

Kapitel 3

Hypothesen zum Ursprung des Lebens

- Das Leben hat möglicherweise einen extraterrestrischen Ursprung. Hinweise für diese Annahme werden hauptsächlich chemische Substanzen geliefert, die in auf die Erde aufgeschlagenen Meteoriten enthalten sind.
- Nach der Hypothese einer chemischen Evolution nahm das Leben auf der Erde seinen Ursprung. In Versuchen mit Modellsystemen, die so weit wie möglich die damals herrschenden Bedingungen auf der Erde nachahmen, wurden alle vier Arten von Makromolekülen, die für Lebewesen typisch sind, gefunden. Diese Substanzen könnten einst durch chemische Evolution entstanden sein.
[Siehe Abbildung 3.1](#) und [Tutorium 3.1](#)

Biologische Makromoleküle: Riesige Polymere

- Makromoleküle sind Polymere, die durch die Bildung kovalenter Bindungen zwischen kleineren Molekülen, so genannten Monomeren, entstehen. Zu den Makromolekülen bei lebenden Organismen, den Biomakromolekülen, zählen Polysaccharide, Lipide, Proteine und Nucleinsäuren.
[Siehe Abbildung 3.2](#) und **Tabelle 3.1**
- Makromoleküle besitzen eine spezifische und charakteristische dreidimensionale Form, die von Struktur, Eigenschaften und Sequenz ihrer Monomere abhängt.
- Makromoleküle tragen verschiedene funktionelle Gruppen mit spezifischen Eigenschaften, die für ihre biologische Funktion und die Wechselwirkung mit anderen Molekülen wesentlich sind.
[Siehe Tutorium 3.2](#)

Kondensations- und Hydrolysereaktionen

- Monomere werden durch Kondensationsreaktionen verknüpft, bei denen ein Molekül Wasser pro Bindung freigesetzt wird. Hydrolysereaktionen benötigen Wasser, um die Polymere in Monomere aufzuspalten.
[Siehe Abbildung 3.3](#)

Proteine: Polymere aus Aminosäuren

- Zu den Aufgaben von Proteinen gehören Stützfunktion, Transport, Verteidigung, Regulation und Bewegung. Um die Funktion des Proteins zu gewährleisten, wird manchmal eine mit dem Protein verknüpfte prosthetische Gruppe benötigt.
- Es gibt 20 proteinogene Aminosäuren. Jede Aminosäure besteht aus einer Aminogruppe, einer Carboxylgruppe, einem Wasserstoffatom und einer Seitenkette, die an das α -C-Atom gebunden ist.
Siehe Tabelle 3.2
- Die Seitenketten oder R-Gruppen (Restgruppen) der Aminosäuren können geladen, polar oder hydrophob sein; ferner gibt es Spezialfälle, beispielsweise die SH-Gruppe des Cysteins – zwei davon können eine Disulfidbrücke bilden. Die jeweilige Seitenkette verleiht jeder Aminosäure spezifische Eigenschaften.
[Siehe Abbildung 3.4](#) und **Tabelle 3.2**

- Aminosäuren sind kovalent durch so genannte Peptidbindungen zu Polypeptiden verknüpft. Peptidbindungen entstehen durch Kondensationsreaktionen zwischen den Carboxyl- und Aminogruppen.
[Siehe Abbildung 3.5](#)
- Funktionelle Proteine entstehen durch Faltung einer Polypeptidkette in eine spezifische Raumstruktur. Man unterscheidet vier Ebenen der Proteinstruktur: Primär-, Sekundär-, Tertiär- und Quartärstruktur.
- Die Primärstruktur eines Proteins entspricht der Sequenz der durch Peptidbindung verknüpften Aminosäuren. Die Primärstruktur legt die höheren Ebenen der Proteinstruktur und die Proteinfunktion fest.
[Siehe Abbildung 3.6a](#)
- Die beiden Sekundärstrukturelemente – α -Helix und β -Faltblatt – werden durch Wasserstoffbrücken zwischen Atomen des Polypeptid-Rückgrats aufrechterhalten.
[Siehe Abbildung 3.6b](#) und [Abbildung 3.6c](#)
- Die Tertiärstruktur eines Proteins entsteht durch Verknäuelung und Faltung der Polypeptidkette.
[Siehe Abbildung 3.6d](#) und [Abbildung 3.7](#)
- Die Quartärstruktur eines Proteins bildet sich durch Zusammenlagerung von mindestens zwei (dann als Untereinheiten bezeichneten) Polypeptidketten zu einem einzigen funktionellen Protein.
[Siehe Abbildung 3.6e](#) und [Abbildung 3.8](#)
- Schwache chemische Wechselwirkungen sind für die dreidimensionale Struktur von Proteinen und für ihre Bindungsfähigkeit an andere Moleküle wichtig.
[Siehe Abbildung 3.9](#) und [Abbildung 3.10](#)
- Proteine werden durch Wärme, Veränderungen des pH-Werts oder bestimmte chemische Substanzen denaturiert und verlieren dabei neben ihrer Quartär-, Tertiär- und Sekundärstruktur auch ihre biologische Funktion. Häufig ist eine Renaturierung unmöglich.
[Siehe Abbildung 3.11](#)
- Chaperone (Chaperonine) unterstützen die korrekte Faltung von Proteinen, indem sie die Bindung an unpassende Liganden verhindern.
[Siehe Abbildung 3.12](#)

Kohlenhydrate: Zucker und Zuckerpolymerer

- Alle Kohlenhydrate enthalten Kohlenstoff, an den Wasserstoffatome und Hydroxylgruppen gebunden sind.
- Hexosen sind Monosaccharide, die sechs Kohlenstoffatome enthalten. Beispiele für Hexosen sind Glucose, Galactose und Fructose; sie können als lineare Moleküle oder in Ringform vorliegen.
[Siehe Abbildung 3.13](#), [Abbildung 3.14](#) und [Aktivität 3.1](#)
- Pentosen sind Monosaccharide mit fünf Kohlenstoffatomen. Zwei Pentosen, die Ribose und die Desoxyribose, sind Bausteine der Nucleinsäuren RNA beziehungsweise DNA.
[Siehe Abbildung 3.14](#)
- Glykosidische Bindungen können räumlich eine α - oder β -Orientierung einnehmen. Durch diese Bindungen werden Monosaccharide zu größeren Einheiten verknüpft, beispielsweise zu Disacchariden, Oligosacchariden und Polysacchariden.
[Siehe Abbildung 3.15](#)

- Cellulose ist ein sehr stabiles Glucose-Polymer; sie ist die Hauptkomponente der pflanzlichen Zellwand. Cellulose wird durch β -glykosidisch verbundene Glucose-Einheiten gebildet, wobei jeweils das C-Atom 1 der vorhergehenden mit dem C-Atom 4 der nächsten Glucose verknüpft wird. Stärke, die nicht so dicht und nicht so stabil wie Cellulose ist, dient der Energiespeicherung in Pflanzen. Stärke und Glykogen werden durch α -glykosidische Bindung zwischen dem C-Atom 1 und dem C-Atom 4 gebildet; sie unterscheiden sich durch den Grad der Verzweigung.
[Siehe Abbildung 3.16](#)
- Zu den chemisch modifizierten Monosacchariden gehören die Zuckerphosphate und Aminosucker. Ein Abkömmling des Aminosuckers Glucosamin polymerisiert zum Polysaccharid Chitin, das in der Zellwand von Pilzen und im Außenskelett von Insekten und deren Verwandten vorkommt.
[Siehe Abbildung 3.17](#)

Lipide: Wasserunlösliche Moleküle

- Lipide können zwar immens große Strukturen bilden, sind aber chemisch gesehen keine Makromoleküle, da die Grundbausteine nicht durch kovalente Bindungen verknüpft sind.
- Fette und Öle sind Triglyceride; sie bestehen aus drei Fettsäuremolekülen, die durch Esterbindung mit einem Glycerolmolekül (Glycerin) verbunden sind.
[Siehe Abbildung 3.18](#)
- Das Kohlenstoffgerüst gesättigter Fettsäuren enthält keine Doppelbindungen. Ungesättigte Fettsäuren besitzen Kohlenstoffgerüste mit ein oder mehreren Doppelbindungen; dadurch wird die Kohlenstoffkette abgeknickt, sodass ein dichtes Zusammenlagern der Moleküle erschwert wird.
[Siehe Abbildung 3.19](#)
- Phospholipide besitzen einen hydrophoben Kohlenwasserstoff-Schwanz und einen hydrophilen Phosphat-Kopf.
[Siehe Abbildung 3.20](#)
- Die Wechselwirkungen zwischen den hydrophoben Schwänzen und hydrophilen Köpfen führen in Wasser zur Bildung einer Phospholipid-Doppelschicht, welche die Dicke von zwei dieser Moleküle hat. Die Köpfe zeigen nach außen und treten mit dem umgebenden Wasser in Wechselwirkung. Die Schwänze sind im Inneren der Doppelschicht zusammengelagert.
[Siehe Abbildung 3.21](#)
- Carotinoide fangen in grünen Pflanzen Lichtenergie ein. Carotin lässt sich zu zwei Molekülen Vitamin A spalten – Vitamin A ist ein Vitamin aus der Klasse der Lipide.
[Siehe Abbildung 3.22](#)
- Einige Steroide, zum Beispiel Testosteron, fungieren als Hormone. Cholesterol (Cholesterin) wird in der Leber gebildet und ist für die Fluidität der Zellmembran wichtig. Von Cholesterol abgeleitete Substanzen sind ferner für die Fettverdauung wesentlich.
[Siehe Abbildung 3.23](#)
- Vitamine sind Substanzen, die für die normale Funktion des Körpers benötigt werden, aber mit der Nahrung aufgenommen werden müssen.

Nucleinsäuren: Informationsträger und manchmal auch Katalysatoren

- DNA trägt die Erbinformation. DNA und RNA steuern die Bildung von Proteinen. Die Information fließt von der DNA über die RNA zum Protein.

- Nucleinsäuren sind Polymere, die aus Nucleotiden zusammengesetzt werden. Ein Nucleotid besteht aus einer Phosphatgruppe, einem Zucker (Ribose bei der RNA, Desoxyribose bei der DNA) und einer stickstoffhaltigen Base. DNA enthält die Basen Adenin, Guanin, Cytosin und Thymin; bei RNA nimmt Uracil die Stelle von Thymin ein.
[Siehe Abbildung 3.24](#), [Aktivität 3.2](#) und [Tabelle 3.3](#)
- Bei den Nucleinsäuren sind die Basen an einem Rückgrat aus Zuckerphosphaten aufgereiht. Die Information der DNA und RNA wird über ihre jeweiligen Basensequenzen gespeichert. RNA ist einzelsträngig. DNA ist eine doppelsträngige Helix, die durch Wasserstoffbrücken zwischen komplementären Basenpaaren zusammengehalten wird: Adenin paart sich mit Thymin (A-T), Guanin mit Cytosin (G-C). Die beiden Stränge der DNA-Doppelhelix sind gegenläufig (antiparallel).
[Siehe Abbildung 3.25](#), [Abbildung 3.27](#) und [Aktivität 3.3](#)
- Die Basenpaarung einzelsträngiger RNA kann zu dreidimensionalen Strukturen führen, die katalytische Aktivität besitzen können. Aufgrund dieser Erkenntnis wurde die Hypothese aufgestellt, dass die RNA bei der Entstehung des Lebens vor den Proteinen existiert hat.
[Siehe Abbildung 3.26](#)
- Der Vergleich von DNA-Basensequenzen oder daraus übersetzten Proteinsequenzen heute lebender Organismenarten liefert Hinweise auf deren evolutionäre Verwandtschaft.

Alles Leben entsteht aus Leben

- Eine sehr frühe Erkenntnis der Biologie als experimenteller Naturwissenschaft lautet: Alle Lebewesen – auch die kleinsten Bakterien – stammen von anderen Lebewesen derselben Art ab. Leben entsteht also nicht spontan, sondern stets aus Leben.
[Siehe Abbildung 3.28](#) und [Tutorium 3.3](#)
- Bedingungen, wie sie auf der frühen Erde herrschten und unter denen eine Entstehung von Leben aus unbelebten, sich selbst replizierenden chemischen Verbindungen wahrscheinlich ablaufen konnte, sind heute nicht mehr gegeben. Das heutige Leben in seiner Gesamtheit stammt von früher existierendem Leben ab.