

Kohlenhydrate, Lipide und Proteine – eine Lerntheke

Ein Beitrag von Dr. Birgitt Aldermann und Dr. Matthias Nolte, Köln

Mit Illustrationen von Wolfgang Zettlmeier, Barbing

Niveau: Sek. II

Dauer: 6 Unterrichtsstunden

Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler¹ können ...

- Aufbau und Funktion der drei Nährstoffklassen Kohlenhydrate, Lipide, Proteine erklären.
- selbstständig und eigenverantwortlich arbeiten.
- mit Mitschülern Aufgaben und Ergebnisse abgleichen und besprechen.

Der Beitrag enthält Materialien für:

- ✓ Offene Unterrichtsformen
- ✓ Schülerversuch
- ✓ Projektarbeit
- ✓ Differenzierungsmöglichkeiten
- ✓ Hausaufgaben

Hinweise zur Didaktik und Methodik

Die Selbstlerneinheit besteht aus einem **Advance Organizer (M 1)**, einer **Einführung für die Schülerinnen und Schüler (M 2)** und **drei inhaltlichen Einheiten (M 3-5)**.

Die Folie (M 1) (Advance Organizer) wird im Plenum allen Lernenden als inhaltlicher und motivierender Einstieg in das Selbstlernprogramm gezeigt. Sie zeigt inhaltliche Aspekte der drei Einheiten in einer übersichtlichen „kognitiven Landkarte“ (es bietet sich an das Strukturnetz als Lernplakat oder Folie – entsprechend groß zu kopieren). In Partnerteams tauschen sich die Lernenden über Bekanntes und Neues aus.

Die **Einführung (M 2)** gibt den Lernenden eine Einweisung in den formalen Aufbau und die Art und Weise der Bearbeitung der Selbstlerneinheit. Ihr kann auch die Lehrkraft wichtige Informationen für den Einsatz und die Begleitung der Selbstlerneinheit entnehmen.

Jeder Lernende sollte alle **Materialien** ausgedruckt bekommen. Ob alles auf einmal, jede Einheit gesondert, die Lösungsbücher mitgegeben oder nur auf Nachfrage bzw. nach Vorlage der bearbeiteten Einheit herausgegeben wird, entscheidet die Lehrkraft.

Für die **Anbindung der Lernereinheit an den Chemieunterricht** gibt es verschiedene Varianten. Sie kann von den Lernenden komplett bearbeitet oder die einzelnen Einheiten jeweils nach und nach an passender Stelle als Exkurse integriert werden. Die Bearbeitung kann als begleitende Hausaufgabe oder als eine Art Wochenplanarbeit ganz in die Eigenverantwortlichkeit der Lernenden gelegt werden.

II/H

¹ Im weiteren Verlauf wird aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit nur „Schüler“ verwendet. Schülerinnen sind genauso gemeint.

Literatur

Campbell, Neil A.; Reece, Jane B.: Biologie. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg/Berlin 2003. 1562 Seiten.

Das Lehrbuch „Biologie“ veranschaulicht in einer Weise, die in Amerika praktische Maßstäbe gesetzt hat, die gesamte Biologie mit allen ihren Teilgebieten – Biochemie, Zellbiologie, Genetik, Mikrobiologie, Evolution, Biodiversität, Botanik, Zoologie und Ökologie. In eingestreuten Interviews erzählen renommierte Wissenschaftler von sich selbst, in Boxen bekommen die Leser Einblicke in das moderne biologische Methodenrepertoire, und ein gut aufeinander abgestimmtes Spektrum von allgemeinen Konzepten und speziellen Beispielen führt sie durch die multidisziplinäre Landschaft dieser dynamischen Fachrichtung. Parallel zum Buch gibt es zwei CD-ROMs mit Grafiken aus dem Lernbuch und interaktiven Lernmodulen.

Schwedt, Georg: Experimente mit Supermarktprodukten. Eine chemische Warenkunde. Wiley-VCH Verlag. Weinheim 2007. 194 Seiten.

In diesem Buch werden viele einfache, aber verblüffende Experimente mit Alltagsprodukten vorgestellt. Wie auch der zweite Teil ist es eine chemische Entdeckungsreise durch die Produktvielfalt eines Supermarktes. Aufgrund der Verfügbarkeit der meisten Substanzen im häuslichen Umfeld lassen sich die Experimente gut von Schülerinnen und Schülern allein zu Hause durchführen. Das Buch vermittelt durch die Experimente ein an Alltagsprodukten orientiertes Basiswissen der Chemie. In vielen der 160 im Buch nach Produktklassen sortierten Experimente spielen die in dieser Einheit betrachteten Nährstoffe eine wichtige Rolle.

Internet

<http://www.lehrer-online.de>

Hier finden sich Unterrichtsmaterialien für den Chemie-Unterricht der Sekundarstufe II.

M 3 Erste Einheit: Kohlenhydrate

In dieser Einheit erfahren Sie etwas über den molekularen Aufbau und die Funktion der Kohlenhydrate im Stoffwechsel. Diese spielen im aufbauenden und abbauenden Stoffwechsel (Fotosynthese und Zellatmung) eine wichtige Rolle.

1.1 Die Bedeutung der Kohlenhydrate für das Leben der Zellen

Die Bezeichnung „**Kohlenhydrate**“ geht auf eine frühere Annahme zurück, dass es sich bei ihnen um Hydrate des Kohlenstoffs handelt. Dass diese Annahme nicht richtig ist, zeigt sich daran, dass die Kohlenhydrate durch Wasserentzug irreparabel zerstört werden. Alternativ zum Begriff „Kohlenhydrate“ werden häufig die Bezeichnungen „**Zucker**“ oder „**Saccharide**“ verwendet.

Kohlenhydrate werden überwiegend von Pflanzen aufgebaut. Sie machen den größten Teil der Kohlenstoffverbindungen auf der Erde aus und sind die wichtigsten Energielieferanten für den Stoffwechsel der Zellen. In Form von großen langkettigen Molekülen dienen sie als Baustoffe, wie z. B. die Cellulose als wichtigste Baueinheit der Pflanzenzellwand oder Chitin als wichtigstes Zellwand-Baumaterial der Pilze und als Gerüstsubstanz im Panzer der Gliedertiere.

1.2 Monosaccharide

Das bekannteste und gleichzeitig bedeutendste Kohlenhydrat, das zu den **Monosacchariden** (Einfachzucker) gehört, ist die **Glucose** (Traubenzucker). Sie wird in grünen (chlorophyllhaltigen) Pflanzen im Verlauf der Photosynthese produziert. Die Glucose ist Dreh- und Angelpunkt im gesamten Stoffwechsel der Tiere. Fast alle anderen Kohlenhydrate sowie die Proteine und Lipide werden auf Glucosebasis hergestellt. Somit sind alle Tiere direkt (als Pflanzenfresser) oder indirekt (als Fleischfresser) auf die Glucoseproduktion angewiesen.

Monosaccharide haben in der Regel die Summenformel ein Vielfaches der **Baueinheit** CH_2O (beispielsweise hat die Glucose die Summenformel $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Kennzeichnend für die Einfachzucker ist, dass jedes Kohlenstoffatom eine **Hydroxygruppe (-OH)** trägt. Die Ausnahme bildet ein Kohlenstoffatom, das eine Doppelbindung zum Sauerstoff (**Carbonylgruppe**) ausbildet (vgl. Tabelle 1).

Monosaccharidklassen lassen sich nach verschiedenen Kriterien klassifizieren. Eines davon ist die Lage der Carbonylgruppe. Wenn sie endständig, so wie bei Glucose, liegt eine Aldehydgruppe vor. Man bezeichnet den Zucker als **Aldose**. Fructose gehört zu den **Ketosen**. Sie trägt eine Ketogruppe im Molekül (vgl. Tabelle 1).

Ein weiteres Kriterium ist die Größe des Kohlenstoffgerüsts. Dieses kann zwischen drei und sieben Kohlenstoffatome lang sein. Am weitesten verbreitet sind **Triosen (C3)**, **Pentosen (C5)** und **Hexosen (C6)**.

Die Kohlenhydrate werden in Abbildungen häufig in Kettenform dargestellt. In wässrigen Lösungen, wie z. B. in Zellinneren, liegen sie in Ringform vor. Bei der Bildung des Glucose-rings bindet sich das Kohlenstoffatom 1 an den Sauerstoff des Kohlenstoffatoms 5 (vgl. Abb. 1). Dabei wird die Hydroxygruppe des Kohlenstoffatoms 1 an der Stelle des Ring-schlusses in einer von zwei möglichen Positionen verankert: Sie liegt entweder unterhalb (**α -Form**) oder oberhalb (**β -Form**) der Ringebene.

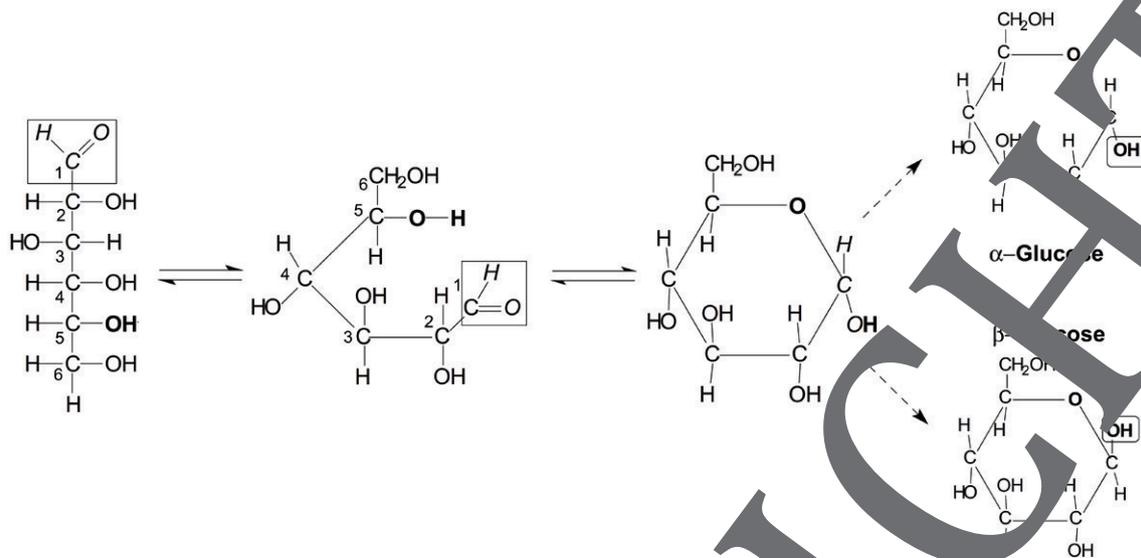
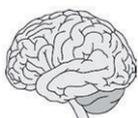


Abbildung 1: Bildung der Ringform aus der Kettenform am Beispiel der Glucose



Aufgabe 1

Vervollständigen Sie die Tabelle 1. Markieren Sie in den Kettenformen die Hydroxygruppen rot, die Aldehydgruppen grün und die Ketogruppen blau.

Tabelle 1: Einteilung und Strukturformel einiger wichtiger Mono-saccharide

	Ribose	Fructose	Galactose	Glycerinaldehyd	Glucose	Ribulose
Summenformel						
Strukturformel	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array} $
Strukturformel - Ringform				-		
Aldose	x					
Ketose						
Triose						
Pentose						
Hexose						

II/H

1.3 Disaccharide

Disaccharide (Zweifachzucker) bestehen aus zwei Monosacchariden, die über eine **glykosidische Bindung** miteinander kovalent verbunden sind.

Zum Beispiel verbinden sich zur Entstehung von **Maltose** (Malzzucker) **zwei α -Glucoseeinheiten** miteinander. Dazu wird das **Kohlenstoffatom 1** des ersten Glucosemoleküls mit dem **Kohlenstoffatom 4** des zweiten über eine Sauerstoffbrücke verknüpft und es wird ein Molekül Wasser (H_2O) frei. Hier liegt also eine **α -1,4-glykosidische Bindung** vor (vgl. Abb. 2).

Weitere wichtige Disaccharide sind die **Cellobiose** (β -1,4-glykosidisch verbundene Glucosebausteine), die **Saccharose** (Rohrzucker) (α -1- β -2-glykosidisch verbundenes Glucose- und Fructosemolekül) und die **Lactose** (Milchzucker) (β -1,4-glykosidisch verbundenes Glucose- und Galactosemolekül).

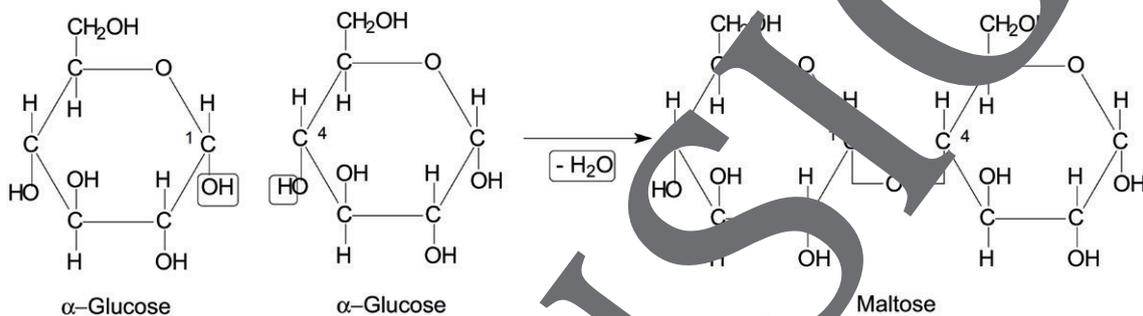


Abbildung 2: Synthese von Maltose

Aufgabe 2



Zeichnen Sie die Disaccharide **Cellobiose**, **Saccharose** und **Lactose**. Orientieren Sie sich dabei an den Strukturformeln der am Aufbau beteiligten Monosaccharide in der Tabelle 1.

1.4 Polysaccharide

Zuckerketten aus 2–10 Monosaccharidgliedern werden als **Oligosaccharide** (*oligos*, gr.: einige) und Ketten mit mehr als 10 Gliedern als **Polysaccharide** (*poly*, gr.: viele) bezeichnet.

Einige Polysaccharide sind die **Speicherformen der energiereichen Glucose** (z. B. Stärke). Aufgrund ihrer Größe von einigen hundert bis mehreren tausend miteinander verknüpften Monosaccharideinheiten sind sie im Vergleich zur Glucose **osmotisch fast unwirksam** und daher in der Zelle problemlos zu lagern. Darüber hinaus dienen Polysaccharide aber auch als Bauplatz zur Bildung von Stütz- und Schutzstrukturen (z. B. die Cellulose der pflanzlichen Zellwand).

Aufgabe 3

Führen Sie folgendes Experiment durch und schreiben Sie ein Versuchsprotokoll mit Ihren Beobachtungen. Lesen Sie dann den folgenden Abschnitt und deuten Sie Ihre Beobachtungen.



M 4 Zweite Einheit: Lipide

In dieser Einheit lernen Sie eine Stoffgruppe kennen, die unter dem Oberbegriff „Lipide“ zusammengefasst ist. Lipide spielen beim Membranaufbau und beim Stofftransport durch die Membran eine wichtige Rolle.

1. Lipide – unterschiedlich und doch ganz ähnlich

Auf den ersten Blick würde man **Fette**, **Phospholipide** und **Steroide** jeweils als eine Stoffgruppe zusammenfassen. Dennoch gehören alle diese Stoffe trotz ihres unterschiedlichen Molekülaufbaus zu den Lipiden. Ihnen allen ist gemeinsam, dass sie **in lipophilen Lösungsmitteln wie Benzol, Chloroform oder Ether gut löslich, in hydrophilen Medien wie Wasser hingegen schlecht oder gar nicht löslich** sind. Aufgrund dieser Eigenschaften kommen Lipide im wässrigen Innenmilieu der Zelle nicht in freier Form vor.

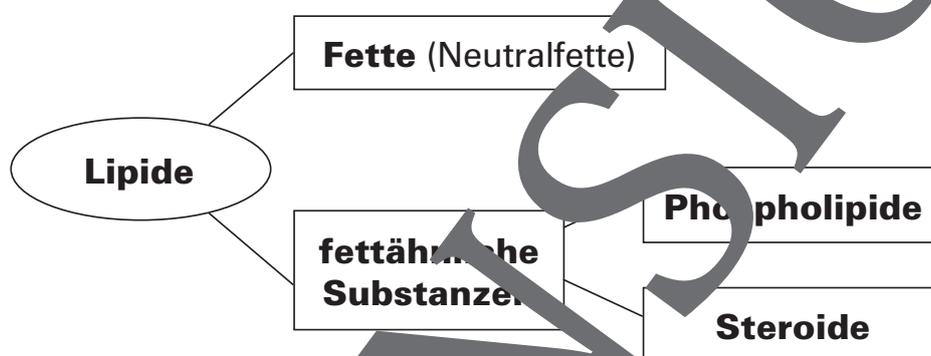


Abbildung 1: Gruppierung der Lipide

2. Fette

Fette sind kompakte Energiespeicher. Ihr Brennwert ist von allen Nährstoffen am höchsten. **1 g Fett liefert rund 9 kcal (ca. 37 kJ)** an nutzbarer Energie, dagegen liefern **1 g Kohlenhydrate** sowie **1 g Eiweiß jeweils lediglich 4 kcal (ca. 17 kJ)**. Aus diesem Grund werden bei einem Überangebot an Kohlenhydraten und Eiweiß, die zuerst zur Energiegewinnung herangezogen werden, diese Stoffe im Körper in Fette umgebaut und in Form von Fetttropfen intrazellulär als Energiereserven gelagert.

Neben der Energiespeicherefunktion dienen Fette auch der Formgebung und der Abfederung von Organen.

Chemisch gesehen sind Fette **Ester** zwischen dem Alkohol **Glycerin** und **Fettsäuren**. Bei den Fettsäuren handelt es sich um **Carbonsäuren**.

Glycerin ist ein Alkohol mit drei Kohlenstoffatomen, an denen jedes eine **Hydroxygruppe (-OH)** tritt.

Die **Fettsäuren** bestehen aus einer langen Kohlenwasserstoffkette, an deren Ende sich eine **Carboxygruppe (-COOH)** befindet.

Ester sind chemische Verbindungen zwischen einem **Alkohol** und einer **Säure**. Bei ihrer Bildung wird durch Verknüpfung der Hydroxygruppe des Alkohol-Moleküls und der Hydroxygruppe der Carboxygruppe des Säure-Moleküls ein Wasser-Molekül freigesetzt.

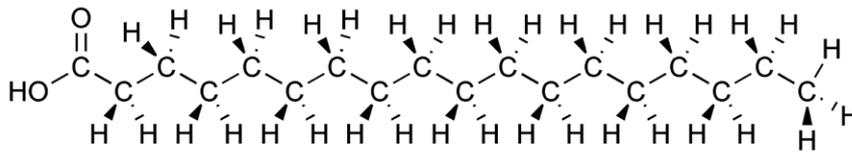
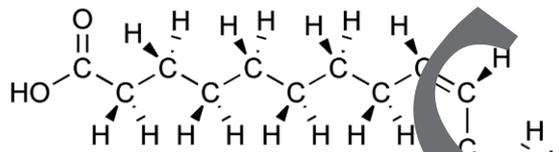
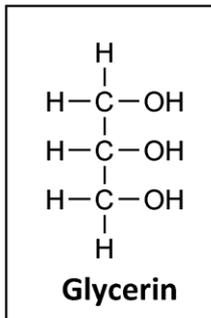
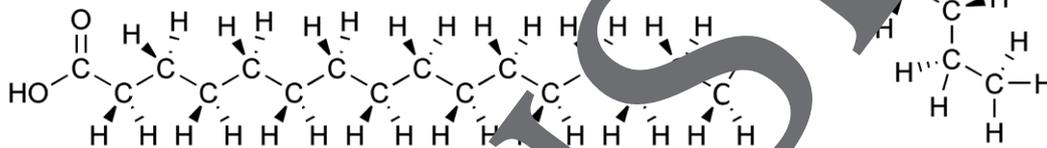
Stearinsäure ($C_{17}H_{35}COOH$)Ölsäure ($C_{17}H_{33}COOH$)Palmitinsäure ($C_{16}H_{32}O_2$)

Abbildung 2: Komponenten eines Fettmoleküls

**Aufgabe 1**

Zeichnen Sie das Fettmolekül, das durch Veresterung von Glycerin mit den drei Fettsäuren Palmitinsäure, Stearinsäure und Ölsäure entsteht (vgl. Abbildung 2).

Fettsäuren unterscheiden sich nicht nur in ihrer Länge, sondern auch in der Anzahl der Doppelbindungen im Molekül. Ist keine Doppelbindung vorhanden, also die Höchstzahl an Wasserstoffatomen an das Kohlenstoffgerüst gebunden, so spricht man von **gesättigten Fettsäuren**.

Ungesättigte Fettsäuren besitzen eine oder mehrere Doppelbindungen, die durch Entfernen von Wasserstoffatomen vom Kohlenstoffgerüst gebildet werden. An jeder Doppelbindung knüpft sich ein Ast in der sonst geraden Kohlenwasserstoffkette (vgl. Ölsäure in Abbildung 2).

Aufgabe 2

Die meisten tierischen Fette sind gesättigt. Sie erstarren bei Raumtemperatur. Im Gegensatz dazu sind die Fette aus Pflanzen, Fischen und Meeresäußern ungesättigt und liegen bei Raumtemperatur als flüssige Öle vor. Erläutern Sie unter Berücksichtigung der Struktur-Eigenschafts-Beziehung die unterschiedlichen Aggregatzustände.

M 5 Dritte Einheit: Proteine

In dieser Einheit setzen Sie sich mit dem Aufbau und der Struktur von Proteinen auseinander und erhalten Informationen über die vielfältigen Aufgaben der Proteine im Stoffwechsel.

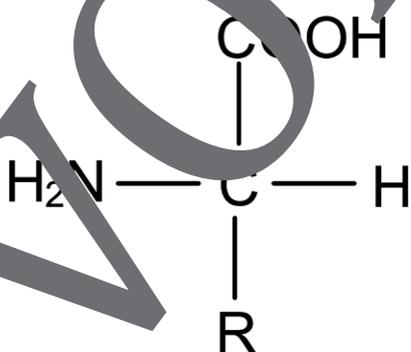
1. Proteine in pflanzlichen und tierischen Zellen

Bereits die Bezeichnung „Protein“ (gr.: *protos* = ursprünglich, zuerst) deutet auf die Bedeutung dieser Stoffgruppe für den Stoffwechsel pflanzlicher und tierischer Zellen an. Proteine zeichnen sich dadurch aus, dass sie im Cytoplasma der Zelle mengenmäßig an erster Stelle aller organischen Verbindungen stehen und eine besondere funktionelle Vielfalt aufweisen.

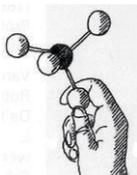
Tabelle 1: Funktionelle Vielfalt der Proteine im Cytoplasma von Zellen

Proteinsorte	Funktion	Beispiele
Enzyme	beschleunigen als Katalysatoren die in der Zelle ablaufenden chemischen Reaktionen	Die Amylase spaltet im Mund die mit der Nahrung aufgenommene Stärke.
Strukturproteine	geben Stabilität und dienen als Gerüstsubstanzen	Kollagen findet sich in Haut, Knochen und Knorpel, Keratin in Haaren, Fingernägeln und Vogelfedern.
Hormone	koordinieren Stoffwechselaktivität des Organismus	Insulin und Glucagon sind Gegenspieler in der Regulation der Blutzuckerkonzentration.
Kontraktile Proteine	ermöglichen Bewegungsvorgänge im Organismus	Aktin und Myosin ermöglichen Muskelbewegungen, Tubulin bildet den Spindelapparat bei der Mitose und der Meiose.
Transportproteine	transportieren Stoffwechselprodukte durch die Zelle	Der Sauerstofftransport im Blut erfolgt mittels Hämoglobin .
Antikörper	Antikörper erkennen und bekämpfen Bakterien und Viren und wehren Krankheitserreger ab.	

2. Aminosäuren – Grundbausteine aller Proteine



Proteine sind Makromoleküle, die hauptsächlich aus den Elementen **Kohlenstoff**, **Wasserstoff**, **Sauerstoff** und **Stickstoff** und zu einem geringeren Anteil aus **Schwefel** bestehen. Ihre Grundbausteine sind die **Aminosäuren**. Allen Aminosäuremolekülen liegt ein einheitlicher Bau zugrunde: Ein zentrales Kohlenstoffatom ist tetraedrisch von vier verschiedenen Atomen bzw. Atomgruppen umgeben. Drei davon, nämlich die **Aminogruppe (-NH₂)**, die **Carboxygruppe (-COOH)** und ein **Wasserstoffatom (-H)** sind bei allen Aminosäuren gleich. Sie unterscheiden sich durch einen für sie typischen **organischen Rest (-R)**.

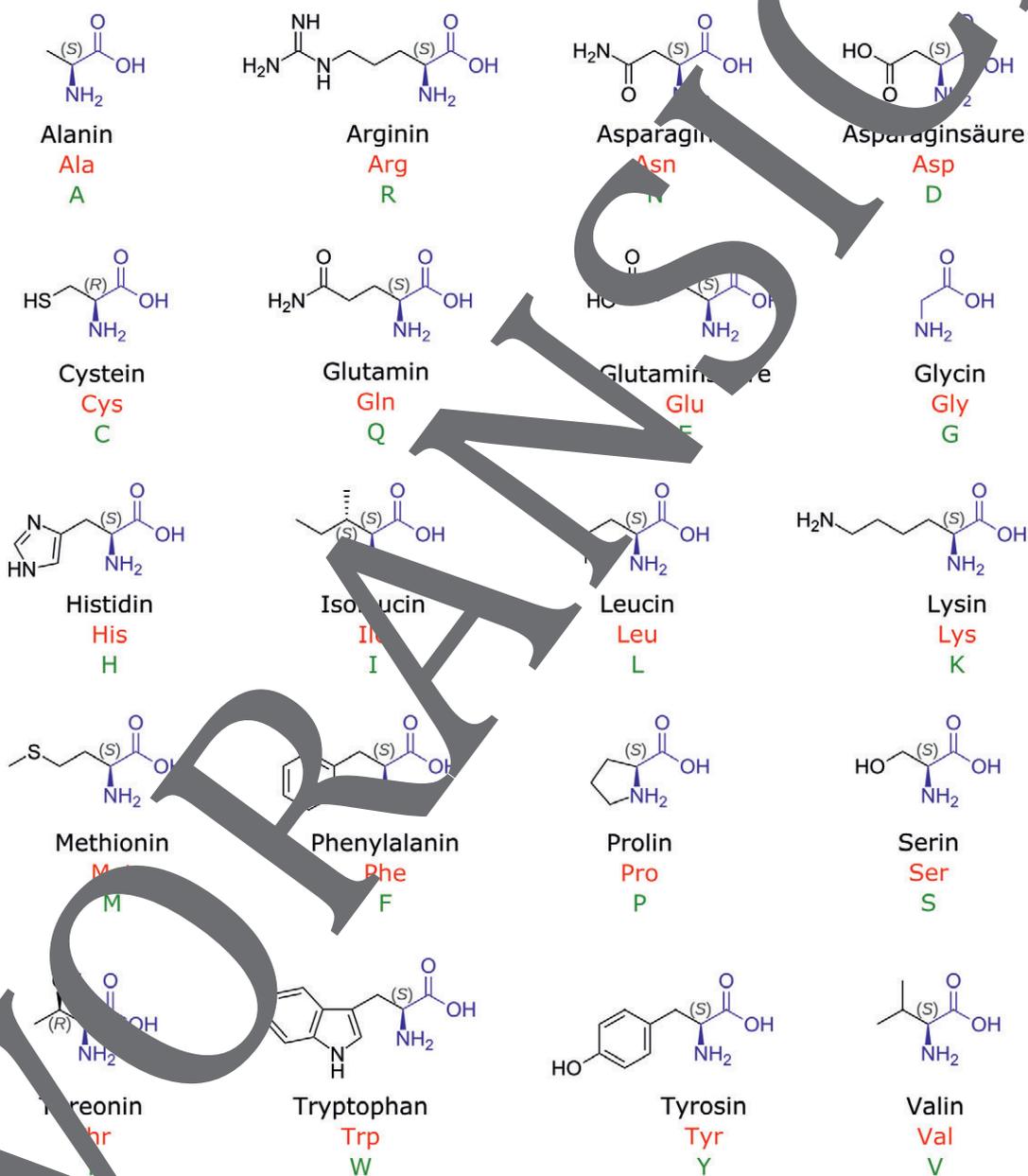


Aufgabe 1

Bauen Sie mithilfe eines Molekülbaukastens ein 3-D-Raummodell einer Aminosäure. Deuten Sie darin den Rest durch lediglich ein Bauelement an.

Am Aufbau von Proteinen sind 20 verschiedene Aminosäuren beteiligt. Man bezeichnet sie als **proteinogene Aminosäuren**. Einige von ihnen, die **essenziellen Aminosäuren** (fett in Tabelle 2), können vom menschlichen Körper nicht synthetisiert werden und müssen deshalb mit der Nahrung aufgenommen werden.

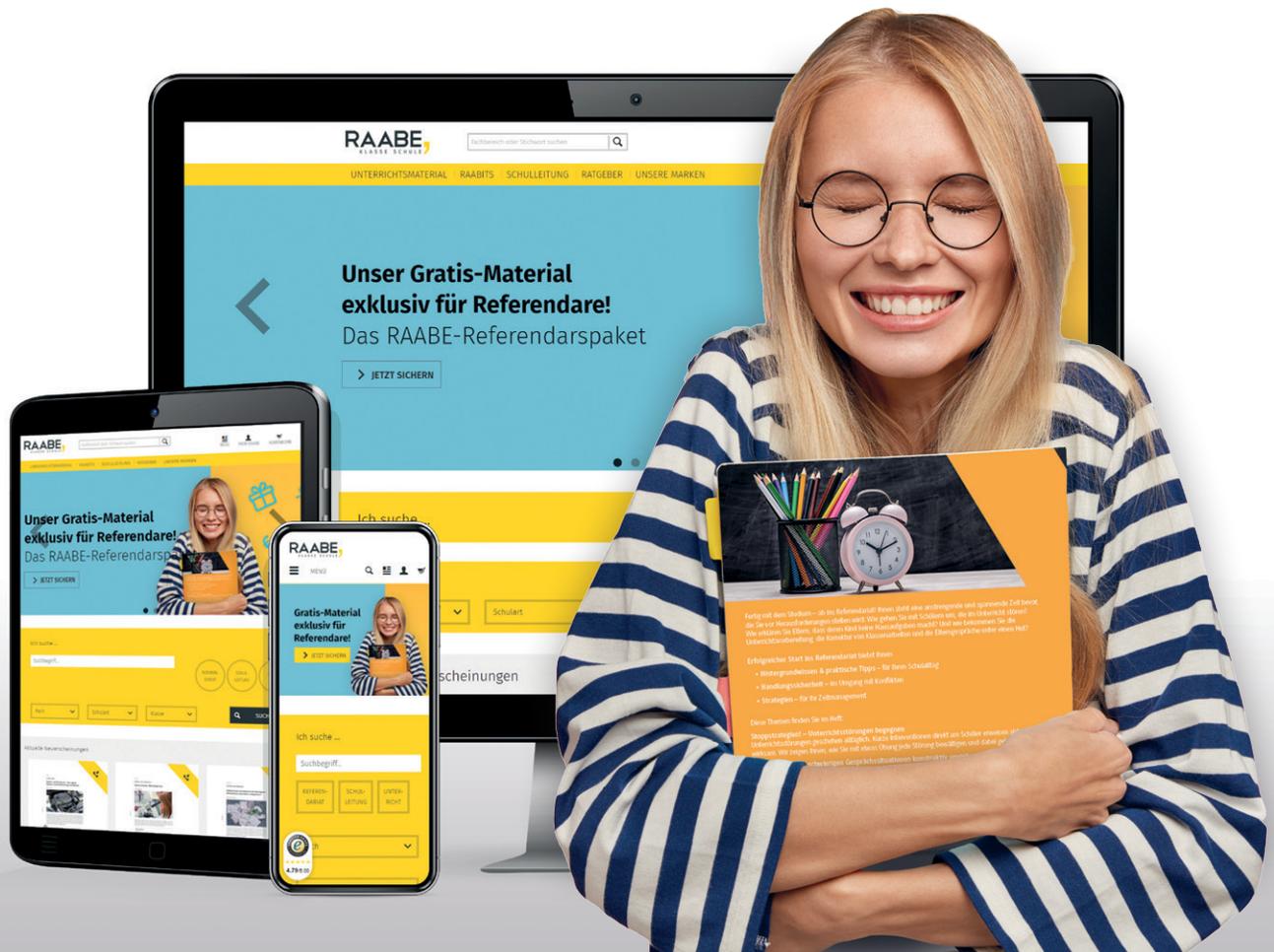
Tabelle 2: Die proteinogenen Aminosäuren in alphabetischer Reihenfolge



II/H

Sie wollen mehr für Ihr Fach?

Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



✓ **Über 5.000 Unterrichtseinheiten**
sofort zum Download verfügbar

✓ **Webinare und Videos**
für Ihre fachliche und
persönliche Weiterbildung

✓ **Attraktive Vergünstigungen**
für Referendar:innen
mit bis zu 15% Rabatt

✓ **Käuferschutz**
mit Trusted Shops



Jetzt entdecken:
www.raabe.de