

## **4. Naturstoffe**

### **4.1 Kohlenhydrate**

### **4.2 Lipide**

### **4.3 Aminosäuren, Peptide und Proteine**

## 4.1 Kohlenhydrate

**Einteilung der Kohlenhydrate in drei Gruppen:**

- **Monosaccharide (einfache Zucker)**

Beispiele: Glucose, Fructose

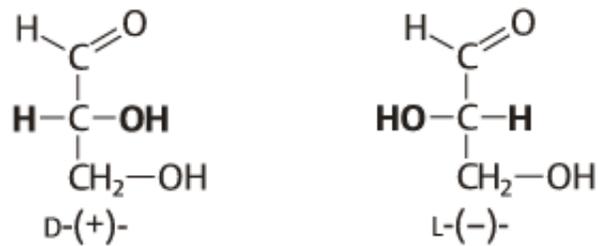
- **Oligosaccharide (aus zwei bis sechs Monosacchariden)**Beispiele: Saccharose (Rohrzucker), Lactose (Milchzucker)

- **Polysaccharide (entstanden durch Polykondensation aus Monosacchariden)**Beispiele: Cellulose; Stärke

**Aufbau der Monosaccharide:**

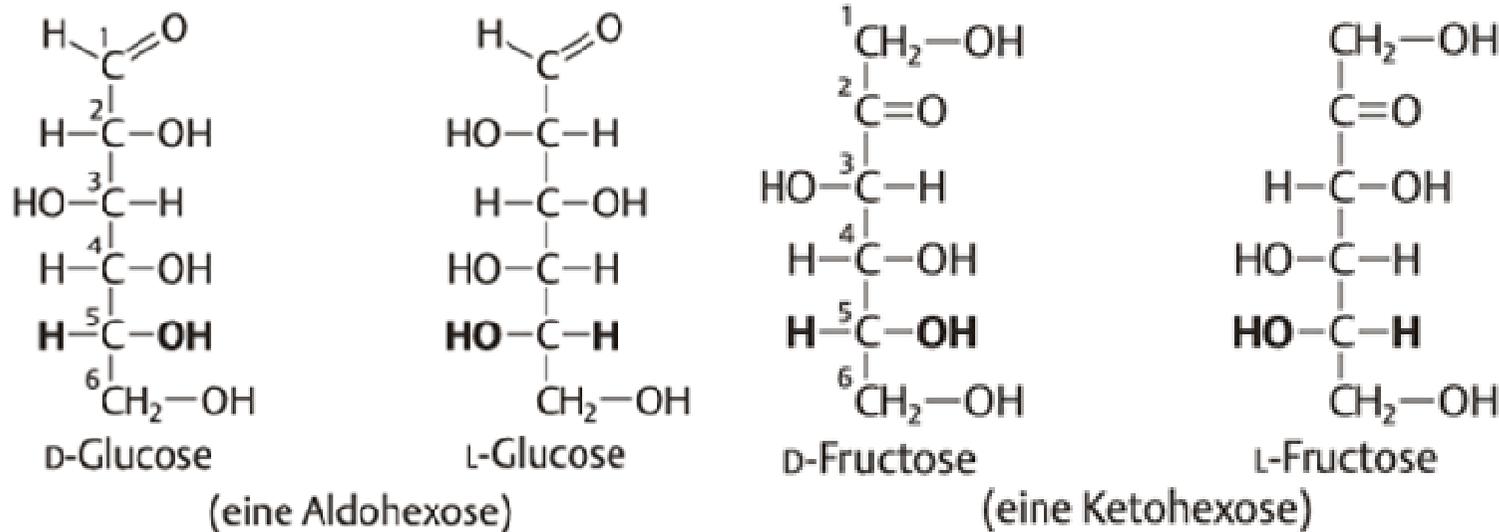
Kette aus 3 bis 6 Kohlenstoff-Atomen mit einer Aldehyd- oder Keto-Gruppe

(Aldosen oder Ketosen)



Glycerinaldehyd

(2,3-Dihydroxypropanal, eine Triose)

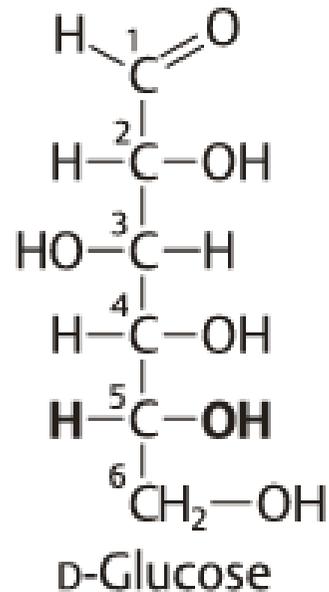


(eine Aldohexose)

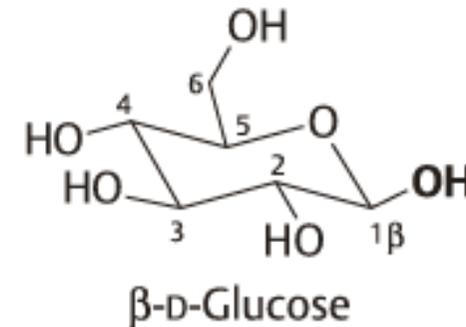
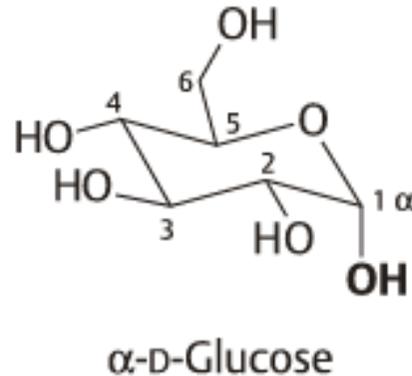
(eine Ketohehexose)

## Monosaccharide:

- **In Lösung** stehen drei Strukturen miteinander im Gleichgewicht:
  - Offenkettige Form und zwei ringförmige Konformationen
- **Beispiel D-Glucose → 5 Ring**



Aldehyd-Form



cyclische Formen in Sesselform (Diastereomeren)

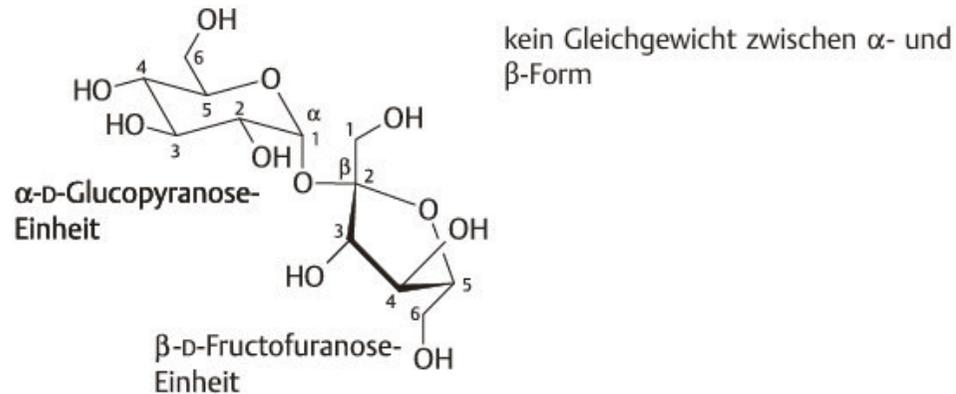
**Kristalline Form:** nur α-D-Glucose oder β-D-Glucose

- Bei Ketosen → 5 und 6-Ring möglich

## Aufbau der Disaccharide

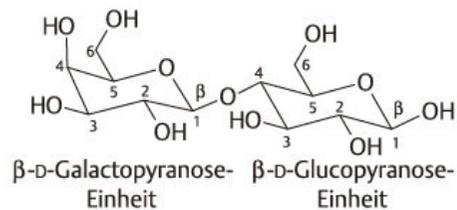
Aus zwei Monocaccharid-Einheiten unter Austritt von Wasser und bildung einer Ether-Gruppe

### Beispiel: Saccharose (Rohrzucker)



Saccharose (Rohrzucker) =  $\alpha$ -D-Glucopyranosyl- $\beta$ -D-fructofuranosid

### Beispiel: Lactose (Milchzucker)



im Gleichgewicht mit  $\alpha$ -Lactose

$\beta$ -Lactose (Milchzucker) = 4-O-( $\beta$ -D-Galactopyranosyl)- $\beta$ -D-glucopyranose

## Aufbau der Polysaccharide

### Beispiele:

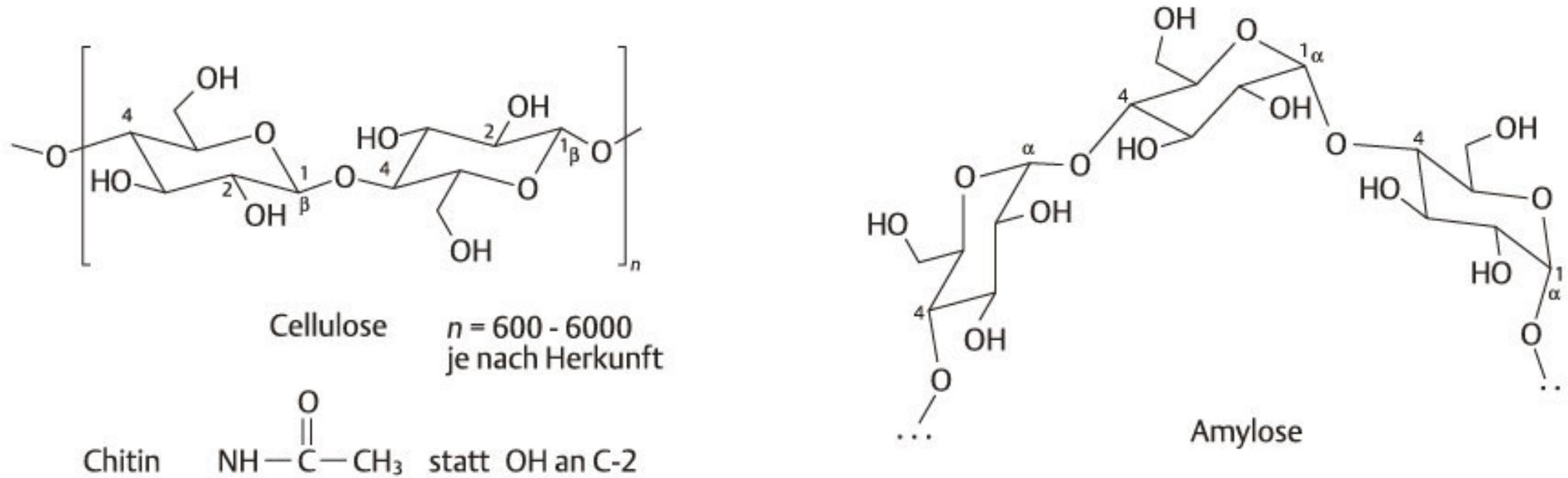


Abb. 34.1 Ausschnitte aus den Molekülketten von Cellulose und Amylose.

**Cellulose:** aus  $\beta$ -D-Glucose aufgebaut;  $\beta(1,4)$ -glycosidische Bindung  $\rightarrow$  gestrecktes Molekül

**Amylose:** aus  $\alpha$ -D-Glucose aufgebaut;  $\alpha(1,4)$ -glycosidische Bindung  $\rightarrow$  spiralförmiges Molekül

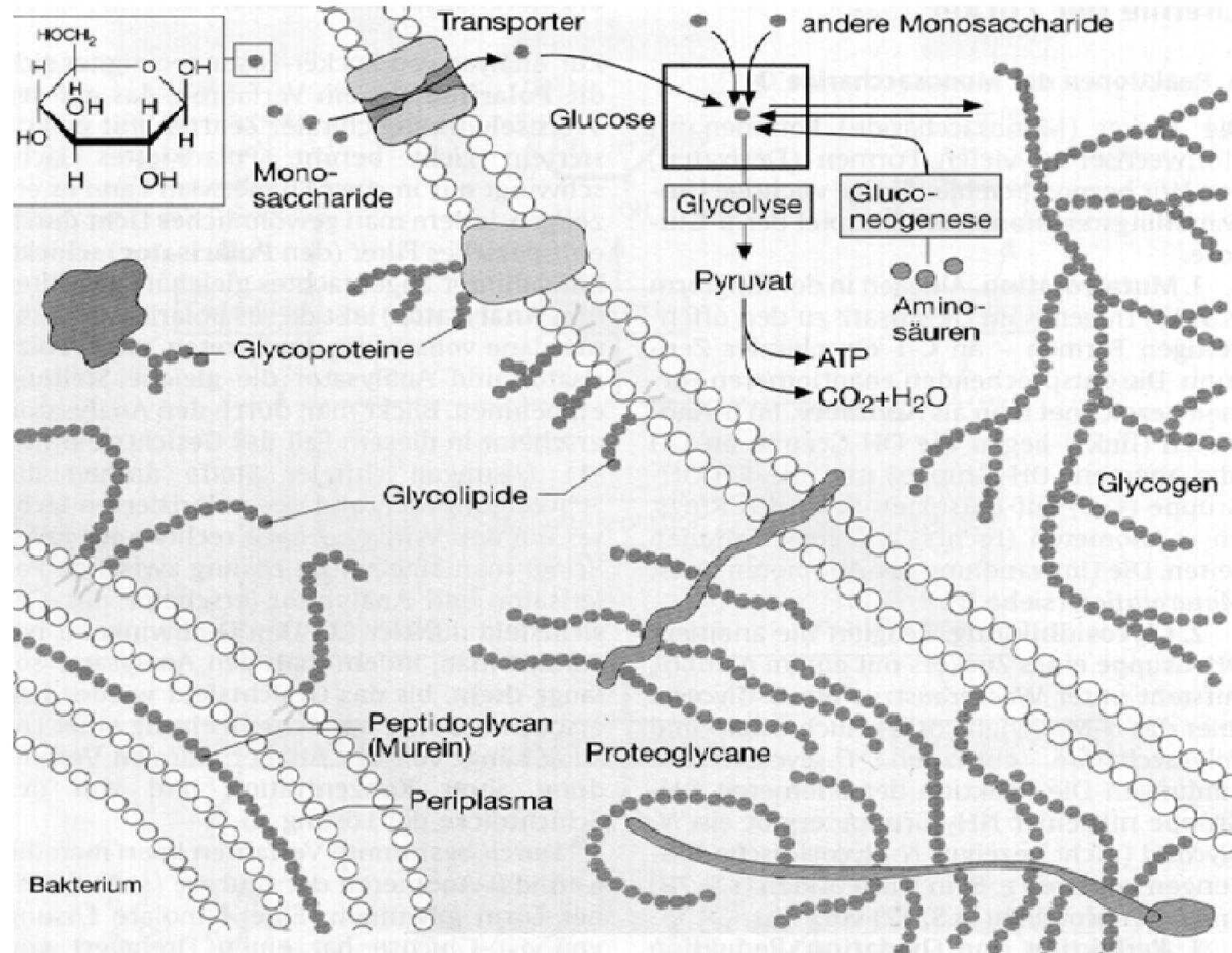
**Stärke:** zusammengesetzt aus Amylose (80%) und Amylopektin

(Amylopektin: wie Amylose jedoch mit zusätzlichen Verknüpfungen  $\rightarrow$  büschelartig)

## Funktionen der Kohlenhydrate:

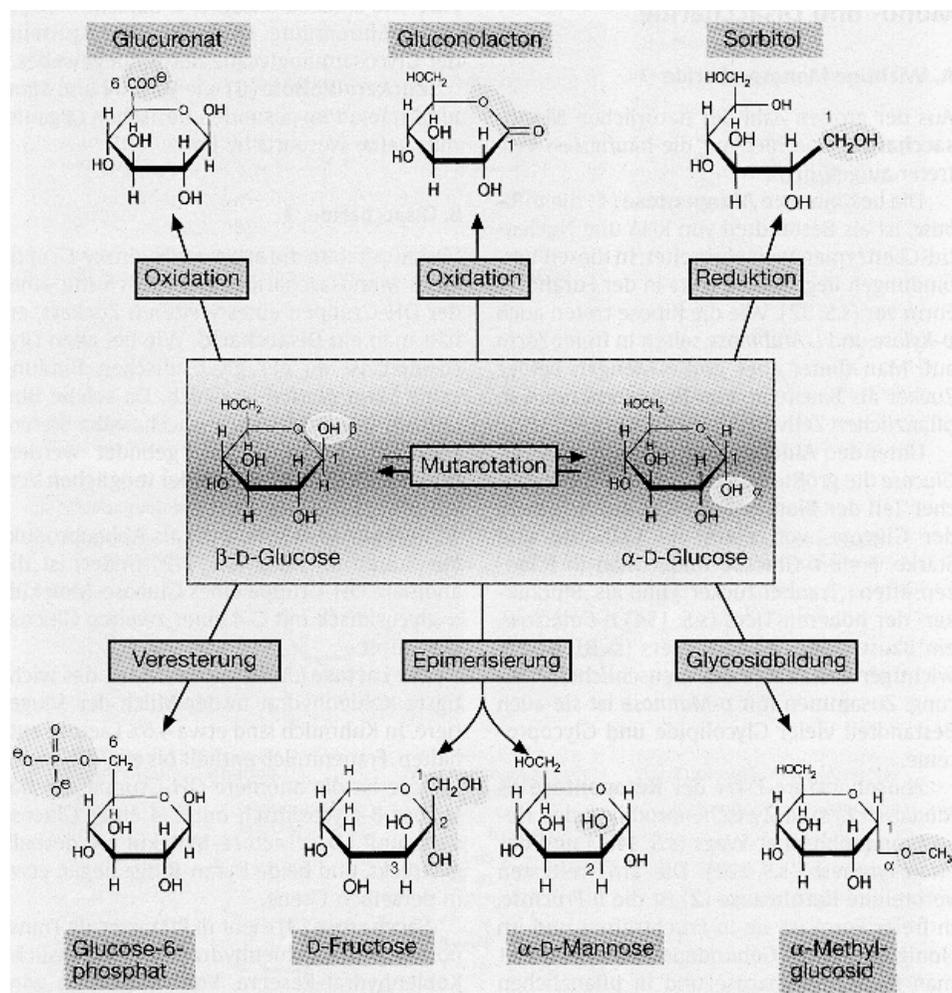
- Reservestoffe
  - im tier.Organismus in Leber und Muskel:  
\_\_\_\_\_ (aus Monosaccharid \_\_\_\_\_)
  - im pflanzl. Organismus:  
\_\_\_\_\_ (aus Monosaccharid \_\_\_\_\_)
- Bausteine
  - Cellulose
  - Glycoproteine und - lipide (Bestandteile von \_\_\_\_\_)

# Kohlendhydrate als Reservestoffe und Bausteine:



## Einige Reaktionen der Monosaccharide:

Welche funktionellen Gruppen verändern sich?



## 4.2 Lipide

### **Definition:**

Substanzen biologischen Ursprungs, die sich in organischen Lösemitteln wie Methanol, Aceton, Chloroform und Benzen (Benzol) gut lösen.

→ in Wasser nicht oder nur schlecht löslich  
(Mangel an polarisierenden Atomen wie O, N, S, P)

### **Einteilung:**

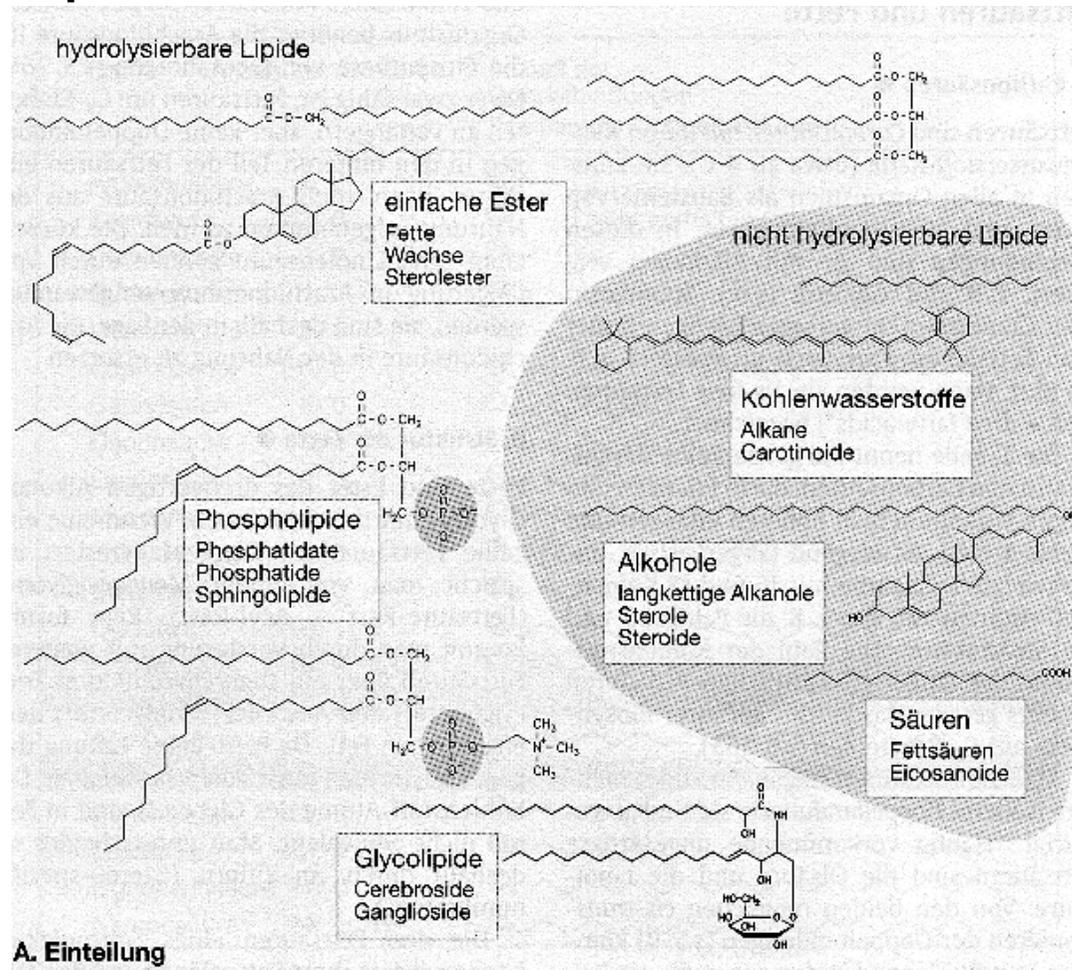
#### 1. Möglichkeit:

- hydrolisierbare Lipide  
(leicht chemisch oder enzymatisch spaltbar unter Wasseraufnahme)
- nicht hydrolisierbare Lipide

#### 2. Möglichkeit:

- einfache Ester: Fette (Glycerol und drei Fettsäuren),  
Wachse (Fettalkohol und Fettsäuren),  
Sterolester (Sterol und Fettsäuren)
- Phospholipide: Komplex zusammengesetzte Ester, enthalten Phosphatgruppe
- Glycolipide: enthalten Zuckerbestandteile

## Beispiele:

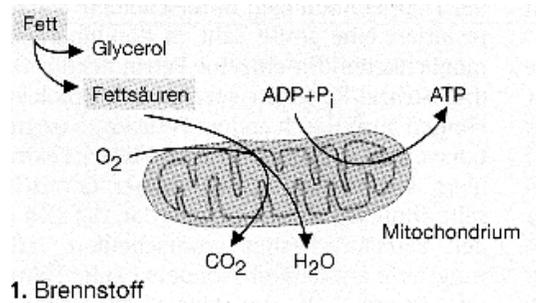


Welche funktionellen Gruppen sind zu erkennen?

Zu welcher Art von Lipiden gehören diese Moleküle dann?

## Funktionen

- Energieträger der Nahrung



Was passiert mit den Fetten in den Mitochondrien?

---



---

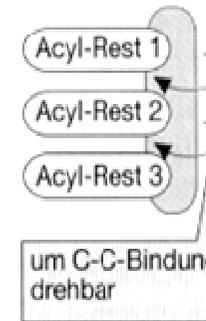
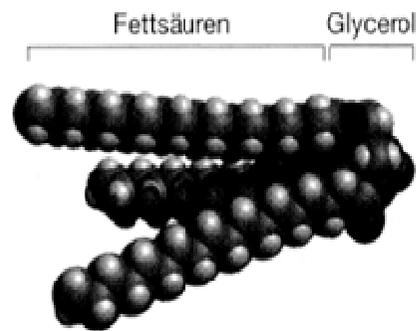
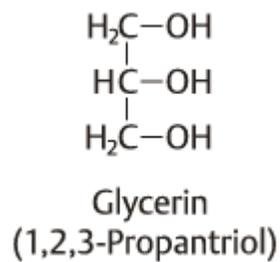
- Baustoff für Membrane (Phospholipide, Glycolipide, Cholesterol)
- Isolator: in subkutanem Gewebe: \_\_\_\_\_  
in Zellmembran: als elektrische Isolierung  
→ Aufbau von Membranpotential möglich
- Sonderaufgaben: Hormone; Coenzyme; Carotinoid Retinal (Sehprozess), .....

## Fette und Öle

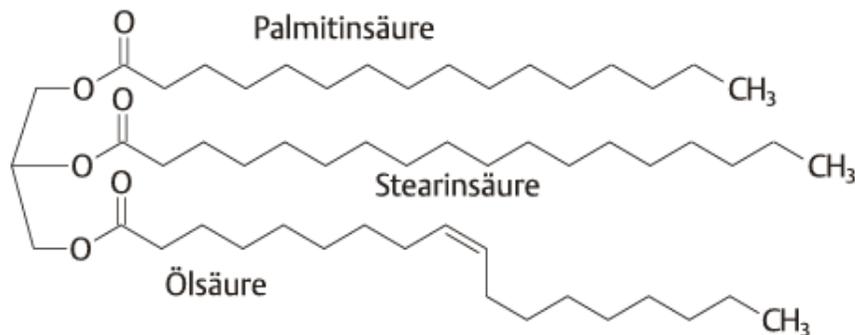
= Fettsäureester mit Glycerin(dreiwertiger Alkohol) = Triglyceride

Fettsäuren: Carbonsäuren mit langer Kohlenwasserstoff-Kette (etwa ab 4 C);  
gesättigter oder ungesättigt (mit Mehrfachbindungen)

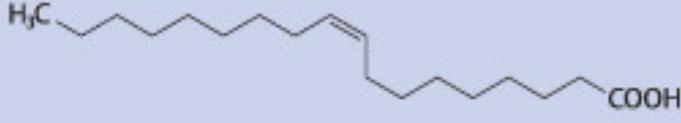
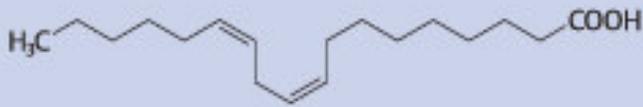
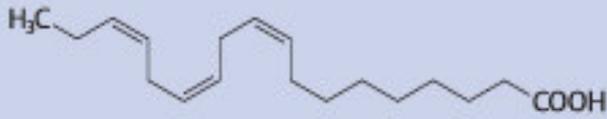
Natürliche Fette und Öle: Gemische verschiedener Triclyderide



### Beispiel:

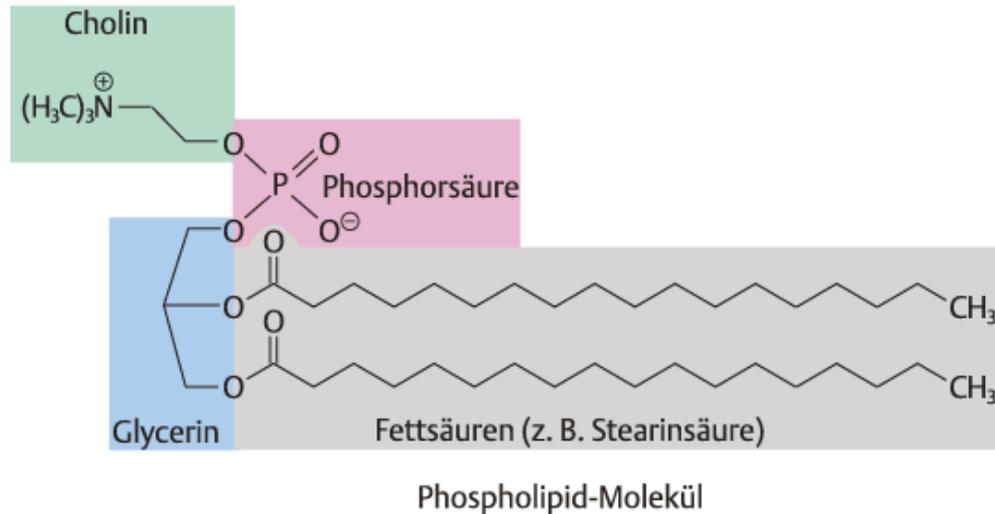


Tab. 34.1 Einige verbreitete Fettsäuren.

Gesättigte Fettsäuren		
Trivialname (systematischer Name)	Formel	Vorkommen
Laurinsäure (Dodecansäure)	$\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_{10}-\text{COOH}$	Lorbeeröl, Palmöl, tierische Fette
Myristinsäure (Tetradecansäure)	$\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_{12}-\text{COOH}$	Kokosöl, Palmöl, tierische Fette
Palmitinsäure (Hexadecansäure)	$\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$	Palmöl, Baumwollsamensöl, tierische und pflanzliche Fette, Bienenwachs
Stearinsäure (Octadecansäure)	$\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$	tierische und pflanzliche Fette
Ungesättigte Fettsäuren		
Trivialname (systematischer Name)	Formel	Vorkommen
Ölsäure (9(Z)-Octadecensäure)		Maisöl, Baumwollsamensöl, Olivenöl, Fischtran
Linolsäure (9(Z),12(Z)-Octadecadiensäure)		Maisöl, Baumwollsamensöl, Leinöl
Linolensäure (9(Z),12(Z),15(Z)-Octadecatriensäure)		Leinöl
Arachidonsäure (5(Z),8(Z),11(Z),14(Z)-Eicosatetraensäure)		Sardinenöl, Maisöl, tierische Fette

## Phospholipide

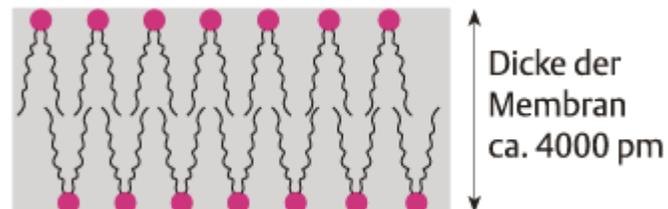
Beispiel:



Wie ist das Molekül aufgebaut im Vergleich zu Fetten?

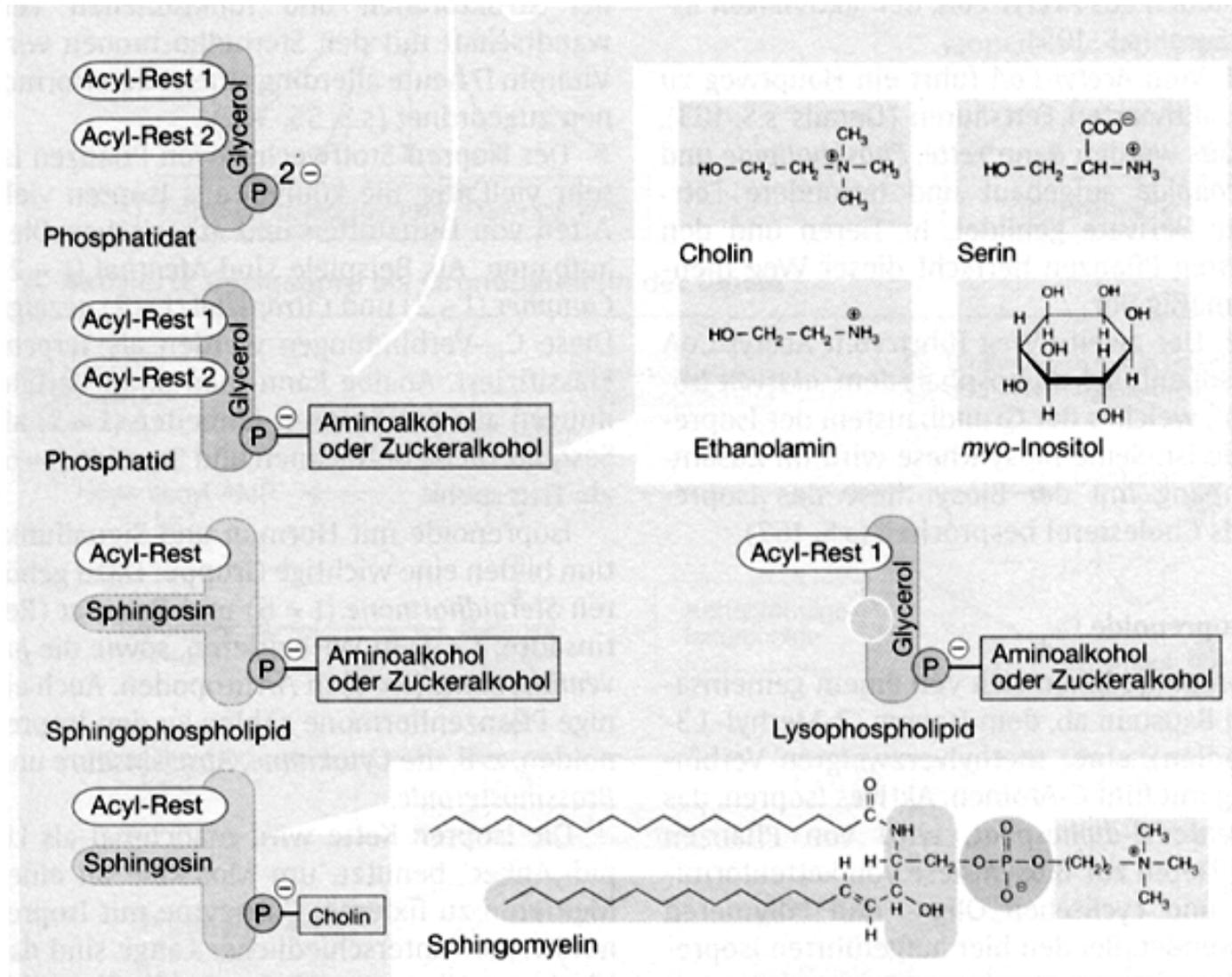
Vorkommen: Hauptbestandteil von Membranen

Schematischer Aufbau von Membranen:



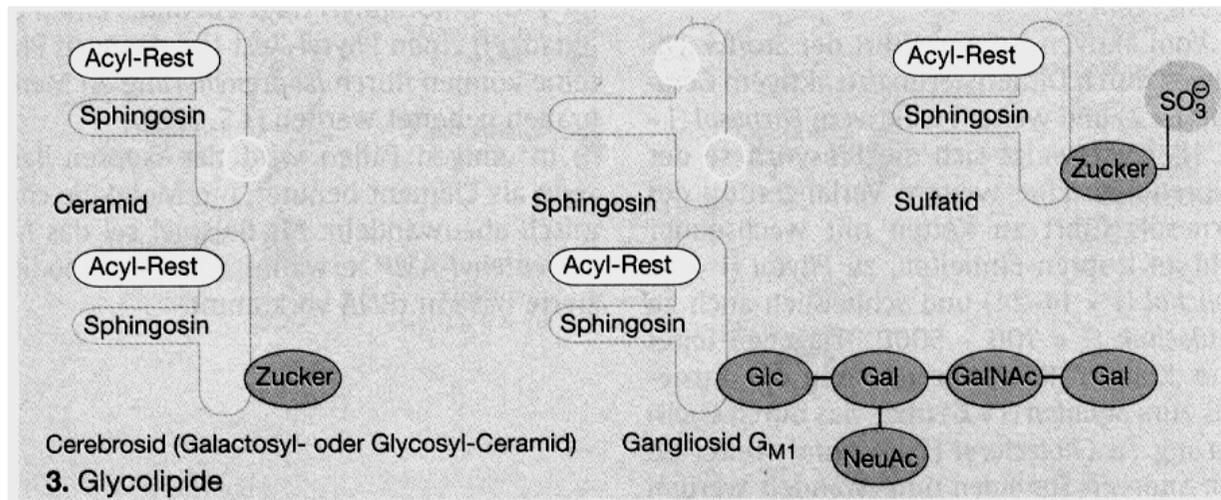
→ durchgängig für Stoffe durch Zusammendrücken der Fettsäureeste

Was sind die gemeinsamen Merkmale der abgebildeten Phospholipiden?



# Glycolipide

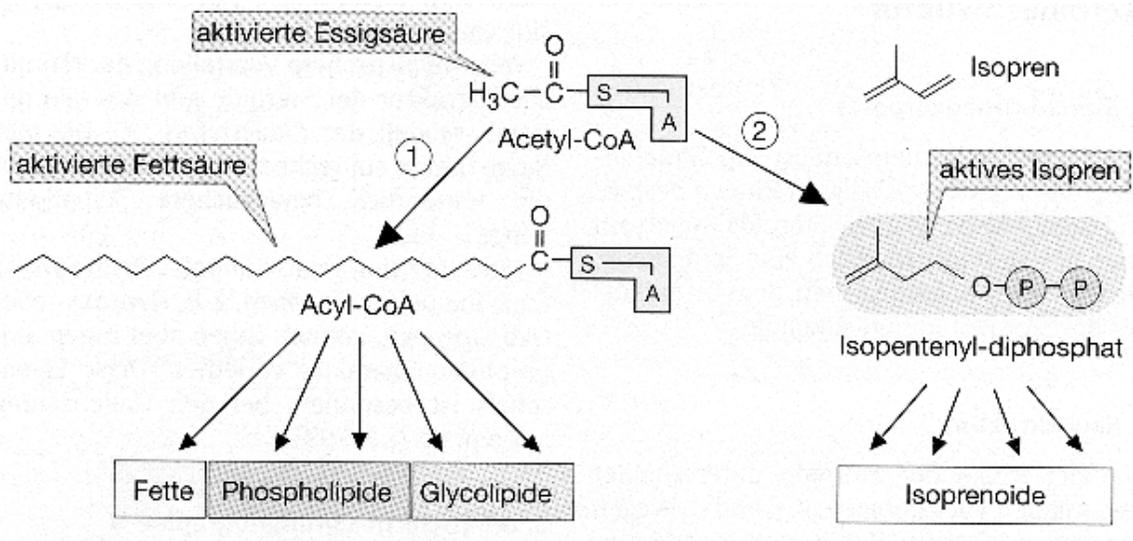
Vorkommen: in allen Geweben



Wie sind Glycolipide aufgebaut?

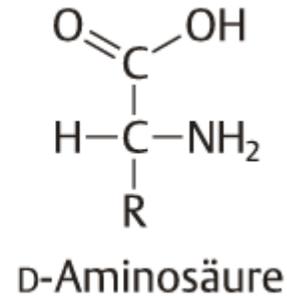
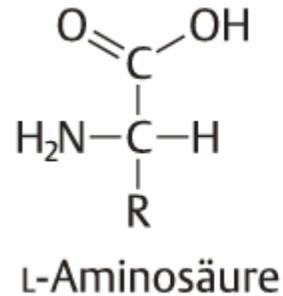
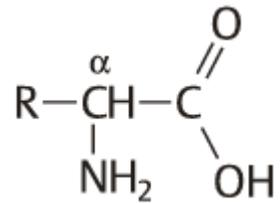
## Aktivierte Essigsäure als Grundbaustein der Lipide

Alle Lipide entstehen aus Acetyl-CoA (= aktivierte Essigsäure) nach folgendem Schema:



## 4.4 Aminosäuren, Peptide und Proteine

### Aminosäuren



Funktionelle Gruppen:

Löslich in Wasser. Warum?

### Funktionen:

- Bausteine von Peptiden und Proteinen
- Signalstoffe (z.B. Hormone, Neurotransmitter)
- Metabolite (= Stoffwechselzwischenprodukte)
- Bausteine anderer Naturstoffe (z.B. Antibiotika, Coenzyme)

Einfluss des pH-Wertes der umgebenden Flüssigkeit:

## Proteinogene Aminosäuren:

= 22 Aminosäuren, aus denen alle Proteine aufgebaut sind, z.B.

Glycin Gly G	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2 \end{array}$	Alanin Ala A	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Valin Val V	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{CH}(\text{CH}_3)_2 \end{array}$
Leucin Leu L	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}(\text{CH}_3)_2 \end{array}$	Isoleucin Ile I	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{HC}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{array}$	Phenylalanin Phe F	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$
Serin Ser S	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \end{array}$	Threonin Thr T	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Tyrosin Tyr Y	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\   \\ \text{OH} \end{array}$

**Übungen:** (mit Tabelle der proteinogenen Aminosäuren)

1) Welche Aminosäuren sind:

- aliphatisch \_\_\_\_\_
- schwefelhaltig \_\_\_\_\_
- aromatisch \_\_\_\_\_

2) Bei neutralem/physiologischem pH-Wert<sup>\*</sup> sind

- die Carboxy-Gruppen in den Seitenketten von Asparaginsäure und Glutaminsäure (fast vollständig) ionisiert,
- die Seitenketten der basischen Aminosäuren Lysin und Arginin protoniert<sup>\*\*</sup>.

Zeichnen Sie die jeweilige Strukturformel der genannten Aminosäuren einschließlich der Aminosäuregruppe für den ungeladenen Zustand!

3) Der  $pK_a$ -Wert der Seitenkette von Aspartat ist 4,0 und von Glutamat ist 4,3. Welche ist demnach die stärkere Säure? Begründung!

<sup>\*</sup> Blut: 7,35-7,45, Cytoplasma 7,0-7,3, Magen ca. 2, Dünndarm >8, Urin 4,8-7,5

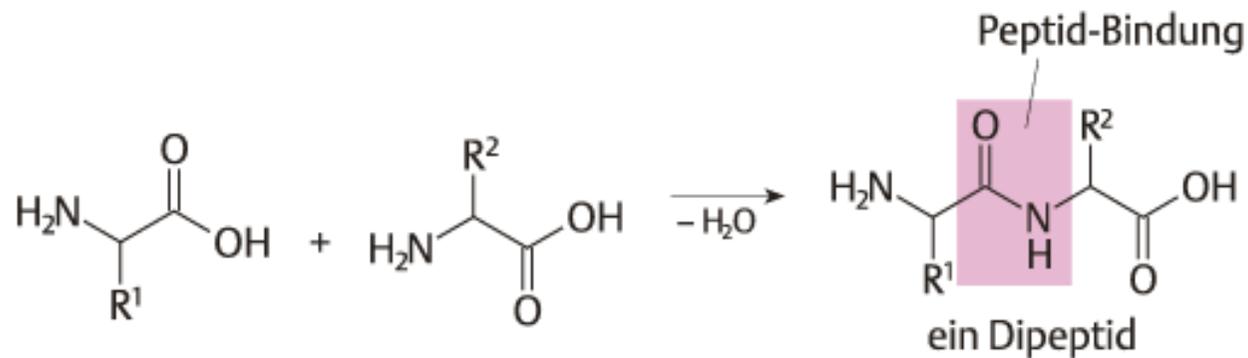
<sup>\*\*</sup> Achtung: Asparagin und Glutamin haben Amidgruppen, deshalb nicht-ionischer Charakter der Seitenkette

## Proteine

**Funktion:** Aufbaustoffe aller Lebewesen

**Entstehung:**

aus Aminosäuren durch Kondensation (Wasserabspaltung); es entstehen sogenannte „Peptide“



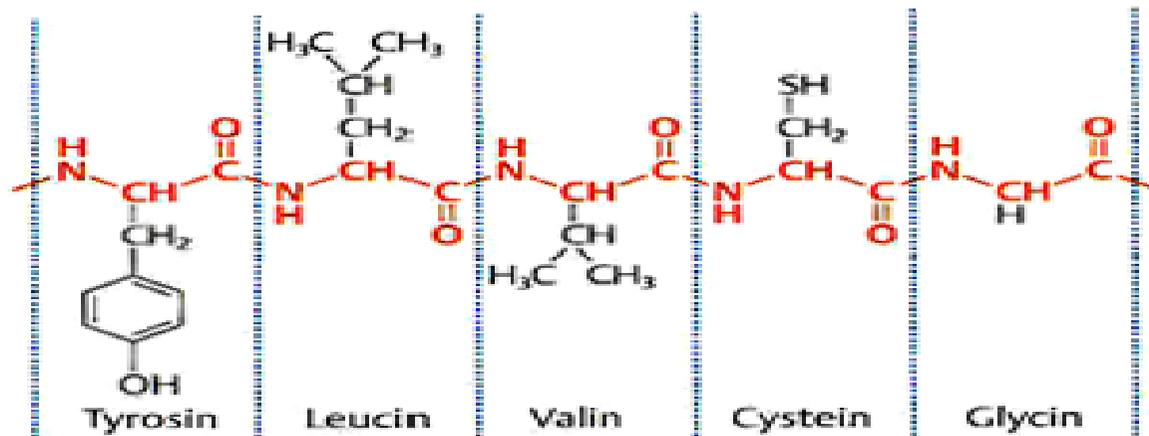
**Peptid-Gruppe:** = Carbonsäureamidgruppe von Proteinen,  
also: Proteine = **Polypeptide**

## Primärstruktur von Proteinen:

- = genau definierte Sequenz von Aminosäuren

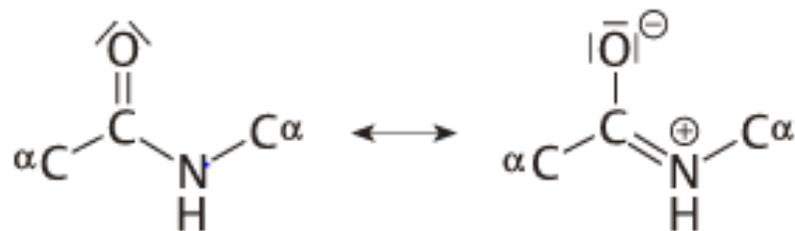
**Beispiel:** Insulin (aus 51 Aminosäuren) (Oligopeptid)

Ausschnitt aus der Kette des Rinderinsulins:



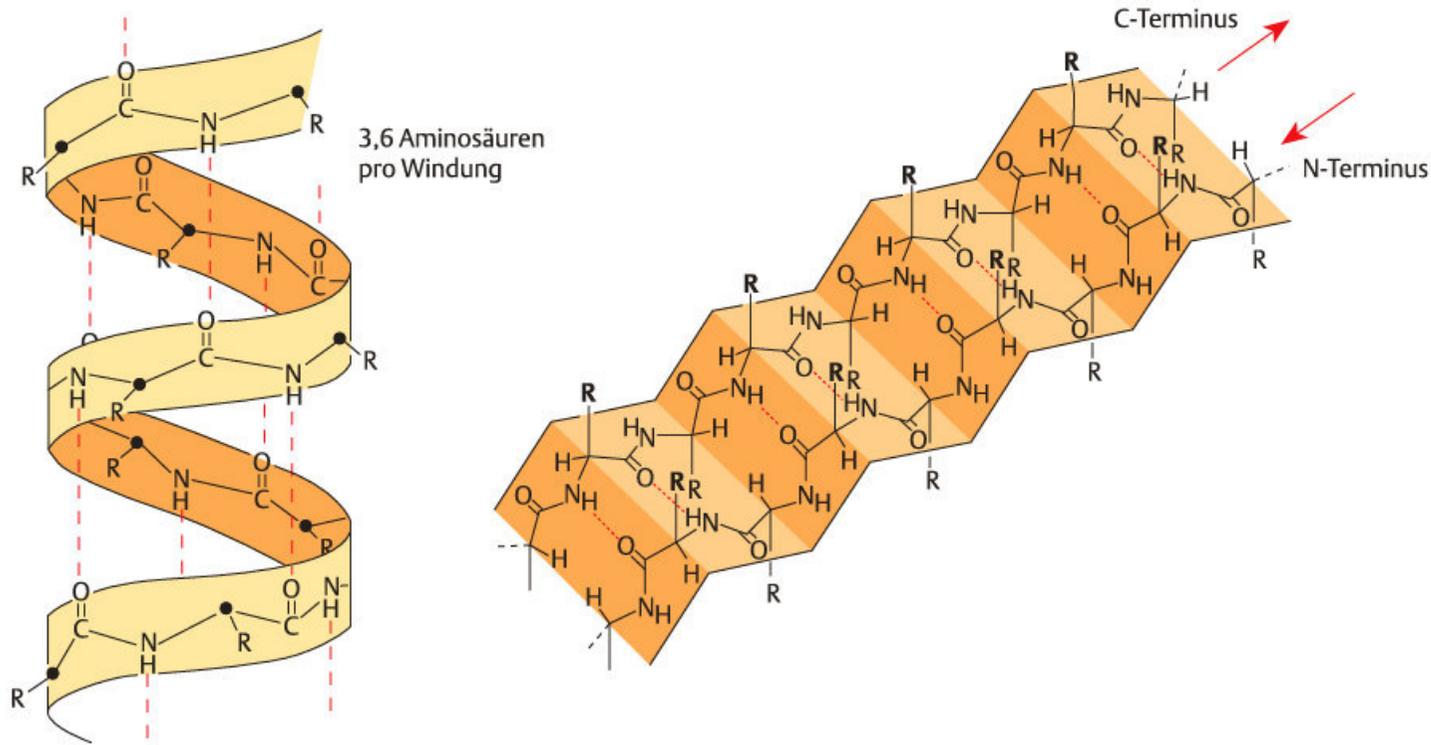
**Drehbarkeit** nur um C-C-Bindungen, nicht um C-N-Bindungen, wegen  $\pi$ -Bindungsanteil:

→ planare Anordnung der Peptidgruppe



## Sekundärstruktur von Proteinen:

- fixiert durch Wasserstoffbrückenbindung der Peptidgruppen einer Peptidkette
- Beispiele:
  - $\alpha$ -Helix (spiralförmig gewunden)
  - Faltblattstruktur (Peptidketten parallel oder antiparallel zueinander)



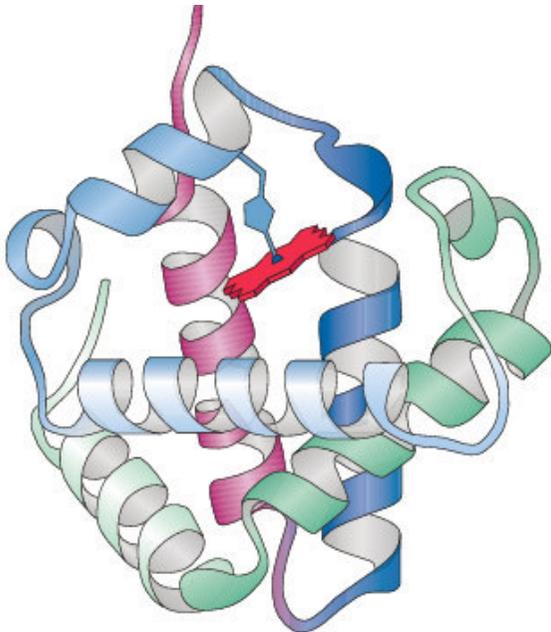
## Tertiärstruktur von Proteinen

Relative Anordnung von einzelnen Bereichen (Domänen mit Sekundärstrukturen) eines Proteins (einer Kette),

typisch: aus 30 bis 150 Aminosäuren bestehend

z.B. bestehend aus einer  $\alpha$ -Helix und zwei Faltblattstrukturen;

Beispiel: Tertiärstruktur eines globularen Proteins



rot: Häm-Gruppe mit Fe-Atom, das an blaue  $\alpha$ -Helix gebunden ist (N-Atom von His)

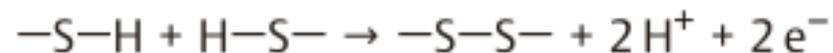
## Quartärstruktur von Proteinen:

Besteht ein Protein aus mehreren Peptidketten, so ist die räumliche Anordnung dieser Ketten die Quartärstruktur.

Beispiel: Hämoglobin\* besteht aus 2 Paaren von Peptidketten (Tertiärstruktur einer der Peptidkette s.o.).

Bindungen innerhalb und zwischen den Ketten:

- Dipol-Kräfte
- Wasserstoffbrücken
- Disulfid-Bindungen




---

\* Funktion: Sauerstofftransport im Blut

# Übersicht Stoffwechsel

