

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 Begriffs-
klärung; 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)

Begriffsklä rung; Hinweis auf die biologische und
wirtschaftliche Bedeutung, z.B. als nach-
wachsende Rohstoffe (→ B; → GE, MT)

- Monosaccharide:

D-Glucose:

Ketten-, Ringstruktur

Fischer- bzw. Haworth-Projektionsformeln

GOD-Test als spezifischer Nachweis;

Diskussion experimenteller Hinweise; Demon-
stration 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

Erkennen des Prinzips; Vergleichen des Maltose-
und Trehalose-Verknüpfungstyps: Auswirkung
auf das Reduktionsvermögen; Anwenden und
Einüben im weiteren Unterricht;

Maltose und Cellobiose

Herausstellen der α - bzw. β -glykosidischen
Bindung;

Saccharose

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 (→ MT, U)
(ca. 5 Std.)

- Aminocarbonsäuren und Proteine (Pr)

Überblick über Vorkommen (→ 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 (→ B12, S), z.B. als Enzym (vgl. C13.2), Nährstoff, Giftstoff (→ GE)
(ca. 8 Std.)

Fette und fette Öle (Pr)

- Bauprinzip und Eigenschaften:
Esterbindung
Auswirkungen verschiedener Fettsäurereste
Hydrolyse
 - Vorkommen und Bedeutung
- allgemeiner Aufbau eines heteroaciden Triacylglycerins (Palmitin-, Stearin- und Ölsäure als Fettsäuren);
Erklären von Erweichungsintervall und Konsistenz; Nachweis des ungesättigten Charakters; Durchführen der Fettverseifung (vgl. C13.4)
Ansprechen der biologischen Bedeutung als Nähr- und Speicherstoffe (→ B12); Hinweis auf die Fetthärtung und ihre wirtschaftliche Bedeutung; Fette als nachwachsende Rohstoffe (→ 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 (→ W):
Prinzip des Enthalpieminimums und Entropiemaximums
 - Eigenart biologischer Systeme:
energetische Koppelung
Fließgleichgewicht
- 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
- schematische Darstellung (Formelschema) der Verknüpfung exergonischer und endergonischer Stoffwechselreaktionen über das ATP/ADP-System (→ 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:
Proteinnatur
Cofaktoren
Verwendung
- Aufgreifen und Erweitern von Grundkenntnissen; Demonstration einer Enzymreaktion, z.B. Stärkeabbau; experimenteller Nachweis; 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 (→ B; → GE, MT, BO)
- (ca. 3 Std.)

- Wirkungsweise von Enzymen:
Substrat- und Wirkungsspezifität
 - Abhängigkeit der Aktivität von der Substratkonzentration
 - Abhängigkeit der Aktivität von Milieufaktoren
 - Hemmung der Aktivität
- Durchführen und Auswerten von Experimenten; Deuten mit Hilfe einer bildhaften Modellvorstellung ("Schlüssel-Schloß-Prinzip"); Ermitteln und Auswerten einer Substratsättigungskurve; Interpretieren mit Hilfe der Theorie vom Enzym-Substrat-Komplex; Michaelis-Konstante als Maß für die Substrataffinität eines Enzyms;
Aufzeigen des Einflusses von Temperatur, pH-Wert und Schwermetallionen (→ GE, U);
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 (→ B12 bzw. B9)

- Bedeutung der Photosynthese
 - Wirkung von Außenfaktoren (Pr):
Beleuchtungsstärke, Lichtqualität
Kohlenstoffdioxidgehalt, Temperatur
- Bewußtmachen von Bedeutung und Umfang der weltweiten Biomasseproduktion und Sauerstofffreisetzung (→ W); Hinweis auf den Kohlenstoffkreislauf
- experimenteller Nachweis des Einflusses von Außenfaktoren auf die Stärkebildung bzw. Sauerstofffreisetzung;
experimentelle Untersuchung der Blattfarbstoffe, z.B. chromatographische Trennung, Absorptionsspektrometrie; Vergleichen von Absorptionsspektrum des Chlorophylls (vgl. C12.1) und Aktionsspektrum der Photosynthese
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:
CO₂-Fixierung
 - Reduktion
 - Glucosebildung

Bindung an einen C₅-Körper; Spaltung des C₆-
Körpers;
Reaktion von Glycerinsäure-3-phosphat zu Glycer-
inaldehyd-3-phosphat unter Verbrauch von ATP
und NADPH/H^+ ;
Bildung des C₆-Körpers und Rückbildung des
CO₂-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

 - anaerober Abbau der Glucose:
Glykolyse
 - Weiterreaktion der Brenztraubensäure

(→ B12 bzw. B10); Hinweis auf den langwierigen
und mühsamen Weg der Aufklärung dieser
Stoffwechselprozesse (→ W);
experimentelle Untersuchung einer Gärungs-
reaktion 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 Endpro-
dukt;
Bildung von Milchsäure bzw. Ethanol unter Rück-
bildung von NAD^+ ;
Formulieren der Bruttogleichung; Energiebilanz;
Hinweis auf die wirtschaftliche Bedeutung der Gä-
rungen (→ MT); Bewußtmachen der
physiologischen Wirkung des Alkohols (→ B; →
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 Stoffwechselgeschehens
- (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
- exemplarisches Aufzeigen der Alltagsbedeutung;
Begriffsklärung; Abgrenzen gegen andere Werkstoffe; Hinweis auf abgewandelte natürliche Polymere (vgl. C13.1) und Verbundwerkstoffe (→ MT);
Erdgas- und Erdölprodukte als Rohstoffe für die industrielle Kunststoffsynthese; Hinweis auf alternative Rohstoffquellen, z.B. Kohle, nachwachsende Rohstoffe (→ U)
- (ca. 3 Std.)
- 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 (→ GE, U)
- (ca. 5 Std.)

- Struktur und Eigenschaften (Pr):
 Thermoplast
 Duroplast
 Elastomer

Untersuchen und Deuten der unterschiedlichen thermischen und mechanischen Eigenschaften; ggf. Hinweis auf Beständigkeit gegenüber Lösungsmitteln

(ca. 3 Std.)
- Verarbeitung und Verwendung (→ 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 (→ 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 (→ WR; → P, EU, DW)

(ca. 6 Std.)
- organische Farbmittel

Begriffsklärung: Farbe, Farbmittel, Farbstoff; Bewußtmachen der ästhetischen Dimension (→ Ku; → MB);
- Molekülbau und Farbigkeit (Pr):
 Anregung delocalisierter Elektronensysteme durch Licht

Aufgreifen von Vorkenntnissen (→ 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.)
- chromophore, auxochrome und antiauxochrome Gruppen
- 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 (→ 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)
(→ MT, U)
Nachweisen einiger Komponenten eines modernen Vollwaschmittels; Aufzeigen der Bedeutung wichtiger Waschhilfsstoffe; Gespräch über die Gewässerbelastung durch Waschmittel und über Möglichkeiten zu deren Reduzierung (→ B12, Ek);
Hinweis auf den Tensideinsatz in anderen Bereichen, z.B. Körperpflege
(ca. 6 Std.)