

1

Die Makromoleküle des Lebens

1.1 Die Primärstruktur eines Proteins legt alle seine Eigenschaften fest

Proteine sind **Makromoleküle**. Sie können aus 20 verschiedenen Aminosäuren aufgebaut sein, die sich nur in ihren funktionellen Gruppen unterscheiden. Alle **Aminosäuren** tragen am zentralen C-Atom, neben einem Wasserstoffatom (-H) und einer **funktionellen Gruppe**, immer eine Aminogruppe (-NH₂) und eine Carboxylgruppe (-COOH). Die Aminogruppe kann ein Proton aufnehmen (-NH₃⁺), die Carboxylgruppe eines abgeben (-COO⁻). Aminosäuren liegen im Körper als Zwitterionen vor. Die Seitenketten der Aminosäuren werden unterteilt in unpolar, polar ungeladen und polar geladen (positiv oder negativ). Aminosäuren bilden unter Abspaltung von Wasser (**Kondensation**) **Peptide** (Di-, Tri-, Oligo-, Polypeptid etc.). Die Spaltung der Peptidbindung nennt man **Hydrolyse**. Die Aminosäureabfolge eines Peptids wird als **Primärstruktur** bezeichnet und von der DNA codiert. Mithilfe der Gel-Elektrophorese kann man Makromoleküle nach ihrer Größe auftrennen. Die entfalteten, im Gel negativ geladenen Proteine wandern hierbei zur Anode. Kleinere Proteine können das Gelnetzwerk leichter und somit schneller passieren als größere und bilden Proteinbanden weiter unten im Gel.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 12 „Aminosäuren bilden Peptide“

1.2 Die Polarität des Wassermoleküls ist eine Voraussetzung für irdisches Leben

Die beiden Wasserstoffatome des Wassers (H₂O) bilden einen Winkel von 105°. Sie sind mit dem Sauerstoffatom durch jeweils ein gemeinsames Elektronenpaar verbunden (**Elektronenpaarbindung** = **kovalente Bindung**). Da Sauerstoff (δ⁻) eine höhere Elektronegativität hat als Wasserstoff (δ⁺), entsteht im Wassermolekül eine polare kovalente Bindung. Es ist ein Dipol. Aufgrund der Dipolwirkung können lockere **Wasserstoffbrückenbindungen** zwischen Molekülen ausgebildet werden. Um Ionen herum bilden Wassermoleküle eine Hydrathülle. Eine **Ionenbindung** zwischen Kation und Anion wird stärker, je näher sich die Ionen kommen.

Wasserlösliche Stoffe werden als hydrophil, wasserabweisende Stoffe als hydrophob bezeichnet. Hydrophobe Gruppen eines Moleküls befinden sich in wässriger Lösung innerhalb der räumlichen Molekülstruktur, also vom Wasser abgewandt. Anziehung zwischen hydrophoben Gruppen nennt man **hydrophobe Wechselwirkungen**. Ein Wassermolekül kann in OH⁻- und H⁺-Ionen dissoziieren. Viele Moleküle reagieren mit Wasser: **Basen** nehmen Protonen aus dem Wasser auf (Protonenempfänger), und **Säuren** geben Protonen an das Wasser ab (Protonenspender). Der **pH-Wert** gibt die Protonenkonzentration in einer Lösung an. Bei pH > 7 ist die Lösung sauer, bei pH < 7 alkalisch und bei pH = 7 neutral. Die pH-Skala ist logarithmisch.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 13 „Zwischen Molekülen können sich Brücken bilden“

1.3 Die Funktion eines Proteins hängt von seiner räumlichen Gestalt ab

Die räumliche Gestalt eines Proteins nennt man **Konformation**. Als Primärstruktur bezeichnet man die Aminosäureabfolge eines Peptids. Diese führt zur Bildung charakteristischer **Sekundärstrukturen** wie α-Helices und β-Faltblattstrukturen. Zwischen diesen Sekundärstrukturen führen Wasserstoffbrücken, Ionenbindungen und hydrophobe Wechselwirkungen sowie eventuell einige kovalente Disulfidbrücken zur Ausbildung der **Tertiärstruktur**, der räumlichen Gestalt der Peptidkette. Werden diese Bindungen aufgehoben, wird die **Konformation** des Proteins zerstört und es entfaltet sich (**Denaturierung**). Bilden mehrere Polypeptidketten (Untereinheiten) ein Protein, so bezeichnet man dies als dessen **Quartärstruktur**.

Durch **Röntgenstrukturanalyse** kann die Tertiärstruktur eines Proteins ermittelt werden.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 14 „Frisuren beruhen auf räumlichen Strukturen von Proteinen“

1.4 Die Makromoleküle des Lebens basieren auf dem Element Kohlenstoff

Die wichtigsten Elemente für organische Moleküle in einer menschlichen Zelle sind Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Phosphor und Schwefel. Hierbei spielt Kohlenstoff die Hauptrolle. Das Kohlenstoffatom kann vier kovalente Bindungen ausbilden, wie im Kohlenwasserstoff Methan (CH₄). Der Winkel zwischen Kohlenstoff und den Wasserstoffatomen beträgt hier jeweils 109°. Dadurch bildet Methan einen Tetraeder. Kohlenwasserstoffe bilden das Grundgerüst des Lebens. Die Vielfalt der Kohlenwasserstoffverbindungen beruht auch auf Doppelbindungen, Verzweigungen und Ringbildungen.

1

Die Makromoleküle des Lebens

1.5

Kohlenhydrate dienen als Energiespeicher, Baumaterial und Etiketten

Kohlenhydrate sind wie Proteine Makromoleküle auf Kohlenstoffbasis. Eines der wichtigsten Kohlenhydrate ist die Glucose, Traubenzucker, ein **Monosaccharid**. Glucose ($C_6H_{12}O_6$) hat 6 C-Atome (6 C = Hexose, 5 C = Pentose), mehrere Hydroxylgruppen (-OH) und in der Ringform eine Sauerstoffbrücke (-O-). Natürlicherweise kann Glucose in der Kettenform (mit Aldehydgruppe) oder in einer Ringform als α - oder β -Glucose vorkommen.

Werden zwei Einfachzucker in einer Kondensationsreaktion verknüpft (glykosidische Bindung), entsteht ein **Disaccharid**, z. B. Saccharose. Die Umkehrreaktion ist eine Hydrolyse. Je nach Art der Verknüpfung wird die glykosidische Bindung als α - oder β -glykosidisch bezeichnet.

Die **Polysaccharide** Cellulose und Stärke bestehen beide aus vielen Glucose-Bausteinen. Sie unterscheiden sich jedoch in der Art der Verknüpfung. Stärke weist $\alpha(1-4)$ -glykosidische Bindungen von α -Glucose auf, Cellulose hingegen $\beta(1-4)$ -glykosidische Bindungen von β -Glucose.

Manche Kohlenhydrate, wie z. B. Cellulose und Chitin, dienen als Baustoffe. Stärke und Glykogen sind Energiespeicherstoffe. Kohlenhydrate auf Zelloberflächen gleichen „Etiketten“. Durch diese finden Botenstoffe ihre Zielzellen.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 15 „Kohlenhydrate bilden Panzer“

1.6

Die Erbsubstanz DNA besteht aus nur vier verschiedenen Bausteinen

Die **DNA** (engl: deoxyribonucleic acid) enthält Bauanweisungen für die Proteine des Körpers. Auch ihre Zusammensetzung basiert auf Kohlenstoff. Die Doppelhelix der DNA-Stränge ist rechtsgängig und besteht aus sich abwechselnden Zucker- (Desoxyribose) und Phosphatbausteinen. Jede Desoxyribose ist mit einer stickstoffhaltigen Base verknüpft: Adenin (A), Cytosin (C), Guanin (G) oder Thymin (T). Die Basen enthalten Ringstrukturen: Man unterscheidet Purine (A und G, aus zwei verschmolzenen Ringen) von Pyrimidinen (C und T, aus nur einem Ring). Die Basen A und T sowie G und C bilden Wasserstoffbrücken zwischen sich aus. Die DNA-Stränge sind somit komplementär, da man vom einen auf den anderen schließen kann.

Eine andere Nucleinsäure ist die **RNA** (Ribonucleinsäure). Im Gegensatz zur DNA ist sie meist einzelsträngig, ihr Zucker ist die Ribose, und anstatt Thymin besitzt sie die Pyrimidinbase Uracil (U). Ein wichtiger Typ ist die mRNA (engl: messenger RNA), die als eine Abschrift eines DNA-Abschnitts entstehen kann.

Nucleinsäuren werden durch Kondensation von **Nucleotiden** (Nucleotid = eine der vier Basen, Zucker und Phosphatgruppe) aufgebaut.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 16 „DNA und RNA sind ähnlich aufgebaut“

1.7

Lipide sind unpolare und stoßen Wasser ab

Fette, Öle und weitere Stoffklassen werden als **Lipide** zusammengefasst. Pflanzen verwenden Öl, Tiere dagegen Fett als Langzeitenergiespeicher. Die Grundbausteine von Lipiden sind **Fettsäuren** und **Glycerol**. Fettsäuren sind lange unpolare (d. h. lipophile) Kohlenstoffketten mit einer endständigen polaren (d. h. hydrophilen) Carboxylgruppe (-COOH). Daher sind sie amphiphil („beides liebend“). Glycerol ist ein C_3 -Körper mit drei Hydroxylgruppen. Durch eine Kondensation kann Glycerol mit drei Fettsäuren zu einem Triglycerid (Fette und Öle) verknüpft werden. Triglyceride sind unpolar.

Man unterscheidet gesättigte Fettsäuren, die keine Doppelbindungen zwischen den C-Atomen haben, d. h. mit H-Atomen „gesättigt“ sind (in Fetten), von ungesättigten Fettsäuren mit Doppelbindungen (in Ölen). Doppelbindungen bewirken einen Knick in der räumlichen Struktur des Triglycerids, sodass die Moleküle weniger dicht gepackt werden können. Dadurch sind die hydrophoben Wechselwirkungen geringer, sodass ein Öl flüssiger ist als ein Fett.

Phospholipide bestehen aus Glycerol mit zwei Fettsäureketten (= hydrophober „Schwanz“). Die dritte OH-Gruppe des Glycerols ist mit einer Phosphatgruppe verknüpft (Kondensation), die einen polaren Rest trägt (= hydrophiler „Kopf“). Dieser amphiphile Charakter ist für Biomembranen von großer Bedeutung.