

**Rahmenlehrplan für  
Unterricht und Erziehung**

**Berufliches Gymnasium**

**Fachrichtung: Technik**

**Leistungskursfach Chemietechnik**

**Gültig ab Schuljahr 2015/2016**

## **Impressum**

### **Erarbeitung**

Dieser Rahmenlehrplan wurde vom Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg (LISUM) erarbeitet.

### **Herausgeber**

Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft, Berlin

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Der Herausgeber behält sich alle Rechte einschließlich Übersetzung, Nachdruck und Vervielfältigung des Werkes vor. Kein Teil des Werkes darf ohne ausdrückliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Dieses Verbot gilt nicht für die Verwendung dieses Werkes für die Zwecke der Schulen und ihrer Gremien.

Berlin, Juli 2015

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorbemerkungen .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Bildungsauftrag des Beruflichen Gymnasiums .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Didaktische Grundsätze .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Berufsbezogene Vorbemerkungen .....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Themenfelder für das Unterrichtsfach Chemietechnik.....</b>	<b>8</b>
5.1	Vorbemerkungen zu den Themenfeldern .....	8
5.2	Übersicht der Themenfelder .....	8
5.3	Themenfelder .....	11

## 1 Vorbemerkungen

Der vorliegende Rahmenlehrplan für den Leistungskurs Chemietechnik an Beruflichen Gymnasien wurde auf der Grundlage der „Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II vom 07.07.1972 i.d.F. vom 09.02.2012“ und der Verordnung über die gymnasiale Oberstufe (VO-GO) des Landes Berlin vom 18. April 2007, zuletzt geändert durch Art. I Zweite ÄndVO vom 11.8.2011 (GVBl. S. 430) konzipiert.

Der Rahmenlehrplan<sup>1</sup> enthält keine methodischen Festlegungen für den Unterricht. Bei der Unterrichtsgestaltung sollen jedoch Unterrichtsmethoden, mit denen Handlungskompetenz unmittelbar gefördert wird, besonders berücksichtigt werden. Selbstständiges und verantwortungsbewusstes Denken und Handeln als übergreifendes Ziel der Ausbildung muss Teil des didaktisch-methodischen Gesamtkonzepts sein.

## 2 Bildungsauftrag des Beruflichen Gymnasiums

Beim Übergang in die Qualifikationsphase wählen Schülerinnen und Schüler des beruflichen Gymnasiums ein Fach der Fachrichtungen Wirtschaft, Technik, Berufliche Informatik, Ernährung, Agrarwirtschaft, Gesundheit und Soziales, Biotechnologie oder Gestaltung aus dem Angebot der besuchten Schule entweder als fachrichtungsbezogenes zweites Leistungskursfach oder Grundkursfach, das drittes oder viertes Prüfungsfach oder Referenzfach der fünften Prüfungskomponente sein muss.

Der Unterricht im Beruflichen Gymnasium muss auf die Entwicklung von **Handlungskompetenz** gemäß des Deutschen Qualifizierungsrahmens für lebenslanges Lernen (DQR) auf der entsprechenden Niveaustufe ausgerichtet sein. Diese wird hier verstanden als die Bereitschaft und Befähigung des Einzelnen, sich in beruflichen, gesellschaftlichen und privaten Situationen sachgerecht durchdacht sowie individuell und sozial verantwortlich zu verhalten. Handlungskompetenz entfaltet sich in den Dimensionen von Fachkompetenz und personaler Kompetenz.

**Fachkompetenz** bezeichnet die Bereitschaft und Befähigung, auf der Grundlage fachlichen Wissens und Könnens Aufgaben und Probleme zielorientiert, sachgerecht, methodengeleitet und selbstständig zu lösen und das Ergebnis zu beurteilen.

**Personale Kompetenz (Humankompetenz)** bezeichnet die Bereitschaft und Befähigung, als individuelle Persönlichkeit die Entwicklungschancen, Anforderungen und Einschränkungen in Familie, Beruf und öffentlichem Leben zu klären, zu durchdenken und zu beurteilen, eigene Begabungen zu entfalten sowie Lebenspläne zu fassen und fortzuentwickeln. Sie umfasst Eigenschaften wie Selbstständigkeit, Kritikfähigkeit, Selbstvertrauen, Zuverlässigkeit, Verantwortungs- und Pflichtbewusstsein. Zu ihr gehören insbesondere auch die Entwicklung durchdachter Wertvorstellungen und die selbstbestimmte Bindung an Werte.

Die personale Kompetenz wird gemäß des DQR in Sozialkompetenz und Selbstständigkeit unterteilt.

**Sozialkompetenz** bezeichnet die Bereitschaft und Befähigung, soziale Beziehungen zu leben und zu gestalten, Zuwendungen und Spannungen zu erfassen und zu verstehen sowie sich mit anderen rational und verantwortungsbewusst auseinanderzusetzen und zu verständ-

---

<sup>1</sup> Der Rahmenlehrplan wurde auf Grundlage der Handreichung für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz (2011) erstellt.

digen. Hierzu gehört insbesondere auch die Entwicklung sozialer Verantwortung und Solidarität.

**Selbstständigkeit** bezeichnet die Eigenständigkeit und Verantwortung bei der Übernahme von Arbeitsaufträgen und beim Lösen von Problemen. Eingeschlossen dabei ist die Reflexivität über das eigene Handeln.

Bestandteil sowohl von Fachkompetenz als auch von personaler Kompetenz sind Methodenkompetenz, kommunikative Kompetenz und Lernkompetenz.

**Methodenkompetenz** bezeichnet die Bereitschaft und Befähigung zu zielgerichtetem, planmäßigem Vorgehen bei der Bearbeitung von Aufgaben und Problemen (z. B. bei der Planung der Arbeitsschritte).

**Kommunikative Kompetenz** meint die Bereitschaft und Befähigung, kommunikative Situationen zu verstehen und zu gestalten. Hierzu gehört es, eigene Absichten und Bedürfnisse sowie die der Partner wahrzunehmen, zu verstehen und darzustellen.

**Lernkompetenz** ist die Bereitschaft und Befähigung, Informationen über Sachverhalte und Zusammenhänge selbstständig und gemeinsam mit anderen zu verstehen, auszuwerten und in gedankliche Strukturen einzuordnen. Zur Lernkompetenz gehört insbesondere auch die Fähigkeit und Bereitschaft, im Beruf und über den Berufsbereich hinaus Lerntechniken und Lernstrategien zu entwickeln und diese für lebenslanges Lernen zu nutzen.

### 3 Didaktische Grundsätze

In der Qualifikationsphase erweitern und vertiefen die Lernenden ihre bis dahin erworbenen Kompetenzen mit dem Ziel, sich auf die Anforderungen eines Hochschulstudiums oder einer beruflichen Bildung vorzubereiten. Sie handeln zunehmend selbstständig und übernehmen Verantwortung in gesellschaftlichen Gestaltungsprozessen.

Der beschleunigte Wandel einer von Globalisierung geprägten Welt erfordert ein dynamisches Modell des Kompetenzerwerbs, das auf lebenslanges Lernen und die Bewältigung vielfältiger Herausforderungen im Alltags- und Berufsleben ausgerichtet ist. Hierzu durchdringen die Lernenden zentrale Zusammenhänge grundlegender Wissensbereiche, erkennen die Funktion und Bedeutung vielseitiger Erfahrungen und lernen vorhandene sowie neu erworbene Fähigkeiten und Fertigkeiten miteinander zu verknüpfen. Die Lernenden entwickeln ihre Fähigkeiten im Umgang mit Sprache und Wissen weiter und setzen sie zunehmend situationsangemessen, zielorientiert und adressatengerecht ein.

Mit den abschlussorientierten Standards wird verdeutlicht, über welche fachlichen und überfachlichen Kompetenzen die Lernenden im Abitur verfügen müssen. Die Standards bieten damit Lernenden und Lehrenden Orientierung für erfolgreiches Handeln und bilden einen wesentlichen Bezugspunkt für die Unterrichtsgestaltung, für das Entwickeln von Konzepten zur individuellen Förderung sowie für ergebnisorientierte Beratungsgespräche.

Für die Kompetenzentwicklung sind zentrale Themenfelder und Inhalte von Relevanz, die sich auf die Kernbereiche der jeweiligen Fächer konzentrieren und sowohl fachspezifische als auch überfachliche Zielsetzungen deutlich werden lassen. So erhalten die Lernenden Gelegenheit zum exemplarischen Lernen und zum Erwerb einer vertieften und erweiterten allgemeinen sowie wissenschaftspropädeutischen Bildung. Dabei wird stets der Bezug zur Erfahrungswelt der Lernenden und zu den Herausforderungen an die heutige sowie perspektivisch an die zukünftige Gesellschaft hergestellt.

Die Lernenden entfalten anschlussfähiges und vernetztes Denken und Handeln als Grundlage für lebenslanges Lernen, wenn sie die in einem Lernprozess erworbenen Kompetenzen

auf neue Lernbereiche übertragen und für die eigenen Ziele und die Anforderungen in Schule, Studium, Beruf und Alltag nutzbar machen können.

Diesen Erfordernissen trägt der Rahmenlehrplan durch die Auswahl der Themenfelder und Inhalte Rechnung, bei der nicht nur die Systematik des Faches, sondern vor allem der Beitrag zum Kompetenzerwerb berücksichtigt wird.

Lernen und Lehren in der Qualifikationsphase müssen dem besonderen Entwicklungsabschnitt Rechnung tragen, in dem die Jugendlichen zu jungen Erwachsenen werden. Dies geschieht vor allem dadurch, dass die Lernenden Verantwortung für den Lernprozess und den Lernerfolg übernehmen und sowohl Unterricht als auch das eigene Lernen aktiv selbst gestalten.

Das Unterrichtsangebot des Beruflichen Gymnasiums richtet sich an Jugendliche und Erwachsene, die sich nach Vorbildung, kulturellem Hintergrund und Erfahrungen unterscheiden. Das Berufliche Gymnasium kann seinen Bildungsauftrag nur erfüllen, wenn es diese Unterschiede beachtet und Schülerinnen und Schüler – auch benachteiligte oder besonders begabte – ihren individuellen Möglichkeiten entsprechend fördert.

## 4 Berufsbezogene Vorbemerkungen

Der vorliegende Rahmenlehrplan für den Leistungskurs Chemietechnik des Beruflichen Gymnasiums bildet durch die Verflechtung von unverzichtbaren Grundlagen und deren technische Anwendung eine solide Basis für eine Ausbildung oder ein Studium im Bereich der Chemie bzw. der Chemietechnik. Im Vergleich zum Leistungskurs Chemie werden hier auch Themenfelder behandelt, die direkte Relevanz für die Tätigkeit im Labor haben.

Dabei sind die Themenfelder so gewählt, dass die Inhalte beispielsweise sowohl den Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Chemielaborantin/Chemielaborant, die Unterrichtsvorgaben für den Ausbildungsberuf Staatlich geprüfte chemisch-technische Assistentin/Staatlich geprüfter chemisch-technischer Assistent als auch den Studienplan des Bachelor-Studienganges Chemie in mehreren Punkten berühren. Das Anforderungsniveau ist so gewählt, dass die Schülerinnen und Schüler mit dem Erwerb der Allgemeinen Hochschulreife insbesondere im chemisch-technischen Bereich einerseits eine hohe Studierfähigkeit entwickelt haben und andererseits zahlreiche Anknüpfungspunkte in der schulischen bzw. der dualen Ausbildung erhalten. Der Abschluss Staatlich geprüfte chemisch-technische Assistentin/Staatlich geprüfter chemisch-technischer Assistent ist durch die starke Verzahnung der Lehrinhalte am beruflichen Gymnasium in nur einem weiteren Jahr zu erwerben. Gleichzeitig erhalten die Schülerinnen und Schüler gute Voraussetzungen für eine Ausbildung zur Chemielaborantin bzw. zum Chemielaboranten im dualen System, für die das Abitur zwar keine notwendige Bedingung, aber von betrieblicher Seite eine vorteilhafte Qualifikation darstellt.

Die **fachlichen Inhalte** erstrecken sich von der Behandlung technisch wichtiger organischer Verbindungsklassen über die Betrachtung besonderer Strukturmerkmale und ihrer Bedeutung für einige Zweige der chemischen Industrie bis hin zur Theorie und Anwendung verschiedener Methoden der instrumentellen Analytik. Hierbei wird besonders zu Beginn auf die Fachinhalte der Sekundarstufe I zurückgegriffen, gleichzeitig werden weitere Fundamente zum Verständnis naturwissenschaftlicher – insbesondere chemischer – Vorgänge und Phänomene gelegt. Die Wahlthemenfelder bauen zum Teil auf den Pflichtthemenfeldern auf und vertiefen diese, oder sie zeigen weitere Aspekte des Themenfelds. Der Praxisbezug wird durch gleichzeitige praktische Umsetzung vieler Themen im Labor-Grundkurs Chemietechnik vermittelt und verinnerlicht. Insbesondere sei hier auf die besondere Bedeutung der instrumentellen Analytik hingewiesen, die in vielen Bereichen der Chemie von immenser Wichtigkeit ist. Als Beispiele seien hier nur die Qualitätskontrolle von Edukten und Produkten in der

Arzneimittelproduktion und die Verwendung instrumentell-analytischer Verfahren in der Umweltanalytik genannt.

Bezüglich der **methodischen Inhalte** macht es keinen Sinn, an dieser Stelle eine enge methodische Unterrichtsplanung vorzugeben, denn hier müssen die individuellen Unterschiede jeder Lerngruppe berücksichtigt werden. Allgemein ist aber dem Umstand Rechnung zu tragen, dass hier sowohl auf eine hohe Studierfähigkeit als auch auf die Eignung zum Absolvieren einer Berufsausbildung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich hingearbeitet wird. Insofern bietet sich handlungsorientierter Unterricht an, der sowohl die systematische Behandlung von Basiskonzepten (wie z. B. das Gleichgewichts- oder das Energiekonzept) als auch die Verknüpfung mit der Lebens- und Berufswelt der Lernenden beinhaltet. Besonders hervorzuheben ist hier auch die Wichtigkeit des experimentellen Lernens. Naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinn findet in der Regel auf der Basis von Experimenten statt. Daher sollte das experimentelle Lernen als Methode verwendet werden, sofern die Thematik und die Rahmenbedingungen dies jeweils zulassen.

Einen Beitrag zur **nachhaltigen Entwicklung** leistet der Leistungskurs Chemietechnik dadurch, dass innerhalb der Pflicht- und Wahlthemenfelder auf Folgen für Mensch und Umwelt Bezug genommen wird, wann immer dies sinnvoll ist. Damit sollen die Schülerinnen und Schüler immer wieder dafür sensibilisiert werden, ihr Handeln in Alltag und Beruf umweltverträglich zu gestalten. Hilfreich ist dabei z. B. die Vernetzung des Lehrplans mit den Lehrplänen der Leistungskurse Biologie- und Physiktechnik, die die starke Interdependenz der Naturwissenschaften untereinander und ihre Wirkungen auf die Umwelt aufzeigt, und die Verwendung des Global harmonisierten Systems im Umgang mit Chemikalien.

## 5 Themenfelder für das Unterrichtsfach Chemietechnik

### 5.1 Vorbemerkungen zu den Themenfeldern

Das Fach Chemietechnik wird in den Jahrgangsstufen 12 und 13 des Beruflichen Gymnasiums, Fachrichtung Chemietechnik mit 200 Unterrichtsstunden im Schuljahr unterrichtet.

Zu den Pflichtthemenfeldern mit 120 Stunden im jeweiligen Schuljahr sind schulspezifisch Wahlthemenfelder mit insgesamt 40 Stunden zu wählen. Die verbleibenden 40 Stunden dienen als Zeitausgleich für Klassenarbeiten und Tests sowie zur Schulung der Medien- und Methodenkompetenz der Schülerinnen und Schüler.

Damit ergeben sich pro Kurshalbjahr also 60 Stunden für Pflichtthemenfelder, 20 Stunden für zwei Wahlthemenfelder und 20 Stunden Zeitausgleich.

### 5.2 Übersicht der Themenfelder

Jahrgangsstufe 12 des Beruflichen Gymnasiums	
	Unterrichtsstunden
Themenfeld 1: Technisch wichtige organische Verbindungsklassen	
Pflichtthemenfelder	<b>60</b>
1.1 Alkanole (Struktur, Eigenschaften, Reaktionsmechanismen der Substitution und Eliminierung)	20
1.2 Alkansäuren (Struktur, Eigenschaften, Reaktionen, Anwendung der pH-Wert-Berechnung)	20
1.3 Aromaten (Struktur, Eigenschaften, Reaktionsmechanismus der elektrophilen Substitution am Aromaten)	20
Wahlthemenfelder	<b>20</b>
1.4 Alkanole (physiologische Wirkung, technische Synthese und Verwendung)	10
1.5 Alkansäuren (wichtige Derivate, Veresterung und Verseifung)	10
1.6 Carbonylverbindungen (technisch wichtige Vertreter und ihre Reaktionen)	10



Themenfeld 2: Vom Strukturmerkmal zum Produkt	
<b>Pflichtthemenfelder</b>	<b>60</b>
2.1 Stereoisomerie (Chiralität am Beispiel des Wirkstoffs Thalidomid; Contergan)	10
2.2 Farben in Natur und Technik: Synthese von Farbstoffen und Färbetechniken	15
2.3 Naturstoffe: Chemie der Kohlenhydrate	15
2.4 Polymere (technische Anwendungen der verschiedenen Polymerisationsverfahren)	20
<b>Wahlthemenfelder</b>	<b>20</b>
	10
2.5 Naturstoffe: Fette und Eiweiße	10
2.6 Arzneimittel (Synthese ausgewählter Wirkstoffe im Labor- und Industriemaßstab)	10
2.7 Natürliche Aromastoffe und umweltfreundliche Insektizide: Terpene	
<b>Pflichtthemenfelder insgesamt</b>	<b>120</b>
<b>Wahlthemenfelder insgesamt</b>	<b>40</b>
<b>Zeitausgleich (nicht verplant)</b>	<b>40</b>
<b>gesamt:</b>	<b>200</b>

<b>Jahrgangsstufe 13 des Beruflichen Gymnasiums</b>	
	Unterrichtsstunden
<b>Themenfeld 3: Instrumentelle Analysetechniken</b>	
Pflichtthemenfelder	<b>60</b>
3.1 Fotometrie und UV/VIS-Spektroskopie	20
3.2 Atomabsorptionsspektroskopie	15
3.3 Infrarot-Spektroskopie	25
Wahlthemenfelder	<b>20</b>
3.4 Chromatographische Trennverfahren	10
3.5 Massenspektrometrie	10
3.6 Kernresonanzspektroskopie	10
<b>Themenfeld 4: Vom Rohstoff zum Produkt</b>	
Pflichtthemenfelder	<b>60</b>
4.1 Katalyse und Massenwirkungsgesetz am Beispiel des <i>Haber-Bosch</i> -Verfahrens	20
4.2 Grundlagen technischer Elektrolysen am Beispiel der Chlor-Alkali-Elektrolyse	20
4.3 Die <i>Gibbs'sche</i> Freie Enthalpie als Kriterium für den Ablauf von chemischen Reaktionen	20
Wahlthemenfelder	<b>20</b>
4.4 Trennung von Stoffgemischen durch Destillation in Labor und Betrieb	10
4.5 Andere großtechnische Verfahren (Salpetersäure-, Schwefelsäure- und Eisen-Herstellung)	10
4.6 Weitere Aspekte der Elektrochemie	10
<b>Pflichtthemenfelder insgesamt</b>	<b>120</b>
<b>Wahlthemenfelder insgesamt</b>	<b>40</b>
<b>Zeitausgleich (nicht verplant)</b>	<b>40</b>
<b>gesamt:</b>	<b>200</b>



Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p><b>1.2 Alkansäuren</b></p> <p><b>Strukturmerkmale und Eigenschaften von Alkansäuren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Funktionelle Gruppe der Alkansäuren</li> <li>- Nomenklatur (Mono-/Dicarbonsäuren)</li> <li>- Einfluss der Kettenlänge und der Carboxy-Gruppe auf die Eigenschaften</li> </ul> <p><b>Synthese und chemische Eigenschaften der Alkansäuren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Synthese</li> <li>- Acidität, Dissoziationsreaktion</li> <li>- Berechnung des pH-Werts</li> <li>- Oxidation</li> <li>- Veresterungsreaktion</li> </ul>	<p>Die schon unter 1.1 verwendete Systematik vermittelt einen Eindruck über den stofflich fachsystematischen Aufbau der organischen Chemie und die Verknüpfung der verschiedenen Verbindungsklassen untereinander durch Reaktivität, Reaktionstypen und Reaktionsmechanismen.</p> <p>Der Verweis auf diese logischen Verknüpfungen hilft bei der Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Denkweise, die vom Aufbau von Fachwissen und Transfer desselben auf ähnlich gelagerte Problematiken bei gleichzeitiger Kreativität lebt.</p>
<p><b>1.3 Aromaten</b></p> <p><b>Struktur und Eigenschaften aromatischer Verbindungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Charakterisierung des aromatischen Zustands</li> <li>- Eigenschaften der Aromaten am Beispiel des Benzens</li> <li>- Nomenklatur der Benzenderivate</li> </ul> <p><b>Reaktionen aromatischer Verbindungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektrophile Substitution</li> <li>- Kern- und Seitenkettenhalogenierung</li> <li>- Regeln der Zweitsubstitution</li> </ul> <p><b>Relevanz aromatischer Verbindungen in Industrie und Alltag</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Technische Synthese und Verwendung von Aromaten am Beispiel des Phenols</li> </ul>	<p>historischer Abriss, Hückel-Regel, Aromatisierungsenergie</p> <p>Benzen als Stammverbindung einer ganzen Stoffklasse</p> <p>Reaktionsmechanismen, I- und M-Effekte verschiedener Substituenten</p> <p>SSS- und KKK-Regel</p> <p><i>Hock'sche</i> Phenolsynthese, Phenolharze, Acidität des Phenols, Querverweis zu den Alkoholen, pH-Wert</p>

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p><b>Wahlthemenfelder:</b></p> <p><b>1.4 Alkanole</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Physiologische Wirkung am Beispiel von Methanol und Ethanol</li> <li>- Technische Synthese am Beispiel von Methanol und Ethanol</li> <li>- Technische Verwendung am Beispiel von Methanol und Ethanol</li> </ul>	<p>Hinweis auf die langfristige Bedeutung des Ethanols auf die Lebenswelt des Menschen seit der Entdeckung der alkoholischen Gärung</p>
<p><b>1.5 Alkansäuren</b></p> <p><b>Wichtige Derivate der Alkansäuren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Carbonsäurehalogenide</li> <li>- Carbonsäureamide</li> <li>- Carbonsäureanhydride</li> </ul> <p><b>Weitere Reaktionen der Alkansäuren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verseifung der Ester</li> <li>- Decarboxylierung</li> </ul>	<p>Synthese und Reaktionen der Alkansäurederivate, Hervorhebung der unterschiedlichen Reaktivität, insbesondere im Vergleich mit Alkansäuren</p> <p>Reaktionsmechanismen der sauren und der basischen Esterverseifung</p>
<p><b>1.6 Carbonylverbindungen</b></p> <p><b>Besondere Eigenschaften der C=O-Bindung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaktivität der C=O-Gruppe</li> </ul> <p><b>Technisch wichtige Carbonylverbindungen und ihre Synthese, Verwendung und Reaktionen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aldehyde (Beispiel: Acetaldehyd)</li> <li>- Ketone (Beispiel: Aceton)</li> </ul>	<p>Nachweis von Aldehyden mit der Fehling- bzw. der Tollens-Probe</p> <p>Querverweis: Oxidation von Ethanol</p> <p>Querverweis: <i>Hock'sche</i> Phenolsynthese</p>

Vernetzung: Das gesamte Themenfeld bildet die Grundlage für das Themenfeld 2.

**Themenfeld 2: Vom Strukturmerkmal zum Produkt**

**Zeitrichtwert**

**Pflichtthemenfelder: 60 Unterrichtsstunden**

**Wahlthemenfelder: 20 Unterrichtsstunden**

**Kompetenzformulierung**

Die Schülerinnen und Schüler beschreiben die Chiralität von Verbindungen als Strukturmerkmal mit vielfältigen Konsequenzen auf Reaktivität und physiologische Wirksamkeit.

Sie erläutern Strukturmerkmale, die zur Farbigkeit von Verbindungen führen, wie auch solche, die die Zugehörigkeit zur Gruppe der Kohlenhydrate darstellen. Sie unterscheiden Kohlenhydrate anhand ihrer Ketten- bzw. Ringgröße, nach der funktionellen Gruppe und anhand ihrer Zugehörigkeit zu Mono-, Oligo- bzw. Polysacchariden.

Sie beurteilen die Struktur einzelner Monomere hinsichtlich des Mechanismus der Polymerisation und der technischen Einsatzmöglichkeiten des Produkts.

Sie untersuchen und beschreiben die Eigenschaften von Fetten und Eiweißen anhand ihres strukturellen Aufbaus

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p><b>Pflichtthemenfelder:</b></p> <p><b>2.1 Stereoisomerie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlagen der Stereoisomerie</li> <li>- Chiralität am Beispiel des Wirkstoffs Thalidomid (Contergan)</li> </ul>	<p>asymmetrisch substituierte C-Atome, unterschiedliche Nomenklatur der Enantiomere nach D/L, R/S und +/-</p> <p>Aufgreifen des Contergan-Skandals, unterschiedliche Wirkung der beiden Enantiomere, hier bieten sich selbstorganisiertes Arbeiten mit Recherche in diversen Medien und die Verwendung von Modellen zur Veranschaulichung an.</p>

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p><b>2.2 Farben in Natur und Technik: Synthese von Farbstoffen und Färbetechniken</b></p> <p><b>Grundlagen der Farbigkeit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektromagnetisches Spektrum</li> <li>- Additive und subtraktive Farbmischung</li> <li>- Farbigkeit und Molekülbau</li> </ul> <p><b>Synthese von Farbstoffen</b> am Beispiel der Azofarbstoffe</p> <p><b>Färbetechniken</b> am Beispiel von</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beizenfarbstoffen</li> <li>- Küpenfarbstoffen</li> <li>- Substantivfarbstoffen</li> <li>- Reaktivfarbstoffen</li> </ul>	<p>Komplementärfarbe, Hinweis auf Kunstunterricht</p> <p>Absorption sichtbaren Lichts durch konjugierte <math>\pi</math>-Elektronensysteme</p> <p>Methylorange</p> <p>Metallkomplex-Farbstoffe</p> <p>Indigo- und Indanthren-Farbstoffe</p> <p>Polyazofarbstoffe</p> <p>Anthrachinonfarbstoffe</p> <p>Hinweis auf technische und wirtschaftliche Bedeutung mit Jahresproduktion und Umsatzzahlen</p>
<p><b>2.3 Naturstoffe: Chemie der Kohlenhydrate</b></p> <p><b>Struktur und Eigenschaften von Kohlenhydraten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einteilung der Zucker</li> <li>- Strukturen</li> <li>- Monosaccharide</li> <li>- Reduzierende und nicht reduzierende Zucker</li> <li>- Stereochemie, Mutarotation</li> </ul> <p><b>Oligo- und Polysaccharide</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Glykosidische Bindung</li> <li>- Disaccharide</li> <li>- Inversion der Saccharose</li> <li>- Polysaccharide</li> </ul>	<p>Aldosen, Ketosen, Pentosen, Hexosen, Furanosen, Pyranosen</p> <p>Hier bietet sich die Verwendung von Modellen zur selbstständigen Erarbeitung der Zuckerstrukturen an.</p> <p>Glucose, Fructose</p> <p>Bezug zu 2.1</p> <p>insbesondere anhand der Beispiele Saccharose und Stärke</p>

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p><b>2.4 Polymere</b></p> <p><b>Grundlagen der Polymerchemie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Polyreaktionen</li> <li>- Einteilung der Polymere</li> </ul> <p><b>Industrielle Anwendung verschiedener Polymerisationsverfahren und technische Bedeutung der Kunststoffe</b></p> <p>am Beispiel von</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Polystyrol</li> <li>- Polyurethan</li> <li>- Polyethylenterephthalat</li> </ul>	<p>Stufenwachstum (Polykondensation, Polyaddition), Kettenwachstum (radikalische, anionische und kationische Kettenpolymerisation)</p> <p>Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere</p> <p>Hinweis auf Umweltproblematik (Plastiktüten, Plastikmüll in den Ozeanen)</p>
<p><b>Wahlthemenfelder:</b></p> <p><b>2.5 Naturstoffe: Fette und Eiweiße</b></p> <p><b>Fette</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Struktur und räumlicher Bau</li> <li>- Eigenschaften</li> <li>- Reaktionen</li> <li>- Verwendung</li> <li>- Analytik</li> </ul> <p><b>Eiweiße</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlagen der Proteinchemie: Aminosäuren</li> <li>- Räumlicher Aufbau von Proteinen</li> <li>- Funktionen im Organismus</li> <li>- Wirtschaftliche Bedeutung von Proteinen</li> </ul>	<p>Kettenlänge, Anzahl von Doppelbindungen</p> <p>Iodzahl, Säurezahl, Verseifungszahl</p> <p>allgemeiner Aufbau, Säure-Base-Verhalten, essentielle Aminosäuren</p> <p>Primär, Sekundär-, Tertiärstruktur</p>
<p><b>2.6 Arzneimittel</b></p> <p><b>Synthese ausgewählter Wirkstoffe im Labor- und Industriemaßstab</b></p> <p>am Beispiel von</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Acetylsalicylsäure</li> <li>- Ibuprofen</li> <li>- Paracetamol</li> </ul>	<p>Entwicklung einer sinnvollen Synthesestrategie durch die Schülerinnen und Schüler, Aufzeigen von Problemen beim „Upscalen“ von Labor-Synthesen</p>



<b>Inhalte</b>	<b>Hinweise zum Unterricht</b>
<b>2.7 Natürliche Aromastoffe und umweltfreundliche Insektizide: Terpene</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Struktur und Eigenschaften</li><li>- Einteilung</li><li>- Gewinnung</li><li>- Beispiele für technisch interessante Terpene</li></ul>	

Vernetzung: Pflichtthemenfeld 2.1 mit Physiktechnik,  
Pflichtthemenfeld 2.2 mit Physiktechnik, Kunst,  
Pflichtthemenfeld 2.3 mit Chemietechnik,  
Wahlthemenfeld 2.5 mit Biologietechnik

**Themenfeld 3: Instrumentelle Analysetechniken**

**Zeitrictwert**

**Pflichtthemenfelder: 60 Unterrichtsstunden**

**Wahlthemenfelder: 20 Unterrichtsstunden**

**Kompetenzformulierung**

Die Schülerinnen und Schüler untersuchen die Funktionsweise und die Anwendungsgebiete ausgewählter Methoden der instrumentellen Analytik.

Sie beschreiben verschiedene Messprinzipien und die unterschiedlichen Bauteile der Geräte und systematisieren die Analysetechniken nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden.

Sie werten Spektren bzw. Chromatogramme aus, ziehen damit qualitative und/oder quantitative Rückschlüsse auf die untersuchte Substanz bzw. die untersuchten Substanzen und reflektieren ihre Ergebnisse.

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p><b>Pflichtthemenfelder:</b></p> <p><b>3.1 Fotometrie und UV/VIS-Spektroskopie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlagen spektroskopischer Verfahren und Messprinzipien</li> <li>- Quantitative Analyse mit der Fotometrie</li> <li>- Lichtquellen, Monochromatoren und Detektoren moderner Spektralfotometer</li> </ul>	<p>elektromagnetische Strahlung, Beziehung zwischen Energie und Wellenlänge bzw. Frequenz, Absorption, Transmission, Intensität, Extinktion, <i>Lambert-Beer'sches Gesetz</i></p> <p>Einpunkt-/Zweipunktkalibrierung, Erstellung von Kalibriergeraden mittels Computer und auf Millimeterpapier</p> <p>Funktionsprinzipien der wesentlichen Bauteile, möglicherweise durch gruppenweise Erstellung von Vorträgen</p>
<p><b>3.2 Atomabsorptionsspektroskopie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundprinzip der AAS</li> <li>- Apparativer Aufbau</li> <li>- Messung und Auswertung</li> <li>- Mögliche Störungen</li> </ul>	<p>Aufbauend auf den Grundlagen spektroskopischer Verfahren</p> <p>Lichtquellen, Atomisatoren, Monochromatoren und Detektoren</p> <p>Rückgriff auf Kalibrierverfahren, Sensibilisierung für Messfehler</p>

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p><b>3.3 Infrarot-Spektroskopie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundprinzip der IR-Spektroskopie</li> <li>- Aufbau von Zweistrahl- und FTIR-Geräten</li> <li>- Probenvorbereitung</li> <li>- Interpretation von Spektren organischer Moleküle</li> </ul>	<p>Anregung von Molekülschwingungen durch IR-Strahlung, IR-aktive Schwingungen, Wellenzahl</p> <p>Lichtquellen und Detektoren, Fourier-Transformation</p> <p>praktische Aspekte für Proben unterschiedlichen Aggregatzustands</p> <p>Schwingungsverhalten unterschiedlicher funktioneller Gruppen</p>

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p><b>Wahlthemenfelder:</b></p> <p><b>3.4 Chromatographische Trennverfahren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prinzip der Chromatographie anhand der Dünnschichtchromatographie (DC)</li> <li>- Hochleistungsflüssigkeits-Chromatographie (HPLC)</li> <li>- Gaschromatographie (GC)</li> </ul>	<p>stationäre und mobile Phase, elutrope Reihe, Adsorption, Verteilung, Auswahl des Fließmittels, Probenauftrag, Entwicklung und Detektion, Kenngrößen zur DC-Trennung</p> <p>Prinzip der HPLC, Materialien und Geräte (Eluenten, Pumpen, Injektionssysteme, Säulen, stationäre Phasen, Detektoren)</p> <p>Auswertung eines äußeren Chromatogramms bei HPLC und GC, Kenngrößen eines Chromatogramms bei der HPLC und GC</p> <p>Prinzip der GC, Materialien und Geräte (Trägergas, Injektoren, Säulen, Detektoren)</p>
<p><b>3.5 Massenspektrometrie (MS)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlagen der MS</li> <li>- Aufbau eines Massenspektrometers</li> <li>- Ionisationsmethoden</li> <li>- Auswertung von Massenspektren</li> </ul>	<p>Massenspektrum, Basispeak, Molekülpeak, einfache Fragmentierungsregeln, Isotope</p> <p>Ionenquelle, Analysator, Detektor</p> <p>Elektronenstoß-Ionisation, chemische Ionisation</p>
<p><b>3.6 Kernresonanzspektroskopie (NMR)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Physikalische Grundlagen der NMR-Spektroskopie</li> <li>- Aussagen und Auswertung von NMR-Spektren</li> <li>- Probenvorbereitung und Lösemittel</li> </ul>	<p>Kernspinresonanz, Energiezustände eines <math>^1\text{H}</math>-Kerns in Abhängigkeit von der Magnetfeldstärke, Anregung, Relaxation</p> <p>chemische Verschiebung, Spin-Spin-Kopplung, Intensität</p>

Vernetzung: Pflichtthemenfeld 3.1 mit Chemietechnik,  
 Pflichtthemenfeld 3.1 mit Physiktechnik,  
 Wahlthemenfeld 3.1 mit Biologietechnik,  
 Wahlthemenfeld 3.4 mit Biologietechnik,  
 Wahlthemenfeld 3.5 mit Physiktechnik

**Themenfeld 4: Vom Rohstoff zum Produkt****Zeitrichtwert****Pflichtthemenfelder: 60 Unterrichtsstunden****Wahlthemenfelder: 20 Unterrichtsstunden****Kompetenzformulierung**

Die Schülerinnen und Schüler untersuchen und beschreiben verschiedene großtechnische Verfahren zur Synthese von wichtigen Grundchemikalien.

Sie erklären die Wirkung von Katalysatoren auf die Kinetik chemischer Reaktionen und wenden das Massenwirkungsgesetz auf Gleichgewichtsreaktionen an. Sie berücksichtigen für die Auswahl von Reaktanden, Katalysatoren und Reaktionsbedingungen auch wirtschaftliche Gesichtspunkte und Umweltaspekte.

Sie beurteilen anhand der *Gibbs'schen* Freien Enthalpie die Freiwilligkeit des Ablaufs einer chemischen Reaktion.

Sie bewerten die voraussichtliche Qualität der Trennung eines Stoffgemisches durch Destillation anhand von Parametern wie Partialdampfdruck und Siedepunkt der Komponenten sowie der theoretischen Trennstufenzahl der verwendeten Kolonne.

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p><b>Pflichtthemenfelder</b></p> <p><b>4.1 Katalyse und Massenwirkungsgesetz am Beispiel des <i>Haber-Bosch</i>-Verfahrens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung in die Reaktionskinetik</li> <li>- Katalyse</li> <li>- Grundlagen von Gleichgewichtsreaktionen</li> <li>- Großtechnische Ammoniak-Synthese nach dem <i>Haber-Bosch</i>-Verfahren</li> </ul>	<p>Reaktionsgeschwindigkeiten, Reaktionsordnung, Konzentrations-, Zeit- und Temperaturabhängigkeit</p> <p>homogene und heterogene Katalyse, Eigenschaften und Wirkungsweisen von Katalysatoren</p> <p>kinetische Herleitung des Massenwirkungsgesetzes (MWG)</p> <p>Berechnung von Gleichgewichten</p> <p>MWG für Reaktionen in der Gasphase</p> <p>Herstellung des Edukt-Gemisches (mit energetischen Betrachtungen)</p> <p>Anwendung der Gesetzmäßigkeiten von Gleichgewicht und Katalyse auf das <i>Haber-Bosch</i>-Verfahren</p> <p>Fließschema der Ammoniak-Synthese</p>

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p><b>4.2 Grundlagen technischer Elektrolysen am Beispiel der Chlor-Alkali-Elektrolyse</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlagen der Elektrolyse</li> <li>- Chlor-Alkali-Elektrolyse (Amalgam-, Membran- und Diaphragma-Verfahren)</li> </ul>	<p>Vorgänge bei der Elektrolyse, quantitative Zusammenhänge: <i>Faraday'sche</i> Gesetze</p> <p>Probleme bei der Elektrolyse wässriger Lösungen, elektrochemische Spannungsreihe, Redoxpaare</p> <p>Betrachtung von Amalgam-, Membran- und Diaphragma-Verfahren, ihrer Unterschiede und Gemeinsamkeiten, ihrer Vor- und Nachteile</p> <p>Berücksichtigung der wirtschaftlichen Bedeutung</p>
<p><b>4.3. Die <i>Gibbs'sche</i> Freie Enthalpie als Kriterium für den Ablauf von chemischen Reaktionen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlagen der Thermodynamik</li> <li>- Die Spontanität chemischer Reaktionen</li> </ul>	<p>System und Phase, Zustandsgrößen, reversible und irreversible Prozesse</p> <p>Energie, Enthalpie, Entropie</p> <p>nullter, erster und zweiter Hauptsatz der Thermodynamik</p> <p><i>Gibbs'sche</i> Freie Enthalpie</p> <p><i>Gibbs-Helmholtz</i>-Gleichung</p> <p>Anwendung der <i>Gibbs-Helmholtz</i>-Gleichung auf Gleichgewichtsreaktionen</p>
<p><b>Wahlthemenfelder</b></p> <p><b>4.4 Trennung von Stoffgemischen durch Destillation in Labor und Betrieb</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlagen der Destillation</li> <li>- Fraktionierte Destillation am Beispiel der Erdöl-Raffination</li> </ul>	<p>Phasenumwandlung, spezifische Wärmekapazität, Verdampfungswärme, Dampfdruck, Siedepunkt, <i>Dalton'sches</i> Gesetz, <i>Raoult'sches</i> Gesetz, azeotrope Gemische</p> <p>technische Aspekte, Funktion einer Glockenbodenkolonne, Begriff der „Theoretischen Boden- bzw. Trennstufenzahl“</p> <p>Es besteht die Möglichkeit der Darstellung im Unterricht mit einem Demonstrationsexperiment, indem die Schülerinnen und Schüler aus den Daten des Experiments ein <i>McCabe-Thiele</i>-Diagramm erstellen und daraus die Bodenzahl ermitteln.</p>

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p><b>4.5 Andere großtechnische Verfahren (Salpetersäure-, Schwefelsäure- und Eisen-Herstellung)</b></p>	<p>Chemische Grundlagen und technische Durchführung des <i>Ostwald</i>- und des Doppelkontaktverfahrens sowie des Hochofenprozesses</p> <p>Einbeziehung energetischer und wirtschaftlicher Aspekte</p>
<p><b>4.6 Weitere Aspekte der Elektrochemie</b></p> <p>Anwendungen der Elektrochemie in Alltag, Wissenschaft und Technik: Batterien, Akkumulatoren, Brennstoffzelle, elektrochemische Methoden in der analytischen Chemie</p>	<p><i>Nernst</i>'sche Gleichung, Normalwasserstoffelektrode, <i>Leclanché</i>-Element, <i>Daniell</i>-Element, Bleiakkumulator, Lithiumionenakku</p> <p>Grundlagen der Potentiometrie, Konduktometrie, Auswertung der jeweiligen Ergebnisse</p>

Vernetzung: Pflichtthemenfeld 4.3 mit Physiktechnik,

Pflichtthemenfeld 4.2 mit Physiktechnik,

Wahlthemenfeld 4.6 mit Physiktechnik