

1. EINFÜHRUNG

1.1. Was ist "Leben"?

1.1.1. Kennzeichen des Lebens

- die strukturell und funktionell hohe Komplexität lebender Systeme
- charakteristische stoffliche Zusammensetzung
- autonomer Stoff- und Energiewechsel
- Bau- und Funktionsplan
- Vermehrung
- Entwicklung (Ontogenese, Phylogenese)
- Reizbarkeit
- Bewegung.

Diese Merkmale lebender Systeme können jedoch nicht als gleichrangig betrachtet werden:

→ einige Kriterien für eine Bewertung als Grundeigenschaften des Lebens herausheben:

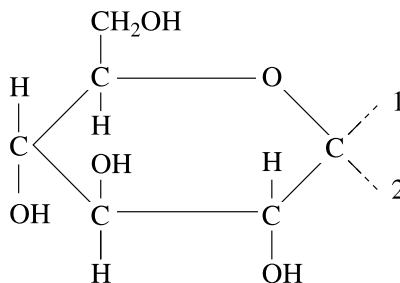
- **Bau- und Funktionsplan**
- **Vermehrung**
- **Entwicklung.**

1.2. Biologisch wichtige Makromoleküle

1.2.1. Kohlenhydrate

Eine zentrale Rolle im Kohlenhydratstoffwechsel spielt die **D-Glucose**.

Dieser Grundbaustein verschiedener Zucker ist eine **Hexose** und hat folgende Struktur:



α -D-Glucose: 1=H, 2=OH

β -D-Glucose: 1=OH, 2=H

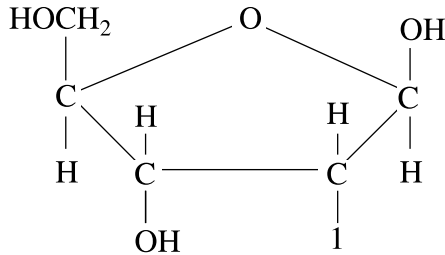
Zucker können polymerisieren:

- β -1.4. Glucane** (ideal gestreckte Moleküle, unverzweigte, parallel angeordnete Ketten). Sie bilden z. B. Zellulose, das Strukturkohlenhydrat in der Pflanzenzellwand.
- α -1.4., α -1.6. Glucane** (helicale verzweigte Strukturen). Sie bilden granuläre Speicherkohlenhydrate.

Eine zweite wichtige Gruppe von Zuckern sind **Pentosen**, beteiligt am Aufbau von Nucleinsäuren. Zwei wichtige Moleküle sind:

- **Ribose** (als Baustein der RNA);
- **2'-Desoxyribose** (als Baustein der DNA).

Struktur:



1=H: 2'-Desoxyribose

1=OH Ribose

1.2.2. Lipide

Lipide sind Naturstoffe, die aus **Fettsäuren (FS)** gebildet werden. Fettsäuren sind **Monocarbonsäuren**, sie bestimmen mit ihren Alkylresten die physikalischen Eigenschaften der Lipide. Monocarbonsäuren sind **hydrophob**, haben aber einen **hydrophilen Pol.** Natürliche Fettsäuren sind geradzahlig und unverzweigt.

Fettsäuren unterscheiden sich durch die Länge ihrer Alkylreste und die Anzahl von möglichen Doppelbindungen.

Beispiele:



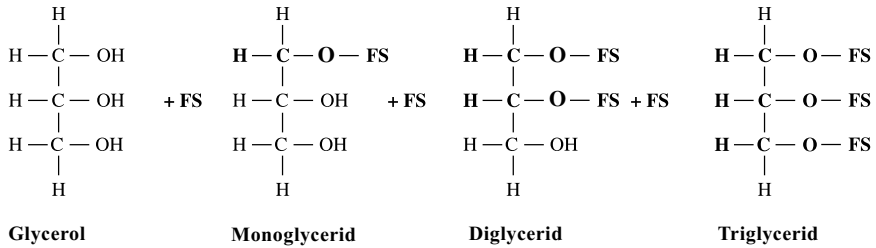
n = 14 Palmitinsäure

n = 16 Stearinsäure

Da der menschliche Organismus nicht über alle Enzyme verfügt, um bestimmte mehrfach ungesättigte FS zu synthetisieren, gibt es essentielle Fettsäuren. Diese müssen über die Nahrung aufgenommen werden (wie z. B. Linolenat und Linolat).

Lipide sind Ester mehrwertiger Alkohole mit Fettsäuren. Diese sind für uns von besonderer Bedeutung, bilden sie doch wichtige **Speicherstoffe** (Triglyceride) und sind **Grundbaustein biologischer Membranen** (Phospholipide). Der häufigste veresterte Alkohol ist das Glycerol.

Veresterung des Glycerols mit FS



Grundbausteine von Membranen sind **Phospholipide**. Bei ihnen ist eine OH-Gruppe des Alkohols mit Phosphorsäure verestert, an die wiederum weitere Verbindungen angeknüpft sind.

Das bekannteste Phospholipid ist das **Lecithin** (Phosphatidylcholin).

Allgemeine Eigenschaften von Phospholipiden: kurzer hydrophiler Kopf (Cholin+Phosphatrest); langer hydrophober Schwanz (zwei Fettsäurereste).

Phosphatidylcholin

Eine der beiden Fettsäuren ist gesättigt (enthält keine Doppelbindungen), die zweite ist üblicherweise einfach oder mehrfach ungesättigt (enthält eine oder mehrere Doppelbindungen). Da Doppelbindungen starr sind, entsteht ein Knick im Molekül.

Das Verhältnis von gesättigten zu ungesättigten Fettsäuren beeinflusst die Fluidität der Membran.

Weitere Phospholipide sind: Phosphatidylserin (Serin statt Cholin), Phosphatidylinositol (Inositol statt Cholin, Phosphatidylethanolamin (Ethanolamin statt Cholin), Diphosphatidylglycerol (Cardiolipin) und Sphingophospholipide (anstelle von Glycerol ist der Amino-Di-Alkohol Sphingosin vorhanden, viel in Nervenzellmembranen).

Glycolipide:

Cholesterin:

- steroidale Grundstruktur
- beeinflusst die Fluidität der Membran

1.2.3. Proteine

Die Grundbausteine der Proteine sind α -**Aminosäuren**. Es handelt sich um organische Säuren, bei denen beim auf die Carboxylgruppe folgenden C-Atom ein Wasserstoffatom durch eine Aminogruppe ersetzt ist.



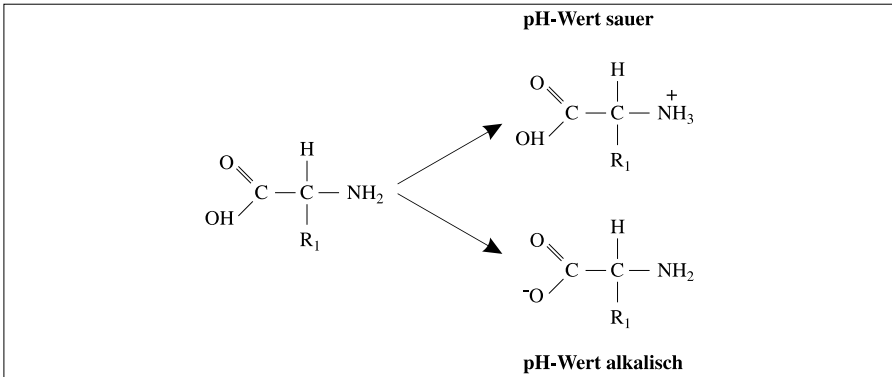
α -Aminosäuren (AS) unterscheiden sich durch ihre Aminosäurereste (R). Die Einteilung erfolgt entsprechend den chemischen Eigenschaften in:

- neutrale AS, z.B.: R=H - Glycin,
- saure AS, zusätzlich COOH-Gruppen in R enthalten, z.B. Glutaminsäure
- basische AS zusätzlich NH₂-Gruppen in R enthalten, z.B. Lysin.

Weiterhin kann R noch verschiedene andere chemische Gruppen enthalten:

- SH: Cystein
- OH: Serin
- C-S-CH₃: Methionin
- Phenolring: Phenylalanin
- Indolring: Tryptophan.

In wässrigen Lösungen können Aminosäuren in Abhängigkeit vom pH-Wert sowohl **dissoziieren** als auch **protoniert** werden.



Einige Aminosäuren können vom menschlichen Organismus synthetisiert werden, andere sind essentiell, müssen also mit der Nahrung aufgenommen werden.

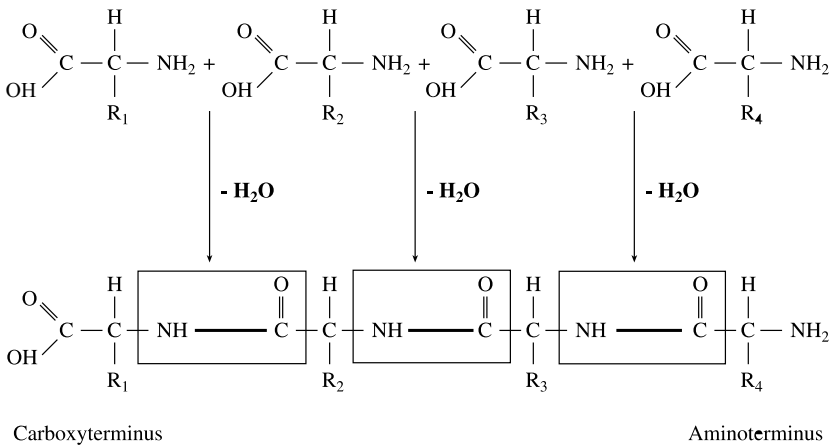
| nicht essentielle AS | essentielle AS |
|----------------------|---------------------------|
| Alanin | Histidin (semiessentiell) |
| Asparagin | Arginin (semiessentiell) |
| Aspartat | Isoleucin |
| Cystein | Leucin |
| Glutamat | Lysin |
| Glutamin | Methionin |
| Glycin | Phenylalanin |
| Prolin | Threonin |
| Serin | Tryptophan |
| Tyrosin | Valin |
| Selenocystein | |

α - AS werden durch die **Peptidbindung** miteinander zu Proteinen verknüpft. Dabei reagiert die COOH-Gruppe der einen AS mit der NH₂-Gruppe der zweiten. Es entsteht eine Kette von Aminosäuren, aus der die Seitengruppen der AS als Reste herausragen.

Die Abfolge der Aminosäuren in einer solchen Kette bildet die **Primärstruktur** des Proteins.

Die Eigenschaften des Proteins leiten sich aus der Summe der Eigenschaften der Aminosäureseitenketten ab.

Ausbildung von Peptidbindungen zwischen 4 Aminosäuren



Proteine tragen positive und negative Ladungen. Der pH-Wert einer Lösung, an dem sich diese Ladungen aufheben, wird **isoelektrischer Punkt** (IEP) genannt. Er ist charakteristisch für jedes Protein. Diese Eigenschaft wird bei der Proteinauftrennung ausgenutzt.

Die regulären **Wasserstoffbrücken**-Wechselbeziehung innerhalb benachbarter Bereiche der Polypeptidketten lassen **α -Helices** oder **β -Faltblätter** entstehen. Diese Strukturen eines Proteins werden als **Sekundärstrukturen** bezeichnet.

Die Faltung einer solchen Kette im Raum, die die dreidimensionale Struktur der Polypeptidketten bestimmt, heißt **Tertiärstruktur**. Neben kovalenten Bindungen (S-S-Brücken) wird die Faltung durch verschiedene nichtkovalente Bindungen aufrechterhalten. Es entstehen globuläre Proteine (z.B. Myoglobin) oder fibrilläre Proteine (z.B. Myosin).

Als **Quartärstruktur** bezeichnet man die räumliche Anordnung verschiedener Peptidketten zueinander (z.B. Kollagenmolekül \rightarrow Tripelhelix \rightarrow Kollagenfaser).

Die Funktion eines Proteins hängt von seiner Raumstruktur ab. Während Gerüstproteine fibrillär sind (β -Keratin, Kollagen), sind Enzymproteine globulär.

1.2.4. Nucleinsäuren

Nucleinsäuren sind charakteristisch verknüpfte **Nucleosidmonophosphate**. Nucleosidmonophosphate bestehen aus einer Purin- oder Pyrimidinbase, Ribose oder 2'-Desoxyribose und "Phosphorsäure".

Diese drei Komponenten sind folgendermaßen verknüpft:

Base + Zucker == Nucleosid

Base + Zucker + Phosphorsäure == Nucleotid

Zu den Basen gehören:

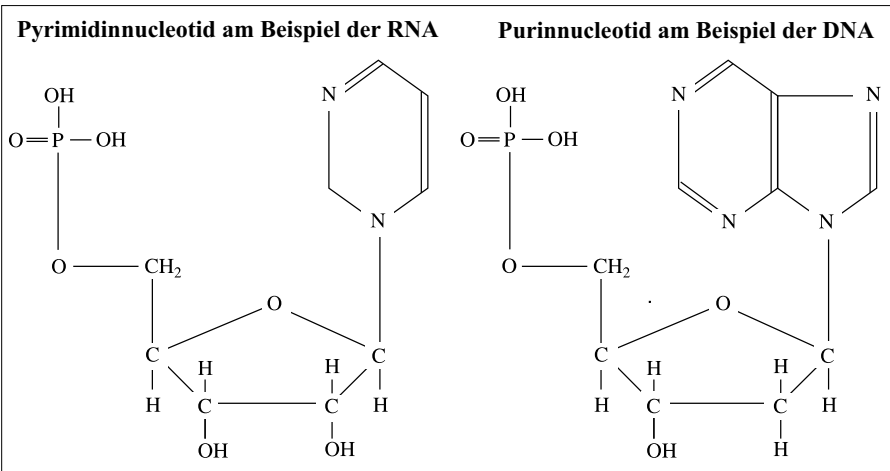
- a) die **Purinbasen**: Adenin und Guanin,
- b) die **Pyrimidinbasen**: Cytosin, Thymin (nur **DNA**) und Uracil (nur **RNA**).

Man unterscheidet **Desoxyribonucleinsäure (DNA)** von den verschiedenen **Ribonucleinsäuren** (RNA \rightarrow mRNA, rRNA, tRNA)

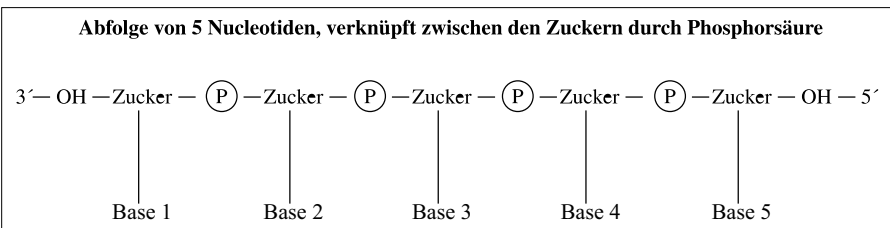
Prägen Sie sich die Unterschiede zwischen **DNA** und RNA ein!

DNA: Die Basen sind Adenin, Guanin, Cytosin und Thymin; der Zucker ist 2'-Desoxyribose. DNA liegt doppelsträngig in Form einer α -Doppelhelix vor. Das sind zwei DNA-Moleküle, die **schraubenförmig antiparallel umeinander gewunden** sind. Dabei liegen sich jeweils zwei definierte Basen gegenüber: Adenin und Thymin, Guanin und Cytosin. Zwischen diesen Basen bilden sich Wasserstoffbrückenbindungen aus, deren Energie die zwei Moleküle zusammenhält.

RNA: Die Basen sind Adenin, Guanin, Cytosin und Uracil; der Zucker ist Ribose. RNA ist einzelsträngig, es können sich aber intramolekular-helicale Bereiche ausbilden.



Die einzelnen Nucleotide sind über Phosphorsäure am C₅ des Zuckers eines Nucleotids zur 3'-OH-Gruppe des Zuckers des nächsten Nucleotids verknüpft. Zucker und Phosphorsäure bilden das Rückgrat des Moleküls, die Basen ragen seitlich heraus.



DNA:

RNAs:

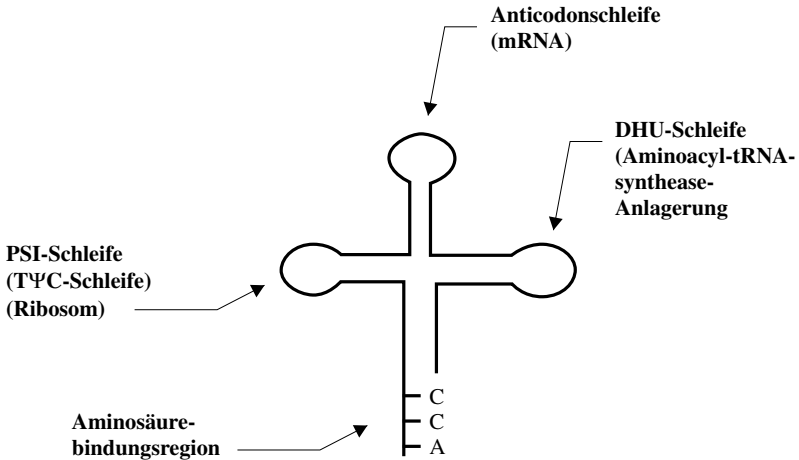
mRNA:

rRNA:

tRNA:

tRNA:

1. sie ist **einzelsträngig**
2. die **Kleeblattstruktur**
3. Es gibt **intramolekulare gepaarte Bereiche** (Helices)
4. Es gibt viele **seltene Basen**, die eine Helixbildung verhindern (garantieren Einzelsträngigkeit in den Schleifenenden).
5. alle haben ein **CCA-Ende** (3'-Ende) in der AS-Bindungsregion



Für die Bindung des Anticodons (tRNA) an das Codon (mRNA) sind die beiden ersten Nucleotide auf der mRNA von entscheidender Bedeutung, Variationen im dritten Nucleotid sind möglich. (Degeneriertheit des Codes, Wobble-Hypothese). Dabei entscheidet die erste Base des Anticodons (tRNA) ob eine (C,A), zwei (U,G) oder drei (Inosin) verschiedene Codons erkannt werden.

Die seltenen Basen entstehen posttranskriptional durch Modifikation an den Zuckern oder Basen und ermöglichen die Wechselwirkung zwischen mehr als zwei Basen, die Grundlage für spezifische Faltungen des Moleküls.

snRNA: Bestandteil von Spleißosomen

snoRNA: steuern positionsspezifische Basenmodifikation

Antisense-RNA: Bildung am nichtcodogenen Strang

miRNA und siRNA: steuern Ablesung der mRNA