

CHEMIE DER ERNÄHRUNG**1) ZUSAMMENSETZUNG UNSERER ERNÄHRUNG:**

Die wichtigsten Bestandteile unserer Nahrung:

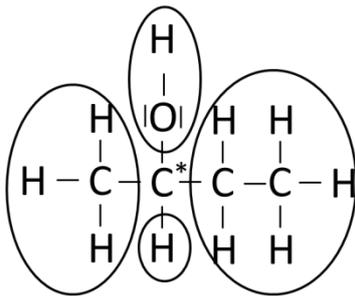
	wichtigste Aufgaben	Vertreter
Wasser	Medium für Reaktionen und Transport	
Kohlenhydrate	Energie (kurzkettige KH werden auf Lebensmittel oft als „Zucker“ bezeichnet)	Traubenzucker (Glucose) Haushaltszucker (Saccharose) Stärke (Amylose, Amylopektin)
Fette	Energie	„Triglyceride“: Dreifachester aus Glycerin und 3 Fettsäuren (= langkettige Carbonsäuren)
Eiweiß	Energie, Stoffwechselfvorgänge	Muskeleiweiß
Mengenelemente	Knochenaufbau, Konzentrationsgleichgewichte	Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , Cl ⁻ , K ⁺ , P in Phosphaten
Spurenelemente	Bestandteil vieler Enzyme	Fe, Zn, Cr, Mo, Co, Se, I, F, B, Si
Vitamine	Stoffwechselfvorgänge	Vit A, B _{1,2,3,5,6,9,12} , C, D, E, H, K
Ballaststoffe	- vom Körper nicht direkt verdaubar - unterstützen die Darmbewegung - teilweise als „Präbiotika“ Nahrung für die Mikroorganismen im Darm (diese Mikroorganismen nennt man „Probiotika“)	sind meist Kohlenhydrate: Cellulose Inulin

2) KOHLENHYDRATE

- Der Name „**Kohlenhydrat**“ ergibt sich aus dem meist ganzzahligen Verhältnis von Wasser und Kohlenstoff in den Summenformeln: $x \text{ C}$ und $y \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_x(\text{H}_2\text{O})_y$
- Die **funktionellen Gruppen** sind **Hydroxy -OH** und **Carbonyl C=O** (Aldehyd und Keton), sowie Reaktionsprodukte daraus.
- **Allgemeine Namen** der Zucker haben als Endung „-ose“
Oft werden die funktionelle Gruppe und die C-Anzahl angegeben:
→ „**Aldohexose**“: Zucker mit 6 C und einer Aldehydgruppe

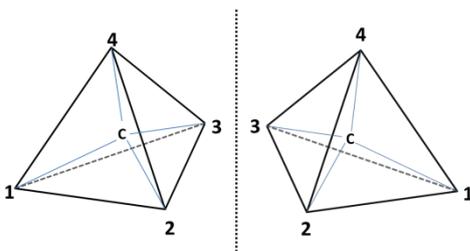
2.0. OPTISCHE AKTIVITÄT

Kohlenstoffe mit 4 verschiedenen Resten sind „optisch aktiv“. Z.B.: 2-Butanol:



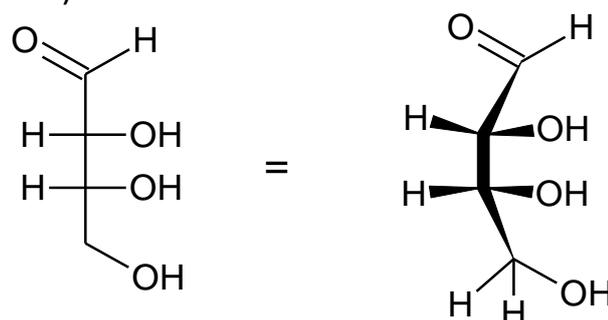
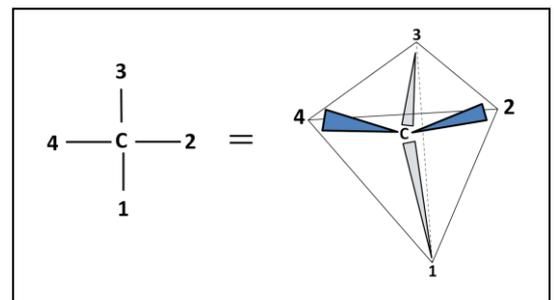
„Optische Aktivität“ bedeutet, dass solche Moleküle die Schwingungsebene von Licht drehen können.

Wenn ein Kohlenstoff 4 verschiedene Reste besitzt, gibt es immer zwei Möglichkeiten diese Reste im Raum anzuordnen. Diese zwei Möglichkeiten verhalten sich wie Bild und Spiegelbild: (=Enantiomere)



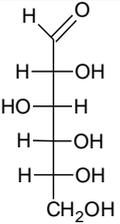
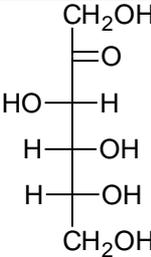
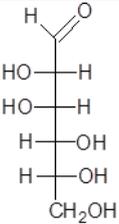
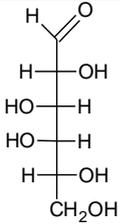
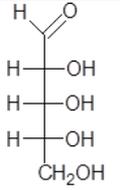
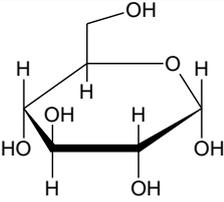
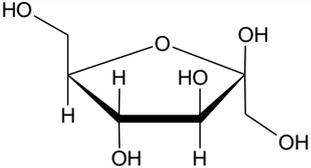
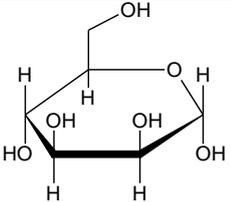
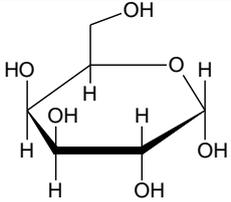
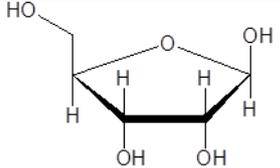
Die **Fischer Projektion**: Werden optisch aktive Moleküle zweidimensional gezeichnet gibt es eine Definition, welche Struktur im Raum dieses Molekül hat:

- Bindungen nach **rechts und links** gehen **vor** die Zeichenebene
- Bindungen **oben und unten** gehen **hinter** die Zeichenebene
- Der **Carbonyl-Kohlenstoff** (C=O) muss nach **oben** zeigen
- wenn am **vorletzten Kohlenstoff** die **OH-Gruppe** nach **rechts** zeigt, handelt es sich um einen „**D-Zucker**“ (links: „L-Zucker“)

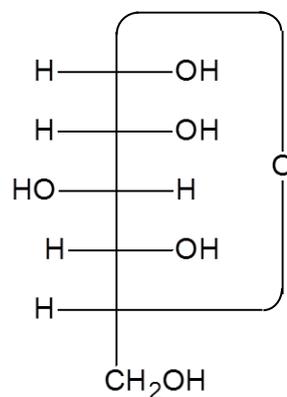
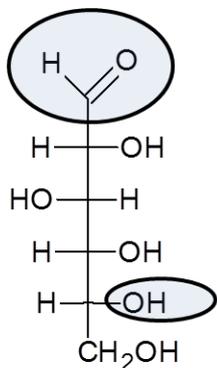


2.1. MONOSACCHARIDE

Die wichtigsten Monosaccharide (Einfachzucker) sind

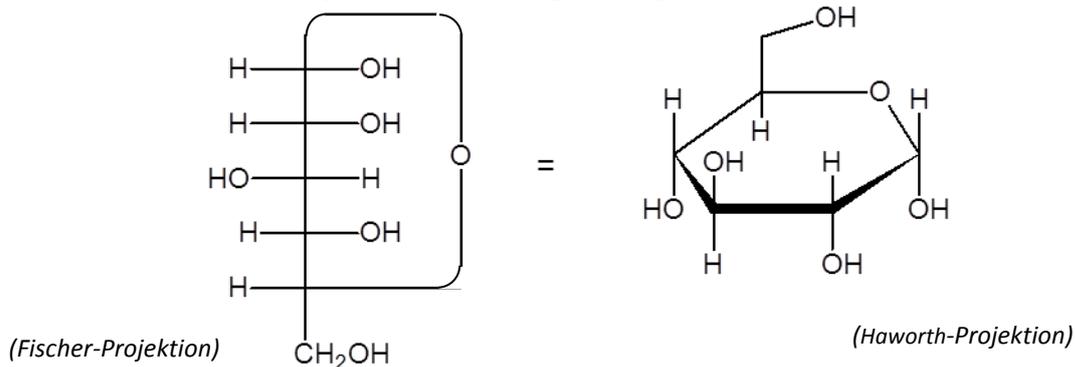
D-Glucose (Glu)	D-Fructose (Fru)	D-Mannose (Man)	D-Galactose (Gal)	D-Ribose (Rib)
= Traubenzucker	= Fruchtzucker		ein Teil des Milchzuckers	in RNA und DNA
				
α -D-Glu:	β -D-Fru:	α -D-Man:	α -D-Gal:	β -D-Rib:
				

Diese Zuckermoleküle liegen in wässriger Lösung allerdings nur zu ca. 5% in der offenen Form vor. Ansonsten bilden diese Moleküle **Ringe** in dem die OH-Gruppe des vorletzten C und die Carbonylgruppe Halbacetale bzw. Halbketale bilden:



da der „anomere“ Kohlenstoff (= das Carbonyl-C in der offenen Form) bei der Ringbildung optisch aktiv wird (4 Reste!), gibt es **zwei Möglichkeiten** aus einem offenen Zucker einen Ring zu bilden: **α und β**

Da die Fischer-Projektion für die ringförmigen Zucker nicht gut geeignet ist, gibt es die sogenannte „Haworth-Projektion“ für ringförmige Zucker:

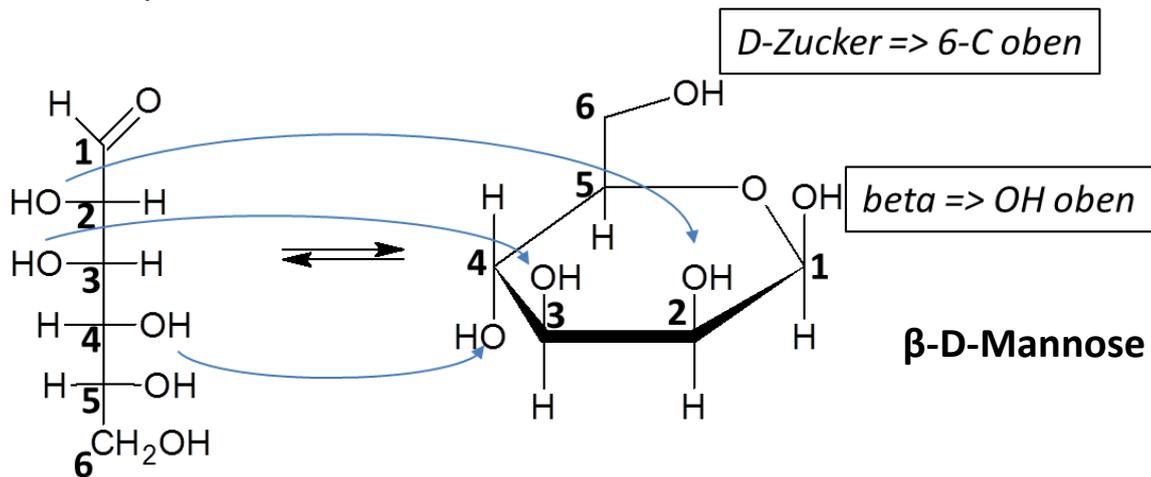


α -D-Glucose

Die Haworth Projektion:

<ul style="list-style-type: none"> • der Ringsauerstoff wird hinten oder rechts hinten gezeichnet 	
<ul style="list-style-type: none"> • das anomere C ist rechts im Ring 	
<ul style="list-style-type: none"> • alpha-Zucker: die „neue“ OH-Gruppe ist am anomeren C nach unten, (bei beta nach oben) 	
Merkhilfen:	
<ul style="list-style-type: none"> • OH im Fischer rechts=> im Haworth unten (u.u.) 	<ul style="list-style-type: none"> • D-Zucker => letzter Kohlenstoff im Haworth oben (bei L-Zuckern unten)

Z.B.: Die β -D-Mannose

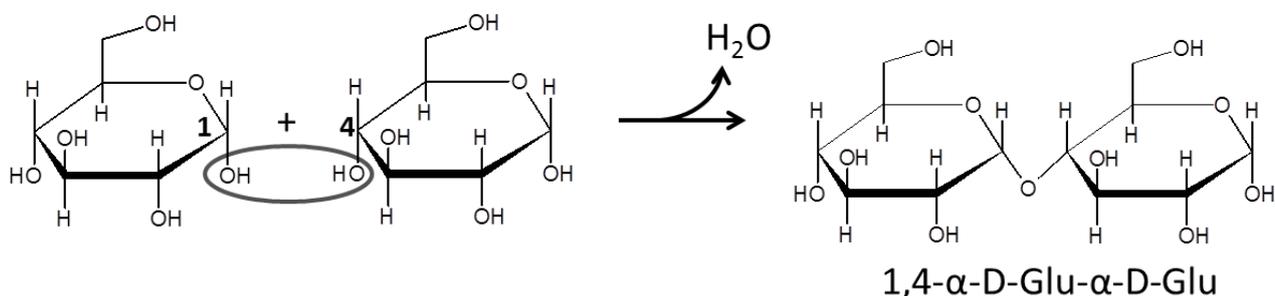


2.2. DISACCHARIDE

Die wichtigsten Disaccharide (Zweifachzucker) sind

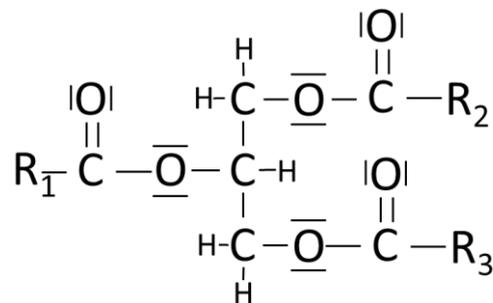
Saccharose	Maltose	Lactose
Haushaltszucker, Rübenzucker, Rohrzucker	Malzzucker	Milchzucker
1,2- α -D-Glu- β -D-Fru	1,4- α -D-Glu- α -D-Glu	1,4- β -D-Gal-D-Glu

Z.B.: 1,4- α -D-Glu- α -D-Glu bedeutet, dass die OH-Gruppe des ersten C des ersten Zuckers mit der OH-Gruppe des 4ten C des zweiten Zuckers kondensiert sind:

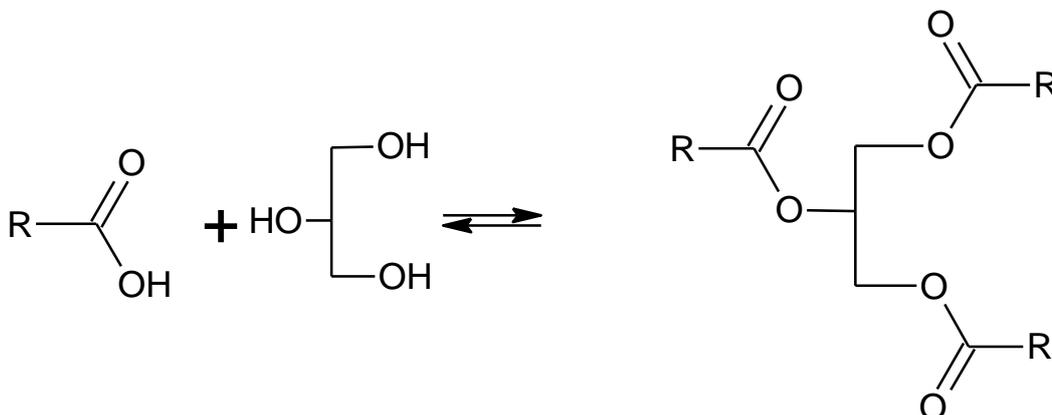


2.3. POLYSACCHARIDE

Name	Stärke		Glycogen	Cellulose
Unterteilung	Amylose	Amylopektin		
Struktur	1,4- α -D-Glu	1,4- α -D-Glu mit 1,6-Verzweigungen an jedem 25ten Ring	1,4- α -D-Glu mit 1,6-Verzweigungen an jedem 10ten Ring	1,4- β -D-Glu (zwischen 100 und 10000)
Vorkommen und Aufgabe	ca. 25% in Pflanzen als Energiespeicher hauptsächlich in Getreide und Kartoffel	ca. 75%	im Menschen als Energiespeicher, hauptsächlich Muskel und Leber	in Pflanzen als Gerüstmolekül
Verwendung	Stärke ist der wichtigste Energielieferant in der Nahrung des Menschen			Papierherstellung, Celluphan, Baumwollstoffe, Leinenstoffe

3) FETTE3.1. AUFBAU

Die grundlegenden Fettmoleküle sind Dreifachester aus Glycerin und langkettigen Carbonsäuren.



Viele weitere Fettmoleküle leiten sich von dieser Struktur ab.

3.2. FETTSÄUREN

Fettsäuren sind langkettige Carbonsäuren.

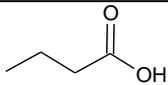
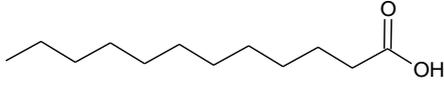
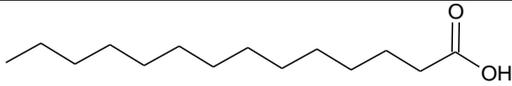
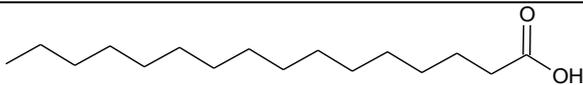
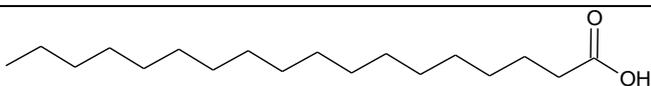
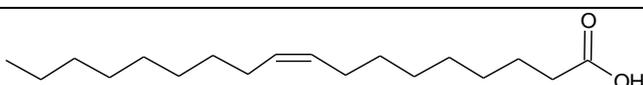
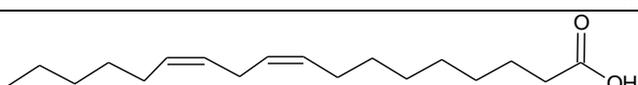
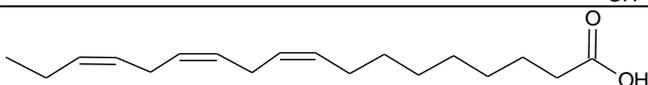
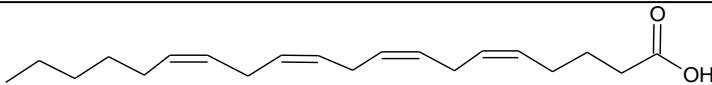
Gesättigte FS haben keine C=C Doppelbindungen

Ungesättigte FS haben C=C Doppelbindungen.

Essentielle FS haben mehrere C=C Doppelbindungen.

Die C=C sind fast immer Z (auch cis genannt)

Die wichtigsten Fettsäuren:

Formel	Name	Anzahl C, Lage C=C	wichtige Quellen
	Buttersäure	4	Milchfett
	Laurinsäure	12	Milchfett, Pflanzenfett
	Myristinsäure	14	Milch-, Tier-, Pflanzen-, Fischfett
	Palmitinsäure	16	Pflanzenfett, Tierfett
	Stearinsäure	18	Pflanzenfett, Tierfett
	Ölsäure	18 Δ^9	Pflanzenfett, Tierfett
	Linolsäure	18 $\Delta^{9,12}$	Pflanzenfett
	Linolensäure	18 $\Delta^{9,12,15}$	Pflanzenfett
	Arachidonsäure	20 $\Delta^{5,8,11,14}$	Tierfette, Fischfett

Empfohlen wird eine Ernährung mit ca. 30% Fett, wobei der Anteil gesättigter, einfach ungesättigter und mehrfach ungesättigter Fettsäuren jeweils ein Drittel betragen sollte.

3.3. FESTE FETTE - FLÜSSIGE ÖLE

Der Aggregatzustand eines Fettes hängt vom Anteil der ungesättigten Fettsäuren im Fett ab: Je **mehr ungesättigte FS**, desto **niedriger der Schmelz-, bzw. Erweichungspunkt** des Fettes.

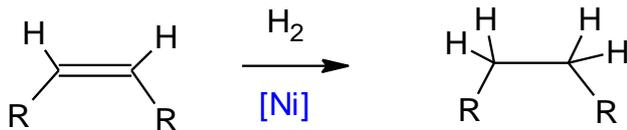
D.h. flüssige Öle haben immer einen höheren Gehalt an ungesättigten Fettsäuren als feste Fette. Zum Beispiel:

Kokosfett	bei Raumtemperatur fest	ca 10% ungesättigte FS
Sonnenblumenöl	bei RT flüssig	ca 80% ungesättigte FS

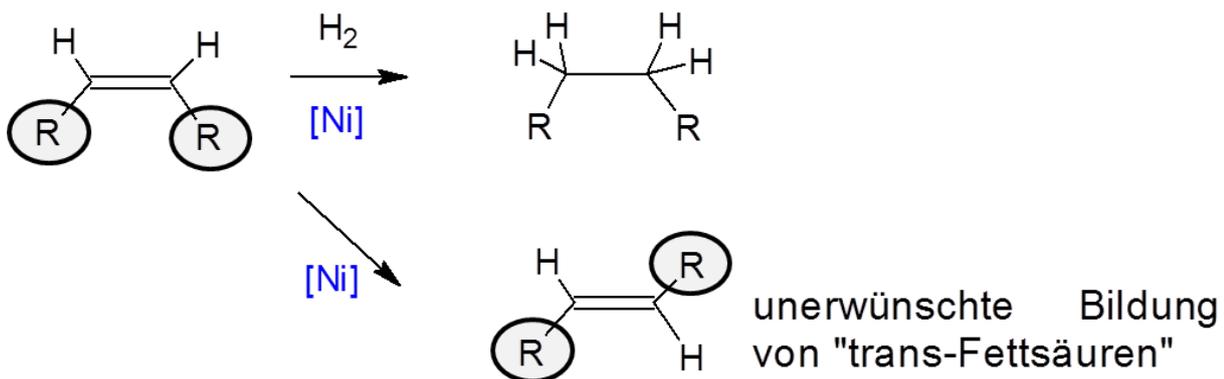
3.4. GEHÄRTETE PFLANZENFETTE, TRANS-FETTSÄUREN

Für die Industrie sind gehärtete Pflanzenfette interessanter als Pflanzenöle: Feste Fette lassen sich besser portionieren und ohne C=C Doppelbindungen sind Fette länger haltbar.

Gehärtete Pflanzenfette werden technisch aus den günstigen Pflanzenölen mit Wasserstoffgas an einem Nickelkatalysator hergestellt: Dabei werden die C=C Doppelbindungen zu C-C Einfachbindungen reduziert.



Leider kommt es dabei zu der unerwünschten Nebenreaktion, dass manche Z-Doppelbindungen (auch „cis“ genannt) nicht reduziert werden, sondern nur in eine E-Doppelbindung (auch „trans“ genannt) umgewandelt werden:



Diese „trans-Fettsäuren“ können koronare Herzerkrankungen auslösen bzw. verstärken. Deshalb sollte der Verzehr von Lebensmitteln mit gehärteten Pflanzenfetten eingeschränkt werden.

3.5. MARGARINE

Margarine wurde als Butterersatz entwickelt und enthält hauptsächlich **Fette, Öle, Wasser und Magermilch**. Daneben gibt es Zusätze wie Geschmacksstoffe, Farbstoffe, Emulgatoren (ermöglichen eine Durchmischung von Fetten mit Wasser), Vitamine und Strukturmittel.

Problematisch ist ein hoher Anteil an gehärteten Pflanzenölen auf Grund der trans-Fettsäuren.

Light-Margarine enthält in der Regel nur einen höheren Anteil an Wasser und Emulgatoren.

3.6. BUTTER

Butter wird aus Milch hergestellt. Milch ist eine „Fett in Wasser Emulsion“. D.h. feine Fettkügelchen sind in wässriger Lösung verteilt. Durch mechanische Einwirkung („Butter schlagen“) werden die Fettkügelchen aufgebrochen und die Fettphase verbindet sich. Diese Fettphase mit kleinen Wassereinschlüssen „Wasser in Fett Emulsion“ ist die Butter. Der Großteil der Wasserphase wird als Buttermilch abgetrennt.

4) EIWEIß

4.1. ALLGEMEINES

Proteine bzw. Eiweiße sind Biomoleküle welche aus Ketten aus Aminosäuren aufgebaut sind. (Von Peptiden spricht man bei kleineren Proteinen von unter 100 Aminosäuren, Dipeptid: 2 AS, Tripeptid: 3 AS, Oligopeptid: ca. 10 AS, Polypeptid: bis 100 AS)

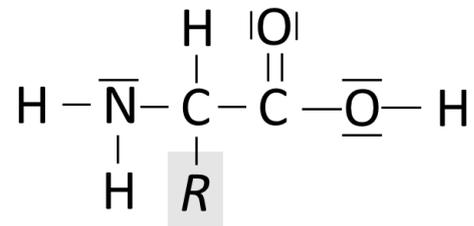
Proteine in der Nahrung dienen als AS-Quelle für die körpereigene Proteinsynthese und als Energiequelle.

4.2. DIE AMINOSÄUREN

Die Grundbausteine aller natürlichen Proteine sind 20 verschiedene Aminosäuren.

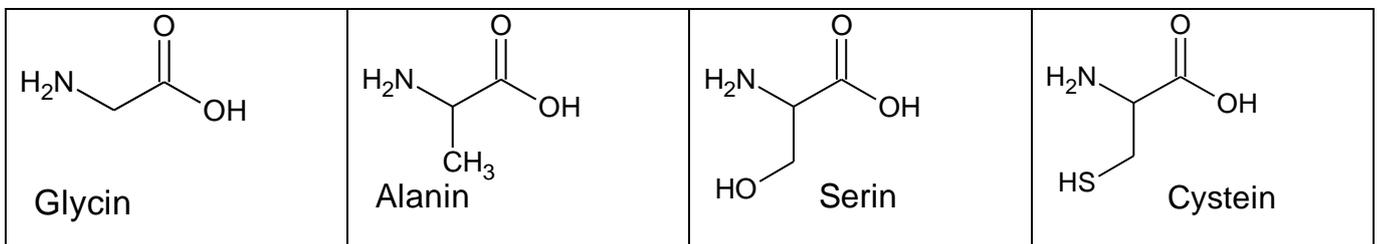
Diese haben alle eine gemeinsame Grundstruktur:

Eine „**2-Aminoethansäure**“ (Die Position am 2ten C wurde früher *alpha*-Position genannt, deshalb ist die Bezeichnung „**alpha-Aminosäuren**“ noch häufig in Verwendung)

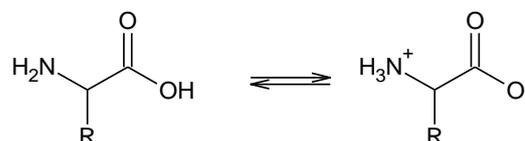


Die AS unterscheiden sich nur über einen Rest am 2ten Kohlenstoff.

Zum Beispiel:



Da die AS über eine Base und eine Säure im Molekül verfügen, liegen sie in wässriger Lösung mit einer positiven und einer negativen Ladung vor: „**Zwitterion**“

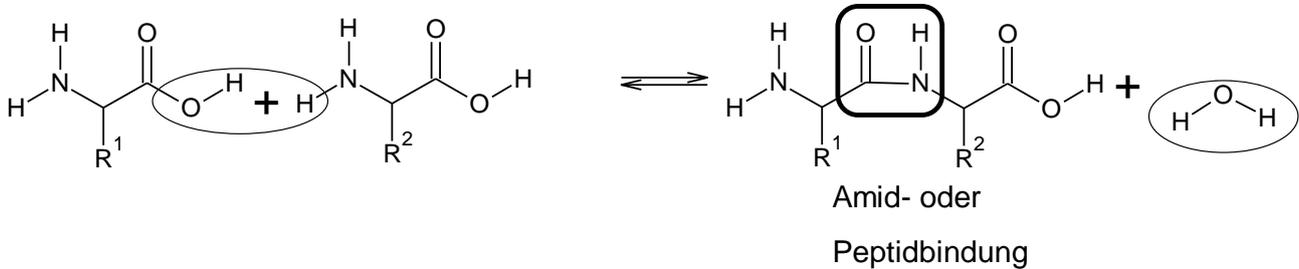


„zwitterionische“ Struktur

Da mit Ausnahme von Glycin alle AS vier verschiedene Reste am 2ten C tragen, sind diese **optisch aktiv**.

Die Amid- oder Peptidbindung:

Die Bindung zwischen den AS entsteht durch die Kondensation der Aminogruppe der einen AS mit der Carbonsäure der anderen AS:



Da die AS unsymmetrisch sind gibt es immer zwei Möglichkeiten, ein Dipeptid aus zwei AS zu bilden: AS1-AS2 oder AS2-AS1.

4.3. STRUKTUR DER PROTEINE

4.3.1. PRIMÄRSTRUKTUR DER PROTEINE

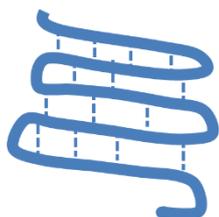
Unter der Primärstruktur von Proteinen versteht man die **Reihenfolge** (=“Sequenz“) der **AS** in diesem Protein.

Zum Beispiel: (H₂N-)Ala-Gly-Gly-Val-His-His-Gly-Ser.....(-OH)

(Die Aminosäuren werden meist mit drei Buchstaben abgekürzt, links ist die „Aminogruppe“, rechts die „Carbonsäureseite“)

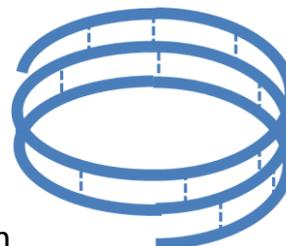
4.3.2. SEKUNDÄRSTRUKTUR DER PROTEINE

Betrachtet man ein Protein, so sieht man ungeordnete und geordnete Bereiche. Die **geordneten Bereiche** nennt man „**Sekundärstrukturen**“. Hauptsächlich sind dies die



β-Faltblatt

und **α-Helix** Strukturen

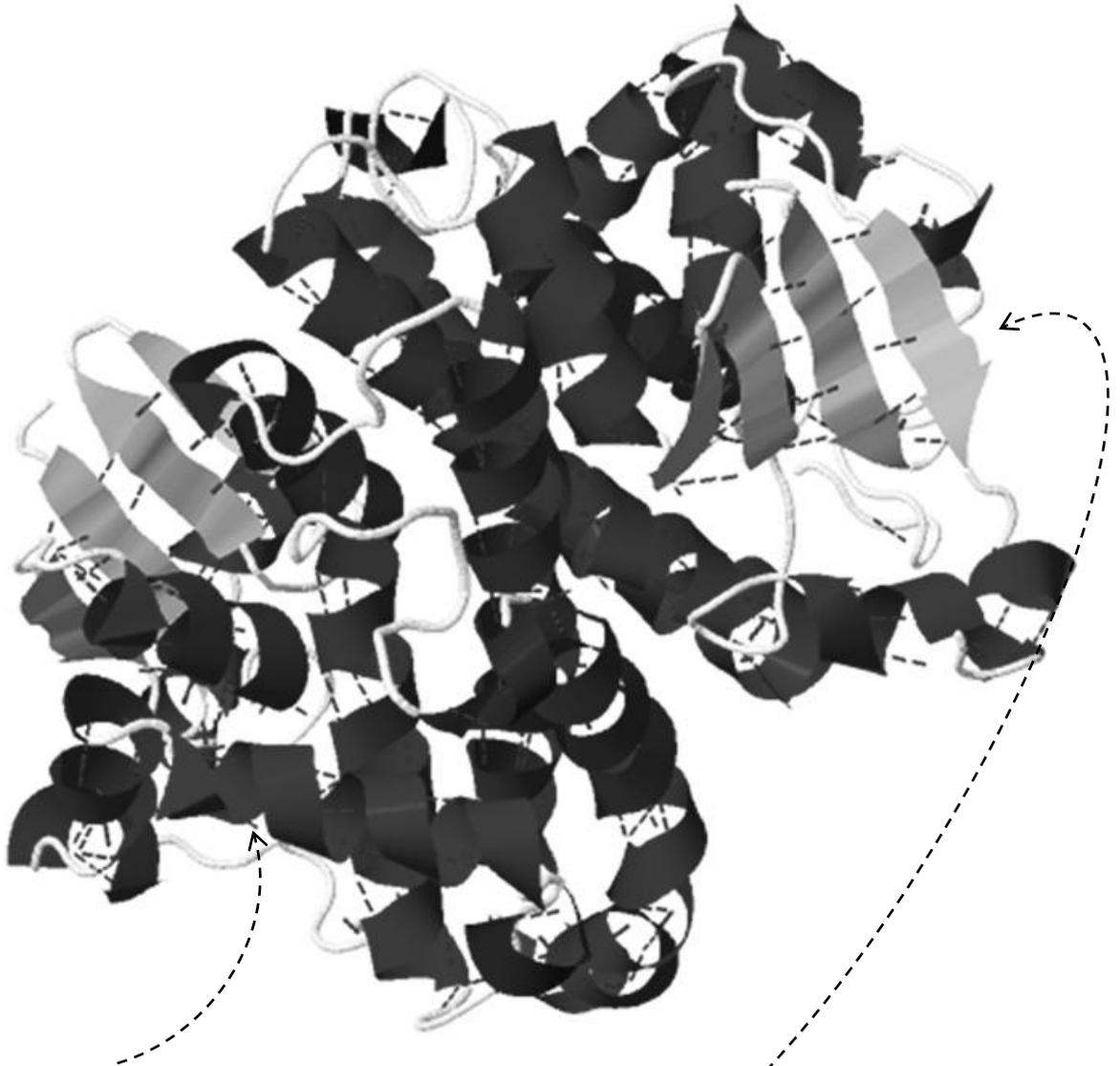


Diese Strukturen werden durch Wasserstoffbrücken der Hauptkette des Proteins stabilisiert (in obige Skizze strichliert eingezeichnet).

4.3.3. TERTIÄRSTRUKTUR

Die Tertiärstruktur ist die **eigentliche dreidimensionale Struktur** des Proteins, in welcher das Protein **biologisch wirksam** ist.

Beispiel einer 3-dimensionalen Struktur eines Proteins: (Glutathiontransferase)



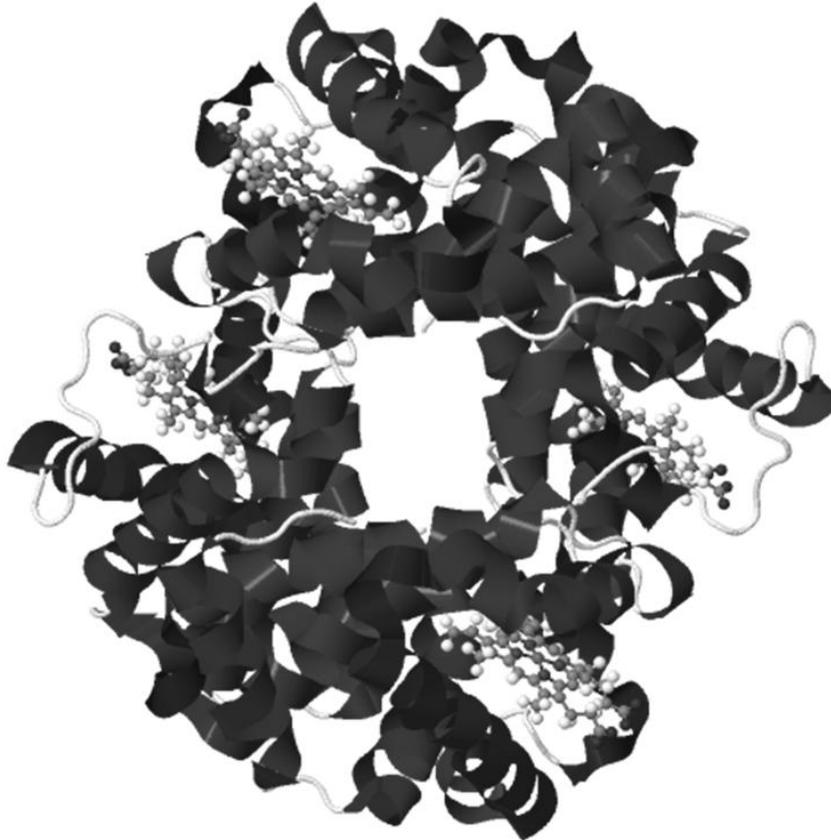
Die Helices sind deutlich zu sehen; die Faltblattregionen sind als breite Pfeile zu erkennen; die H-Brücken sind strichliert eingezeichnet.

Die **Zerstörung der** (biologisch wirksamen) **Tertiärstruktur** nennt man „**denaturieren**“. Dies kann z.B. durch pH-Wert-Änderung, Hitze, Kälte, Schwermetalle oder mechanische Einwirkung geschehen.

4.3.4. QUARTÄRSTRUKTUR

Wenn **mehrere Proteine** eine **gemeinsam wirkende Einheit** bilden, so spricht man von einer Quartärstruktur.

Beispiel: Hämoglobin, welches aus 4 Proteinen besteht:



Die 4 Zentren der 4 Proteine mit dem Eisenion, welches den Sauerstoff aufnehmen kann sind als Kugel-Stabmodelle zu erkennen.

4.4. AUFGABEN DER PROTEINE

<i>Proteingruppe</i>	<i>Beispiele</i>
Enzyme (Biokatalysatoren)*	Pepsin, Trypsin
Bewegungsproteine**	Myosin, Actin
Proteohormone*	Insulin
Gerüst- Schutzproteine**	Collagen
Transportproteine*	Hämoglobin
Antikörper*	(markieren Eindringlinge im Körper)

- ***Wasserlösliche, kugelförmige** Proteine nennt man „**Globuläre Proteine**“
- ****Wasserunlösliche, längliche** Proteine nennt man „**Skleroproteine**“