre Eigenschaften aufgrund ihrer chemischen Struktur abgeleitet. Die Gesamtheit der chemischen Stoffe sowie ihre Einflüsse auf die Umwelt sollen hier ganzheitlich thematisiert werden. Die Bedeutung von bestimmten Stoffgruppen für Alltag und Technik soll genauer untersucht und erkannt werden. So stellen etwa Batterien und Akkumulatoren alltägliche, ortsunabhängige Energiequellen dar, die von den Lernenden tagtäglich gehandhabt werden, ohne deren Prozesse näher zu hinterfragen.

Die Einbettung in geeignete Kontexte eröffnet den Lernenden Möglichkeiten einer Beurteilung und Bewertung sowohl sachbezogener, inhaltlicher Fragen und Probleme als auch der Reflexion eigener Kenntnisse.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Stoff-Teilchen-Modell (L1), Struktur-Eigenschafts-Beziehungen (L2), Donator-Akzeptor-Prinzip (L3), Energetische Betrachtungen (L4), Gleichgewichtszustände (L5) sowie Umwelt und Gesellschaft (L6).

---

**verbindlich:**

ein Themenfeld aus Q4.1–Q4.5 durch Erlass festgelegt; innerhalb dieses Themenfelds können Schwerpunkte sowie Konkretisierungen ausgewiesen werden. Ein weiteres Themenfeld wird durch die Lehrkraft ausgewählt.

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****Q4.1 Polymerchemie**

- Struktur und Eigenschaften von Kunststoffen
- Synthesewege (Polyaddition, Polykondensation, Polymerisation)
- Hilfsstoffe für synthetische Polymere
- Recycling, stoffliche und energetische Verwertung
- biologisch abbaubare Kunststoffe, zum Beispiel Polymilchsäure

**Q4.2 Angewandte Analysemethoden**

- Analytik von Stoffsystemen mittels Titration (zum Beispiel Aromastoffe am Beispiel Vanillin mittels Säure-Base-Titration)
- Analytik von Stoffsystemen mittels UV-VIS-Spektroskopie (zum Beispiel Lebensmittelfarbstoffe oder Konservierungsstoffe am Beispiel Benzoesäure)
- Analytik von Stoffsystemen mittels Gaschromatographie (zum Beispiel umweltrelevante Stoffe wie Kohlenwasserstoffe, Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Polychlorierte Biphenyle (PCB))

**Q4.3 Komplexchemie**

- Aufbau und Nomenklatur von Komplexen
  - Zentralatom, Liganden, Zähligkeit, Chelatkomplexe
- Komplexometrische Titrations (EDTA)
- Komplexe als Katalysatoren chemischer Prozesse
  - Farbigkeit

**Q4.4 Batterien, Akkumulatoren und Brennstoffzellen**

- Aufbau, Funktion und Anwendungsbereiche von Batterien und Akkumulatoren, zum Beispiel Bleiakkumulator, Lithium-Ionen-Akkumulatoren
- Aufbau, Funktion und Anwendungsbereiche von Brennstoffzellen

**Q4.5 Syntheseplanung**

- Planung von Mehrstufensynthesen (Vertiefung und Wiederholung von Themenfeld Q1.3), zum Beispiel Reaktionen zur Knüpfung von Bindungen zwischen Kohlenstoffatomen, Retrosynthese
- Syntheseplanung unter Berücksichtigung von Aspekten der Wirtschaftlichkeit, Lagerung und Sicherheit im Herstellungsprozess

---

**Q3: Umweltchemie (eGK)**

---

Die Umweltchemie beschäftigt sich mit der Ausbreitung, Umwandlung und den Wirkungen chemischer Stoffe auf die Umwelt. Mit fortschreitender Veränderung des Klimas, knapper werdenden Rohstoffen, verschmutzten Gewässern, der Ausbringung von neuen Substanzen oder Kunststoffen in die Umwelt greift der Mensch immer stärker in die Umweltprozesse ein und verändert diese. Insbesondere der Klimawandel stellt weltweit eine riesige Herausforderung dar. Diese Prozesse und Stoffe sowie die damit verbundenen Gefahren sollen in den Themenfeldern Q3.1, Q3.2 und Q3.5 thematisiert werden. In diesem Zusammenhang sollen auch politische, ethische, gesellschaftliche, soziale, ökologische und ökonomische Einflussfaktoren berücksichtigt werden, um nachhaltiges, verantwortungsvolles und ressourcenorientiertes Handeln zu ermöglichen.

In den Themenfeldern Q3.3 und Q3.4 können praktisch die Stoffsysteme Wasser und Boden auch untersucht werden. Schadstoffe können nachgewiesen und bestimmt, die Qualität eines Gewässers beziehungsweise eines Bodens kann beurteilt werden.

Das Themenfeld Q3.6 beschäftigt sich mit der Umsetzung von Nachhaltigkeit in der Chemie. Dazu wurde das Konzept der Green Chemistry entwickelt. Dabei geht es darum, Gefahren und Risiken chemischer Produkte und Prozesse für Mensch und Umwelt einzudämmen und v. a. ökologisch nachhaltiger zu agieren. Green Chemistry befasst sich mit der Entwicklung Abfall vermeidender, Material und Energie sparender, umweltverträglicher und sicherer industrieller Prozesse und Produkte sowie einen nachhaltigen Umgang mit Chemikalien. Ziel ist, die Lernenden vor dem Hintergrund knapper werdender Ressourcen für nachhaltige Entwicklung zu sensibilisieren.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Stoff-Teilchen-Modell (L1), Gleichgewichtszustände (L5) sowie Umwelt und Gesellschaft (L6).

---

**verbindlich:**

zwei Themenfelder Q3.1–Q3.6, ausgewählt durch die Lehrkraft

---



**Inhalte und erläuternde Hinweise****Q3.1 Chemie der Atmosphäre**

- Struktur und Aufbau der Atmosphäre
- Ozon in der Stratosphäre
- Smog
- Untersuchung einer Luftprobe (zum Beispiel Abgasuntersuchung auf Stickoxide)

**Q3.2 Klimawandel**

- Anthropogene Klimaveränderung
- Kohlenstoffkreislauf
- Treibhauseffekt
- Treibhausgase

**Q3.3 Gewässeruntersuchung**

- Fließgewässer, Seen, Grund- und Oberflächenwasser
- Untersuchung der Gewässergüte eines Fließgewässers (zum Beispiel Bestimmung von Nitrit, Nitrat, Ammonium, Sauerstoffgehalt, Permanganatindex)

**Q3.4 Bodenuntersuchung**

- Aufbau des Bodens
- Untersuchung einer Bodenprobe (zum Beispiel pH-Wert, Kalkgehalt, Nitrat und Phosphat)

**Q3.5 Umweltgifte**

- Pestizide
- Quecksilber, Blei
- PCB, Dioxine und Flammschutzmittel

**Q3.6 Green Chemistry**

- Definition und Grundprinzipien
- Nachwachsende Rohstoffe und ihre Bedeutung für Green Chemistry
- Plattformchemikalien (zum Beispiel Ethanol, Milchsäure)

---

## Laborpraxis Chemietechnik

---

---

### E: Grundlagen der Laborarbeit

---

Dieser Kurs stellt den Grundbaustein der praktischen Arbeit im Labor dar. Die Lernenden erwerben sowohl theoretische Kenntnisse als auch praktische Fertigkeiten mit dem Ziel, sicher und zielgerichtet zu arbeiten. Alle Versuche werden in drei Etappen realisiert: (1) Vorbereitung der theoretischen Grundlagen, (2) Messung und Datengewinnung und (3) Erstellung und Abgabe eines Versuchsprotokolls.

Die Grundlage bildet das korrekte Verhalten im Labor unter Berücksichtigung der geltenden Sicherheitsbestimmungen. Zum Beispiel zählt dazu sowohl eine Sicherheitseinweisung als auch die Belehrung über den Umgang mit Chemikalien und Gefahrstoffen und das Einüben von Verhalten in Gefahrensituationen. Präventiv sind auch die Chemikalienentsorgung sowie die Reinhaltung von Geräten und Arbeitsplätzen zu sehen.

Für eine wissenschaftliche Auswertung der Versuche sind die Führung eines Laborjournals zur Dokumentation und die Erstellung von Protokollen maßgeblich. Zur Erlangung bestmöglicher Ergebnisse werden praktische Grundfertigkeiten erlernt und trainiert, wie das korrekte Dosieren und Mischen von Stoffen oder die Gerätekunde der wichtigsten Laborgeräte. Dies ermöglicht eine analytische Arbeitsweise und das Erlangen optimaler Versuchsergebnisse. In der qualitativen Analytik können die Lernenden in Stoffen des Alltags vorhandene Elemente oder Ionen durch chemische Reaktionen nachweisen. Neben dem Verständnis für stattfindende chemische Vorgänge kann dabei sorgfältiges Arbeiten und der Umgang mit kleinen Substanzmengen geübt werden.

In der quantitativen Analytik erzieht die Gravimetrie zum sauberen Arbeiten und bereitet die anschließende Maßanalyse vor, einer der wichtigsten quantitativen Verfahren. Auch hier ist eine präzise und konzentrierte Arbeitsweise von Bedeutung, um gut auswertbare Ergebnisse zu erhalten. Die fakultativen Themenfelder ermöglichen sowohl die Vertiefung der quantitativen Analyse als auch die Verknüpfung mit Schwerpunkten im Theorieunterricht. Mithilfe der erlernten Fertigkeiten bietet sich auch die Möglichkeit des projektorientierten Arbeitens.

### Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Stoff-Teilchen-Modell (L1), Struktur-Eigenschafts-Beziehungen (L2), Donator-Akzeptor-Prinzip (L3) sowie Gleichgewichtszustände (L5).

---

### verbindlich:

Themenfelder E.1–E.6

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****E.1 Grundtechniken im Labor**

- Sicherheitseinweisung
  - Verhalten im Labor und Umgang mit Chemikalien (Sicherheit am Arbeitsplatz), Schutzmaßnahmen und Sicherheitseinrichtungen, Gefahrenpiktogramme, H- und P-Sätze, Sicherheitsdatenblätter, Betriebsanweisungen
- Verhalten in Gefahrensituationen
  - Erste-Hilfe
- Reinhaltung der Labore
  - Entsorgung von Chemikalien, Reinigung von Geräten und Laborplätzen
- Laborjournal und Protokoll
  - Laborjournale zur Dokumentation von Versuchsergebnissen
  - Aufbau und Inhalt eines Protokolls
- Temperaturmessungen, Erhitzen und Kühlen
- Dosieren und Mischen
- Glasbearbeitung
- Gerätekunde
  - Gasbrenner
  - Waagen
  - Volumenmessgeräte
  - Aufbau von Versuchsaapparaturen (zum Beispiel Destillation, Titration)

**E.2 Charakterisieren von Stoffen**

- Bestimmen physikalischer Größen von Reinstoffen
  - Schmelz- und Siedepunkt
  - Dichte
  - Brechungsindex

**E.3 Arbeiten mit Lösungen**

- Herstellen von Lösungen
- Gehaltsbestimmung von Lösungen, zum Beispiel durch Dichtebestimmung
- Löslichkeit von Stoffen
- Lösen von Feststoffen und Gasen in Flüssigkeiten, Bestimmen der Löslichkeit

**E.4 Trennmethoden**

- Trennen von heterogenen und homogenen Stoffgemischen
- Anwendung verschiedener Trennverfahren
- Dekantieren, Filtrieren, Destillieren, Extrahieren
  - quantitative Trennung

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

Fach: Laborpraxis Chemietechnik

### **E.5 Qualitative Analyse**

- Vorproben
  - Flammenfärbung, Linienspektren
  - Nachweis von Ammonium, Acetat und Carbonat
- qualitative Nachweisreaktionen für verschiedene Anionen und Kationen

### **E.6 Quantitative Analyse**

- quantitative Analyse I (Gravimetrie)
  - einfache gravimetrische Untersuchungen
  - gravimetrische Analyse in Haushaltsstoffen (zum Beispiel Fett- oder Wassergehalt in Lebensmitteln)
  - Trocknungsmethoden
- quantitative Analyse II (Maßanalyse)
  - Grundlagen der maßanalytischen Messung
  - Säure-Base-Titrationen, Titerbestimmungen
  - statistische Auswertungen und Fehlerrechnungen
  - Messwerterfassung (zum Beispiel Titrationskurven mittels PC aufzeichnen)

### **E.7 Volumetrische Gehaltsbestimmungen**

- Fällungstitrationen
- Redox titrationen
- Komplexometrie

### **E.8 Versuche zu Stöchiometrie, Kinetik und Gleichgewicht**

- Stöchiometrie
  - Versuche zu den Gasgesetzen, zum Beispiel Bestimmung der Wasserstoffentwicklung bei der Reaktion von Magnesium mit Salzsäure
- Kinetik
  - Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von Konzentration, Temperatur und Zerteilungsgrad
  - Katalysator
- Gleichgewicht
  - Abhängigkeit der Gleichgewichtseinstellung von Konzentration, Temperatur und Druck, zum Beispiel Zersetzung und Bildung von Hirschhorn-Salz

### **E.9 Angewandte Untersuchungsmethoden**

- projektorientiertes Arbeiten unter Anwendung der in Themenfeld E1 – E5 genannten Versuche (zum Beispiel zur Untersuchung von Wasch- und Reinigungsmitteln, Lebensmitteln, Wasser- oder Bodenproben)

---

**Q1: Synthesen organischer Verbindungen (GK)**

---

Der Kurs „Synthesen organischer Verbindungen“ hat die Vermittlung grundlegender Kenntnisse der präparativen Arbeit in der organischen Chemie als Ziel und wird in enger Verzahnung mit dem Leistungskurs Chemietechnik durchgeführt.

Organische Synthesereaktionen sind typischerweise langsame Reaktionen, die durch Gleichgewichte mit begrenztem Stoffumsatz bestimmt sind. Ihre praktische Durchführung erfordert neben fundierten theoretischen Kenntnissen eine solide Ausbildung in den apparativen Techniken. Des Weiteren kommt der Trennung der entstandenen Stoffgemische, der Reinigung der Produkte und ihrer Charakterisierung sowie der Entsorgung eine besondere Bedeutung zu.

Die Lernenden erkennen, welche Geräte für welche Methoden einzusetzen sind und was sie beim Aufbau funktionsfähiger Apparaturen zum Beispiel zur Synthese, zur Destillation oder zur Umkristallisation beachten müssen. Beim Umgang mit Gefahrstoffen werden auch Aspekte der Arbeitssicherheit und des Umweltschutzes in die Ausbildung einbezogen.

Die praktische Durchführung von klassischen Synthesereaktionen, grundlegende Trenn- und Reinigungsmethoden sowie die Identifizierung der Produkte im organischen Labor ermöglicht es den Lernenden, grundlegende labortechnische Fertigkeiten und qualifizierte Kenntnisse über die Eigenschaften und den Umgang mit umweltschädlichen, häufig auch brennbaren Stoffen zu erwerben. Diese berufsweltorientierten Erfahrungen sind für ein späteres Studium, zu erwerben.

Bei Versuchen zu Alkansäuren liegt der Fokus auf den Eigenschaften und Reaktionen dieser schwachen organischen Säuren. Bei ihrer Titration kann zum Beispiel die Molmasse einer unbekannten Alkansäure, der Gehalt an Essigsäure in Haushaltssessig oder auch die Lage des Gleichgewichts einer Veresterungsreaktion bestimmt werden. Die fakultativen Themenfelder bieten für die Lernenden Möglichkeiten, ihre Kenntnisse und laborpraktischen Fertigkeiten mit weiteren Stoffklassen, zum Recycling, zur Entsorgung von Chemikalien und zum Qualitätsmanagement im Labor (GLP - Gute Labor Praxis) an ausgewählten Anwendungsbezügen zu vertiefen.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Stoff-Teilchen-Modell (L1), Struktur-Eigenschafts-Beziehungen (L2), Gleichgewichtszustände (L5) sowie Umwelt und Gesellschaft (L6).

---

**verbindlich:**

Themenfelder Q1.1–Q1.3 sowie ein weiteres aus den Themenfeldern Q1.4–Q1.6, ausgewählt durch die Lehrkraft

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****Q1.1 Allgemeine Arbeitsgrundlagen**

- Sicherheit im Labor
  - Umgang mit Gefahrstoffen, Gefahrenhinweise, Sicherheitsratschläge
  - Protokollführung
  - Regeln zur Abfallentsorgung
- typische Geräte und Aufbau von Standard-Apparaturen für
  - Synthesen
  - Destillation
  - Umkristallisation
  - Gasreinigung

**Q1.2 Organische Synthesen**

- Herstellung eines Präparates durch nucleophile Substitution, zum Beispiel Synthese von 2-Chlor-2-methyl-propan aus 2-Methyl-2-propanol
- Herstellung eines Esters, zum Beispiel Azeotrope Veresterung von Adipinsäure mit Ethanol
- Herstellung einer Carbonsäure durch Oxidation eines Alkohols, zum Beispiel Oxidation von Benzylalkohol zur Benzoesäure
- Reinigung und Reinheitskontrolle von Produkten
  - Destillation von Flüssigkeiten
  - Umkristallisation von Feststoffen
- Identifikation durch physikalische Eigenschaften
  - Refraktometrie
  - Schmelzpunktbestimmung

**Q1.3 Versuche zu Alkansäuren**

- Bestimmung der Gleichgewichtskonstanten einer Veresterung
- Säure-Base-Titrationen von Alkansäuren mit Indikator, zum Beispiel Molmassenbestimmung, Gehaltsbestimmung eines Haushaltssessigs

**Q1.4 Identifizierung von Stoffklassen und funktionellen Gruppen**

- LUKAS Test zur Unterscheidung von primären, sekundären und tertiären Alkanolen
- Nachweis auf ungesättigte Verbindungen (BAYER Probe, Entfärbung von Bromwasser)
- Nachweis von Aromaten (Aluminiumchlorid-Test)
- Nachweis auf verseifbare Verbindungen (Ester, Halogenverbindungen)
- Nachweis von Carbonylverbindungen

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

Fach: Laborpraxis Chemietechnik

**Q1.5 Recycling und Entsorgung von Chemikalien**

- Recycling von organischen Flüssigkeiten
- Neutralisation von Reaktionsgemischen
- Ausfällung von Schwermetallen und Entsorgung
- Ausfällung und Filtration organischer Feststoffe (zum Beispiel Alkansäuren)
- getrennte Abfallentsorgung und korrekte Kennzeichnung

**Q1.6 Qualitätsmanagement im Labor (GLP)**

- Dokumentation von Versuchen nach „Guter Labor Praxis“ GLP
- Erstellung von Betriebsanweisungen unter Berücksichtigung der Gefahrenstoffverordnung
- Bewertung von Nebenprodukten und Syntheserückständen (Lösemittelrückgewinnung oder Abfallentsorgung)
- sicheres Experimentieren im Labor

---

**Q2: Instrumentell-analytische Untersuchungen (GK)**

---

Die Erkenntnisgewinnung über stoffliche Systeme mittels komplexer Analysegeräte auf der Basis physikalisch-chemischer Methoden ist zentrales Anliegen des Faches Laborpraxis Chemietechnik. Es gibt heute kaum ein Gebiet der experimentellen Naturwissenschaft und Technik, das sich nicht der instrumentellen Analytik bedient. Diese Vielfältigkeit erlaubt es somit, ganzheitlich-komplexe und handlungskompetenzfördernde Lehr- und Lernprozesse zu gestalten. Die Probennahme und Probenvorbereitung in Verbindung mit instrumentell-analytischen Arbeitstechniken besitzen dabei besondere Bedeutung.

Aus der Vielzahl der instrumentell-analytischen Analyseverfahren werden verbindlich die UV / VIS-Spektroskopie und die Gaschromatografie ausgewählt. Die Inhalte der Themenfelder korrespondieren mit denen im Leistungskurs Chemietechnik, allerdings mit dem Schwerpunkt der laborpraktischen Anwendung und dem Erlernen von Arbeitstechniken, wie sie für diese instrumentellen Analysemethoden erforderlich sind.

Die Analyseverfahren erfüllen dabei unterschiedliche Funktionen: Die UV / VIS-Spektroskopie wird zum einen für quantitative Fragestellungen genutzt, zum anderen zur Charakterisierung von Stoffen. Die Gaschromatographie hat die Aufgabe Stoffgemische aufzutrennen, die Komponenten zu identifizieren und zu quantifizieren. Beide Methoden haben gemeinsam, dass in der Regel eine Probe vorbereitet und in das Gerät gegeben wird. Dort wird sie bestrahlt oder zerlegt, um in einem Detektor bestimmte Messwerte zu erfassen. Die Auswertung der Messwerte lassen auf die Art, Konzentration oder Menge der unbekannten Substanz schließen.

Die Lernenden eignen sich Kompetenzen im Umgang mit den Analysegeräten an. Sie lernen analysenspezifisch Proben vorzubereiten, Verdünnungsreihen mit Vergleichssubstanzen herzustellen und die Messergebnisse auszuwerten. Neben der Dokumentation aller Analyseschritte eignen sich die Lernenden Grundlagen der Validierung von Analysemethoden an. Die vollständige, nachvollziehbare und übersichtliche Dokumentation der Laborarbeit bereitet die Lernenden auf zukünftige betriebliche Laborpraxis vor und ist ein unverzichtbarer Teil der Qualitätssicherung im Analyselabor.

Die Infrarot-Spektroskopie, Dünnschichtchromatographie und Hochleistungsflüssigchromatographie stellen weitere wichtige Analysemethoden dar, bei denen die Lernenden grundlegende Kenntnisse und laborpraktische Fertigkeiten erwerben können. Die IR-Spektroskopie ist zusammen mit anderen Verfahren ein wichtiges Hilfsmittel zur Identifizierung und Strukturaufklärung organischer Substanzen.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Struktur-Eigenschafts-Beziehungen (L2), Energetische Betrachtungen (L4) sowie Umwelt und Gesellschaft (L6).

---

**verbindlich:**

Themenfelder Q2.1 und Q2.2, sowie ein weiteres aus den Themenfeldern Q2.3–Q2.5, ausgewählt durch die Lehrkraft

---



**Inhalte und erläuternde Hinweise****Q2.1 UV-VIS-Spektroskopie**

- UV-VIS-Spektrometer
  - Einstrahl- und Zweistrahlenspektrometer
- Versuche zur qualitativen Analyse
  - Aufnahme und Interpretation von Spektren, zum Beispiel Kaliumpermanganatlösungen und Indikatorlösungen bei unterschiedlichem pH-Wert
  - Zusammenhang von Absorption und Farbigkeit
  - Identifizierung durch Bestimmung des molaren Extinktionskoeffizienten, zum Beispiel von Benzoesäure
  - Auswertung und Literaturvergleich
- Versuche zur quantitativen Analyse, zum Beispiel Bestimmung von Kupfer oder Eisen in einer Wasserprobe
  - Herstellung von Stammlösung und Kalibrierlösungen
  - Extinktionsmessungen und Auswertung mit LAMBERT-BEERSCHES-Gesetz
  - Protokollierung und statistische Auswertung, Linearität, GRUBBS-Test

**Q2.2 Gaschromatographie**

- Gaschromatographen kennenlernen und bedienen
  - Lagerung von Gasflaschen und Anschluss von Druckminderungsventilen
  - Umgang mit polaren und unpolaren Säulen (gepackte und Kapillarsäulen), FID- oder WLD-Detektoren, Split- und Splitless Injektor, Injektionsspritzen
- qualitative und quantitative Versuche mit dem Gaschromatographen und ihre Auswertung, zum Beispiel Trennung von Alkangemischen an einer unpolaren Säule
  - Optimierung der Trennung (Temperaturprogramm)
  - Identifizierung der Stoffe
  - quantitative Auswertung
- quantitative Bestimmung, zum Beispiel von Ethanol in alkoholischen Getränken an einer polaren Säule
  - Herstellung von Standards (Stammlösung, Kalibrierlösungen)
  - Optimierung der Trennung (Temperaturprogramm)
  - Identifizierung von Analyt und internem Standard
  - quantitative Auswertung
  - Vergleich der Methoden, Fehlerbetrachtung

**Q2.3 Infrarot-Spektroskopie**

- IR-Spektrometer kennenlernen und bedienen
- Probenvorbereitung
  - Aufnahmetechniken für Feststoffe oder Flüssigkeiten, zum Beispiel Herstellung eines Presslings, Flüssigkeits- und Gasküvetten, ATR-Technik (abgeschwächte Totalreflexion)

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

Fach: Laborpraxis Chemietechnik

- Versuche zur qualitativen Analyse mit bekannten und unbekannten Stoffen
  - Probenvorbereitung nach unterschiedlichen Techniken, zum Beispiel für Feststoffe und Flüssigkeiten sowie Aufnahme eines IR-Spektrums
  - Strukturaufklärung durch Interpretation der Spektren, Gruppenfrequenz- und Fingerprintbereich zuordnen
- Protokollierung und Auswertung der Versuche

#### **Q2.4 Dünnschichtchromatographie**

- qualitative Analysen, zum Beispiel Farbstoffgemisch, Schmerzmittel, Aminosäuren, Schwermetalle
  - Prinzip der Trennung (Adsorption und Verteilung)
  - Auftragungstechniken, Kammersättigung
  - Elutrope Reihe und stationäre Phasen
  - Optimierung der Trennung und Fließmittelauswahl
  - Detektion der Stoffe (zum Beispiel UV-Licht, Sprühreagenzien)
  - Identifizierung durch  $R_F$ -Werte
  - Selektivität und Trennleistung

#### **Q2.5 Hochleistungsflüssigchromatographie**

- Geräteeigenschaften eines Hochleistungsflüssigchromatographen
  - Vorbereitung der Eluenten (Entgasen) und des Chromatographen (Spülen, Säulenwechsel)
  - Umgang mit Normal- und Reverse-Phase-Säulen, Injektionsspritzen und Injektorsystem
- qualitative Analytik per HPLC und ihre Auswertung zum Beispiel Trennung von Konservierungsmitteln an einer Reverse-Phase-Säule
  - Optimierung der Trennung (Änderung der Fließmittelzusammensetzung)
  - Identifizierung der Stoffe
  - qualitative Auswertung der Versuchsergebnisse
- quantitative Analytik per HPLC und ihre Auswertung zum Beispiel quantitative Bestimmung von Coffein in Energy-Drinks an einer Reverse-Phase-Säule
  - Herstellung von Standards (Stammlösung, Kalibrierlösungen)
  - Optimierung der Trennung (Änderung der Fließmittelzusammensetzung)
  - Identifizierung der Stoffe
  - quantitative Auswertung zum Beispiel mithilfe der Methode des externen oder internen Standards
  - Vergleich der Methoden

---

**Q3: Thermodynamische und elektrochemische Untersuchungen (GK)**

---

In diesem Kurs werden kalorimetrische, elektrochemische sowie weitere bedeutsame maßanalytische Untersuchungen aus wichtigen Bereichen der physikalischen und analytischen Chemie durchgeführt, wie sie auch in der modernen chemischen Industrie tagtäglich eine breite Anwendung finden. So werden zum Beispiel in der Lebensmittel- und Wasseranalytik sowohl die Inhaltsstoffe als auch die allgemeine Güte der Proben (Eingangskontrolle, Qualitätssicherung) maßanalytisch bestimmt. Die Themen korrespondieren mit den Inhalten des Leistungskurses.

Redoxtitrationen sind maßanalytische Verfahren, bei denen das Oxidations- beziehungsweise Reduktionspotential eines Stoffes zur Bestimmung von Stoffen ausgenutzt wird. Der Kurs greift Redoxreaktionen unter dem in der Einführungsphase begründeten Aspekt der quantitativen Analyse wieder auf. Dazu wird ein elektrochemisches Messverfahren – die Potentiometrie – explizit behandelt, bei dem die Konzentrationsabhängigkeit von Redoxpotentialen zur Messung von Konzentrationen angewandt wird.

Energetische Veränderungen bei chemischen Reaktionen, wie zum Beispiel die Reaktionsenthalpie im Kalorimeter, werden ermittelt und ausgewertet. Der Vergleich mit den Ergebnissen thermodynamischer Berechnungen erlaubt im Gegenzug die Begründung der praktischen Versuchsergebnisse.

Ebenso werden Versuche zu galvanischen Zellen thematisiert und dienen der Erkenntnis, dass elektrische Energie durch Redoxreaktionen (Elektronenübertragungsreaktionen) gewonnen werden kann. Abschließend werden Versuche zu erzwungenen Redoxreaktionen – Elektrolysen – durchgeführt. Elektrolysen haben große Bedeutung bei der Herstellung von Metallen und bei der Veredelung von Metalloberflächen. Mithilfe einfacher Versuche wie zum Beispiel der elektrogravimetrischen Kupferbestimmung oder der Elektrolyse von Wasser können die FARADAY'SCHEN Gesetze überprüft und Erkenntnisse zur Überspannung bei der Abscheidung von Gasen gewonnen werden.

Das sorgfältige und exakte Experimentieren, von der Herstellung von Lösungen bis zur Aufnahme von Messwerten, eignet sich besonders gut für die Aneignung laborpraktischer Fähigkeiten, wie sie in der chemischen Labortechnik erforderlich sind. Auf diese Weise haben die Lernenden Gelegenheit ihre Kenntnisse zu vertiefen.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Stoff-Teilchen-Modell (L1), Energetische Betrachtungen (L4) sowie Gleichgewichtszustände (L5).

---

**verbindlich:**

Themenfelder Q3.1–Q3.3 sowie ein weiteres, ausgewählt durch die Lehrkraft

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****Q3.1 Vertiefende maßanalytische Verfahren**

- Versuche zur Manganometrie, zum Beispiel Bestimmung von Eisen
- Versuche zur Iodometrie, zum Beispiel Bestimmung von Schwefliger Säure in Weißwein, Bestimmung von Vitamin C in Vitamintabletten oder Zitronen
- Versuche zur Komplexometrie, zum Beispiel Bestimmung Härte des Wassers, Bestimmung von Aluminium (Rücktitration)

**Q3.2 Elektrochemische Messverfahren**

- Aufbau und Wartung einer Glaselektrode
- pH-Wertbestimmung mithilfe der Glaselektrode
- Versuche zur Potentiometrie, zum Beispiel Titerbestimmung von Natronlaugemaßlösung mit einer Ursubstanz, Bestimmung von Phosphorsäure in colahaltigen Getränken

**Q3.3 Kalorimetrische Messungen**

- Neutralisationsenthalpie ( $\Delta_R H_m^0$ ) einer Säure-Basen-Reaktion, Zementation von Kupfer mit Zink ( $\Delta_R H_m^0$ ), Lösungsenthalpie von Natriumhydroxid oder Ammoniumchlorid ( $\Delta_L H_m^0$ )
- „Gute Labor Praxis“ (GLP)

**Q3.4 Galvanische Zellen**

- Aufbau und Versuche zu galvanischen Zellen, zum Beispiel Messung der Redoxpotentiale der Halogene, Konzentrationsabhängigkeit der Redoxpotentiale und NERNSTSCHE Gleichung
- Kombination verschiedener Metallhalbzellen, Spannungsreihe der Metalle
- Versuche zum Aufbau von Batterien und Akkumulatoren, zum Beispiel Bleiakkumulator, Lithium-Ionenbatterie, Nickel / Metallhydrid Akkumulator
- Aufbau und Versuche zu Brennstoffzellen, zum Beispiel Energetischer Wirkungsgrad der PEM-Brennstoffzelle

**Q3.5 Elektrolysen**

- Versuche zur Elektrolyse, zum Beispiel Elektrogravimetrische Bestimmung von Kupfer, Elektrolyse von Zinkbromidlösung und deren Umkehrung, Elektrolyse von Wasser
- Zersetzungsspannung, FARADAY- Gesetze, Überspannung

---

**Q4: Projekte zu ausgewählten Stoffgruppen und Systemen (GK)**

---

Der Kurs stellt den Abschluss im Fach Laborpraxis (Chemietechnik) dar und eröffnet den Lernenden Möglichkeiten, laborpraktische Kenntnisse und Fähigkeiten im Rahmen von ausgewählten Themenfeldern nach Neigung zu vertiefen und zu erweitern. Die thematischen Aspekte bieten dabei vielfältige Möglichkeiten einer projekt- und handlungsorientierten Herangehensweise. Das eigenständige Planen, Durchführen und Auswerten von Unterrichtsinhalten ist vorzusehen. Die Ergebnissicherung in Form von Protokollen ist ein wichtiger Baustein der Auswertung. Informationen werden eigenständig über Tafeln und Nachschlagewerke gefunden.

Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der experimentellen Erarbeitung und Vertiefung als Methode naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Eine Einbettung in geeignete Kontexte eröffnet für die Lernenden dabei Möglichkeiten einer Beurteilung und Bewertung sowohl sachbezogener, inhaltlicher Fragen und Probleme als auch der kritischen Reflexion eigener Kenntnisse sowie des damit verbundenen Erarbeitungsprozesses.

Die Themenfelder sind so zusammengestellt, dass sie bedeutende lebensweltliche Bezüge aufweisen sowie wiederholende, erweiternde und vertiefende inhaltliche Aspekte der Themen in den vorangegangenen Kurshalbjahren integrieren.

Die Lernenden entwickeln eigene Vorgehensweisen und kommunizieren diese gegenüber ihren Mitschülerinnen und Mitschülern beziehungsweise der Lehrkraft. Über die Analyse und Interpretation der Messergebnisse und durch sich ergebende kooperative Möglichkeiten (zum Beispiel Projektgruppen) wird eine fachliche Kommunikation gefördert.

**Bezug zu fachlichen Konzepten**

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Stoff-Teilchen-Modell (L1), Struktur-Eigenschafts-Beziehungen (L2), Donator-Akzeptor-Prinzip (L3), Energetische Betrachtungen (L4), Gleichgewichtszustände (L5) sowie Umwelt und Gesellschaft (L6).

---

**verbindlich:**

zwei Themenfelder aus Q4.1–Q4.6, ausgewählt durch die Lehrkraft

---

**Inhalte und erläuternde Hinweise****Q4.1 Polymerchemie**

- Herstellung von Kunststoffen, zum Beispiel Nylon, Polyurethan
- durch zum Beispiel Polyaddition, Polykondensation, Polymerisation
- Analyse von Kunststoffen
- Inhaltsstoffe (zum Beispiel Halogene, aromatische Systeme)
- Verseifen von Polyestern
- Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere (Messung von Eigenschaften)

**Q4.2 Angewandte Analysemethoden**

- Probenvorbereitung von Lebensmittelproben (zum Beispiel Extraktion von Benzoesäure aus Lebensmitteln, Extraktion von Limonen aus Orangenschalen (Wasserdampfdestillation))
- qualitative und quantitative Bestimmung von Analyten (zum Beispiel Limonen) mittels Gaschromatographie
- qualitative und quantitative Bestimmung von Analyten mittels UV-VIS-Spektroskopie (zum Beispiel Lebensmittelfarbstoffe in Getränken)
- quantitative Bestimmung von Analyten mittels Titration (zum Beispiel Vanillin in Vanillezucker, Iodzahl in Fetten)

**Q4.3 Tenside**

- Herstellung von Seifen
- Analyse von Waschmitteln
- Inhaltsstoffe (Bleichmittel, Wasserenthärter, Enzyme)
- Untersuchung der Eigenschaften, zum Beispiel Herabsetzung der Oberflächenspannung, pH-Wert

**Q4.4 Biologische Systeme**

- Puffersysteme
  - Blut
- Nachwachsende Rohstoffe
- Fotosynthese

**Q4.5 Chemie und Gesundheit**

- Wirkstoffe von Arzneimitteln (z.B. Schmerzmittel, Antidepressiva)
- Herstellung von Wirkstoffen (zum Beispiel Acetylsalicylsäure oder Paracetamol)
  - Analyse von Arzneimitteln (zum Beispiel Schmerzmitteln)
- Nahrungsergänzungsmittel
  - Analyse, zum Beispiel von Vitamin C-Präparaten oder Eisentabletten

Fachrichtung: Technik

Schwerpunkt: Chemietechnik

Fach: Laborpraxis Chemietechnik

**Q4.6 Mehrstufensynthese**

- Synthese von Präparaten über Zwischenstufen
- Kombination verschiedener Stoffklassen und Reaktionsmechanismen, zum Beispiel Alkanol zu Halogenalkan umsetzen ( $S_N$ -Reaktion) und elektrophil in monosubstituieren Aromaten einführen (Friedel-Crafts-Reaktion)

## Stöchiometrie und Datenverarbeitung

---

### E: Stöchiometrie und Datenverarbeitung

---

Ausgehend von den Grundlagen chemischer Reaktionen stehen in diesem Fach fachbezogene Berechnungen aus den Bereichen Chemie, Physik, Statistik, Analytik und Labortechnik im Vordergrund. Die mengenmäßige Erfassung und Berechnung der Stoffe sowie der Einfluss von Druck und Temperatur spielen bei allen chemischen Reaktionen im Labor und bei großtechnischen Prozessen eine entscheidende Rolle. Thematisch werden grundlegende Begriffe wie die molare Masse und die Stoffmenge eingeführt. Ebenso wird das Aufstellen von Reaktionsgleichungen und ihre stöchiometrische Auswertung anhand von Beispielen aus der Laborpraxis geübt.

Die Berechnungen bei der Herstellung von Lösungen mit definierten Gehaltsangaben ist ein weiterer wichtiger Inhaltsschwerpunkt, sind sie doch Voraussetzungen für die Durchführung chemischer Reaktionen in labor- und großtechnischem Maßstab. Weil Gase bei Prozessen in der Chemietechnik eine große Rolle spielen, setzen sich die Lernenden mit Fragestellungen zu den Gasgesetzen auseinander und wenden das erworbene Wissen für Umsatz- und Ausbeuteberechnungen an.

Bei der Thematisierung des Massenwirkungsgesetzes stehen Gleichgewichtsreaktionen und Berechnungen von Gleichgewichtskonstanten in der Gasphase und in wässrigen Lösungen im Vordergrund. An Beispielen aus Labor- und Chemietechnik erkennen die Lernenden den Einfluss der Konzentration von Edukten und Produkten auf Umsatz und Ausbeute. Sie analysieren Gleichgewichtsreaktionen anhand ausgewiesener Kriterien unter Nutzung des chemischen Fach- und Methodenwissens und leiten begründet Änderungen in den Reaktionsbedingungen ab, die zu höheren Ausbeuten führen.

Des Weiteren werden die Darstellung und Berechnung von Kalibrierlösungen, Kalibriergeraden und deren statistische Auswertung anhand von Beispielen thematisiert. Fehlerrechnungen und der Ausreißertest nach GRUBBS versetzen die Lernenden in die Lage, ihre Arbeitsergebnisse kritisch zu bewerten.

Das fakultative Themenfeld dient der Vertiefung der vorangegangenen Themenfelder. Dabei werden Messdaten mithilfe von Datenverarbeitungsprogrammen, wie zum Beispiel Excel, aufgenommen und ausgewertet. Stöchiometrische Berechnungen und die statistische und kritische Auswertung von Analysendaten unterstützen das Verstehen der in Chemietechnik und Laborpraxis parallel erworbenen Kenntnisse.

### Bezug zu fachlichen Konzepten

Maßgebliche Leitideen im inhaltlichen Zusammenhang dieses Kurshalbjahres sind Stoff-Teilchen-Modell (L1) sowie Gleichgewichtszustände (L5).

---

### verbindlich:

Themenfelder E.1–E.4

---



**Inhalte und erläuternde Hinweise****E.1 Reaktionsgleichungen und ihre stöchiometrische Auswertung**

- Begriffe und Größen
- Masse, Volumen, Stoffmenge, molare Masse, Temperatur, Druck
- Reaktionen mit Gasen
- ideales Gasgesetz
- molares Volumen
- Umsatz- und Ausbeuteberechnungen

**E.2 Gehaltsgrößen**

- Stoffmengenkonzentration, Stoffmengenanteil, Massenkonzentration, Massenanteil, Volumenkonzentration, Volumenanteil
- Herstellung von Lösungen
- Mischungsgleichung

**E.3 Berechnungen zum Massenwirkungsgesetz**

- Gleichgewichtsreaktionen
- Massenwirkungsgesetz (MWG), Gleichgewichtskonstanten ( $K_C$ ,  $K_P$ ,  $K_L$ )
- Umsatz- und Ausbeuteberechnungen
- Le Chatelier-Prinzip
- Druck-, Temperatur- und Konzentrationseinfluss auf die Gleichgewichtslage
- technische Umsetzung

**E.4 Statistische Auswertung von Messdaten**

- Kalibriergeraden
- Fehlerrechnungen
- absoluter und relativer Fehler
- Mittelwert, Standardabweichung, Variationskoeffizient
- Ausreißertest, zum Beispiel GRUBBS-Test

**E.5 Auswertung und Datenverarbeitung**

- Messdaten aufnehmen, zum Beispiel Titrationskurven, Temperatur-Löslichkeits-Kurven
- Messdaten auswerten
- Anwenden von Datenverarbeitungsprogrammen, zum Beispiel Microsoft Excel

HESSEN



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