

1. Makromoleküle

Lektüre im „Cornelsen, Biologie Oberstufe“:

Chemische Grundlagen: Lipide (S. 40), Proteine (S. 41-42), Kohlenhydrate (S. 92- 93)

1.1. Kohlenstoff-Verbindungen - die organische Chemie

Die organische Chemie ist ein Teil der Chemie, der sich mit Verbindungen des Kohlenstoffs (C) befasst. Die Verbindungen können kleine Moleküle sein (z.B. Methan: CH₄) oder sehr grosse Moleküle bilden, die aus sehr vielen Kohlenstoffatomen aufgebaut sind. Neben C kommen in den organischen Verbindungen unter anderem die Elemente Wasserstoff (H), Sauerstoff (O), Stickstoff (N), Schwefel (S) und Phosphor (P) vor.

C-Atome haben in der äussersten Elektronenschale vier Valenzelektronen, die die Ausbildung von vier kovalenten Bindungen (Ein-, zwei- oder dreifach) mit anderen Atomen erlauben. Durch die vier Bindungen können mit C-Atomen viele verschiedene Moleküle aufgebaut werden (Abb. 1). Die unterschiedlichen Moleküle weisen unterschiedliche chemische Eigenschaften auf und haben somit unterschiedliche biologische Funktionen.

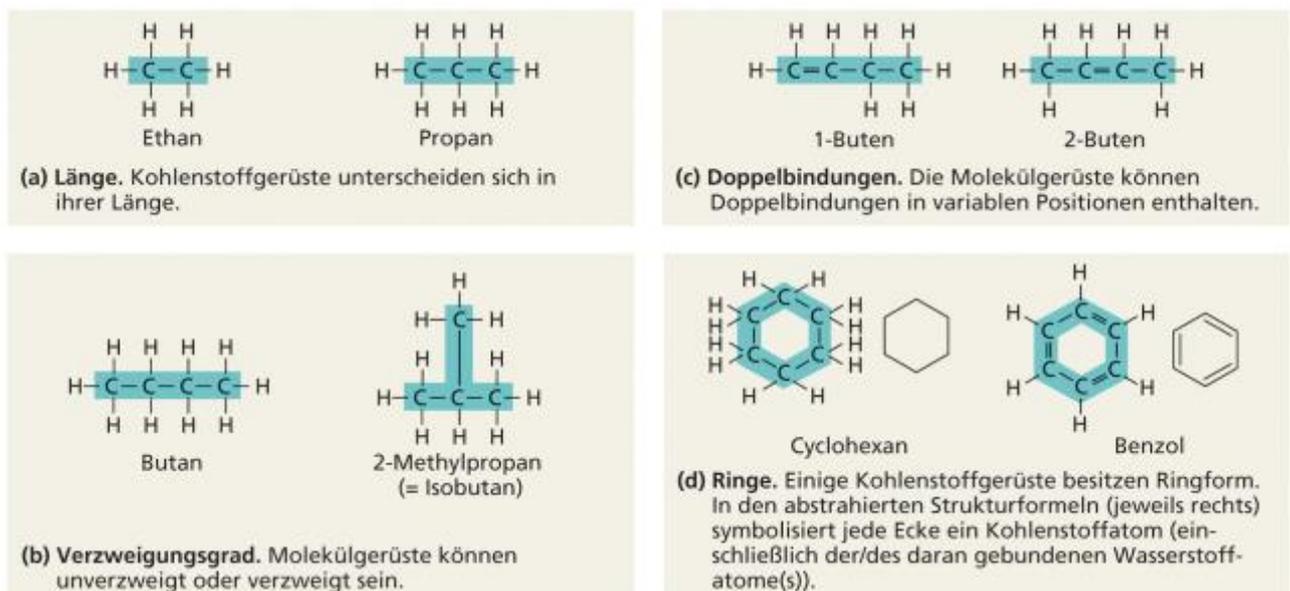


Abb. 1 Die Verkettung von C-Atomen führt zu Molekülen mit unterschiedlichen C-Gerüsten.

Organische Moleküle, die hauptsächlich aus C und H-Atomen aufgebaut sind und somit überwiegend unpolare C-C oder C-H Bindungen aufweisen sind nicht wasserlöslich (hydrophobe Stoffe). Organische Moleküle, die polare Bindungen zwischen C und z.B. O oder S aufweisen sind wasserlöslich (hydrophile Stoffe).

Für einen ausführlichen Überblick über die organische Chemie, insbesondere über die verschiedenen funktionellen Gruppen, verweise ich hier auf den Chemieunterricht.

1.2. Makromoleküle: Kohlenhydrate, Lipide, Proteine und Nucleinsäuren

Makromoleküle sind grosse, kettenförmige Moleküle (ein Polymer), die aus sich wiederholenden einzelnen Bausteinen (ein Monomer) aufgebaut sind. Die Monomere verbinden sich unter gleichzeitiger Abspaltung von Wasser. Weil Wasser abgespalten wird, heisst dieser Reaktionstyp Kondensation (Abb. 2). Bei der Spaltung von Polymeren kommt es zu einer Hydrolyse. Bei der Verdauung von langkettigen Zuckermolekülen geschieht diese Reaktion.

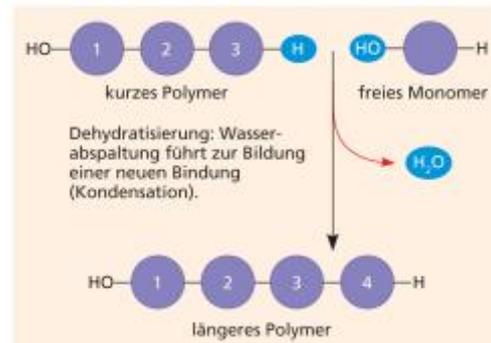


Abb. 2 Kondensation bei der Polymerisierung.

1.2.1. Kohlenhydrate

Der Begriff Kohlenhydrat bezeichnet das Makromolekül, das aus Monosacchariden aufgebaut ist.

Monosaccharide bestehen aus 3-7 C-Atomen, sie sind Polyalkohole (=mehrere OH-Gruppen, siehe Organische Chemie)

Traubenzucker (Glukose, $C_6H_{12}O_6$; Abb. 3) ist ein bekannter Einfachzucker (Monosaccharid) und ein wichtiger Energiequell für Lebewesen. Die chemischen Namen der Zucker enden oft auf -ose. In wässrigen Lösungen kommen die Moleküle oft in ihrer ringförmigen Struktur vor (Abb. 3).

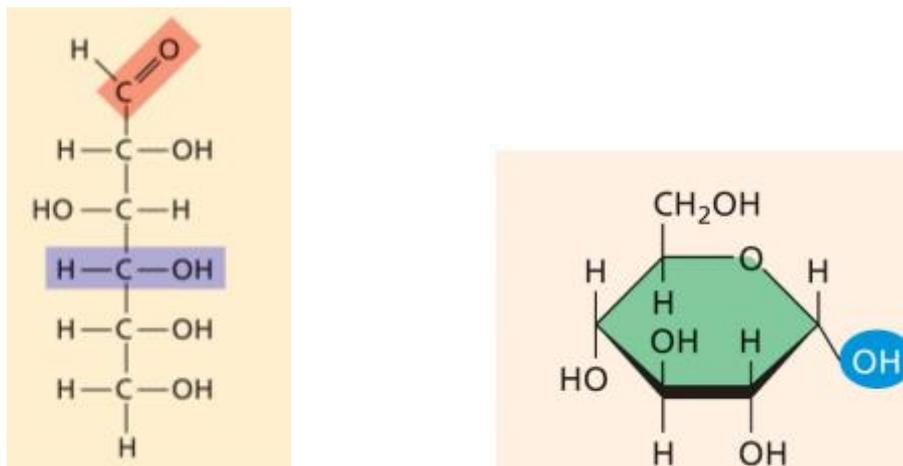


Abb. 3 Lineare (links) und ringförmige Struktur (rechts) der Glukose.

Ein Disaccharid, z.B. Maltose oder Laktose (Milchzucker), besteht aus zwei verknüpften Monosacchariden. Werden hunderte von Monosacchariden zusammen verknüpft, entstehen Polysaccharide. Die pflanzliche Stärke ist ein Polymer der Glukose. In dieser Form speichern Pflanzen grosse Mengen an Energie. Stärkehaltige Nahrungsmittel (Kartoffeln, Weizen, Reis etc.) sind für den Menschen von grosser Bedeutung. Das Polysaccharid Cellulose ist ein wichtiger Bestandteil der pflanzlichen Zellwände und ist für die Struktur und Festigkeit der Pflanzen verantwortlich (Abb. 4).

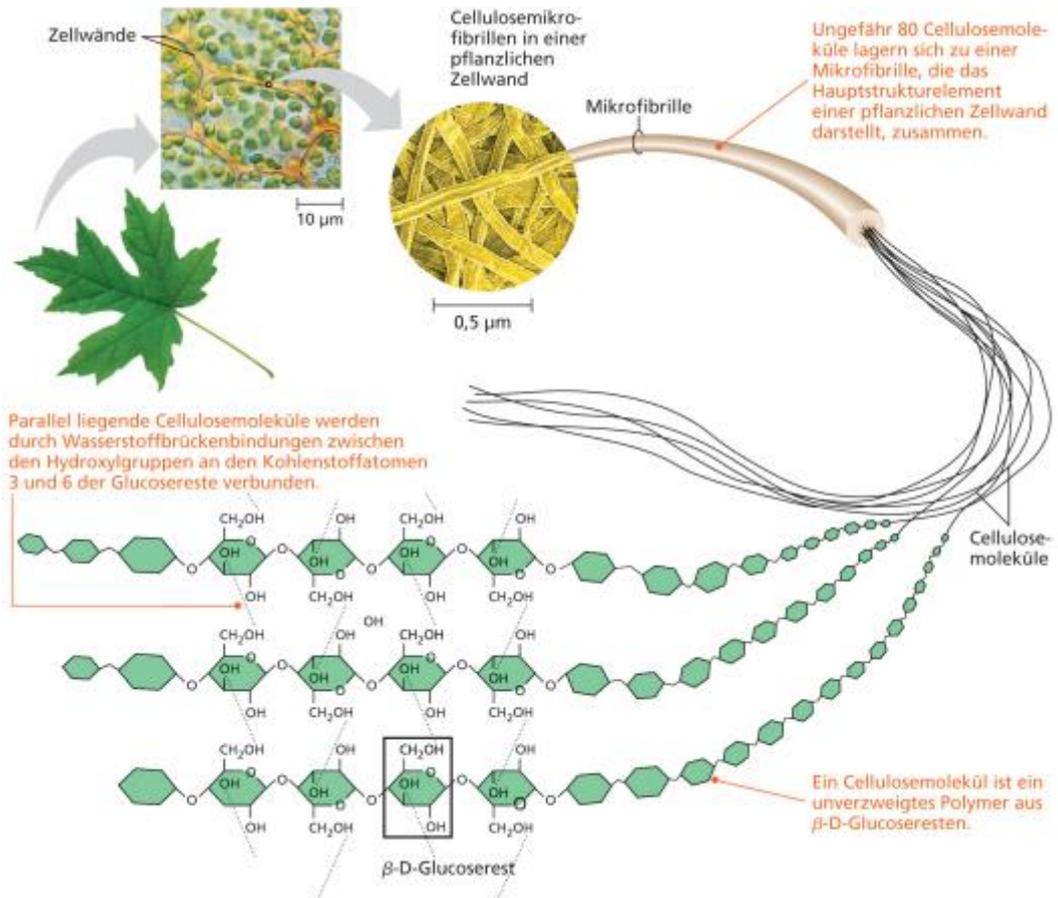


Abb. 4 Die Anordnung der Cellulosemoleküle in den pflanzlichen Zellwänden

1.2.2. Lipide

Lipide sind Stoffe die zu grossen Teilen aus langen C-H-Ketten aufgebaut sind. Die hydrophoben Teile in diesen Stoffen überwiegen, somit sind Lipide nicht wasserlöslich.

Ein Fettmolekül besteht aus einem Alkohol (Glycerin) und drei Fettsäuremolekülen (Abb. 5). Die Fettsäuren sind je nach Fett unterschiedlich lang. Ungesättigte Fette (z.B. Olivenöl) enthalten Fettsäuren mit Doppelbindungen zwischen C-Atomen. Bei gesättigten Fetten (z.B. Butter) liegen keine Doppelbindungen vor und alle C-Atome der Fettsäuren binden mindestens 2 H-Atome.

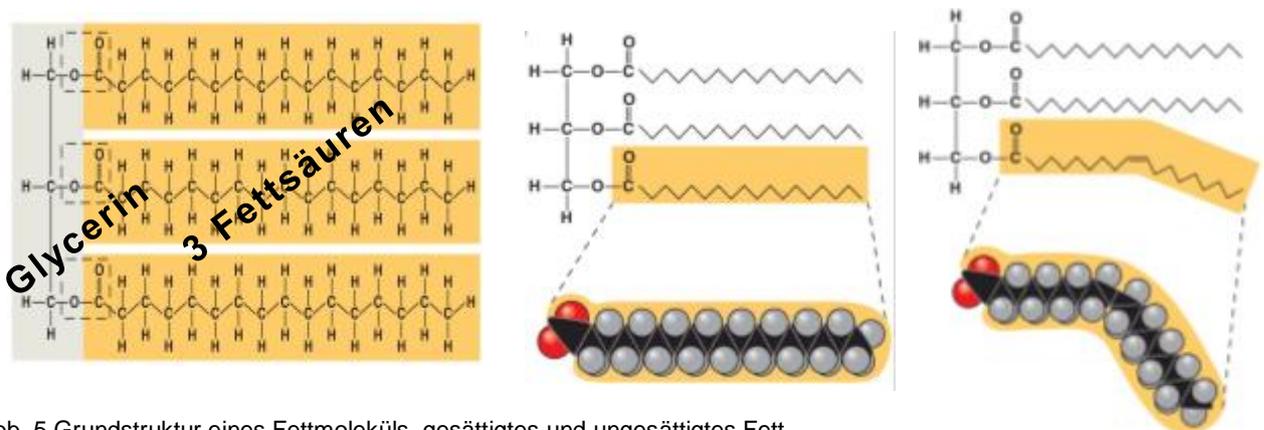


Abb. 5 Grundstruktur eines Fettmoleküls, gesättigtes und ungesättigtes Fett.

Tierische Fette, wie die Butter, sind meist gesättigt. Die Moleküle in gesättigten Fetten lassen sich dichter zusammenpacken, deshalb sind sie bei Zimmertemperatur fest. Pflanzliche Fette sind im Allgemeinen ungesättigt. Durch die abgeknickte C-Kette lassen sich diese weniger dicht packen. Bei Zimmertemperatur sind sie also flüssig. Fette sind wichtige Energiespeicher oder dienen als

thermische Isolation im Tierreich (Bsp. Murmeltiere, die sich vor kalten Wintern in den Bergen durch eine dicke Fettschicht unter der Haut schützen).

Eine zweite Gruppe von Lipiden sind die Phospholipide, der Hauptbestandteil der biologischen Zellmembranen. Bei diesen Molekülen verbindet sich ein Glycerin mit nur zwei Fettsäuren und einer Phosphorsäure, die negativ geladen ist. Auf Grund der negativen Ladung haben Phospholipide einen hydrophilen „Kopf“ und einen langen hydrophoben „Schwanz“ (Abb. 6). Im Wasser richten sich Phospholipide gemeinsam aus und bilden doppelschichtige Aggregate. Bei der Zellmembran bildet eine solche Doppellipidschicht die Grenze zwischen einem wässrigen Zellinnenraum und einer wässrigen Umgebung.

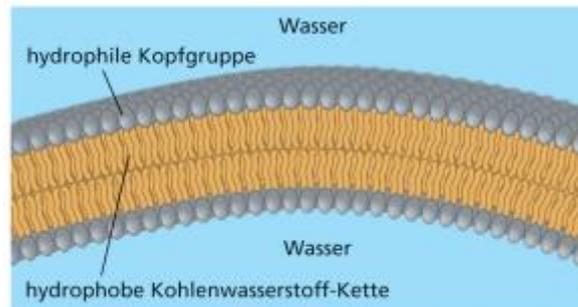


Abb. 6 Lippiddoppelschicht aus Phospholipiden

Eine weitere Gruppe von Lipiden, die sich strukturell gut von den Fetten und Phospholipiden unterscheiden lässt, sind die Steroide. Diese bestehen grundsätzlich aus vier Kohlenstoffringen. Cholesterin ist ein Steroid und ist ein wichtiger Bestandteil tierischer Zellmembranen. Aus Cholesterin werden auch einige Hormone, Botenstoffe in Organismen, aufgebaut.

1.2.3. Polypeptide und Proteine

Ein Polypeptid ist ein Polymer aus verschiedenen Aminosäuren. Aminosäuren sind organische Moleküle, die immer nach demselben Prinzip aufgebaut sind (Abb. 7): Im Zentrum liegt ein C-Atom, das je eine Verbindung zu einer Aminogruppe (-NH₂), einer Carboxylgruppe (-COOH) und einer unterschiedlichen Seitenkette (-R) eingeht. Diese Seitenketten bestimmen die chemischen Eigenschaften der 20 verschiedenen Aminosäuren. Durch die Kondensation zwischen einer Carboxyl- und einer Aminogruppe können Aminosäuren zu Polymeren verbunden werden.

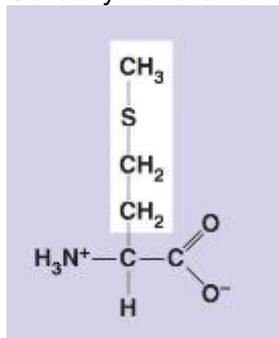


Abb. 7 Grundstruktur einer Aminosäure am Beispiel des Methionins (Met). Die weiss hinterlegte Seitenkette ist zwischen den 20 Aminosäuren verschieden.

Proteine übernehmen im Organismus sehr unterschiedliche Aufgaben. Sie sind bei Transportvorgängen, bei der zellulären Kommunikation, bei der Abwehr beteiligt oder können strukturgebende Funktionen übernehmen. Eine Gruppe von Proteinen, die Enzyme, beschleunigt oder kontrolliert chemische Reaktionen. Proteine bestehen aus einer oder mehreren Polypeptidketten und weisen eine charakteristische räumliche Struktur auf (Abb. 8). Diese Raumstruktur kann durch niedrige pH-Werte (sauer) oder hohe Temperaturen zerstört werden. In diesem Fall werden die Proteine denaturiert und die biologische Funktion kann nicht mehr ausgeführt werden.

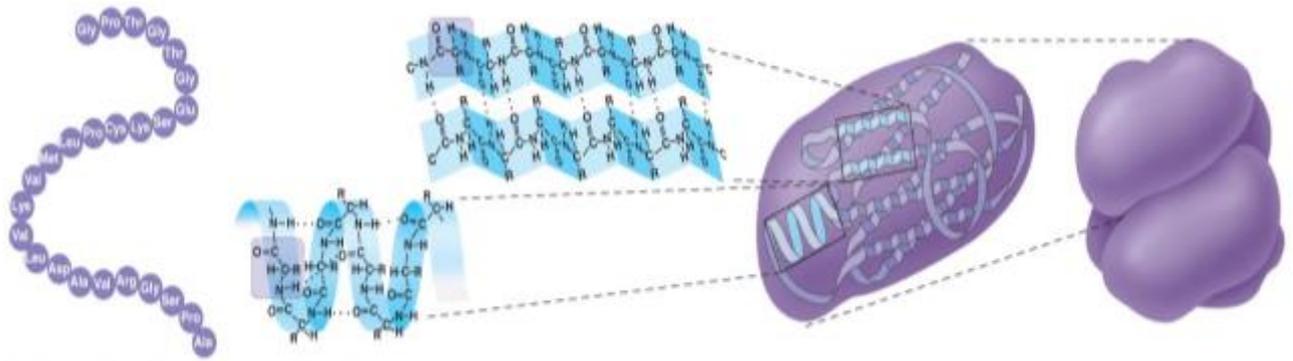


Abb. 8 Proteinstruktur: die Primärstruktur ergibt sich aus der Aminosäureabfolge. Die Sekundärstruktur ergibt sich aus den chemischen Eigenschaften der verschiedenen Aminosäuren und führt zu α -Helix oder β -Faltblatt in Teilen der Aminosäuresequenz. Die gesamte räumliche Struktur eines Protein wird als Tertiärstruktur bezeichnet. Einige Proteine können aus verschiedenen Untereinheiten (mehrere Polypeptide) aufgebaut werden und weisen so noch eine Quartärstruktur auf.

1.2.4. Nukleinsäuren

Die DNA (Desoxyribonukleinsäure) ist ein Polymer aus vier verschiedenen Nukleotiden. Die Abfolge der Nukleotide codiert die genetische Information.

Ein weitere Nukleinsäuregruppe ist die RNA (Ribonukleinsäure). Strukturell ist sie der DNA sehr ähnlich. Verschiedene RNAs übernehmen unterschiedliche Aufgaben bei Expression (Umsetzung) der genetischen Information.

DNA und RNA werden im Kapitel Molekulargenetik näher erläutert.

Die Vorliegende Zusammenfassung wurde basierend auf folgenden Schulbüchern erstellt:

N. A. Campbell, J. B. Reece (2011) *Campbell Biologie: Gymnasiale Oberstufe*. Pearson Verlag.

Cornelsen Biologie Oberstufe (2013)

Die verwendeten Bilder stammen aus der umfassenderen Version dieses Buches:

N. A. Campbell et al. (2009) *Biologie*. Pearson Verlag.