

Fachlehrplan für Chemie

Online-Version/nicht für amtliche Zwecke

Inhaltsübersicht

Vorbemerkungen		Grundkurs:	
Jahrgangsstufe	9	Jahrgangsstufe	12
Jahrgangsstufe	10	Jahrgangsstufe	13
Jahrgangsstufe	11	Leistungskurs:	
(MNG, SWG)		Jahrgangsstufe	12
Jahrgangsstufe	11	Jahrgangsstufe	13
(HG, NG, MuG, WWG)			

Vorbemerkungen

Die Fachlehrpläne bilden die vierte Ebene des Lehrplans für das bayerische Gymnasium (KWMBI I 1990 So.-Nr. 3 S. 125 ff.). Sie enthalten eine ausführliche Darstellung der Ziele und Inhalte des Fachunterrichts.

Für jeden Lehrplanabschnitt werden zunächst **Ziele** beschrieben. Die Beschreibung dieser Ziele soll jeweils deutlich machen, auf welche Art von Entwicklungsprozessen es im Unterricht bei den Schülern ankommt. Bei diesen Prozessen lassen sich vier didaktische Schwerpunkte (a. a. O., S. 138, Ziff. 19) unterscheiden, die für schulisches Lernen im Hinblick auf die personale Entwicklung der Schüler bedeutsam sind: (1.) Wissen, (2.) Können und Anwenden, (3.) Produktives Denken und Gestalten, (4.) Wertorientierung. Diese didaktischen Schwerpunkte stehen in einem inneren Zusammenhang, doch hat jeder seinen eigenen Charakter, der in der Zielformulierung zum Ausdruck kommt.

Danach kommen die **Inhalte**; sie werden in zwei Spalten dargestellt, in der linken aus der Sicht des Faches (vor allem Begriffe, Fakten, Themenbereiche, Daten), in der rechten aus der Sicht des Lehrens und Lernens (vor allem Denkweisen, Prozesse, Wertvorstellungen, daneben auch stoffliche Präzisierung).

Bei chemischen Verbindungen, die als Inhalte aufgeführt sind, werden in der Regel Strukturformeln bzw. kennzeichnende Strukturformelausschnitte gefordert. Wo dies nicht notwendig sein sollte, ist es im Lehrplan ausdrücklich anders vermerkt.

Hinweise auf **Querbezüge** zu anderen Fächern und auf fächerübergreifende Bildungs- und Erziehungsaufgaben erfolgen mit Hilfe der Abkürzungen* (nach den Vorbemerkungen), die auch in den Rahmenplänen verwendet werden. Sie sind näher erläutert, wo sie nicht ohne weiteres verständlich sind.

Hinweise auf bestimmte Lehrplanstellen im Fach Chemie erfolgen durch Angabe des Fachsymbols, der Jahrgangsstufe und des Themenbereichs (z.B.: vgl. C10.3).

Den einzelnen Themenbereichen der Jahrgangsstufen 9 - 11 sind **Grundbegriffe** zugeordnet. Damit soll herausgestellt werden, daß bestimmte Inhalte (viele Grundbegriffe stehen stellvertretend für einen komplexen Sachverhalt) von besonderer Bedeutung für einen aufbauenden Unterricht sind. Auf das Einüben und Wiederholen sowie das Erkennen der zugrundeliegenden Zusammenhänge ist hier besonderer Wert zu legen. So wird ein fachbegrifflicher Bezugsrahmen geschaffen, der es erleichtert, Wissen auch über die jeweilige Jahrgangsstufe hinaus zu aktivieren und abzurufen. Innerhalb der Gesamtheit der für einen lehrplangemäßen Unterricht notwendigen Fachbegriffe stellen die Grundbegriffe somit einen besonders wichtigen Mindestkatalog dar.

Der Chemieunterricht schließt in den Jahrgangsstufen 9 und 10 des Mathematisch-naturwissenschaftlichen Gymnasiums verbindliche **Übungsstunden** sowie im Leistungskurs verbindliche **Praktika** mit ein. Inhalte, die sich besonders für experimentelles Arbeiten der Schüler eignen, sind im Lehrplan durch

ein (Ü) bzw. (Pr) gekennzeichnet. Um darüber hinaus den hohen Wert selbständigen Experimentierens für den Unterricht zu nutzen, werden im Lehrplan auch für Ausbildungsrichtungen und Jahrgangsstufen, in denen Übungsstunden nicht verpflichtend sind, einzelne Übungen bzw. Praktika empfohlen. Auch besteht die Möglichkeit der thematischen Verknüpfung einzelner Übungsstunden im Sinne eines **projektorientierten Unterrichts**.

Bei der Vorbereitung und Durchführung von Demonstrationsexperimenten, Schülerübungen und Praktika sind die **Richtlinien zur Sicherheit im naturwissenschaftlichen Unterricht an den Schulen in Bayern** in der jeweils geltenden Fassung zu beachten.

Für alle Jahrgangsstufen gilt auch der Auftrag zur **Pflege der deutschen Sprache (6 DS)**. Vielfältige Möglichkeiten, Sprachrichtigkeit und angemessenen Ausdruck bewußt zu fördern, bieten z.B. das Beschreiben und Analysieren von Phänomenen, das Referat oder die Abfassung schriftlicher Auswertungen.

Alle Aussagen im Lehrplan sind Teil der verbindlichen Vorgaben für den Unterricht, der den Schülern zugeordnet ist. Ausführungen, die nur Anregungen oder Beispiele geben sollen, sind durch den Sprachgebrauch als solche gekennzeichnet. Die als **Zeitrichtwerte** genannten Stundenzahlen geben einen Hinweis für die Unterrichtsplanung, sind aber nicht verbindlich. Ebenfalls nicht verbindlich ist die **Reihenfolge**, in der die Ziele und Inhalte innerhalb einer Jahrgangsstufe angeordnet sind. Sie kann, soweit sie nicht durch den logischen Aufbau der Chemie bedingt ist, nach dem Ermessen des Lehrers abgeändert werden.

Für das Erreichen der Ziele des Fachunterrichts (Darbietung und Erarbeitung des Lehrstoffs, Einübung, Wiederholung, Beobachtung des Lernfortschritts und mündliche Leistungsnachweise) rechnet der Lehrplan bei einem einstündigen Fach mit 28 Unterrichtsstunden im Schuljahr, bei einem mehrstündigen mit einem entsprechenden Vielfachen. Von den darüber hinaus verfügbaren Stunden wird ein Teil für die Durchführung der Schulaufgaben benötigt; in den übrigen Stunden ist der **pädagogische Freiraum** (a. a. O., S. 138, Ziff. 20) enthalten.

* Abkürzungen

Fächer:

B Biologie
C Chemie
D Deutsch
E Englisch
Ek Erdkunde
Eth Ethik
Ev Ev. Religionslehre
F Französisch
Fs Fremdsprachen
mFs moderne Fremdsprachen
G Geschichte
Gr Griechisch
Hw Hauswirtschaft
It Italienisch
K Kath. Religionslehre
Ku Kunsterziehung
L Latein
M Mathematik
Mu Musik
Nw Naturwissenschaften
Ph Physik
Ru Russisch
Rw Rechnungswesen
S Sport
SG Sozialpraktische Grundbildung
Sk Sozialkunde
Sp Spanisch

Fächerübergreifende Bildungs- und Erziehungsaufgaben:

BO Berufliche Orientierung
DF Deutsche Frage
DSP Pflege der deutschen Sprache
DW "Dritte Welt"
EU Europa
FA Familien- und Sexualerziehung
FR Friedenserziehung
FZ Freizeiterziehung
GE Gesundheitserziehung
ITG Informationstechnische Grundbildung
MB Musische Bildung
ME Medienerziehung
MT Mensch und Technik
PP Politische Bildung
UU Umwelterziehung
VV Verkehrserziehung
WW Weltbild - Weltdeutung

TmW Textilarbeit mit Werken
WR Wirtschafts- und Rechtslehre

Jahrgangsstufe 9

(MNG 2 + 1Ü, SWG 2*)

1 Stoffe und Reaktionen

(ca. 10 Std.)

Die Vielfalt von Stoffen auf der Erde und ihre Bedeutung in allen Lebensbereichen ist Ausgangspunkt für ihre Erkundung im Unterricht. Das erstaunliche Phänomen der Stoffumwandlung soll den Schülern eindringlich nahegebracht werden. Gerade die Schülerübungen (Ü) führen an Arbeitsweisen des Chemikers heran und fördern die Freude an der Chemie.

Grundfragen und Aufgaben der Chemie
(6 W, MT, U, GE, BO)

Hinweise auch im weiteren Unterricht

Gemische und Reinstoffe (Ü)

Beispiele vor allem aus dem Erfahrungsbereich der Schüler

- homogene und heterogene Gemische

- einfache Trennverfahren zur Gewinnung von Reinstoffen

Anwendung von Trennverfahren, z.B. bei der Erdölverarbeitung, Trinkwasseraufbereitung (6 U)

- Kenneigenschaften von Reinstoffen

Bedeutung intensiver Größen (6 Ph 8/9: Dichte/Temperaturmessung)

chemische Reaktion (Ü)

- Zersetzung (Analyse), Aufbau (Synthese) und Umsetzung

Beschreiben durchgeführter Reaktionen mit "Wortgleichungen" (6 B)

* Am Sozialwissenschaftlichen Gymnasium sind in der Stundentafel keine verpflichtenden Schülerübungen vorgesehen. Dennoch werden auch für diese Ausbildungsrichtung einzelne Übungsstunden empfohlen.

- | | |
|--------------------------|--|
| - Verbindung und Element | Unterscheiden anhand von Experimenten |
| - Energiebeteiligung | exotherme und endotherme Reaktionen, Aktivierungsenergie, Energieformen (6 Ph9: Energieerhaltung, 6 B9: Energiehaushalt der Zelle) |

Grundbegriffe: Reinstoff, Verbindung, Element, Zersetzung (Analyse), Aufbau (Synthese), Umsetzung, exotherm, endotherm

2 Teilchenstruktur der Materie (ca. 8 Std.)

Einfache Versuche machen den Schülern grundlegende quantitative Gesetzmäßigkeiten chemischer Reaktionen bewußt. Diese werden auf der Grundlage eines Teilchenmodells erklärt. Erstmals erhalten die Schüler einen Eindruck von der Notwendigkeit des Denkens in Modellen und des quantitativen Arbeitens in der Naturwissenschaft Chemie.

Teilchenmodell	Erklärung bestimmter Phänomene, z.B. Aggregatzustände, Diffusion; (6 Ph9: innere Energie, 6 B9: Osmose)
Erhaltung der Masse bei Reaktionen und konstante Zusammensetzung von Verbindungen (Ü)	Hinweis auf die Anfänge der quantitativen Chemie
Daltonsche Atomhypothese (6W)	Aspekte der historischen Entwicklung
atomare Masseneinheit	Bezug zur Einheit Kilogramm
Volumenverhältnisse bei Gasreaktionen: Molekülbegriff	experimentelle Bestätigung des Gesetzes der ganzzahligen Volumenverhältnisse; Satz von Avogadro (6 Ph9: allgemeine Gasgleichung)
Atome und Atomverbände in der chemischen Symbolsprache: stöchiometrische Wertigkeit	Erstellen empirischer Formeln; Einüben im weiteren Unterricht

Grundbegriffe: Atom, Molekül, Atom- und Molekülmasse, chemische Formel, stöchiometrische Wertigkeit

3 Reaktionsgleichungen und ihre Aussagen (ca. 8 Std.)

Ausgehend von der Bedeutung chemischer Symbole lernen die Schüler Reaktionsgleichungen als wesentlichen Teil der chemischen Fachsprache kennen. Anhand einfacher, praxisbezogener Beispiele üben sich die Schüler im quantitativen Erfassen und Vergleichen des Stoff- und Energieumsatzes chemischer Reaktionen.

Reaktionsgleichungen	Aufstellen einfacher Reaktionsgleichungen; Beispiele auch aus den Bereichen Umweltschutz und Technik (6 U, MT); Einüben im weiteren Unterricht
----------------------	--

Stoffumsatz (Ü)

- Stoffmenge als Basisgröße Vergleich der Einheit Mol mit anderen Mengenangaben
- molare Größen Avogadro-Konstante, molare Masse, molares Volumen
- Berechnungen Anwenden und Lösen von Größengleichungen (6 M); Einüben im weiteren Unterricht an praxisbezogenen Beispielen

Energieumsatz (Ü)

(6 Ph9: Energieerhaltung); experimentelle Ermittlung einer Reaktionsenthalpie; Aktivierungsenthalpie; Berechnungen (auch bei C9.4 und C9.6 möglich)

Grundbegriffe: Reaktionsgleichung, Stoffmenge, molare Größen, Reaktionsenthalpie, Aktivierungsenthalpie

4 Vielfalt und Ordnung chemischer Reaktionen

(ca. 14 Std.)

Anhand von Experimentalbefunden sowie durch die Beschreibung von Stoffumwandlungen in Natur und Technik werden sich die Schüler der großen Vielfalt und Bedeutung der Vorgänge bewußt, an denen Sauerstoff bzw. Wasserstoff beteiligt ist. Die Beobachtung und Deutung von Gemeinsamkeiten bei den verschiedenen Vorgängen führen zu einer grundlegenden Systematisierung chemischer Reaktionen.

Oxidation und Reduktion (Ü)

- Luft und Sauerstoff Luft als Gasgemisch; Erfassen der Bedeutung der Luft und Problematik der Luftverschmutzung (6 Ek; 6 U, MT, GE, EU)
- Oxidation als Sauerstoffaufnahme Veranschaulichen der Vielfalt der Oxidationsprozesse; Bedeutung für die Energiefreisetzung in Natur und Technik (6 B9: Leistungen der Zelle, Ph9: Wärmeenergie-maschinen); Hinweis auf Verhütung und Bekämpfung von Bränden, ggf. unter Einbeziehung eines Sachverständigen der Feuerwehr
- Oxide und Oxidationsmittel Vorstellen biologisch und technisch bedeutsamer Oxide; Hinweis auf den Einsatz von Oxidationsmitteln in Technik, Industrie und Haushalt (6 Hw; 6 U, MT)
- Wasserstoff als Reduktionsmittel:
Reduktion Gewinnung, Eigenschaften, Funktion als Energieträger; Energiebilanz (vgl. C9.3)
- Redoxreaktion als Sauerstoffübertragung Hinweis auf Metallgewinnung aus Erzen, Kohlenstoff als Reduktionsmittel; Aufgreifen kulturgeschichtlicher Aspekte (6 G)

saure und alkalische Lösungen (Ü): Indikatoren, Neutralisation	Reaktion ausgewählter Oxide und Nichtmetall- Wasserstoff-Verbindungen mit Wasser; Verhal- ten saurer Lösungen gegenüber Metallen; Bedeutung von Säuren und Laugen in Natur und Technik (6 B; 6 MT, U)
Katalyse	metastabiler Zustand; Einsatz von Katalysatoren zur Schadstoffminderung (6 U)
Grundbegriffe: Oxidation, Reduktion, Redoxreaktion, Säure, Lauge, Neutralisation, Indikator, Katalyse	

5 Atombau und gekürztes Periodensystem der Elemente (PSE) (ca. 6 Std.)

Die Schüler begreifen, daß neue Erkenntnisse zu einer Weiterentwicklung bzw. Ablösung bisheriger Modellvorstellungen führen. Sie sollen dabei das für die Naturwissenschaften so typische Wechselspiel von experimentellem Arbeiten und erklärender Modellbildung nachvollziehen. Neue Modellvorstellungen zum Atombau helfen den Schülern, die Elementanordnung im Periodensystem besser zu verstehen und dieses als Informationsquelle zu nutzen.

Kern-Hülle-Modell (6 W)	(6 Ph10: Kernenergie)
- Bausteine der Atome: Proton, Neutron, Elektron	Radioaktivität als Folge des Atomzerfalls; Folgerungen aus dem Rutherford'schen Streuver- such; Isotopie
- Verteilung der Elektronen in der Hülle	Energistufen; Hauptquantenzahl
Ordnung der Elemente im PSE	historische Aspekte (vgl. C10.1)
- gekürztes PSE	Zusammenhang zwischen Atombau und Position im PSE
- Elektronenkonfiguration und Reaktions- verhalten	Valenzelektronen; Oktettregel; Erkennen des Zusammenhangs mit der stöchiometrischen Wertigkeit

Grundbegriffe: Elementarteilchen, Isotopie, Valenzelektronen, Oktettregel, Periodensystem der Elemente

6 Salze (ca. 10 Std.)

Die experimentelle Untersuchung von Salzen und die Deutung der Befunde auf der Ebene der Teilchen führen zum Ionenmodell und zur Beschreibung der in diesen Verbindungen wirksamen Kräfte durch die Ionenbindung.

An Beispielen, die ggf. Salzlagerstätten des Heimatraums einbeziehen, sollen die Schüler eine Vorstellung von der vielfältigen Bedeutung von Salzen erhalten.

Eigenschaften, Bau und Bedeutung von Salzen (Ü)	Untersuchen der elektrischen Leitfähigkeit; Salze als Mineralien, ggf. Besuchen oder Gestalten einer Mineralienausstellung (6 MB, FZ); einfache Ionennachweise; Bedeutung, z.B. als chemische Rohstoffe (6 Ek), Bestandteile in mineralischen Handelsdüngern und Heilwässern (6 MT, U); Hinweis auf die Bedeutung des Salzhandels (6 G7: Handel im Mittelalter)
- Ionen als Ladungsträger	
- Ionenbildung (Ü): Kation, Anion, Ionenladung	Synthese von Salzen; Hinweis auf den Prozeß der Ionenentladung bei Elektrolysen
- Ionenbindung und Ionengitter	elektrostatische Anziehung; Gitterenthalpie als "Triebkraft" der Salzbildung (Energiebilanz)

Grundbegriffe: Salz, Kation, Anion, Elektrolyse, Ionengitter, Gitterenthalpie

Jahrgangsstufe 10

(MNG 2 + 1Ü, SWG 2*)

1 Elemente und Elementgruppen des gekürzten Periodensystems (PSE) (ca. 6 Std.)

Am Beispiel der reaktionsfreudigen Alkalimetalle und Halogene soll den Schülern bewußt werden, daß chemische Elemente aufgrund ähnlicher Eigenschaften in Elementgruppen zusammengefaßt werden können. Die Erkenntnisse über den Atombau aus der Jahrgangsstufe 9 befähigen die Schüler, die Periodizität einiger Eigenschaften zu deuten. Mit der wachsenden Einsicht in diese Zusammenhänge wird das Periodensystem immer mehr zu einem wichtigen Arbeitsmittel im Chemieunterricht.

Elementgruppen der Alkalimetalle und Halogene: abgestufte Ähnlichkeiten im Reaktionsverhalten	Übereinstimmungen und Unterschiede innerhalb der Elementgruppen; Eingehen auf die Bedeutung der Halogene und die Umweltproblematik organischer Halogenverbindungen (6 B10: Gesunderhaltung des menschlichen Körpers; 6 MT, U, GE)
--	---

* Am Sozialwissenschaftlichen Gymnasium sind in der Stundentafel keine verpflichtenden Schülerübungen vorgesehen. Dennoch werden auch für diese Ausbildungsrichtung einzelne Übungsstunden empfohlen.

Ordnungsprinzip und Informationsinhalt des PSE Einbeziehen der Vorkenntnisse zum Atombau; Hinweis auf die historische Entwicklung des PSE; Periodizität wichtiger Eigenschaften

Grundbegriffe: Elementgruppe, Periode, Metall-/Nichtmetallcharakter

2 Struktur und Eigenschaften molekularer Stoffe (ca. 12 Std.)

Ausgehend von wichtigen molekularen Stoffen lernen die Schüler einfache Modellvorstellungen kennen, die den Zusammenhalt der Atome und den räumlichen Bau der Moleküle beschreiben.

Der Zusammenhang zwischen Struktur und Eigenschaften, der insbesondere am Beispiel des Wassers analysiert wird, zeigt den Schülern eindringlich, daß der Molekülbau letztendlich die überragende Bedeutung des Wassers für das Leben auf der Erde bestimmt.

Elektronenpaarbindung	Vergleich mit der Ionenbindung
- Einfach- und Mehrfachbindung - Valenzstrich-Formeln	Aufstellen von Elektronenformeln, Einüben im weiteren Unterricht
räumlicher Bau einfacher Moleküle: Elektronenpaar-Abstoßungsmodell	vereinfachte bildhafte Darstellung des Orbitals als Aufenthaltsraum eines Elektronenpaares; Tragfähigkeit und Grenzen einer Modellvorstellung (6 W); Arbeiten mit Molekülbaukästen; Einbeziehen von organischen Verbindungen
Dipolmoleküle	Elektronegativität; Bindungspolarität; Molekülpolarität; zwischenmolekulare Kräfte
Wasser (Ü): Eigenschaften, Struktur und Bedeutung	Erklärung wichtiger Eigenschaften aufgrund der Wasserstoffbrückenbindungen; Wasserkreislauf und Lösungsvorgänge als zentrale Prozesse im Naturhaushalt (6 U, GE)
vom Kleinmolekül zum Makromolekül (Ü)	Vorstellen natürlicher und künstlicher makromolekularer Stoffe; Einbeziehen von Modifikationen

Grundbegriffe: Elektronenpaarbindung, Molekülgeometrie, Elektronegativität, Dipolmolekül, zwischenmolekulare Kräfte, Hydratation

3 Protonenübergänge (ca. 8 Std.)

Auf der Suche nach der Erklärung der Eigenschaften von sauren bzw. alkalischen Lösungen werden die Schüler über das Experiment an das gemeinsame Prinzip herangeführt. Mit dem Brönstedtschen Säure-Base-Begriff können sie die Phänomene auf der Teilchenebene beschreiben und die Vielfalt und Bedeutung von Protolysen besser erfassen.

Säuren und Basen (Ü)	heterolytische Bindungstrennung; pH-Wert als Maß für die Oxoniumionen-Konzentration; Säure-Base-Funktion in Abhängigkeit vom Reaktionspartner; Verwendung von Säuren und Basen in Haushalt und Technik (6 Hw10; 6 U, GE, MT); (6 B10: Stoffwechsel)
- Säuren als Protonendonatoren	
- Basen als Protonenakzeptoren	
- Ampholyte	
Neutralisation (Ü)	Entsorgung saurer bzw. alkalischer Lösungen durch Neutralisation (6 U, GE, MT)
- Neutralisation als Protolysereaktion	
- Säure-Base-Titration	Maßanalyse: Durchführung, Berechnung (Wiederholen von Größen und Einheiten), Anwendung (6 M)
Grundbegriffe: Säure, Base, Ampholyt, Protolyse, Neutralisation, Äquivalenzpunkt, Maßanalyse, Stoffmengenkonzentration	

4 Elektronenübergänge (ca. 8 Std.)

Auf der Grundlage der erweiterten Begriffe erkennen die Schüler, daß mit jedem Oxidationsvorgang ein Reduktionsvorgang untrennbar verbunden ist. Die Analogie zur Begriffsbildung bei Säuren und Basen wird durch das Donator-Akzeptor-Prinzip deutlich. Die Schüler sollen an dieser Stelle auch einen Eindruck von der großen Bedeutung von Redoxreaktionen in Natur und Technik gewinnen.

Redoxreaktionen (Ü)	Bedeutung von Redoxvorgängen; Hinweis auf Solar-Wasserstoff-Technologie und Brennstoffzelle (6 Ph10: Energietechnik; 6 MT, U)
- Oxidation als Elektronenabgabe, Reduktion als Elektronenaufnahme	
- Oxidationsstufe	Anwenden des formalen Konzepts zur Ermittlung der Oxidationszahl; Herstellen von Bezügen zum PSE
- Redoxgleichung: Teilgleichungen	Auswerten geeigneter Versuche: Aufstellen der Redoxgleichungen; Einüben auch im weiteren Unterricht

Grundbegriffe: Oxidation, Reduktion, Redoxreaktion, Oxidationsstufe

5 Chemie - Technik - Umwelt (ca. 22 Std.)

An ausgewählten Verbindungen verschiedener Hauptgruppenelemente erhalten die Schüler einen Überblick über die Gewinnung einiger chemischer Grundstoffe und deren Bedeutung für Industrie, Landwirtschaft und Umwelt. Die exemplarische Besprechung großtechnischer Verfahren zeigt auch die zunehmende Bedeutung umweltfreundlicher Technologien. Die Schüler wenden bisher erworbene Kenntnisse und Fähigkeiten an und ermessen gleichzeitig die Bedeutung theoretischer Grundlagen für Lösungen in der Praxis.

Gewinnung, Eigenschaften und Anwendungsbereiche großtechnisch wichtiger Säuren	stark vereinfachte Darstellung je eines technischen Verfahrens zur Herstellung der Säuren; Reduzierung der Schadstoffemissionen durch Doppelkontaktverfahren und Recycling (6 U, MT); Rückbezug auf C10.3 und C10.4 (saure und oxidierende Wirkung)
- Schwefelsäure - Salpetersäure	
Zusammensetzung und Bedeutung von Düngemitteln (Ü)	Unterscheiden zwischen mineralischem Dünger und Wirtschaftsdünger; Mineralsalzbedarf von Böden bei landwirtschaftlicher Nutzung; Folgeprobleme der Überdüngung für Boden, Oberflächen- und Grundwasser (6 B10, Hw10; gesunde Ernährung; 6 U, GE, DW)
Kalkstein und hartes Wasser (Ü)	Bedeutung der Carbonat-Hydrogencarbonat-Übergänge in Natur, Haushalt und Technik (6 Ek); Hinweis auf Möglichkeiten der Wasserenthärtung (6 U)
Carbonate, Silicate, Quarz - Rohstoffe mit vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten	
- Kalk und Mörtel	Vorgänge des Brennens, Löschens und Abbindens
- natürliche und technische Silicate	Vorstellen von Strukturen natürlicher Silicate; Hinweis auf Edelsteine bzw. Schmucksteine (6 MB); ausgewählte Beispiele technischer Silicate wie Glas, keramische Werkstoffe, Zement (6 MT)
- vom Quarz zum Reinstsilicium	Beschränken auf wesentliche Schritte; Veranschaulichen der Kristallstruktur von Reinstsilicium; Dotierung (6 Ph10); Bedeutung für Elektronik (6 ITG, ME) und Solartechnologie (vgl. C10.4)
Kohlenwasserstoffe als Energieträger (6 Ph10: Wärmeenergiewerke)	Ausgehen von der Entstehung und Bedeutung fossiler Energieträger; Hinweis auf die Energiesituation Deutschlands und der Welt (6 Ek; 6 EU, DW, P)
- Gewinnung und Verarbeitung von Erdöl (6 Ek; 6 MT)	wichtige Raffinerieprozesse im Überblick; Hinweise auf Umweltprobleme (6 U)

- gasförmige Schadstoffe aus der Verbrennung fossiler Energieträger (6 U, GE, MT): Schwefel-, Stickstoff- und Kohlenstoffoxide
Unterscheiden zwischen Emission und Immission; Vergleich der Toxizität; Eingehen auf Entstehung, Anreicherung, Reaktivität und Schädigung (MAK- und MIK-Werte) anhand aktueller Beispiele (6 B10: Atmung); Hinweise auf andere Emissionsquellen (Müllverbrennungsanlagen u.a.) und Emittate (Stäube u.a.)
- Emissionsminderung durch Anwendung moderner Abgastechnologien (6 MT, U): Möglichkeiten und Probleme
Abgasreinigungsverfahren, z.B. bei Kraftwerken und Kraftfahrzeugen; Hinweis auf die lufthygienische Überwachung; Gespräch über weitere Möglichkeiten der Emissionsminderung (6 V, FZ, DS), z.B. Energieeinsparung auch im privaten Bereich; (6 WR10: Umweltschutz als Ziel der Sozialen Marktwirtschaft)

Grundbegriffe: oxidierende Säure, Überdüngung, Wasserhärte, fossile Energieträger, Emission, Immission

Jahrgangsstufe 11

(MNG 3*, SWG 2*)

1 Chemie wichtiger Übergangsmetalle

(MNG ca. 15 Std., SWG ca. 5 Std.)

Anhand ausgewählter Nebengruppenelemente festigen und erweitern die Schüler ihre Vorstellungen vom Bau der Atome und können so kennzeichnende Elementeigenschaften besser verstehen. Ausgehend von der für die Übergangsmetalle typischen Komplexbildung stellt sich die Frage nach den Kennzeichen der hierbei entstehenden Verbindungsgruppe. Die Bedeutung der Metallkomplexe in den verschiedenen Lebensbereichen soll für die Schüler einsichtig werden.

Atombau der Nebengruppenelemente

- Bau der Atomhülle
Energieniveaus und Quantenzahlen
- vollständiges Periodensystem
Orbitalbesetzung bei Haupt- und Nebengruppenelementen; Einordnung der Übergangsmetalle in das PSE

nur MNG: kennzeichnende Eigenschaften (Ü)

- Metallcharakter
einfaches Modell der Metallbindung; Hinweis auf wichtige Gebrauchsmetalle (6 MT)

ÄÄÄÄÄÄÄÄÄÄÄÄÄÄÄÄÄÄ

* Einzelne Schülerübungen werden auch in dieser Jahrgangsstufe empfohlen, sind aber nicht verbindlich.

- Änderung der Oxidationsstufe Erarbeiten anhand ausgewählter Reaktionen; Zusammenhang mit der Elektronenkonfiguration
- Komplexbildung:
Bau von Komplexverbindungen Zentralatom/-ion, Ligand, Koordinationszahl; keine vertiefte Behandlung der Bindungsverhältnisse und der Nomenklatur;
Ligandenaustausch Demonstration einiger Reaktionen
- nur MNG*: Komplexverbindungen in Natur, Alltag und Technik Hinweis auf biologisch wichtige Komplexe, z.B. Hämoglobin, Chlorophyll (6 B12); Komplexbildung, z.B. bei Photographie (6 Ku; 6 MB), Waschvorgang, Metallgewinnung; Ansprechen der Umweltgefährdung durch Schwermetalle und deren Komplexverbindungen (6 B, Ek; 6 U, GE)

Grundbegriffe: Energiestufen, Nebengruppenelement, *nur MNG*: Komplexverbindung

2 Chemische Reaktionen als dynamische Gleichgewichte (MNG ca. 30 Std.) (SWG ca. 24 Std.)

Die Auseinandersetzung mit Experimentalbefunden eröffnet den Schülern grundlegende Gesetzmäßigkeiten der Dynamik chemischer Reaktionen, die sie auch quantitativ zu beschreiben lernen. Die praktische Bedeutung dieser Vorstellungen erkennen die Schüler z.B. in den Möglichkeiten der Steuerung chemischer Prozesse in Labor und Technik.

Durch quantitatives Erfassen von Protolysegleichgewichten erarbeiten die Schüler wichtige Grundlagen, um eine Vielzahl von Vorgängen in der belebten und unbelebten Natur in ihren Zusammenhängen verstehen zu können.

- Reaktionsgeschwindigkeit Bedingungen für den Eintritt einer Reaktion; Klärung des Begriffs; Ermittlung der Geschwindigkeit einer Reaktion;
- Abhängigkeit von Reaktionsbedingungen (\dot{U}) Einfluß von Konzentration (Druck), Temperatur, Zerteilungsgrad, Katalysator
- chemisches Gleichgewicht (6 W)
- umkehrbare und unvollständig ablaufende Reaktionen Auswerten geeigneter Experimente
- dynamisches Gleichgewicht Hin- und Rückreaktion; modellhafte Darstellung; evtl. Computereinsatz
- Massenwirkungsgesetz (MWG) Ableitung aus der Kinetik; rechnerische Anwendung auf wenige einfache Beispiele (6 M)
- Beeinflussung von Gleichgewichtslage und Ausbeute Anwenden des Prinzips von Le Chatelier und Braun; Hinweis auf Fließgleichgewichte in offenen Systemen (6 B12)

- *nur MNG*: Ammoniaksynthese nach Haber und Bosch: Rohstoffe, Kreisprozeß, Hochdruckverfahren, Katalyse Übertragung eines Laborversuchs in ein großtechnisches Verfahren (6 MT); wirtschaftliche Bedeutung; Hinweis auf den natürlichen Stickstoffkreislauf (6 B12; 6 U)
 - Protolysegleichgewichte Wiederholen von Grundlagen (vgl. C10.3)
 - Ionenprodukt des Wassers Anwenden des MWG auf die Autoprotolyse des Wassers
 - pH-Wert Messung in verschiedenen Proben, z.B. Getränken, Haushaltschemikalien, Gewässern, Böden (6 U, GE); Berechnen des pH-Wertes von Lösungen starker und schwacher einwertiger Säuren und Basen (6 M)
 - Säure- bzw. Basenstärke und pK-Wert (Ü)
 - *nur MNG*: Puffersysteme Aufzeigen der Wirkungsweise; Hinweis auf die Bedeutung, z.B. in biologischen Systemen und Böden (6 B12; 6 U)
- Grundbegriffe:** Reaktionsgeschwindigkeit, dynamisches Gleichgewicht, Massenwirkungsgesetz, Prinzip von Le Chatelier und Braun, pH-Wert, pK-Wert, *nur MNG*: Puffer

3 Elektrochemie

(MNG ca. 34 Std., SWG ca. 22 Std.)

Aufbauend auf den vorhandenen Kenntnissen wird den Schülern bewußt, daß elektrochemische Prozesse als Gleichgewichtsreaktionen durch das Massenwirkungsgesetz beschrieben werden können. Mit der Behandlung von elektrochemischen Energiequellen, Elektrolyse- und Korrosionsvorgängen werden auch gesellschaftlich und wirtschaftlich wichtige Themen angesprochen. Sie führen den Schülern die Bedeutung der Chemie für die Lösung technologischer und umweltrelevanter Fragen vor Augen.

- Redoxgleichgewichte Wiederholen von Grundlagen (vgl. C10.4)
 - Redoxreihe experimentelle Ableitung für einige Metalle und Nichtmetalle
 - galvanisches Element und Potentialdifferenz (Ü) Kombination verschiedener Halbzellen
 - Standardpotentiale und Spannungsreihe Standard-Wasserstoff-Halbzelle (Normalwasserstoffelektrode) als Bezugssystem; Hinweis auf biologische Redoxsysteme (6 B12)
 - *nur MNG*: Konzentrationsabhängigkeit des Potentials: Konzentrationskette, Nernstsche Gleichung einfache Anwendungsbeispiele wie pH-Elektrode, Sauerstoffelektrode (Lambda-Sonde) (6 MT, U); Hinweis auf Membranpotentiale (6 B13)
- elektrochemische Stromerzeugung
(SWG: zwei der folgenden Beispiele)
- Taschenbatterie
 - Akkumulator
 - Brennstoffzelle
- Aufbau und Funktionsweise; Leistung, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit (6 Ph10; 6 U, MT)

Elektrolyse

- Elektrolyse als erzwungene Redoxreaktion Messen von Zersetzungsspannung und Überspannung
- *nur MNG*: quantitative Behandlung: Faradaysche Gesetze Eingehen auf den Energiebedarf bei Elektrolysevorgängen (6 MT, U)
- Anwendungen in der Technik (6 MT, U, GE): (SWG: eines der folgenden Beispiele) Aluminiumgewinnung, Chlor-Alkali-Elektrolyse Verfahren, wirtschaftliche Bedeutung, Umweltbelastung; Möglichkeiten der Emissionsminderung, Recycling

Korrosion

- elektrochemische Korrosion Demonstration von Kontaktelementen; Korrosionsbeschleunigung durch Schadstoffe (6 U)
- Rosten von Eisen vereinfachte Darstellung der chemischen Vorgänge; wirtschaftliche Bedeutung
- Korrosionsschutz Aufzeigen verschiedener Möglichkeiten, z.B. Einsatz von Legierungen, Anstriche und metallische Überzüge, kathodischer Schutz (6 MT, U)

Grundbegriffe: galvanisches Element, Standardpotential, Spannungsreihe, Elektrolyse, Korrosion

4 Der Chemiebetrieb

(MNG, SWG ca. 5 Std.)

An einem Betrieb, in dem chemische Verfahren eine bedeutende Rolle spielen, wird den Schülern der Unterschied zwischen Laborverfahren und technischer Anwendung deutlich. Sie informieren sich dabei nicht nur über fachliche und verfahrenstechnische Probleme und Lösungen, sondern lernen auch die Vielfalt der Anforderungen kennen, die aus ökonomischer, ökologischer und sozialer Sicht an ein Wirtschaftsunternehmen gestellt werden.

- Produktionsgrundlagen und Produktionsfolgen Auswahl des Betriebes nach regionalen Gegebenheiten; Betriebserkundung als Unterrichtsprojekt, möglichst in Zusammenarbeit mit anderen Fächern (6 Ek11, SG, WR);
- chemische Vorgänge bei wichtigen Produktionsschritten bzw. Verfahren Rohstoffe und Aufbereitung; Gegenüberstellen von "Chemie im Labor" und "Chemie im betrieblichen Anwendungsbereich"
- Produktionsanlage der Betrieb als Wirtschaftsunternehmen und Arbeitsplatz (6 MT, GE: Arbeitsschutz, BO: Berufsbilder)
- Umweltschutzmaßnahmen Umweltbelastungen und betriebliche Maßnahmen zum Umweltschutz (6 U, P)

1 Stoffe und Reaktionen

(ca. 20 Std.)

Ausgehend von der Bedeutung chemischer Produkte und Vorgänge auch im täglichen Leben setzen sich die Schüler unter Einbeziehung und Vertiefung der bereits gewonnenen Einblicke in naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen mit Grundfragen der Chemie auseinander. Modellvorstellungen zum Aufbau der Materie eröffnen ihnen einen Zugang zum Periodensystem als Arbeitsmittel und schaffen Grundlagen für das Verständnis der chemischen Reaktionen. Die Schüler lernen, qualitative und quantitative Aspekte chemischer Vorgänge mit Hilfe der chemischen Symbolsprache zu beschreiben.

Bedeutung und Aufgaben der Chemie
(6 W, MT, U, P, GE, BO)

Hinweise auch im weiteren Unterricht

Vielfalt der Stoffe

Beispiele vor allem aus dem Erfahrungsbereich der Schüler;

- vom Gemisch zum Reinstoff

Filtrieren und Destillieren; Hinweis auf wichtige Kenneigenschaften

- Verbindung und Element

Experimente zur Analyse und Synthese von Verbindungen

- Bausteine der Materie:
Atome, Moleküle, Ionen

Hinweis auf ein Verfahren, das die Teilchennatur der Materie "sichtbar" macht; chemische Formel zur Beschreibung der Zusammensetzung von Reinstoffen

* Einzelne Schülerübungen werden auch in diesen Ausbildungsrichtungen empfohlen, sind aber nicht verbindlich.

chemische Reaktionen

- Massenerhaltung atomare Masseneinheit; Atom- und Molekülmasse
- Stoffmenge und molare Größen Mol als Basiseinheit; Avogadro-Konstante, molare Masse, molares Volumen; Stoffmengenkonzentration
- energetische Aspekte Auswerten von Versuchen; exotherme und endotherme Reaktionen, Reaktionsenthalpie, Aktivierungsenthalpie und Katalyse (6 Ph10: innere Energie, Energieerhaltung)
- Reaktionsgleichungen und ihre Aussagen Aufstellen einfacher Reaktionsgleichungen; Einüben im weiteren Unterricht (6 B12); qualitative und quantitative Aussagen

Atombau und Periodensystem (PSE)

- Kern-Hülle-Modell (6 W): Elementarteilchen Folgerungen aus dem Rutherford'schen Streuversuch; Isotopie; (6 Ph10: Kernenergie)
- Elektronenkonfiguration Energiestufen; vereinfachte bildhafte Darstellung des Orbitals als Aufenthaltsraum eines Elektronenpaares; Erarbeiten der Orbitalbesetzung bei Atomen niedriger Ordnungszahl; Valenzelektronen
- Ordnung der Elemente im gekürzten PSE Zusammenhang zwischen Atombau, Reaktionsverhalten, Wertigkeit und Position im PSE; Oktettregel

Grundbegriffe: Verbindung, Element, Analyse, Synthese, Atom, Isotop, Molekül, chemische Formel, Atom- und Molekülmasse, Stoffmenge, Reaktionsgleichung, exotherm, endotherm, Reaktionsenthalpie, Katalyse, Elementarteilchen, Valenzelektronen, Oktettregel, Periodensystem der Elemente

2 Metalle, Salze und molekulare Stoffe

(ca. 16 Std.)

An ausgewählten Beispielen aus den verschiedenen Stoffgruppen werden den Schülern Reaktionsverhalten und Bedeutung wichtiger Reinstoffe bewußt. Sie sollen mit Hilfe der Vorstellungen vom Bau der Atome erkennen, daß prinzipielle Unterschiede und Übereinstimmungen in den Stoffeigenschaften auf die Bindungsverhältnisse zurückzuführen sind. Diese lernen sie, anhand von Modellen zu beschreiben.

Metalle

Eigenschaften; Bedeutung als Werkstoffe; Elektronengas-Modell der Metallbindung

Salze (Ü)	Hinweis auf die Bedeutung in Natur, Haushalt und Technik;
- Bildung und Eigenschaften: Kation, Anion Ionenladung	Demonstration der Synthese aus Metall und Nichtmetall; elektrische Ladung (6 Ph10)
- Ionenbindung und Ionengitter	Veranschaulichen des Ionengitters am Beispiel von Kochsalz
molekulare Stoffe	
- Wasserstoff als Element und Bindungspartner	Vorstellen und Vergleichen von Wasserstoff und ausgewählten Nichtmetall-Wasserstoff-Verbindungen mit Metallen und Salzen hinsichtlich Leitfähigkeit und Flüchtigkeit
- Elektronenpaarbindung	Einfach- und Mehrfachbindung
- räumlicher Bau einfacher Moleküle	Anwenden des Elektronenpaar-Abstoßungsmodells; Arbeiten mit Molekülbaukästen
- Wasser: Eigenschaften, Struktur und Bedeutung	Elektronegativität, Bindungspolarität, Molekulpolarität; Wasserstoffbrückenbindung; Wasser als Lösungsmittel; Bedeutung für das Leben auf der Erde (6 U, GE)

Grundbegriffe: Salz, Kation, Anion, Elektronenpaarbindung, Molekülgeometrie, Elektronegativität, Dipolmolekül, Wasserstoffbrückenbindung

3 Oxidation und Reduktion

(ca. 10 Std.)

Die Schüler erfassen grundlegende Gemeinsamkeiten der chemischen Reaktionen, an denen Sauerstoff bzw. Wasserstoff beteiligt ist. Sie lernen damit wichtige Möglichkeiten der Systematisierung chemischer Reaktionen kennen. Dies erfolgt in Abhängigkeit vom verwendeten Beschreibungsmodell auf unterschiedlichen Anspruchsebenen. Die große Bedeutung von Redoxvorgängen in Alltag und Technik wird den Schülern unter anderem an Methoden der elektrochemischen Stromerzeugung deutlich.

Oxidation und Reduktion (Ü)	Auswerten von Experimenten
- Sauerstoff als Oxidationsmittel	technische bzw. ökologische Bedeutung (vgl. C11.4) einiger Oxide (6 B12; 6 MT, U)
- Wasserstoff und Kohlenstoff als Reduktionsmittel	Hinweis auf technische Anwendungen (6 MT)
Redoxreaktion als Elektronenübergang	Chlor als Oxidationsmittel; Ermitteln von Oxidationszahlen; Aufstellen einfacher Redoxgleichungen über Teilgleichungen
elektrochemische Stromerzeugung und Elektrolyse	Erarbeiten der Vorgänge jeweils an einem Beispiel; Herausstellen der Bedeutung, z.B. Solar-Wasserstoff-Technologie, Aluminiumgewinnung (6 U, MT)

Grundbegriffe: Redoxreaktion, Oxidationsstufe

4 Säure-Base-Reaktionen

(ca. 10 Std.)

Mit den Protonenübergängen wird den Schülern eine weitere Gruppe chemischer Grundvorgänge auf der Teilchenebene einsichtig, deren Alltagsrelevanz bereits zu ihrer Erfahrungswelt gehört. Die Bedeutung ausgewählter Säuren und Basen als Grundprodukte der chemischen Industrie wie auch ihre Umweltverträglichkeit sollen die Schüler ermessen können.

saure und alkalische Lösungen	Reaktion von ausgewählten Oxiden und Nichtmetall-Wasserstoff-Verbindungen mit Wasser; Indikatoren; Wirkung verdünnter Säuren auf unedle Metalle und Kalk (6 U)
Säure-Base-Reaktion als Protonenübergang	Anwenden des Säure-Base-Konzepts nach Brönsted (6 B12);
- Oxoniumion, Hydroxidion	pH-Wert als Maß für die Oxoniumionen-Konzentration; Wasser als Ampholyt
- Neutralisation	Beschränken auf den qualitativen Aspekt
Säuren und Laugen in Technik und Haushalt (Ü)	exemplarisches Eingehen auf Eigenschaften, Verwendung und Umweltrelevanz (6 MT, U, GE); Messen des pH-Wertes von Lösungen

Grundbegriffe: Säure, Base, Protolyse, Neutralisation, Indikator, Ampholyt, pH-Wert

Grundkurs

Jahrgangsstufe 12

(3*)

1 Kohlenwasserstoffe

(ca. 32 Std.)

Charakteristische Eigenschaften von Kohlenwasserstoffverbindungen und ihre systematische Einteilung werden auf das Vorhandensein spezieller Bindungszustände zurückgeführt, die sich mit dem Orbitalmodell bildhaft beschreiben lassen. Die Bedeutung dieser Verbindungen für Industrie und Umwelt wird den Schülern am Beispiel kettenförmiger Kohlenwasserstoffe, aromatischer Verbindungen und halogener Derivate bewußt.

Das Thema Petro- und Kohlechemie bietet Gelegenheit, sich mit Aspekten der Rohstoff- und Energieversorgung sowie des Umweltschutzes auseinanderzusetzen und dabei die gemeinsame wie die eigene Verantwortung für die Umwelt zu erkennen.

Begriff "organische Chemie"

Aufzeigen der historischen und modernen Abgrenzung zur anorganischen Chemie (6 W); wichtige Elemente in organischen Verbindungen, Verdeutlichen an alltagsrelevanten Beispielen

Alkane

Vorstellen ausgewählter Verbindungen und ihrer Bedeutung, z.B. als Flüssiggas, Kraftstoff; Auswerten von Demonstrationsversuchen; Erläutern des Mechanismus der radikalischen Substitution bei Methan

- Reaktionsverhalten:
Brennbarkeit, Halogenierung

(ca. 5 Std.)

- Molekülstruktur:
Molekülgeometrie, Einfachbindung, Konstitutionsisomerie

Wiederholen von Grundlagen zur Molekülstruktur (vgl. C10.2 MNG bzw. C11.2 NG); Beschreiben der Orbitalbesetzung beim C-Atom: Grundzustand, sp^3 -Hybridisierung; Nomenklaturregeln; Hinweis auf Cycloalkane; Unterschied Konstitution - Konformation

- homologe Reihe

Aufzeigen und Erklären physikalischer Eigenschaften: Löslichkeit, Siedepunkt; zwischenmolekulare Kräfte

(ca. 6 Std.)

Alkene und Alkine

Vorstellen ausgewählter Verbindungen und ihrer Bedeutung, z.B. als Ausgangsstoffe für die Synthese von Kunststoffen (vgl. C13.3)

- Reaktionsverhalten und Molekülstruktur (Pr):
Brennbarkeit, Baeyer-Reaktion, Halogenaddition

Vergleichen mit dem Verhalten von Alkanen

ÄÄÄÄ

* Einzelne Praktika werden empfohlen, sind aber nicht verbindlich.

Mehrfachbindung, Molekülgeometrie	sp^2 - bzw. sp -Hybridisierung, σ - δ -Modell; Erklären der Ursachen und Folgen der cis-trans-Isomerie; Erläutern des Mechanismus der elektrophilen Addition von Halogen an Ethen (ca. 6 Std.)
aromatische Verbindungen	Hinweis auf die Bedeutung, z.B. für die Synthese von Kunststoffen, Farbstoffen, Waschmitteln, Arzneimitteln (vgl. C13.3);
- Benzol: Reaktionsverhalten - aromatischer Charakter	Aufzeigen des Widerspruchs zwischen erwartetem ("Cyclohexatrien") und beobachtetem Reaktionsverhalten (6 W);
Molekülstruktur - Mesomerie, Grenzstrukturformel, Mesomerieenergie	Beschreiben des aromatischen Zustands mit Hilfe des Orbitalmodells; Aufzeigen der Molekülgeometrie; Erläutern des Mechanismus der elektrophilen Substitution am Beispiel der Halogenierung
- andere aromatische Verbindungen	Hinweis auf kondensierte Systeme und N-Heterocyclen (6 B12); Bewußtmachen der cancerogenen Wirkung bestimmter Aromaten (6 GE, U, MT) (ca. 6 Std.)
Halogenkohlenwasserstoffe: technische Bedeutung und ökologische Problematik (6 B12; 6 U, GE)	exemplarisches Eingehen auf Eigenschaften und Verwendungsbereiche; Aufzeigen der globalen Dimension der Umweltbelastung, z.B. durch Fluorchlorkohlenwasserstoffe, und der Notwendigkeit internationaler Vereinbarungen (6 P) (ca. 3 Std.)
Petro- und Kohlechemie	Hinweis auf die aktuelle Energie- und Rohstoffsituation (6 Ek12, WR, Sk; 6 EU, DW);
- Erdöl, Erdgas und Kohle als Energieträger und Rohstoffe (6 MT)	Beschreiben wichtiger Verfahren: Erdöldestillation, Entschwefelung, Cracken, Reformieren; Hydrieren, Verkoken und Vergasen von Kohle
- ökologische Konsequenzen der Nutzung fossiler Brennstoffe (6 U, MT, GE)	Hinweis auf "Kohlendioxidproblem" und "Treibhauseffekt" (6 Ek); Ausblick auf andere Möglichkeiten der Energiegewinnung (ca. 6 Std.)

2 Sauerstoffhaltige organische Verbindungen

(ca. 22 Std.)

Die Schüler begreifen die Auswirkungen wichtiger funktioneller Gruppen auf das Reaktionsverhalten von Verbindungen und erwerben damit Voraussetzungen für ein Verständnis vieler Eigenschaften von Naturstoffen. Sie lernen mit diesen funktionellen Gruppen zugleich ein für die große Vielfalt organischer Substanzen unentbehrliches Einteilungsprinzip kennen. Die Bedeutung der ausgewählten Stoffgruppen auch in vielen Bereichen des täglichen Lebens wird im Unterricht sichtbar.

Alkohole

Vorstellen wichtiger Vertreter; Hydroxylgruppe als funktionelle Gruppe; Erkennen der Einteilung und Anwenden der Nomenklatur; Herstellung von Ethanol durch Gärung und aus Ethen (6 MT);

- physikalische Eigenschaften:
Löslichkeit, Siedepunkt

Bewußtmachen der Abhängigkeit von der Molekülgröße und der Zahl der Hydroxylgruppen; Hinweis auf die Verwendung von Alkoholen als Lösungs- und Frostschutzmittel

(ca. 3 Std.)

- Reaktionsverhalten:
Alkoholatbildung

Vergleichen der Reaktionen von Wasser bzw. Alkohol mit Natrium;

Oxidierbarkeit

Verhalten primärer, sekundärer und tertiärer Alkohole gegenüber angesäuerter Dichromatlösung; Aufstellen der Redoxgleichungen; physiologische Wirkung von Ethanol (6 B; 6 GE, V)

(ca. 4 Std.)

Phenol:

Acidität der Hydroxylgruppe

Vergleichen von Phenol und Alkohol sowie von Phenolat- und Alkoholat-Ion; Erklären des Unterschieds mit der Mesomeriestabilisierung; Hinweis auf die Verwendung zur Herstellung von Kunst- und Farbstoffen (vgl. C13.3)

(ca. 2 Std.)

Aldehyde und Ketone

Vorstellen wichtiger Vertreter; Carbonylgruppe als funktionelle Gruppe; Nomenklatur; Aufzeigen einiger Verwendungsmöglichkeiten, z.B. als Desinfektionsmittel, zur Kunststoffherstellung; Bewußtmachen der Problematik des Formaldehydeinsatzes (6 GE);

- Aldehyde als Reduktionsmittel:
Silberspiegelprobe, Fehlingprobe

Demonstration der Nachweisreaktionen; Formulieren der Redoxgleichungen ohne Berücksichtigung der Komplexbildung

- Additionsreaktion

Demonstration einer Addition, z.B. mit Alkohol oder Ammoniak; Erarbeiten der Reaktionsschritte

(ca. 4 Std.)

Carbonsäuren (Pr)	Vorstellen wichtiger Vertreter; Carboxylgruppe als funktionelle Gruppe; Nomenklatur; Herstellung und Bedeutung von Essigsäure; Mesomeriestabilisierung des Carboxylat-Ions; Salzbildung
- Acidität der Carboxylgruppe	
- Esterbildung und Esterhydrolyse: Säurekatalyse Estergleichgewicht	Erarbeitung, ausgehend von Experimenten; Phänomen (kein Mechanismus); umkehrbare und unvollständig ablaufende Reaktionen (kein Massenwirkungsgesetz); Aufzeigen von Möglichkeiten zur Erhöhung der Ausbeute (Prinzip von Le Chatelier); Hinweis auf die Bedeutung von Estern als Lösungsmittel, Aromastoffe und Kunststoffe (Polyester, vgl. C13.3)

(ca. 6 Std.)

mehrfunktionelle Verbindungen	Einordnen biologisch wichtiger Vertreter (vgl. C13.1): Glycerinaldehyd, Glycerinsäure, Brenztraubensäure, Milchsäure; Ascorbinsäure (Strukturformel nur vorstellen) als Beispiel für ein Vitamin (6 B10); Acetylsalicylsäure (Strukturformel nur vorstellen) als Beispiel für ein Medikament (6 GE)
-------------------------------	---

(ca. 3 Std.)

3 Chemie der Biomoleküle (ca. 30 Std.)

Anhand der bedeutenden Stoffgruppen der Kohlenhydrate, Eiweißstoffe und Fette werden die Schüler mit chemischen Grundlagen der Lebensvorgänge vertraut. Sie entdecken auch bei den Biomolekülen den Einfluß funktioneller Gruppen und werden immer wieder auf die Bedeutung der Verbindungen in den Organismen aufmerksam. Die lebenswichtige Funktion der ausgewählten Stoffgruppen als Nährstoffe für den Menschen ist Anlaß für die sachgerechte Auseinandersetzung mit Fragen einer gesunden Ernährung.

Kohlenhydrate (Pr)	Begriffsklärung; Hinweis auf die biologische Bedeutung (6 B; 6 GE);
- Molekülchiralität und optische Aktivität: Fischer-Projektion der D- und L-Konfiguration	experimentelle Demonstration und Begriffsklärung; Veranschaulichen der Chiralität mit Hilfe von Modellen enantiomerer Glycerinaldehydmoleküle; Hinweis auf die Bedeutung der Chiralität in der Natur

(ca. 3 Std.)

- Monosaccharide: D-Glucose, D-Fructose: Fischer- bzw. Haworth-Projektionsformeln (bei Fructose nur Furanosestruktur)	Auswerten experimenteller Hinweise auf die Ketten- bzw. Ringstrukturen; Deuten der Mutarotation; Erklären der Oxidierbarkeit
--	--

(ca. 5 Std.)

- Disaccharide: glykosidische Bindung - Maltose, Cellobiose, Saccharose	reduzierende bzw. nichtreduzierende Wirkung; Hydrolyse; Hinweis auf die wirtschaftliche Bedeutung der Saccharose (6 MT)
--	---

(ca. 3 Std.)

- Polysaccharide:
Stärke, Cellulose
Aufzeigen des Zusammenhangs zwischen Molekülstruktur, Eigenschaften und biologischer Bedeutung; Unterscheiden von Amylose und Amylopektin; Hinweis auf die wirtschaftliche Bedeutung der Cellulose (6 MT, U: Gewässerbelastung)
(ca. 3 Std.)

- Aminocarbonsäuren und Proteine (Pr) Überblick über Vorkommen (6 B)

- Molekülstruktur und Eigenschaften von Aminocarbonsäuren:
Löslichkeit, Aggregatzustand, Säure-Base-Verhalten
Vorstellen einiger natürlicher Aminosäuren; Erarbeiten des gemeinsamen Bauprinzips; Zurückführen auf die Zwitterion-Struktur; isoelektrischer Punkt und Prinzip der Elektrophorese
(ca. 4 Std.)

- Bauprinzip, Eigenschaften und Bedeutung von Proteinen:
Peptidbindung, Aminosäuresequenz
Denaturierung
Nachweis von Proteinen durch Biuretprobe und Xanthoproteinreaktion; Vorstellen der α -Helix (Keratin, Wolle); Hinweis auf höhere Strukturen; Hydrolyse; Ansprechen der biologischen Bedeutung (6 B12, S), z.B. als Enzym (vgl. C13.1), Nährstoff, Giftstoff (6 GE)
(ca. 6 Std.)

- Fette und fette Öle

- Bauprinzip und Eigenschaften:
Esterbindung
allgemeiner Aufbau eines heteroaciden Triacylglycerins (Palmitin-, Stearin- und Ölsäure als Fettsäuren); Hinweis auf die Fettverseifung (vgl. C13.3);
Auswirkungen verschiedener Fettsäurereste
Erweichungsintervall und Konsistenz; Nachweis des ungesättigten Charakters

- Vorkommen und Bedeutung
Ansprechen der biologischen Bedeutung als Nähr- und Speicherstoffe (6 B12); Hinweis auf die Fetthärtung und ihre wirtschaftliche Bedeutung (6 MT, GE, DW)
(ca. 6 Std.)

Jahrgangsstufe 13

(3*)

1 Molekulare Prozesse in Lebewesen

(ca. 26 Std.)

Ausgehend von Molekülstrukturen und Eigenschaften bereits bekannter Biomoleküle stellt sich den Schülern die Frage nach der Synthese dieser Verbindungen in grünen Pflanzen und nach der Verwendung als Energieträger im Stoffwechsel. Um sich sinnvoll mit dieser Thematik auseinandersetzen zu können, erweitern und festigen die Schüler zunächst ihr Wissen über die Energetik chemischer Reaktionen und werden sich der Notwendigkeit und Bedeutung der Enzymkatalyse bei biochemischen Reaktionen bewußt. Anhand vereinfachter Übersichten zu Assimilations- und Dissimilationsvorgängen werden ihnen die grundlegenden Prinzipien der energetischen Koppelung und der Gliederung in Teilschritte bei Stoffwechselprozessen deutlich.

Grundlagen des Energieumsatzes und der Biokatalyse	Aufgreifen und Erweitern von Grundkenntnissen
- Freie Enthalpie als "Triebkraft" chemischer Reaktionen (6 W): Prinzip des Enthalpieminimums und Entropiemaximums	Demonstration einer spontanen exothermen und endothermen Reaktion; Freie Enthalpie als nutzbare Energie (Gibbs-Helmholtz-Gleichung nicht erforderlich)
- energetische Koppelung	schematische Darstellung (Formelschema) der Verknüpfung exergonischer und endergonischer Stoffwechselreaktionen über das ATP/ADP-System (6 B12); Anwenden im weiteren Unterricht (ca. 4 Std.)
- Aufbau und Wirkungsweise von Enzymen (Pr): Substrat- und Wirkungsspezifität Abhängigkeit der Aktivität Verwendung	experimenteller Nachweis der Proteinnatur; Herausstellen der Bedeutung der Cofaktoren; ausgewählte Versuche; Deuten mit Hilfe einer bildhaften Modellvorstellung ("Schlüssel-Schloß-Prinzip"); Aufzeigen der Bedeutung von Temperatur, pH-Wert und Hemmstoffen (6 U); Hinweis auf den Einsatz von Enzymen, z.B. in Medizin, Analytik, Biotechnologie (6 B; 6 GE, MT, BO) (ca. 6 Std.)
Energiebindung und Stoffaufbau durch Photosynthese	(6 B12 bzw. B9)
- Bedeutung der Photosynthese	Bewußtmachen von Bedeutung und Umfang der weltweiten Biomasseproduktion und Sauerstofffreisetzung (6 W); Hinweis auf den Kohlenstoffkreislauf

ÄÄÄ

* Einzelne Praktika werden empfohlen, sind aber nicht verbindlich.

- Lichtreaktionen:
Photopigmente
Elektronentransport
Photophosphorylierung
- Hinweis auf das Vorliegen lichtabhängiger und lichtunabhängiger Reaktionssysteme; Durchführen einer chromatographischen Trennung der Blattfarbstoffe; Aufzeigen der Funktion des Chlorophylls: Lichtabsorption, Anregung, Ionisierung; Wasser als Elektronendonator; NADP⁺ als Elektronenakzeptor (vereinfachte Darstellung); Bildung von ATP; Formulieren der Bruttogleichung; Hinweis auf O-18-Tracermethode
- (ca. 4 Std.)
- Dunkelreaktionen:
CO₂-Fixierung
Reduktion
Glucosebildung
- Bindung an einen C₅-Körper; Spaltung des C₆-Körpers; Reaktion von Glycerinsäure-3-phosphat zu Glycerinaldehyd-3-phosphat unter Verbrauch von ATP und NADPH/H⁺; Bildung des C₆-Körpers und Rückbildung des CO₂-Akzeptors (stark vereinfachte Darstellung); Formulieren der Bruttogleichung; Hinweis auf C-14-Tracermethode; Aufzeigen des Wirkungsgrades des Gesamtprozesses
- (ca. 3 Std.)
- Energiefreisetzung und Stoffabbau durch Gärung und biologische Oxidation
- (6 B12 bzw. B10); Hinweis auf den langwierigen und mühsamen Weg der Aufklärung dieser Stoffwechselprozesse (6 W, BO: Grundlagenforschung);
- anaerober Abbau der Glucose:
Glykolyse
Weiterreaktion der Brenztraubensäure
- experimentelle Untersuchung einer Gärungsreaktion und Erstellen der Bruttogleichung; wesentliche Schritte: Aktivierung der Glucose durch Phosphorylierung, Spaltung des C₆-Körpers, Oxidation von Glycerinaldehyd-3-phosphat zu Glycerinsäure-3-phosphat unter Bildung von ATP und NADH/H⁺; Brenztraubensäure als Endprodukt; Bildung von Milchsäure bzw. Ethanol unter Rückbildung von NAD⁺; Formulieren der Bruttogleichung; Energiebilanz; Hinweis auf die wirtschaftliche Bedeutung der Gärungen (6 MT); Bewußtmachen der physiologischen Wirkung des Alkohols (6 B; 6 GE, V)
- (ca. 5 Std.)

- aerober Abbau der Glucose:
Bildung aktivierter Essigsäure

Citronensäurezyklus

Atmungskette
- (Glykolyse: vgl. anaerober Abbau);
oxidative Decarboxylierung der Brenztraubensäure;
Abspaltung von Kohlenstoffdioxid und Bildung von NADH/H⁺ und FADH₂ (kein detailliertes Schema);
Wasserstoff- und Elektronentransport; Bildung von Wasser und Rückbildung von NAD⁺ und FAD;
Formulieren der Bruttogleichung; Energiebilanz und Wirkungsgrad
- (ca. 4 Std.)

2 Erhaltung der Lebensgrundlagen

(ca. 9 Std.)

Die Schüler lernen einige Beispiele für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe kennen und nehmen damit vor dem Hintergrund der begrenzten Reserven an fossilen Ausgangsstoffen eine Möglichkeit der Erschließung neuer Energie- und Rohstoffquellen wahr. Die Notwendigkeit der Versorgung einer rasch wachsenden Weltbevölkerung mit Lebensmitteln und die Tatsache des dazu praktizierten Einsatzes zahlreicher Chemieprodukte in Landwirtschaft und Lebensmittelverarbeitung sollen den Schülern die Verantwortung von Gesetzgeber, Hersteller, Anwender und Verbraucher vor Augen führen.

- nachwachsende Rohstoffe (6 B, Ek; 6 U, DW)
 - pflanzliche Produkte als Energieträger
 - Pflanzenöle und Pflanzenfette als Chemierohstoffe
 - Sicherung einer ausreichenden und gesunden Ernährung (6 GE)
 - Pflanzenproduktion in der Landwirtschaft (6 B; 6 U):
Einsatz von Agrarchemikalien zur Ertragssteigerung und -sicherung
- Begriffsklärung; evtl. Ansprechen historischer Aspekte der Verwendung pflanzlicher Rohstoffe; Hinweis auf die Abhängigkeit der zukünftigen Entwicklung von der Verfügbarkeit traditioneller Rohstoffe bzw. Energieträger (vgl. C12.1) und der Gewichtung ihrer Umweltproblematik (6 P); Prinzip der energetischen Nutzung biologisch erzeugbarer Kraftstoffe am Beispiel von "Bioethanol" oder Pflanzenölen; Ausblick auf Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit (Energiebilanz u.a.), evtl. im Vergleich mit anderen Konzepten (6 MT)
- Wiederholen und Einbeziehen des Vorwissens (vgl. C12.3); exemplarisches Aufzeigen von Verwendungs- und Verarbeitungsmöglichkeiten, z.B. von Fettsäuren und Fettalkoholen (vgl. C13.3)
- (ca. 3 Std.)
- Diskussion zur Welternährungssituation (6 Ek, K, Ev, Eth); Aufgreifen der Grundsätze einer gesunden Ernährung (6 B10); Hinweis auf das Problem der Fehl- bzw. Unterernährung in der "Dritten Welt" und des falschen Ernährungsverhaltens in den Industrieländern
- Ansprechen von Bewirtschaftungsmethoden im konventionellen und ökologischen Landbau; Aufzeigen positiver und negativer ökologischer Auswirkungen; Gespräch zu agrarpolitischen Rahmenbedingungen (6 Ek, WR; 6 P, EU, DW)

- Maßnahmen zur Vermeidung von Fehlentwicklungen (6 U, GE, P) Gespräch über aktuelle Themen, z.B. Überwachung und Eindämmung der Belastung von Boden und Wasser (Überdüngung, Pestizideinsatz), gesundheitsbestimmter Einsatz von Lebensmittelzusatzstoffen

(ca. 6 Std.)

3 Organische Chemie des Alltags

(ca. 25 Std.)

Die Alltagsbedeutung organisch-chemischer Syntheseprodukte stellt sich am Beispiel der Tenside, Farbstoffe und Kunststoffe nochmals eindrucksvoll dar. Die Schüler werden anhand dieser Produkte mit den Problemen einer sachgerechten Verwendung und Entsorgung konfrontiert und sollen dabei die Ambivalenz des technischen Fortschritts sowie die eigene Verantwortung erkennen. Bei der Auseinandersetzung mit Synthesemöglichkeiten für einzelne Vertreter der genannten Stoffklassen greifen die Schüler auf bereits bekannte Verfahren zurück und festigen so elementare Kenntnisse.

Waschmittel (6MT, U) (Pr)

- Seifen als waschaktive Substanzen: Zusammenhang zwischen dem Bau des amphiphilen Seifenanions und der Waschwirkung Verseifung von Fetten (Wiederholung, vgl. C12.3); evtl. Hinweis auf geschichtliche Aspekte; Demonstration der Grenzflächenaktivität; Nachteile wäßriger Seifenlösungen: alkalische Reaktion, Säure- und Härteempfindlichkeit

(ca. 3 Std.)

- Alkylbenzolsulfonate als Beispiel für synthetische Tenside Aufzeigen von Eigenschaften; Hinweis auf moderne Waschmittel als Multikomponentensysteme; Gespräch über die Gewässerbelastung durch Tenside und ausgewählte Hilfsstoffe sowie über Möglichkeiten zu deren Reduzierung (6 B12, Ek); Hinweis auf den Tensideinsatz in anderen Bereichen, z.B. Körperpflege

(ca. 4 Std.)

Kunststoffe (Pr)

exemplarisches Aufzeigen der Alltagsbedeutung; Begriffsklärung; Abgrenzen gegen andere Werkstoffe; evtl. Hinweis auf Verbundwerkstoffe

- Synthese durch Polyreaktionen: radikalische Polymerisation Polykondensation Demonstration an je einem Beispiel; Vergleichen der Verknüpfungsprinzipien; Formulieren charakteristischer Strukturformelausschnitte

(ca. 4 Std.)

- Bedeutung als Werkstoffe (6 MT): Thermoplast Duroplast thermische und mechanische Eigenschaften; Herausstellen ihres Zusammenhangs mit der Molekülstruktur unter Einbeziehung zwischenmolekularer Kräfte; evtl. Hinweis auf Elastomer;

Verwendung

exemplarisches Verdeutlichen der vielseitigen Verwendbarkeit und wirtschaftlichen Bedeutung

- Abfallproblematik (6 U, GE, MT) Kunststoffabfälle als Teil von Haus- und Gewerbemüll; Probleme mit der Deponierung und Verbrennung; Erkennen der Bedeutung der Abfallvermeidung und der Möglichkeiten des Recyclings; Einbeziehen aktueller Entwicklungen (6 P, EU, DW)
(ca. 6 Std.)

- Farbstoffe Begriffsklärung; Bewußtmachen der ästhetischen Dimension (6 Ku; 6 MB);
 - Molekülbau und Farbigkeit: Aufgreifen von Vorkenntnissen (6 Ph9); Demonstration der Lichtabsorption von Farbstofflösungen;
Anregung delocalisierter Elektronensysteme durch Licht Aufzeigen der Wirkung an Beispielen
chromophore, auxochrome und antiauxochrome Gruppen (ca. 4 Std.)

 - Synthese eines Azofarbstoffes Demonstrationsversuch; Formulieren der Diazotierung und Azokupplung (kein Mechanismus)

 - Textilfärbung (Pr) Demonstrieren und Erläutern eines Verfahrens; Hinweis auf Naturfarbstoffe und die historische Bedeutung der Farbstoffe für die deutsche chemische Industrie
(ca. 4 Std.)

Leistungskurs

Jahrgangsstufe 12

(6)

1 Chemische Analytik*

(ca. 46 Std.)

Aufbauend auf Vorkenntnissen und experimentellen Fähigkeiten aus der allgemeinen und anorganischen Chemie setzen sich die Schüler mit den Grundprinzipien wichtiger einfacher Analyseverfahren auseinander. Anhand ausgewählter Beispiele sollen ihnen die große Leistungsfähigkeit und Bedeutung moderner Nachweismethoden in den verschiedensten Anwendungsbereichen, z.B. der Umweltanalytik und der Medizin, deutlich werden.

Die Praktika fördern dabei nicht nur Selbständigkeit und Eigenverantwortlichkeit im Experimentieren und Auswerten, sie erziehen auch zu einer kritischen Haltung gegenüber den erzielten Ergebnissen und zur gewissenhaften Analyse möglicher Fehlerquellen.

Aufgabenfeld der analytischen Chemie
(6 MT, GE, U, BO)

Begriffsklärung; Aufzeigen einiger Einsatzbereiche; Hinweis auf die Leistungsfähigkeit moderner Spurenanalytik

chromatographische Trennverfahren (Pr)

Demonstration von Adsorption und Verteilung; ggf. Computersimulation zur Veranschaulichung

- Grundlagen

Durchführen der Trennung und Auswerten (R_f -Wert) eines einfachen Chromatogramms; Hinweis auf die Identifizierung von Substanzen durch Co-Chromatographie

- Dünnschicht- oder Papierchromatographie

- Gaschromatographie

Auswerten eines einfachen Chromatogramms; ggf. Demonstrationsversuch; Hinweis auf die Bedeutung, z.B. in der Umweltanalytik und Kriminaltechnik

(ca. 7 Std.)

maßanalytische Verfahren
Durchführung und Auswertung von Titrationsen
(Pr)

Aufgreifen und Wiederholen von Grundlagen

- Säure-Base-Titration

Aufzeigen des Einflusses von Indikatoren auf den Endpunkt; experimentelle Ermittlung der Titrationskurve einer starken und der einer schwachen einprotonigen Säure; ggf. Computereinsatz

(ca. 6 Std.)

ÄÄÄÄÄÄÄÄ

* Es wird empfohlen, diesen weitgehend für experimentelle Arbeit geeigneten Themenbereich über den gesamten Ausbildungsabschnitt 12/1 zu verteilen und parallel zum Themenbereich Kernchemie als Praktikum zu führen.

- Konduktometrie
Demonstration der elektrischen Leitfähigkeit verschiedener Elektrolytlösungen; Aufzeigen der Abhängigkeit von Ionenart und Konzentration; keine Titration von Säuregemischen; Hinweis auf die Bedeutung als automatisches Verfahren, z.B. bei Schadstoffbestimmungen (6 U)
(ca. 4 Std.)

- Redoxtitration: Manganometrie
Reaktionen in saurer Lösung; Vorstellen des Prinzips der Rücktitration; Hinweis auf Anwendungen, z.B. in der Wasseranalytik (6 U)
(ca. 4 Std.)

- spektroskopische Verfahren
Bewußtmachen der Wechselwirkung zwischen elektromagnetischer Strahlung und Materie (6 Ph12);

- Photometrie (Pr):
Vorstellen des Funktionsprinzips des Photometers;
Grundlagen
Transmission, Extinktion, Lambert-Beersches Gesetz;
Durchführung und Auswertung von Messungen
Gehaltsbestimmungen, evtl. unter Verwendung von Eichkurven; ggf. Aufnahme des Absorptionsspektrums einer Farbstofflösung (vgl. C13.4); Hinweis auf die Bedeutung des Verfahrens, z.B. medizinische Diagnostik, Materialprüfung, Wasseranalytik
(ca. 7 Std.)

- moderne spektroskopische Methoden:
Atomabsorptions- oder Emissionsspektroskopie
Aufzeigen der Grundlagen (vgl. C9.5 und C11.1); ggf. experimentelle Demonstration; Hinweis auf die Anwendung in der Spurenanalyse von Schwermetallen; Ansprechen der Bedeutung von NMR- oder IR-Spektroskopie an Beispielen, auch im weiteren Unterricht (vgl. C12.4)
(ca. 4 Std.)

- Verfahrensschritte zur Bestimmung der Summenformel organischer Verbindungen (6 W) (Pr)
Herausstellen der Leistungen bedeutender Chemiker

- Isolierung eines Reinstoffs
Aufgreifen von Grundwissen zu wichtigen Trenn- und Reinigungsschritten; Durchführen z.B. einer Extraktion, Destillation

- qualitative Elementaranalyse
Durchführen einfacher Nachweisreaktionen für ausgewählte Elemente in einer organischen Verbindung
(ca. 5 Std.)

- quantitative Elementaranalyse:
Prinzip der Verbrennungsanalyse
Ermitteln des Kohlenstoffgehalts einer Kohlenwasserstoffverbindung, z.B. nach dem Schöniger-Verfahren; Berechnen der empirischen Formel
(ca. 4 Std.)
- Bestimmung der molaren Masse einer leichtflüchtigen Verbindung:
Messung der Luftverdrängung
Durchführen eines geeigneten Verfahrens; Auswerten der Ergebnisse unter Verwendung der allgemeinen Gasgleichung;
Ermittlung der Summenformel aus empirischer Formel und Molekülmasse
Bewußtmachen der Unterschiede zwischen der historischen und der instrumentellen Analytik, z.B. Einsatz des Massenspektrometers (6 MT)
(ca. 5 Std.)

2 Kernchemie

(ca. 40 Std.)

Ausgehend von geschichtlichen Aspekten der Entdeckung der natürlichen und künstlichen Kernumwandlung soll den Schülern die Tragweite der sich an diese Erkenntnisse knüpfenden Entwicklungen bewußt werden. Die Schüler erfassen dabei, daß auch Atomkerne in Abhängigkeit von ihrer Zusammensetzung veränderlich sein können und daß aufgrund der hochenergetischen Reaktionen und der damit verbundenen Gefahren besondere Arbeitstechniken und Sicherheitsbestimmungen notwendig sind.

Die sich aus Kernspaltung und Kernfusion ergebenden Möglichkeiten der Energiegewinnung sollen die Schüler auch im Hinblick auf fächerübergreifende Bezüge wie Verantwortlichkeit in Forschung, Technik und Politik sehen und beurteilen lernen.

Radioaktivität

- Strahlung radioaktiver Stoffe:
Trennung und Identifizierung von α -, β - und γ -Strahlung
Nachweis durch Ionisation
Aufgreifen und Wiederholen von Grundkenntnissen (6 Ph); Darstellen wichtiger Etappen der Entdeckungsgeschichte (6 W, MT); Formulieren der Vorgänge im Kern durch Kerngleichungen; Interpretation des Verhaltens im elektrischen Feld, wichtige Eigenschaften; Demonstration des Nachweises der Strahlung radioaktiver Stoffe; Übersicht über das Funktionsprinzip des Geiger-Müller-Zählrohres, der Nebelkammer und der Kernspurplatte
(ca. 6 Std.)
- Zerfallsgesetz:
Aktivität (Bq), Halbwertszeit
ggf. Demonstration des zeitlichen Verlaufs einer Zerfallsreaktion; Ableiten des Zerfallsgesetzes ausgehend von Meßdaten; Bewußtmachen der statistischen Natur des radioaktiven Zerfalls, ggf. mit Computersimulation
Vorstellen der C-14-Methode; Hinweis auf ihre Bedeutung und Grenzen (6 G); einfache Rechenbeispiele für die Anwendung dieser Methode (6 Ph13)
(ca. 5 Std.)
- biologische Strahlenwirkung und Strahlenschutz (6 B12; 6 GE, U, W):
Unterschied Energiedosis (Gy) - Äquiva-
Gegenüberstellen der natürlich und der zivilisatorisch bedingten Strahlenbelastung; Unterscheiden zwischen stochastischen und nicht-

lentsdosis (Sv) Strahlenbelastung	stochastischen Strahlenschäden; Ansprechen der Grenzwertproblematik und der Überwachung; Bewußtmachen, daß zur Klärung bestimmter Fragestellungen nur bestimmte Meßverfahren geeignet sind	(ca. 4 Std.)
natürliche und künstliche Elementumwandlungen		
- natürliche Zerfallsreihen	exemplarische Besprechung einer Zerfallsreihe unter Mitverwendung der Nuklidkarte; Ableiten und Anwenden der Verschiebungssätze	(ca. 3 Std.)
- künstliche Elementumwandlungen und zu- sätzliche Zerfallsarten: Einfang- und Austauschreaktionen	Hinweis auf historische Versuche mit α -Teilchen und die Entdeckung von Neutron und Positron; Hinweis auf die Bedeutung von Teilchenbeschleunigern (6 Ph13)	
- Nutzung künstlicher Radioisotope	Berichten über den Einsatz in Medizin, For- schung und Technik (6 B; 6 GE, MT), z.B. Diagnostik, Therapie, Isotopenmarkierung (vgl. C13.3), Materialprüfung	(ca. 6 Std.)
Grundlagen der Kernenergie-technik		
	(6 Ph10 und Ph13)	
- Massendefekt und Kernbindungsenergie: Äquivalenz von Masse und Energie	Bewußtmachen des Phänomens; Berechnungen; Begründen der Möglichkeit des Energiegewinns durch Spaltung bzw. Fusion aus der Kernbindungsenergiekurve	(ca. 4 Std.)
- Energiegewinnung durch Kernspaltung (6 MT, U, GE): Kettenreaktion	Hinweis auf die Entdeckung der Kernspaltung; Ansprechen wesentlicher Voraussetzungen für den Eintritt einer Kettenreaktion; Erläutern des Prinzips der Steuerung;	
Spaltungsreaktor	Erklären des Funktionsprinzips am Beispiel eines modernen Reaktortyps;	
Brennstoffkreislauf	Überblick über wichtige Etappen: Anreicherung, Wiederaufarbeitung und Endlagerung sowie ihre Problematik; Diskussion aktueller technischer, ökologischer und politischer Aspekte der Nutzung der Kernspaltung (6 Sk, WR, K13, Ev13, Eth12; 6 P, FR, EU)	(ca. 9 Std.)
- Energiegewinnung durch Kernfusion (6 MT, W)	Herausstellen des Plasmazustands als Voraus- setzung für die Fusion leichter Atomkerne; Formulieren der Schritte der D-T-Fusion; Ausblick auf Möglichkeiten der technischen Nutzung	

(ca. 3 Std.)

3 Struktur, Reaktivität und Bedeutung von Kohlenwasserstoffen

(ca. 40 Std.)

Die Schüler erkennen, daß die Vielfalt der Kohlenwasserstoffverbindungen auf die unterschiedlichen Bindungsverhältnisse in ihren Molekülen zurückgeführt werden kann. Mit der Einführung des Orbitalmodells und seiner Anwendung zur bildhaften Beschreibung von Molekülstrukturen werden einerseits Grundlagen für die immer wiederkehrende Erörterung des Zusammenhangs von Eigenschaften und Struktur organischer Verbindungen geschaffen, andererseits Hilfsfunktion und Grenzen von Modellvorstellungen exemplarisch verdeutlicht.

An ausgewählten Beispielen gewinnen die Schüler eine Vorstellung von der Bedeutung verschiedener Verbindungen in Technik und Alltag, wobei auch ersichtlich wird, in welchem Umfang unsere Wirtschaft heute auf Erdöl, Erdgas und Kohle aufbaut. Vor dem Hintergrund der Gefahren, die vom Einsatz bestimmter Kohlenwasserstoffe und Halogenderivate für Gesundheit und Umwelt ausgehen, soll den Schülern die gemeinsame wie die eigene Verantwortung bewußt werden.

Begriff "organische Chemie"

Aufzeigen der historischen und modernen Abgrenzung zur anorganischen Chemie (6 W); experimentelle Demonstration von Kennzeichen organischer Verbindungen

gesättigte aliphatische und zyklische Kohlenwasserstoffe

- Reaktionsverhalten:
Brennbarkeit, Halogenierung

Vorstellen ausgewählter Verbindungen und ihrer Bedeutung, z.B. als Flüssiggas, Kraftstoff; Auswerten von Demonstrationsversuchen; Erläutern des Mechanismus der radikalischen Substitution; Radikalstabilität und Konkurrenzreaktionen bei höheren Alkanen

(ca. 5 Std.)

- Molekülstruktur:
Molekülgeometrie, Einfachbindung, Konstitutionsisomerie

Anwenden des Tetraedermodells auf Alkane und Cycloalkane (vgl. C10.2); Beschreiben der Einfachbindung durch das Orbitalmodell (6 Ph; 6 W): Grundzustand, sp^3 -Hybridisierung; Nomenklaturregeln; Unterschied Konstitution - Konformation

(ca. 4 Std.)

- homologe Reihe (Pr)

Untersuchen und Erklären physikalischer Eigenschaften: Löslichkeit, Siedepunkt; zwischenmolekulare Kräfte

(ca. 3 Std.)

ungesättigte Kohlenwasserstoffe

Vorstellen ausgewählter Verbindungen und ihrer Bedeutung, z.B. als Ausgangsstoffe für die Synthese von Kunststoffen (vgl. C13.4)

- Reaktionsverhalten (Pr):
Brennbarkeit, Baeyer-Reaktion, Halogenaddition

Vergleichen mit dem Verhalten von Alkanen; Erläutern des Mechanismus der elektrophilen Addition von Wasserstoffhalogenid und Halogen an Alkene; Erklären der Regel von Markownikow; Hinweis auf Methoden zur Aufklärung des ionischen Mechanismus

(ca. 6 Std.)

- Molekülstruktur:
Mehrfachbindung, Molekülgeometrie
Beschreiben durch das Orbitalmodell: sp^2 - bzw. sp -Hybridisierung, σ - δ -Modell; Erklären der Ursachen und Folgen der cis-trans-Isomerie
(ca. 4 Std.)
- aromatische Verbindungen
Hinweis auf die Bedeutung, z.B. für die Synthese von Kunststoffen, Farbstoffen, Waschmitteln, Arzneimitteln (vgl. C13.4)
- Benzol:
Reaktionsverhalten - aromatischer Charakter
Klären des Widerspruchs zwischen erwartetem ("Cyclohexatrien") und beobachtetem Reaktionsverhalten (6 W);
Molekülstruktur - Mesomerie, Grenzstrukturformel, Mesomerieenergie
Beschreiben des aromatischen Zustands mit Hilfe des Orbitalmodells; Aufzeigen der Molekülgeometrie; Erläutern des Mechanismus der elektrophilen Substitution: Halogenierung, Nitrierung
- Toluol
Erarbeiten der Konkurrenzreaktion bei der Halogenierung von Alkylbenzolen: Radikal- bzw. Ionenmechanismus in Abhängigkeit von den Reaktionsbedingungen
(ca. 6 Std.)
- andere aromatische Verbindungen
Hinweis auf kondensierte Systeme und N-Heterocyclen (6 B12); Bewußtmachen der cancerogenen Wirkung bestimmter Aromaten (6 GE, U, MT)
(ca. 2 Std.)
- Halogenkohlenwasserstoffe:
technische Bedeutung und ökologische Problematik (6 B12; 6U, GE)
exemplarisches Eingehen auf Eigenschaften und Verwendungsbereiche; Bewußtmachen der Anreicherung von Pestiziden in der Nahrungskette; Aufzeigen der globalen Dimension der Umweltbelastung, z.B. durch Fluorchlorkohlenwasserstoffe, und der Notwendigkeit internationaler Vereinbarungen (6 P)
(ca. 4 Std.)
- Petro- und Kohlechemie
Hinweis auf die aktuelle Energie- und Rohstoffsituation (6 Ek12, WR, Sk; 6 EU, DW)
- Erdöl, Erdgas und Kohle als Energieträger und Rohstoffe (6 MT)
Beschreiben wichtiger Verfahren: Erdöldestillation, Entschwefelung, Cracken, Reformieren; Hydrieren, Verkoken und Vergasen von Kohle
- ökologische Konsequenzen der Nutzung fossiler Brennstoffe (6 U, MT, GE)
Hinweis auf "Kohlendioxidproblem" und "Treibhauseffekt" (6 Ek); Ausblick auf andere Möglichkeiten der Energiegewinnung
(ca. 6 Std.)
- 4 Der Einfluß funktioneller Gruppen**
(ca. 42 Std.)

Die Schüler erkennen die Auswirkungen wichtiger funktioneller Gruppen auf die Eigenschaften von organischen Verbindungen und damit das grundlegende Ordnungsprinzip der organischen Chemie. Darüber hinaus wird für sie deutlich, daß die Ausprägung bestimmter Eigenschaften durch die funktionellen Gruppen von der Natur des übrigen Molekülteils mitbeeinflußt wird.

An Beispielen werden Bezüge zur Chemie der Biomoleküle hervorgehoben, um den Schülern die Verständnisgrundlage für viele Eigenschaften von Naturstoffen zu vermitteln. Die Bedeutung verschiedener Stoffgruppen für unser tägliches Leben erfassen die Schüler anhand ausgewählter Vertreter.

Alkohole	Vorstellen wichtiger Vertreter: Methanol, Ethanol, Glykol, Glycerin; Aufzeigen einer technisch bedeutsamen Synthese (6 MT); Hydroxylgruppe als funktionelle Gruppe; Erkennen der Einteilung und Anwenden der Nomenklatur
- physikalische Eigenschaften (Pr): Löslichkeit, Siedepunkt	Bewußtmachen der Abhängigkeit von der Molekülgröße und der Zahl der Hydroxylgruppen; Vergleichen mit Kohlenwasserstoffen entsprechender Molekülmasse; Hinweis auf die Verwendung von Alkoholen als Lösungs- und Frostschutzmittel (ca. 4 Std.)
- Reaktionsverhalten (Pr): Alkoholatbildung Protonierung der Hydroxylgruppe Oxidierbarkeit	Vergleichen der Reaktionen von Wasser bzw. Alkohol mit Natrium; Bildung von Ether und Alken in Konkurrenzreaktionen; Verhalten primärer, sekundärer und tertiärer Alkohole gegenüber angesäuerter Dichromatlösung; Aufstellen der Redoxgleichungen (ca. 6 Std.)
- Strukturaufklärung	Vergleichen des Reaktionsverhaltens von Alkohol bzw. Ether mit Natrium; Hinweis auf Methoden der instrumentellen Analytik: IR- und Kernresonanzspektroskopie (6 MT) (ca. 3 Std.)
Phenole	Vorstellen der Stoffklasse; Aufzeigen von Verwendungsmöglichkeiten, z.B. zur Herstellung von Kunst- und Farbstoffen (vgl. C13.4);
- Phenol als Säure	Acidität der Hydroxylgruppe (pK_s -Wert); Vergleichen von Phenol und Alkohol sowie von Phenolat- und Alkoholat-Ion; Erklären des Unterschieds mit der Mesomeriestabilisierung

- Phenol als Aromat:
Nitrierung, Halogenierung
Vergleichen mit dem Reaktionsverhalten von Benzol; Erklären des Einflusses der Hydroxylgruppe auf Geschwindigkeit und Orientierung der Zweitsubstitution; Unterscheiden von induktiven und mesomeren Effekten
(ca. 6 Std.)

- Amine
Begriffsklärung; Hinweis auf Anilinfarben (vgl. C13.4); Ansprechen der cancerogenen Wirkung von Nitrosaminen (6 GE); ggf. Aufzeigen der Bedeutung biogener Amine, z.B. als Neurotransmitter (6 B13)

- Anilin als Base
- Zweitsubstitution beim Anilin
Vergleichen mit Ammoniak und Methylamin
Vergleichen mit Phenol; Anwenden der Vorkenntnisse (vgl. auch C13.4)
(ca. 4 Std.)

- Aldehyde und Ketone
Vorstellen wichtiger Vertreter; Carbonylgruppe als funktionelle Gruppe; Nomenklatur; Aufzeigen einiger Verwendungsmöglichkeiten, z.B. als Desinfektionsmittel, zur Kunststoffherstellung; Bewußtmachen der Problematik des Formaldehydeinsatzes (6 GE);
- Aldehyde als Reduktionsmittel (Pr):
Silberspiegelprobe, Fehlingprobe
experimentelle Untersuchung des Verhaltens von Aldehyden und Ketonen; Formulieren der Redoxgleichungen ohne Berücksichtigung der Komplexbildung
(ca. 5 Std.)

- Additionsreaktionen:
Reaktionsprinzip
experimentelle Demonstration einer Addition; Formulieren der Schritte der nucleophilen Addition; Beispiele: Addition von Wasser, Alkohol und Ammoniak

- C-H-Acidität:
Keto-Enol-Tautomerie
Aldoladdition
Erklären der Aktivierung von C-H-Bindungen durch den Einfluß der benachbarten Carbonylgruppe
(ca. 4 Std.)

- Carbonsäuren (Pr)
Vorstellen wichtiger Vertreter (6 B); Carboxylgruppe als funktionelle Gruppe; Nomenklatur; Herstellung und Bedeutung von Essigsäure; Mesomeriestabilisierung des Carboxylat-Ions; Vergleichen der pK_S -Werte; Erklären der Unterschiede mit dem Einfluß induktiver Effekte; experimentelle Ermittlung des pK_S -Werts durch Halbtitration; Salzbildung
(ca. 6 Std.)

- Acidität der Carboxylgruppe:
Einfluß von Substituenten

- Esterbildung und Esterhydrolyse:
Säurekatalyse
Gleichgewichtsreaktion

Bedeutung von Estern

Erarbeitung ausgehend von Experimenten;
Formulieren des Reaktionsmechanismus;
Aufzeigen von Möglichkeiten zur Erhöhung der Ausbeute (vgl. C11.2); keine Berechnungen mit Hilfe des Massenwirkungsgesetzes;
Beispiele für Lösungsmittel, Aromastoffe und Kunststoffe (Polyester, vgl. C13.4)

(ca. 4 Std.)

Jahrgangsstufe 13

(6)

1 Chemie der Biomoleküle

(ca. 45 Std.)

Die Schüler setzen sich auch in eigenen experimentellen Untersuchungen mit den Eigenschaften und der Struktur von Kohlenhydraten, Eiweißstoffen und Fetten auseinander und lernen so Schlüsselsubstanzen biochemischer Vorgänge kennen. Dabei ist es immer wieder erforderlich, bereits erworbene Kenntnisse über den Einfluß funktioneller Gruppen bei den entsprechenden Biomolekülen anzuwenden und zu vertiefen. Zugleich soll den Schülern bewußt werden, daß die große Vielfalt der behandelten Naturstoffe auf relativ wenige Einzelbausteine und die speziellen Möglichkeiten ihrer Verknüpfung zurückzuführen ist.

Im Zusammenhang mit der biologischen und wirtschaftlichen Bedeutung der ausgewählten Stoffgruppen rücken auch Aspekte einer gesunden Ernährung in das Blickfeld der Schüler.

Molekülchiralität und optische Aktivität (Pr):
Fischer-Projektion der D- und L-Konfiguration

experimentelle Demonstration und Begriffsklärung; Veranschaulichen der Chiralität mit Hilfe von Modellen enantiomerer Moleküle, z.B. Glycerinaldehyd, Milchsäure, Alanin; Hinweis auf die Bedeutung der Chiralität in der Natur; Ansprechen der Diastereomerie

(ca. 4 Std.)

Kohlenhydrate (Pr)

Begriffsklärung; Hinweis auf die biologische und wirtschaftliche Bedeutung, z.B. als nachwachsende Rohstoffe (6 B; 6 GE, MT)

- Monosaccharide:

D-Glucose:

Ketten-, Ringstruktur

Fischer- bzw. Haworth-Projektionsformeln

GOD-Test als spezifischer Nachweis; Diskussion experimenteller Hinweise; Demonstration und Deutung der Mutarotation

D-Fructose:

Pyranose-, Furanosestruktur

Fischer- bzw. Haworth-Projektionsformeln

experimentelle Unterscheidung von Glucose durch Seliwanow-Probe und GOD-Test; Nachweis der Oxidierbarkeit; Erklären durch die Keto-Endiol-Tautomerie

(ca. 7 Std.)

- Disaccharide:

glykosidische Bindung

Maltose und Cellobiose

Saccharose

Erkennen des Prinzips; Vergleichen des Maltose- und Trehalose-Verknüpfungstyps: Auswirkung auf das Reduktionsvermögen; Anwenden und Einüben im weiteren Unterricht; Herausstellen der α - bzw. β -glykosidischen Bindung;

experimentelle Untersuchung der Oxidierbarkeit; Vergleich mit dem neutralisierten Hydrolysat; Nachweis der Hydrolyseprodukte; Ableiten der Strukturformel; Demonstration und Deutung der Inversion

(ca. 6 Std.)

- Polysaccharide:
Stärke, Glykogen, Cellulose
Aufzeigen des Zusammenhangs zwischen Molekülstruktur, Eigenschaften und biologischer Bedeutung; Unterscheiden von Amylose, Amylopektin und Glykogen; Überblick über die wirtschaftliche Bedeutung der Cellulose; Eingehen auf einen wichtigen technischen Prozeß und seine Umweltproblematik, z.B. Zellstoffgewinnung, Papierherstellung und -recycling (6 MT, U)
(ca. 5 Std.)

- Aminocarbonsäuren und Proteine (Pr)
Überblick über Vorkommen (6 B)

- Molekülstruktur und Eigenschaften von Aminocarbonsäuren:
Löslichkeit, Aggregatzustand, Säure-Base-Verhalten
Vorstellen einiger natürlicher Aminosäuren; Hinweis auf die Gruppeneinteilung; Erarbeiten des gemeinsamen Bauprinzips; Anwenden von Kenntnissen zur Chiralität; experimentelle Untersuchung physikalischer und chemischer Eigenschaften; Erarbeiten der Zwitterion-Struktur und ihres Ampholytcharakters; isoelektrischer Punkt und Prinzip der Elektrophorese
(ca. 7 Std.)

- Verknüpfung durch Peptidbindung
Erfassen der Peptidbindung als Ergebnis einer Kondensation; Beschreiben des mesomeren Charakters und der Raumstruktur der Peptidgruppe; Durchführen der Biuret-Probe und Deuten ihres Ergebnisses

- Bauprinzip, Eigenschaften und Bedeutung von Proteinen:
Aminosäuresequenz, Kettenkonformation
Denaturierung, Hydrolyse
Vorstellen der α -Helix (Keratin, Wolle) und der Faltblattstruktur (Fibroin, Seide); Eingehen auf höhere Strukturen und ihre Stabilisierung; Ansprechen der Proteide; Durchführen und Auswerten von Experimenten; Hinweis auf moderne Verfahren zur Proteinisolierung und -analyse; Ansprechen der biologischen Bedeutung (6 B12, S), z.B. als Enzym (vgl. C13.2), Nährstoff, Giftstoff (6 GE)
(ca. 8 Std.)

Fette und fette Öle (Pr)

- | | |
|---|--|
| - Bauprinzip und Eigenschaften:
Esterbindung | allgemeiner Aufbau eines heteroaciden Triacylglycerins (Palmitin-, Stearin- und Ölsäure als Fettsäuren); |
| Auswirkungen verschiedener Fettsäurereste | Erklären von Erweichungsintervall und Konsistenz; Nachweis des ungesättigten Charakters; |
| Hydrolyse | Durchführen der Fettverseifung (vgl. C13.4) |
| - Vorkommen und Bedeutung | Ansprechen der biologischen Bedeutung als Nähr- und Speicherstoffe (6 B12); Hinweis auf die Fetthärtung und ihre wirtschaftliche Bedeutung; Fette als nachwachsende Rohstoffe (6 MT, GE, DW) |
- (ca. 8 Std.)

2 Energetik und Kinetik biochemischer Reaktionen

(ca. 16 Std.)

Ausgehend von einfachen Experimenten erfassen die Schüler grundlegende Gesetzmäßigkeiten der Thermodynamik und übertragen diese auf biochemische Reaktionen. Sie werden sich der Notwendigkeit und zentralen Bedeutung der Biokatalyse für das ganze Stoffwechselgeschehen in Lebewesen bewußt und lernen, die Wirkungsweise der Enzyme mit Hilfe einfacher Modellvorstellungen zu beschreiben.

Grundlagen des Energieumsatzes

- | | |
|---|--|
| - Freie Enthalpie als "Triebkraft" chemischer Reaktionen (6 W):
Prinzip des Enthalpieminimums und Entropiemaximums | Aufgreifen und Erweitern von Grundkenntnissen; Unterscheiden zwischen thermodynamisch und kinetisch kontrollierten Reaktionen (vgl. C11.2); experimentelle Einführung zur Unterscheidung von Freier Enthalpie, Enthalpie und Entropie; Interpretieren der Gibbs-Helmholtz-Gleichung; Hinweis auf den Zusammenhang zwischen ΔG und ΔE bei Redoxreaktionen |
| - Eigenart biologischer Systeme:
energetische Koppelung
Fließgleichgewicht | schematische Darstellung (Formelschema) der Verknüpfung exergonischer und endergonischer Stoffwechselreaktionen über das ATP/ADP-System (6 B12); Anwenden im weiteren Unterricht; Herausarbeiten des Unterschieds zwischen Fließgleichgewicht und chemischem Gleichgewicht (vgl. C11.2) |
- (ca. 7 Std.)

Biokatalyse (Pr)

- | | |
|---------------------------------------|---|
| - Struktur und Bedeutung von Enzymen: | Aufgreifen und Erweitern von Grundkenntnissen; Demonstration einer Enzymreaktion, z.B. Stärkeabbau; |
| Proteinnatur | experimenteller Nachweis; |
| Cofaktoren | Herausstellen ihrer Bedeutung; NAD ⁺ bzw. Häm als Beispiel für ein Coenzym bzw. eine prosthetische Gruppe (nur Formelschema); Hinweis auf den Einsatz von Enzymen, z.B. in Medizin, Analytik, Biotechnologie (6 B; 6 GE, MT, BO) |
| Verwendung | |
- (ca. 3 Std.)

- Wirkungsweise von Enzymen:
Substrat- und Wirkungsspezifität Durchführen und Auswerten von Experimenten; Deuten mit Hilfe einer bildhaften Modellvorstellung ("Schlüssel-Schloß-Prinzip");
 - Abhängigkeit der Aktivität von der Substratkonzentration Ermitteln und Auswerten einer Substratsättigungskurve; Interpretieren mit Hilfe der Theorie vom Enzym-Substrat-Komplex; Michaelis-Konstante als Maß für die Substrataffinität eines Enzyms;
 - Abhängigkeit der Aktivität von Milieufaktoren Aufzeigen des Einflusses von Temperatur, pH-Wert und Schwermetallionen (6 GE, U);
 - Hemmung der Aktivität Vorstellen je eines Beispiels für isosterische und allosterische Hemmung; Anwenden des "Schlüssel-Schloß-Prinzips"; Hinweis auf die Wirkung von Aktivatoren
- (ca. 6 Std.)

3 Chemie fundamentaler Stoffwechselprozesse (ca. 22 Std.)

Die gewonnenen Erkenntnisse über Eigenschaften und Struktur ausgewählter Biomoleküle sowie den Ablauf von Reaktionen unter den besonderen Bedingungen des Organismus ermöglichen den Schülern nun eine gezielte Auseinandersetzung mit Fragen der Energiebindung und Energiefreisetzung in Lebewesen. Ausgehend von einem Überblick über die wesentlichen Vorgänge der Assimilation und Dissimilation sollen die Schüler Grundprinzipien des Stoffwechselgeschehens, wie die Gliederung in Teilschritte oder die Einschaltung von Kreisprozessen, begreifen. Das Wissen um die fundamentale Bedeutung dieser Vorgänge für den Stoffkreislauf in Ökosystemen soll die Schüler auch in der Wahrnehmung von Umweltveränderungen sensibilisieren.

Energiebindung und Stoffaufbau durch Photosynthese (6 B12 bzw. B9)

- Bedeutung der Photosynthese Bewußtmachen von Bedeutung und Umfang der weltweiten Biomasseproduktion und Sauerstofffreisetzung (6 W); Hinweis auf den Kohlenstoffkreislauf
 - Wirkung von Außenfaktoren (Pr):
Beleuchtungsstärke, Lichtqualität experimenteller Nachweis des Einflusses von Außenfaktoren auf die Stärkebildung bzw. Sauerstofffreisetzung;
experimentelle Untersuchung der Blattfarbstoffe, z.B. chromatographische Trennung, Absorptionsmessung; Vergleichen von Absorptionsspektrum des Chlorophylls (vgl. C12.1) und Aktionsspektrum der Photosynthese
 - Kohlenstoffdioxidgehalt, Temperatur Diskussion von Befunden, die auf das Vorliegen lichtabhängiger und lichtunabhängiger Reaktionssysteme hinweisen
- (ca. 6 Std.)

- Lichtreaktionen:
Photopigmente
Elektronentransport
Photophosphorylierung
- Entwickeln einer Übersicht;
Aufzeigen der Funktion des Chlorophylls;
Lichtabsorption, Anregung, Ionisierung; Wasser
als Elektronendonator; NADP^+ als Elektronenak-
zeptor (vereinfachte Darstellung);
Bildung von ATP;
Formulieren der Bruttogleichung; Quantenbedarf;
Vorstellen der O-18-Tracermethode
- (ca. 3 Std.)
- Dunkelreaktionen:
 CO_2 -Fixierung
Reduktion
Glucosebildung
- Bindung an einen C_5 -Körper; Spaltung des C_6 -
Körpers;
Reaktion von Glycerinsäure-3-phosphat zu
Glycerinaldehyd-3-phosphat unter Verbrauch
von ATP und NADPH/H^+ ;
Bildung des C_6 -Körpers und Rückbildung des
 CO_2 -Akzeptors (stark vereinfachte Darstellung);
Erarbeiten der Bruttogleichung; Vorstellen der C-
14-Tracermethode; Aufzeigen des Wir-
kungsgrades des Gesamtprozesses
- (ca. 3 Std.)
- Energiefreisetzung und Stoffabbau durch Gärung
und biologische Oxidation
- (6 B12 bzw. B10); Hinweis auf den langwierigen
und mühsamen Weg der Aufklärung dieser
Stoffwechselprozesse (6 W);
- anaerober Abbau der Glucose:
Glykolyse
- experimentelle Untersuchung einer Gärungs-
reaktion und Erstellen der Bruttogleichung;
wesentliche Schritte: Aktivierung der Glucose
durch Phosphorylierung, Spaltung des C_6 -
Körpers, Oxidation von Glycerinaldehyd-3-
phosphat zu Glycerinsäure-3-phosphat unter Bil-
dung von ATP und NADH/H^+ ; Brenztrau-
bensäure als Endprodukt;
- Weiterreaktion der Brenztraubensäure
- Bildung von Milchsäure bzw. Ethanol unter
Rückbildung von NAD^+ ;
Formulieren der Bruttogleichung; Energiebilanz;
Hinweis auf die wirtschaftliche Bedeutung der
Gärungen (6 MT); Bewußtmachen der
physiologischen Wirkung des Alkohols (6 B; 6
GE, V)
- (ca. 5 Std.)

- aerober Abbau der Glucose:
Bildung aktivierter Essigsäure

Citronensäurezyklus

Atmungskette
- (Glykolyse: vgl. anaerober Abbau);
oxidative Decarboxylierung der Brenztraubensäure an einem Multienzymkomplex;
Abspaltung von Kohlenstoffdioxid und Bildung von NADH/H⁺ und FADH₂ (kein detailliertes Schema);
Wasserstoff- und Elektronentransport; Bildung von Wasser und Rückbildung von NAD⁺ und FAD;
Formulieren der Bruttogleichung; Energiebilanz und Wirkungsgrad;
Hinweis auf die zentrale Bedeutung des Citronensäurezyklus innerhalb des Stoffwechselsgeschehens
- (ca. 5 Std.)

4 Organische Chemie des Alltags

(ca. 37 Std.)

Die Alltagsbedeutung organisch-chemischer Syntheseprodukte stellt sich am Beispiel der Tenside, Farbstoffe und Kunststoffe nochmals eindrucksvoll dar. Die Schüler erkennen, in welchem Maße diese Stoffe, die durch die Erschließung neuer Rohstoffquellen und gezielte Syntheseverfahren entwickelt werden konnten, unsere Lebenswelt prägen. Bei der Auseinandersetzung mit einigen dieser Synthesemöglichkeiten greifen die Schüler auf bereits bekannte Reaktionsabläufe zurück und festigen so elementare Kenntnisse.

Besonders am Beispiel der Kunststoffe und der modernen Waschmittel sollen sie auch die Umweltproblematik dieser Produkte begreifen und hieraus die Bereitschaft zu verantwortlichem Handeln entwickeln.

- Kunststoffe
 - Produkte der Petrochemie als Ausgangsstoffe
 - Synthese durch Polyreaktionen:
radikalische Polymerisation
Polykondensation
Polyaddition
 - Struktur und Eigenschaften (Pr):
Thermoplast
Duroplast
Elastomer
- exemplarisches Aufzeigen der Alltagsbedeutung; Begriffsklärung; Abgrenzen gegen andere Werkstoffe; Hinweis auf abgewandelte natürliche Polymere (vgl. C13.1) und Verbundwerkstoffe (6 MT);
Erdgas- und Erdölprodukte als Rohstoffe für die industrielle Kunststoffsynthese; Hinweis auf alternative Rohstoffquellen, z.B. Kohle, nachwachsende Rohstoffe (6 U)
- Demonstration an je einem Beispiel; Vergleichen der Verknüpfungsprinzipien; Formulieren charakteristischer Strukturformelausschnitte; Erkennen von Polyestern, Polyamiden und Phenolharzen als Polykondensate (vgl. C12.4 und C13.1); ggf. Ansprechen der Copolymerisate; Hinweis auf Gefahren durch Vinylchlorid bei der technischen PVC-Herstellung (6 GE, U)
- Untersuchen und Deuten der unterschiedlichen thermischen und mechanischen Eigenschaften; ggf. Hinweis auf Beständigkeit gegenüber Lösungsmitteln
- (ca. 3 Std.)
- (ca. 5 Std.)
- (ca. 3 Std.)

- Verarbeitung und Verwendung (6 MT, BO) Aufzeigen von Möglichkeiten der Nachbehandlung am Beispiel von PVC (Weichmachung) und Polyamid (Verstrecken); Veranschaulichen einiger Verarbeitungsmöglichkeiten und -probleme bei thermo- und duroplastischen Kunststoffen; exemplarisches Verdeutlichen der vielseitigen Verwendbarkeit und wirtschaftlichen Bedeutung

 - Abfallproblematik (6 U, GE, MT) Kunststoffabfälle als Teil von Haus- und Gewerbemüll; Probleme mit der Deponierung und Verbrennung; Erkennen der Bedeutung der Abfallvermeidung und der Möglichkeiten des Recyclings; Einbeziehen aktueller Entwicklungen (6 WR; 6 P, EU, DW)
(ca. 6 Std.)
- organische Farbstoffe
- Molekülbau und Farbigekeit (Pr):
Anregung delokalierter Elektronensysteme durch Licht

chromophore, auxochrome und antiauxochrome Gruppen
- Begriffsklärung: Farbe, Farbstoff, Farbstoff; Bewußtmachen der ästhetischen Dimension (6 Ku; 6 MB);
Aufgreifen von Vorkenntnissen (6 Ph9);
Demonstration der Lichtabsorption farbiger Lösungen; ggf. Aufnahme eines Absorptionsspektrums (vgl. C12.1);
Aufzeigen der Wirkung an Beispielen; Deuten des Farbwechsels, z.B. bei Protonierung bzw. Deprotonierung von Indikatoren
(ca. 4 Std.)
- Synthese von Azofarbstoffen
- Demonstrationsversuche; Aufzeigen des Einflusses verschiedener Kupplungskomponenten; Formulieren der Diazotierung und Azokupplung (kein Mechanismus); ggf. Vorstellen einer weiteren Farbstoffklasse
- Textilfärbung (Pr)
- Erkennen der Bedeutung der "Echtheiten" für die Eignung als Textilfarbstoff; praktische Durchführung von Textilfärbungen; Hinweis auf unterschiedliche Bindungen zwischen Farbstoffmolekül und Faser;
Ansprechen von Naturfarbstoffen (6 B); historische Bedeutung der Farbstoffe für die deutsche chemische Industrie
(ca. 6 Std.)
- Tenside und Waschmittel
- Seifen als waschaktive Substanzen (Pr):
Zusammenhang zwischen dem Bau des amphiphilen Seifenanions und der Waschwirkung
- Hinweis auf geschichtliche Aspekte; Verseifung von Fetten (Wiederholung, vgl. C13.1); klassische und moderne Verfahren; Demonstration der Grenzflächenaktivität; Untersuchen der Nachteile wäßriger Seifenlösungen: alkalische Reaktion, Säure- und Härteempfindlichkeit
(ca. 4 Std.)

- Alkylbenzolsulfonate als Beispiel für synthetische Tenside Ableiten der Tensidwirkung aus der Molekülstruktur; Hinweis auf kationaktive und nicht-ionogene Tenside

- Waschmittel und Umweltschutz (Pr)
(6 MT, U) Nachweisen einiger Komponenten eines modernen Vollwaschmittels; Aufzeigen der Bedeutung wichtiger Waschlfsstoffe; Gespräch über die Gewässerbelastung durch Waschmittel und über Möglichkeiten zu deren Reduzierung (6 B12, Ek);
Hinweis auf den Tensideinsatz in anderen Bereichen, z.B. Körperpflege
(ca. 6 Std.)