

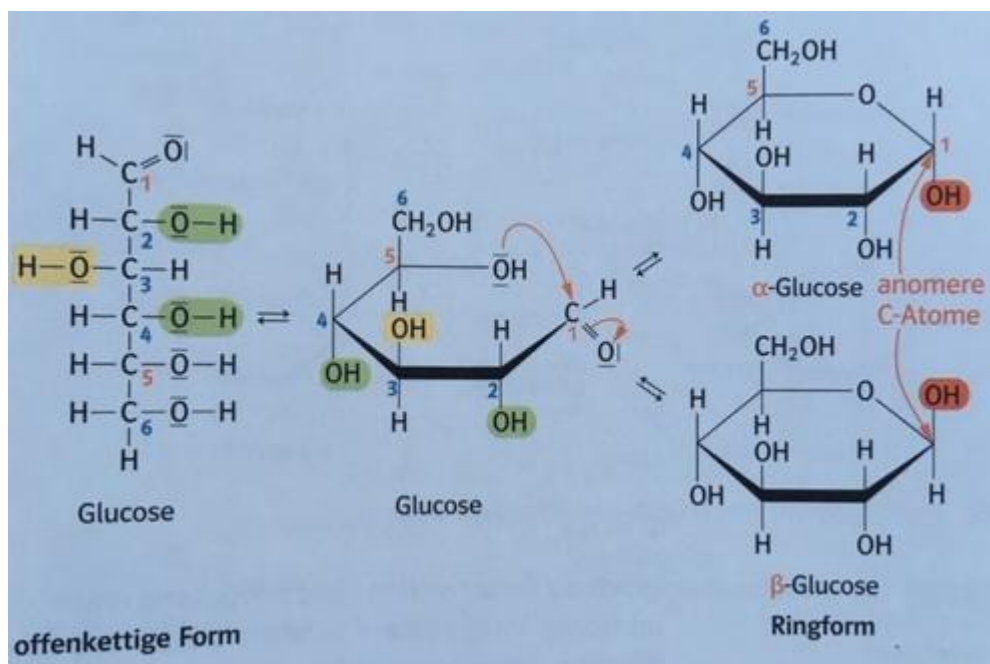
Chemie Grundkurs Q2

Inhalt:

- [Von der Ketten zur Ringform](#)
- [Di- und Polysaccharide, reduzierende und nichtreduzierende Saccharide](#)
- [Iod-Stärke-Reaktion](#)
- [Aminosäuren](#)
- [Peptide](#)
- [Grundlagen der Kunststoffchemie](#)

Von der Ketten zur Ringform

► Hier noch einmal eine Darstellung



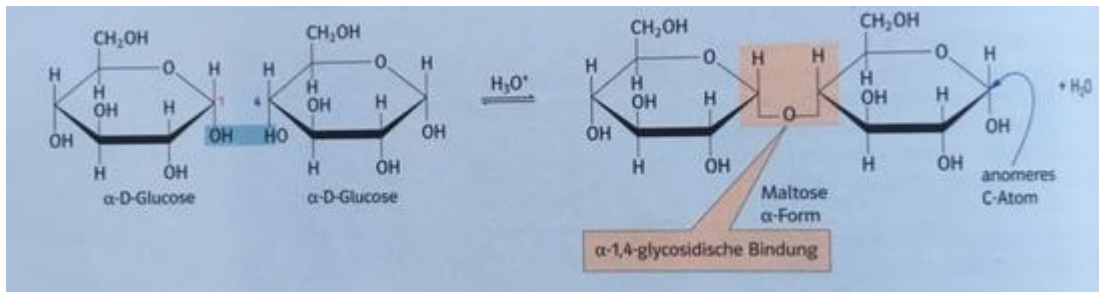
(aus Elemente Chemie 2, Klett)

Die Grundform des Ringes müsst Ihr auswendig können, alle OH-Gruppen, die in der Kettenform links stehen, stehen in der Harworth-Form rechts (FLOH-Regel)!

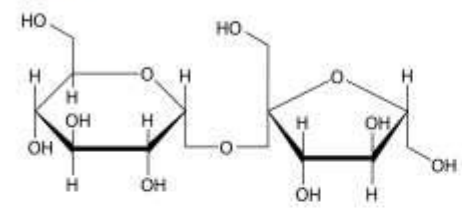
Di- und Polysaccharide, reduzierende und nichtreduzierende Saccharide

Abiturrelevant: Fehling-Probe mit Aldosen – Di- und Polysaccharide: Maltose, Saccharose, Stärke und Cellulose, glycosidische Bindung, reduzierende und nicht reduzierende Disaccharide!

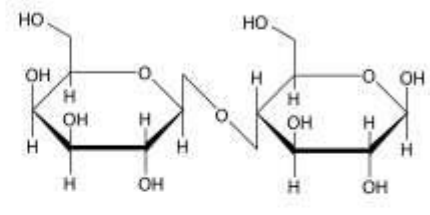
Beispiel - Maltose ist ein Disaccharid mit einer 1,4 glykosidischen Bindung zwischen zwei α -D-Glucopyranose (Pyranose = Sechsring mit O-Atom):



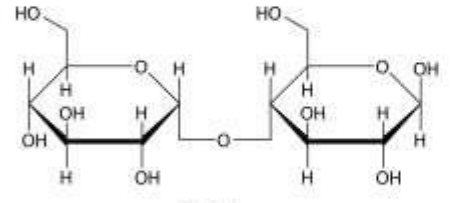
Disaccharides



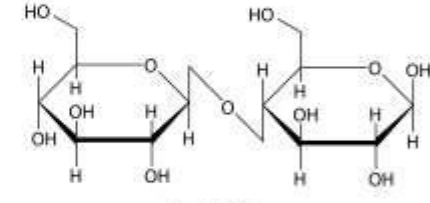
Saccharose (sucrose)



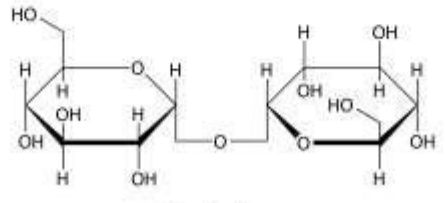
Lactose



Maltose



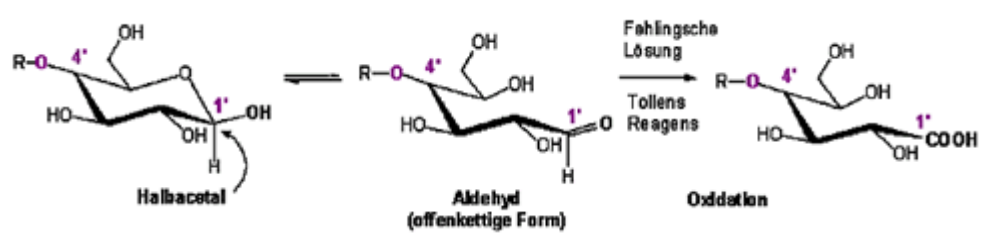
Cellobiose



Trehalose

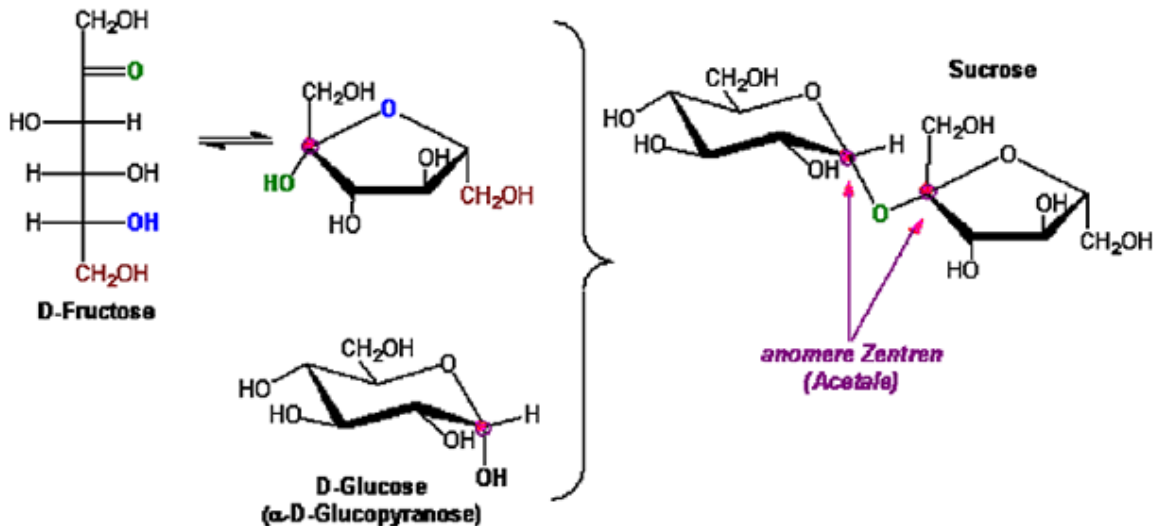
Reduzierende und nichtreduzierende Zucker

Nur wenn das anomere Kohlenstoffatom nicht "verbrückt" ist, hat das Disaccharid reduzierende Eigenschaften. Nur dann können sich die Ringe wieder öffnen und ein Aldehyd entstehen:



Beispiel: Saccharose, der gewöhnliche Haushaltszucker, ist ein Disaccharid mit den folgenden Eigenschaften:

o nach Säure-Hydrolyse erhält man Glukose und Fructose.
 o es ist ein nichtreduzierender Zucker! Glukose und Fructose sind 1,2-glycosidisch verknüpft, also beide anomeren Gruppen! Die [Fehling-Probe](#) verläuft negativ!



Oben war eine Abbildung der Maltose, ist Maltose ein reduzierender Zucker?

Ist Maltose (siehe oben) ein reduzierender Zucker?

Aufgaben: Bis zum 31. März 2020

D-Mannose ist ein in Orangenschalen vorkommendes Monosaccharid und D-Talose zählt zu den selten in der Natur vorkommenden Zuckern. Die Moleküle der D-Mannose unterscheiden sich von D-Glucosemolekülen in der Konfiguration am Kohlenstoffatom Nr. 2, die OH-Gruppe ist hier auf der anderen Seite!

D-Talosemoleküle haben an den Kohlenstoffatomen Nr. 2 und Nr. 4 eine andere Konfiguration als D-Glucosemoleküle.

1 Geben Sie die Strukturformeln der Moleküle von D-Mannose und D-Talose in Fischer-Projektion an.

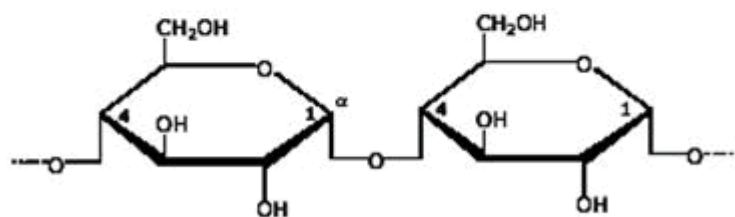
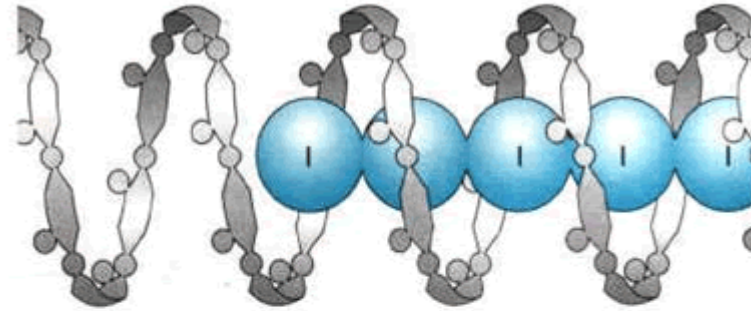
2 Zeichnen Sie die Strukturformeln von alpha-D-Mannopyranose und beta-D-Talopyranose. Verwenden Sie für diese Darstellung die Haworth-Projektion.

3 Trehalose ist ein aus zwei alpha,alpha-1,1-glycosidisch verknüpften Glucose-Moleküle bestehendes Dissaccharid. Zeichnen Sie es!

4 Ist die Trehalose reduzierend oder nicht? Begründen Sie!

Iod-Stärke-Reaktion

(abiturrelevante Begriffe: Iod-Stärke-Reaktion)



Amylose (polymere α -D-Glucose)

Eine Iod-Stärke-Reaktion wird zum Nachweis von Stärke durchgeführt, indem man eine feste Probesubstanz mit Iod-Kaliumiodid-Lösung, auch Lugol'sche Lösung genannt, beträufelt oder eine Probelösung mit dieser Lösung versetzt.

Iod hat die Eigenschaft Polyhalogenidverbindungen einzugehen. Dabei verbinden sich gelöste I_2 -Moleküle jeweils mit einem Iodid-Anion zum einfach negativ geladenen I_3^- -Anion. Eine Eigenschaft dieser Polyhalogenidverbindung ist, dass sie sich in Stärke-Helix einlagert. Diese **Einlagerungsverbindungen** (siehe oben) rufen bereits in geringen Konzentrationen eine **intensive Blaufärbung** hervor.

Auftrag: Beschreibe die Iod-Stärke-Reaktion? Was lagert sich worin ein?

Aminosäuren

Abiturrelevante Begriffe: Aminosäuren: grundlegender struktureller Bau, Eigenschaften proteingener Aminosäuren, Säure-Base-Eigenschaften, Zwitterion

[Einstieg: Spiegel online 2016](#)

Ein Jamaikanischer Medaillengewinner positiv getestet

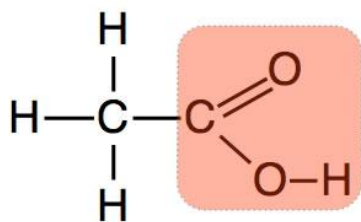
Ein jamaikanischer Medaillengewinner soll bei den olympischen Spielen 2008 in Peking gedopt gewesen sein. Das berichten jamaikanische Medien übereinstimmend. Der Läufer soll unter den 31 positiv getesteten Sportlern sein, die bei Nachttests zu den Sommerspielen von Peking ermittelt wurden. Dem jamaikanischen Leitathletikverband drohe der Verlust "mindestens einer Medaille", schreibt die Zeitung "The Gleaner" aus Kingston. Es handele sich um einen "sehr erfahrenen jamaikanischen Läufer".

Derzeit liegt nur die A-Probe vor. Erst bei der Veröffentlichung der B-Probe will das Internationale Olympische Komitee (IOC) die Namen nennen.

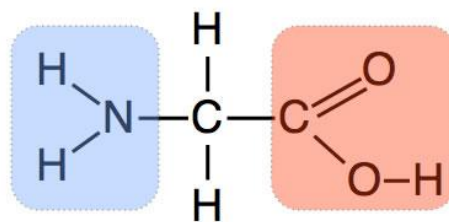
Einem Bericht der Zeitung "Jamaica Observer" zufolge handelt es sich bei der Substanz um das bei Wettkämpfen verbotene Präparat **Methylhexanamin**.

Auftrag: Geben Sie für Methylhexanamin (2-Amino-4-methylhexan) die Strukturformel an! Bis zum 4. April 2020

Aminosäuren sind chemisch gesehen Carbonsäuren mit einer Aminogruppe und müssten daher korrekt als Aminocarbonsäuren bezeichnet werden. Die einfachste Aminosäure ist das Glycin, das sich direkt von der Essigsäure ableitet:



Essigsäure



Amino-Essigsäure

Glycin

Aminosäuren sind die Stoffe, die unseren gesamten Stoffwechsel und Energiehaushalt kontrollieren. Hinzu kommt, dass die Körperzellen durch komplexe Vorgänge laufend erneuert werden müssen und dafür sind Aminosäuren notwendig. Sie sind die kleinsten Bestandteile der Eiweiße, die in Form von Enzymen, Hormonen, Speicher- und Transportproteinen sowie Antikörpern im Körper vielfältige Funktionen übernehmen und an der Übertragung von Nervenimpulsen wie beispielsweise beim Sehvorgang, beteiligt sind.

Proteine oder Eiweiße sind hochmolekulare Naturstoffe mit einer Molekülmasse von mindestens 10000u. Sie sind die vielseitigsten makromolekularen Verbindungen der Natur.

Die in der Natur vorkommenden Proteine sind aus maximal 20 verschiedenen Aminosäuren aufgebaut. Diese Carbonsäuren sind alle Aminosäuren der alpha-Reihe, das heißt sie besitzen am alpha-Kohlenstoffatom (dem zweiten c-Atom von der COOH-Gruppe gesehen) eine Amino-Gruppe (NH₂).

Die in der allgemeinen Strukturformel angegebene ungeladene Form der Aminosäuren (siehe oben) existiert in der Realität nicht. Aminosäuren liegen sowohl in fester als auch in wässriger Lösung als **Zwitterionen** vor. In dieser Form können sie als Base sowie als Säure reagieren, sie sind also Ampholyte.

Ob sie Protonen abgeben oder aufnehmen, hängt vom pH-Wert der Lösung ab, in der sich die Aminosäure befindet. In wässriger Lösung liegen Aminosäuren als Zwitterionen sowie als Kationen und Anionen nebeneinander vor.

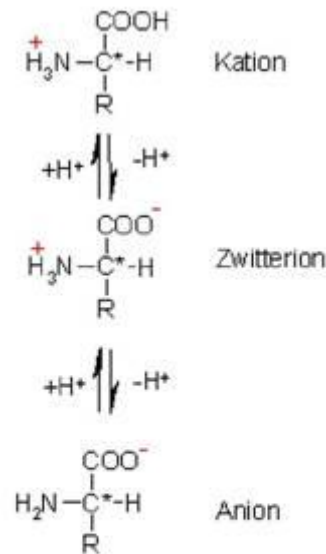


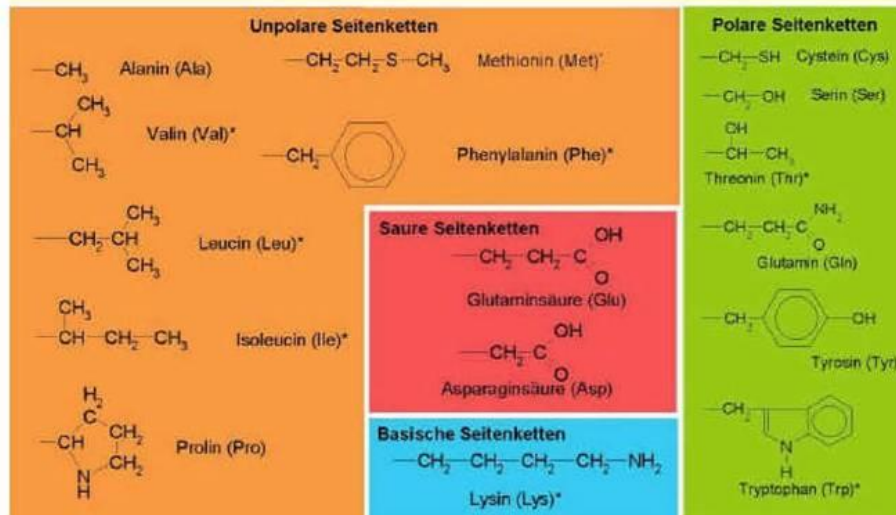
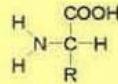
Abb.: Ionische Strukturen einer Aminosäure in wässriger Lösung

In Abhängigkeit vom pH-Wert können diese Ionen in einer Gleichgewichtsreaktion ineinander übergehen. Der pH-Wert, bei welchem die Konzentration an Zwitterionen am höchsten ist, wird als isoelektrischer Punkt einer Aminosäure bezeichnet, der für jede Aminosäure spezifisch ist.

Ein weiteres Strukturmerkmal der Aminosäuren ist ihr asymmetrisches alpha-Kohlenstoffatom. Eine Ausnahme ist das Glycin, welches als einzige Aminosäure kein asymmetrisches Kohlenstoffatom besitzt. Die in der Natur vorkommenden

Proteine sind ausschließlich aus Aminosäuren der L- Reihe aufgebaut. Man unterscheidet 20 natürliche Aminosäuren, welche nach der Polarität ihrer Seitenketten (-R) klassifiziert werden. Man unterscheidet polare und unpolare Seitenketten, sowie basische und saure Reste. Unpolare Seitenketten enthalten Kohlenwasserstoff-Reste, welche der Aminosäuren hydrophobe Eigenschaften verleihen. **Aminosäuren mit polaren Resten** hingegen sind hydrophil. **Saure Aminosäuren** tragen in ihrer Seitenkette eine zusätzlich Carboxyl-Gruppe, wohingegen **basische Aminosäuren** eine weitere Amino-Gruppe besitzen.

Allgemeine Formel einer Aminosäure



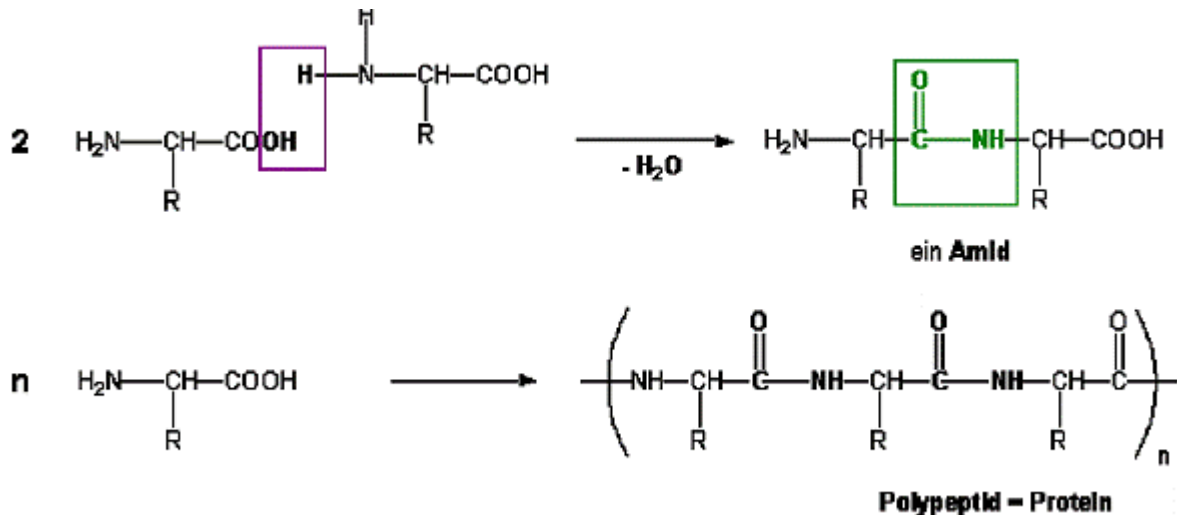
Aufgaben: Bis zum 6. April 2020

- (1) Welche zwei funktionellen Gruppen weisen alle Aminosäuren auf (Namen und Strukturformeln)?
- (2) In welcher Stellung zueinander liegen beide Gruppen vor?
- (3) Zeichnen Sie die allg. Strukturformel der Aminosäuren (R = Rest)!
- (4) Zeichnen Sie die Strukturformeln der ersten vier Aminosäure!
- (5) Was sind basische Aminosäuren, was sind saure Aminosäuren?
- (6) In welcher Form liegen Aminosäuren sowohl im wässrigen Zustand wie auch in fester Form vor. Zeichnen Sie die drei ionischen Strukturen der Aminosäure Alanin in wässriger Lösung!

Peptide

Abiturrelevante Begriffe: Peptide, Peptidbindung

Peptide sind natürliche Makromoleküle, die durch Aneinanderreihung von bis zu 100 Aminosäuren gebildet werden (mehr als 100 Aminosäuren: Proteine). Unterteilt werden die Peptide in **Oligopeptide** (bis 20 Aminosäuren) und **Polypeptide** (21-99 Aminosäuren). Das strukturtypische Merkmal eines Peptids ist die so genannte Peptidbindung bzw. Carbonsäureamid-Gruppe $-\text{CO}-\text{NH}-$, die bei der Kondensation von Aminosäuren entsteht, wenn die Carboxy-Gruppe ($-\text{COOH}$) einer Aminosäure mit der Amino-Gruppe einer anderen Aminosäure unter Wasser-Abspaltung reagiert:



Die Länge dieser Ketten kann dabei von ca. 40 bis zu über 4.000 Aminosäuren variieren.

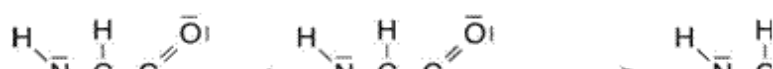
Die chemische Synthese von Proteinen spielt u.a. in der Pharmaindustrie eine große Rolle, so werden z.B. Hormonpräparate häufig chemisch hergestellt. Aber auch die Entwicklung neuartiger Medikamente erfolgt auf dieser Grundlage. An dieser Stelle soll auf die chemische Synthese von Fuzeon (Enfuvirtid, T20), einem AIDS-Medikament näher eingegangen werden. Fuzeon ist ein Peptid, bestehend aus 36 Aminosäuren. Es bindet an die Oberflächenproteine des HI-Virus und verhindert so dessen Bindung an T-Lymphozyten. Dadurch kann die Virusmenge im Blut infizierter Personen niedrig gehalten werden (Bruckdorfer, 2004).

Beispiel - Aminosäuresequenz des Fusionshemmers Fuzeon :

THR-SER-LEU-ILE-HIS-SER-LEU-ILE-GLU-GLU-SER-GLN-ASN-GLN-GLN-GLU-LYS-ASN-GLU-GLN-GLU-LEU-LEU-GLU-LEU-ASP-LYS-TRP-ALS-SER-LEU-LEU-TRP-ASN-TRP-PHE-NH₂

Allgemeine Formel einer Aminosäure	Seitengruppe -R	Name der Aminosäure (Abkürzung)
	<ul style="list-style-type: none"> -H -CH₃ -CH₂OH -CH(CH₃)₂ -CH₂SH 	<ul style="list-style-type: none"> Glycin (Gly) Alanin (Ala) Serin (Ser) Valin (Val) Cystein (Cys)

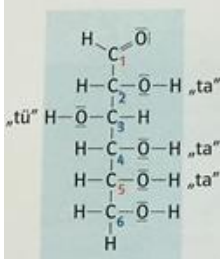
Eine Peptidbindung entsteht durch Kondensation der Carboxyl-Gruppe eines Aminosäure-Moleküls mit der Amino-Gruppe eines zweiten Aminosäure-Moleküls:



Glucose und Fructose

Glucose von griech. glukos, Most, süßer Wein, Glucose wird auch als Traubenzucker oder Dextrose bezeichnet

Halbacetal Reagiert ein Aldehyd mit einem Alkohol, so entsteht ein Halbacetal



B1 Offenkettige Aldehydform der D-(+)-Glucose

Anordnung der OH-Gruppen bei Glucose Eine „Eselsbrücke“, sich die Anordnung der OH-Gruppen besser merken zu können, ist, OH-Gruppen rechts mit „ta“ und OH-Gruppen links mit „tü“ gleichzusetzen, und sich dann „ta-tü-ta-ta“ einzuprägen

Glucose kommt vor allem in süßen Früchten und im Honig vor. Auch im menschlichen Blut ist Glucose („Blutzuckerspiegel“) enthalten und hat dort einen Massenanteil von ca. 0,1% (Normalwert: 80 – 120 mg/dl Blut). Glucose dient der Energieversorgung des menschlichen Körpers und ist daher nicht nur das wichtigste, sondern auch das am häufigsten vorkommende Monosaccharid. Bei Raumtemperatur ist Glucose ein kristalliner, sehr gut in Wasser löslicher Feststoff. Er dreht die Schwingungsebene linear polarisierten Lichts nach rechts; daher die Schreibweise (+)-Glucose.

Aufbau. Die Summenformel der Glucose lautet $C_6H_{12}O_6$. Wie sieht aber die entsprechende Strukturformel aus?

Die sehr gute Wasserlöslichkeit der Glucose gibt einen Hinweis, dass im Molekül funktionelle Gruppen vorhanden sein müssen, die Wasserstoffbrücken ausbilden können. Außerdem reagiert Glucose mit Essigsäure zu einem Ester und Wasser. Da Ester im Allgemeinen aus einer Säure und Alkohol gebildet werden, müssen im Glucosemolekül OH-Gruppen zu finden sein. Bei vollständiger Veresterung eines Mols Glucose werden fünf Mol Essigsäure benötigt. Dies deutet auf fünf OH-Gruppen hin. Darüber hinaus kann mit der Fehling- und der Silber Spiegelprobe [V2a] das Vorhandensein einer Aldehydgruppe nachgewiesen werden (Kap. 3.14).

In den Jahren zwischen 1888 und 1891 gelang es EMIL FISCHER (Nobelpreis für Chemie 1902), die Struktur des Glucosemoleküls aufzuklären. Das kettenförmige Molekül besitzt sechs C-Atome, somit ist die Glucose eine *Aldohexose*. Vier der sechs C-Atome sind asymmetrisch. In mühevoller Arbeit konnte FISCHER die Stellung der OH-Gruppen an diesen C*-Atomen ermitteln. B1 zeigt das Glucosemolekül in der Fischer-Projektion. Da die OH-Gruppe am untersten asymmetrischen Kohlenstoffatom, also am C-Atom 5, nach rechts zeigt, zählt man die Glucose zur Familie der D-Zucker (Kap. 10.7) und schreibt D-Glucose.

Ringform. Mehrere experimentelle Ergebnisse sind mit der Kettenform der Glucosemoleküle nicht erklärbar. So wird z. B. eine Lösung Fuchsin-schwefliger Säure (*Schiff'sches Reagenz*) nicht rot gefärbt, obwohl ein solcher Farbwechsel typisch ist für Moleküle mit Aldehydgruppe (Kap. 3.14).

Der Grund dafür ist, dass die Glucosemoleküle überwiegend als sechsgliedrige Ringe vorliegen, die durch eine intramolekulare Halbacetalbildung (S. 501) entstehen. Dadurch liegen nicht genügend Moleküle in der offenkettigen Form vor, in der die Aldehydgruppe für die Nachweisreaktion [V2b] verfügbar ist. Der Ringschluss erfolgt dabei als Additionsreaktion zwischen dem C-Atom 1 und der OH-Gruppe des C-Atoms 5 [B2]. Vollzieht man den Ringschluss anhand eines Molekülmodells [A2 und Exkurs], so stellt man fest, dass man zwei Isomere erhalten kann, die sich durch die Stellung der neu gebildeten Hydroxylgruppe am C1-Atom unterscheiden.

Durch den Ringschluss wird das Carbonylkohlenstoffatom des kettenförmigen Glucosemoleküls nämlich zu einem weiteren asymmetrischen C-Atom, da es nach der Ringbildung vier verschiedene Substituenten aufweist. Dieses C-Atom nennt man *anomeres Kohlenstoffatom*. Die beiden Isomere heißen *Anomere* und werden als α -D-Glucose und β -D-Glucose bezeichnet.

Isomere, die sich nur durch die Stellung der Hydroxylgruppe am anomeren Kohlenstoffatom unterscheiden, heißen Anomere.

Haworth-Projektion. Die beiden Anomere sind nicht eben gebaut. Aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet man jedoch häufig auf eine räumliche Darstellung und verwendet Projektionsformeln, die von dem britischen Chemiker W. N. HAWORTH (Nobelpreis für Chemie 1937) entwickelt wurden.

- In der Haworth-Projektion zeichnet man das Glucosemolekül perspektivisch, von schräg oben als liegendes, ebenes Sechseck [B2, rechts].

- Die Bindungen zu OH-Gruppen und H-Atomen werden mithilfe senkrechter Linien durch die Ecken (C-Atome) gezeichnet.

Für die „Übersetzung“ der offenkettigen Schreibweise in die Ringform [B2] wurden folgende Konventionen vereinbart:

- Das C-Atom 1 befindet sich rechts und das Ringsauerstoffatom hinten rechts.
- Die Hydroxylgruppen, die in der Fischer-Projektion *rechts* stehen, müssen dann an den entsprechenden C-Atomen in der Haworth-Projektion nach *unten*, die, die *links* stehen, nach *oben* gezeichnet werden. Dies kann man sich auch anhand von Molekülmodellen verdeutlichen [Exkurs].

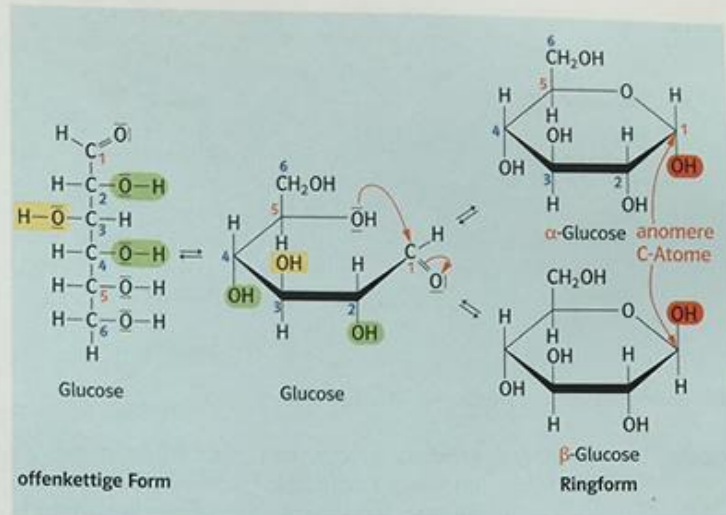
Die Benennung der beiden Glucoseanomere [B3] wurde wie folgt festgelegt:

Zeigt die Hydroxylgruppe am anomeren Kohlenstoffatom in der Haworthformel nach unten, so spricht man vom α -Glucosemolekül; steht sie oben, so handelt es sich um ein β -Glucosemolekül.

Da das Grundgerüst dieser ringförmigen Moleküle dem *Pyranmolekül* (C_5H_6O) entspricht, bezeichnet man sie auch genauer als α -D-Glucopyranose bzw. β -D-Glucopyranose.

V1 Löslichkeit von Glucose: Geben Sie je eine Spatelspitze Glucose zu 10 ml Wasser bzw. Heptan und erwärmen Sie vorsichtig im Wasserbad.

V2 Nachweis der Aldehydgruppe:
a) Führen Sie die Silberspiegelprobe bzw. Fehling'sche Probe mit einer kleinen Portion Glucose aus.
b) Geben Sie zu einer Lösung von Fuchsin-schwefliger Säure eine Spatelspitze Glucose und prüfen Sie, ob sich eine Farbänderung zeigt.

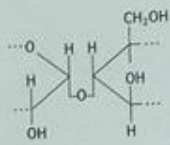


B2 Bildung der cyclischen Halbacetalform beim Glucosemolekül, Fischer-Projektion (links) und Haworth-Projektionen (rechts)

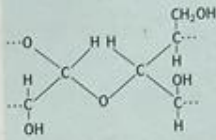
- A1** Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die vollständige Veresterung von Glucose mit Essigsäure.
- A2** Bauen Sie Glucose als Ringmolekül. Gehen Sie dabei von der offenkettigen Form aus und überprüfen mithilfe von B2, ob ein α -D-Glucose- oder β -D-Glucosemolekül entstanden ist.
- A3** Begründen Sie, ob es sich bei den Anomeren der Glucose um Diastereomere oder Enantiomere handelt.
- A4** D-Galactose ist ein Monosaccharid, dessen offenkettige Aldehydform sich nur dadurch von der D-Glucose unterscheidet, dass in der Fischer-Projektionsformel am C-Atom 4 die OH-Gruppe links steht. Entwickeln Sie die Haworth-Projektionsformeln für α - und β -D-Galactose.
- A5** Recherchieren und zeichnen Sie die Halbstrukturformel des Furan- und des Pyranmoleküls.

FloH-Regel „Eiselsbrücke“ zur „Übersetzung“ der verschiedenen Projektionsformeln:
 Fischer-Projektion links entspricht oben in der Haworth-Projektion

Maltose, Saccharose & Lactose



bedeutet:



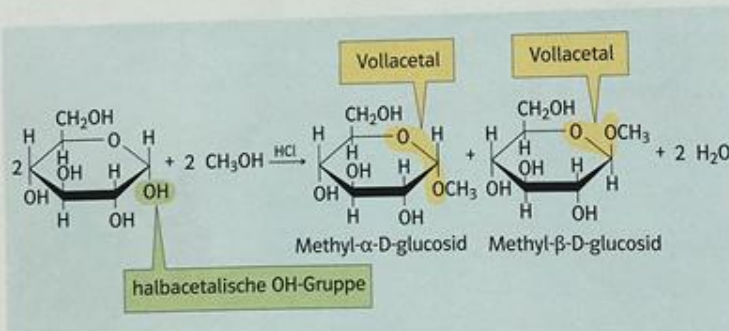
B1 Schreibweise

Da Monosaccharide in Lösung vorwiegend als cyclische *Halbacetale* vorliegen (Kap. 10.19) können sie mit Alkoholen auch *Vollacetale* (*Acetale*) bilden, die man als **Glycoside** bezeichnet. Diese Reaktion verläuft säurekatalysiert unter Abspaltung von Wasser [B2].

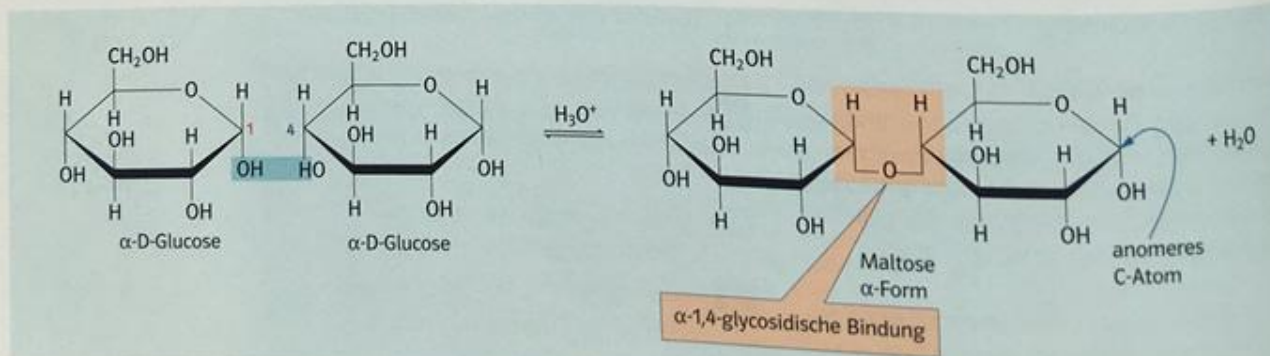
Vollacetale von Kohlenhydraten werden Glycoside genannt.

Je nach Kohlenhydratbaustein unterscheidet man Glucoside, Fructoside etc. α -D-Glucose reagiert beispielsweise mit Methanol zu einem Gemisch aus Methyl- α -D-glucosid und Methyl- β -D-glucosid [B2].

Disaccharide. Anstelle eines Alkoholmoleküls können auch weitere Monosaccharidmoleküle gebunden werden, weil diese ja ebenfalls die notwendige Hydroxylgruppe besitzen. Da das entstehende Vollacetal aus zwei Monosaccharidbausteinen besteht, bezeichnet man es als Disaccharid.



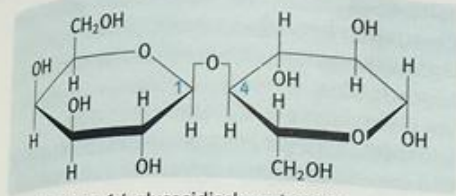
B2 Reaktion von α -D-Glucose mit Methanol



B3 Maltose ist aus zwei Molekülen α -D-Glucose aufgebaut, welche über eine α -1,4-glycosidische Bindung miteinander verknüpft sind

Maltose. Maltose wird auch *Malzzucker* genannt und entsteht beim partiellen Abbau (Hydrolyse) von Stärke. So bildet es sich z. B. beim Bierbrauen durch einen enzymatischen Prozess in keimender Gerste (Mälzen) [B6]. Die Maltose, ist ein Disaccharid, deren Moleküle aus zwei Molekülen α -D-Glucosemoleküle 1,4-glycosidisch verknüpft, d. h. die Wasserabspaltung erfolgt zwischen der halbacetalischen OH-Gruppe am C1-Atom des ersten Glucosemoleküls und der alkoholischen OH-Gruppe am C4-Atom des zweiten [B3]. Am C1-Atom des zweiten Glucosemoleküls verbleibt somit eine halbacetalische OH-Gruppe. Da die Halbactalform in wässriger Lösung mit der offenkettigen Aldehydform im Gleichgewicht liegt, wird z. B. **Fehling-Reagenz** von Maltose reduziert [V1]. Solche Zucker werden daher als **reduzierende Disaccharide** bezeichnet.

Saccharose. Saccharose, der „normale“ Haushaltszucker, ist das wichtigste und am häufigsten vorkommende Disaccharid. Es findet sich in fast allen Früchten und in vielen Pflanzensäften, vor allem im Zuckerrohr (14–16%) und in Zuckerrüben (16–20%). Aus diesen Pflanzen wird Saccharose in großen Mengen gewonnen und gelangt als *Rohr- oder Rübenzucker* in den Handel. Bei der Hydrolyse [V1] von Saccharose erhält man Glucose und Fructose. Durch Röntgenstrukturanalyse (Kap. 15.8) kann gezeigt werden, dass im Saccharosemolekül der Glucoserest als 6-Ring (α -Pyranose, Kap. 10.19) und der Fructoserest ungewöhnlicherweise

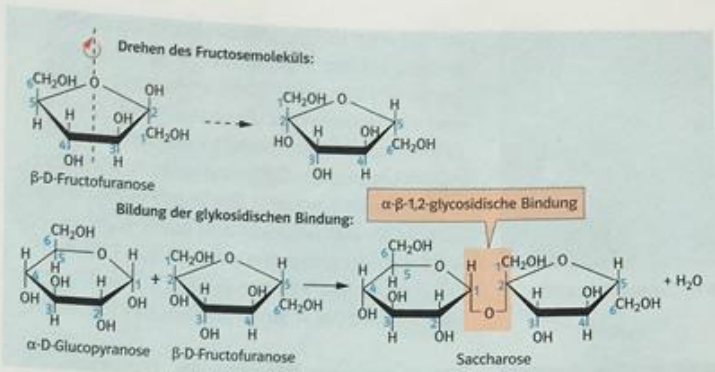


B4 Lactose, 1,4-glycosidisch verknüpft

als 5-Ring (β -Furanose), vorliegt. Diese sind über die OH-Gruppen der anomeren C-Atome (C-Atom 1 bei Glucose, C-Atom 2 bei Fructose) miteinander verbunden. In einer Kondensationsreaktion entsteht also eine 1,2-glycosidische Bindung [B5, unten]. Das so gebildete Saccharosemolekül enthält keine halbacetalische OH-Gruppe mehr. Bei keinem der Bausteine ist daher eine Ringöffnung möglich und die reduzierenden Aldehydgruppen sind geschützt. Daher zeigt Saccharose keine Reaktion mit Fehling'scher Lösung oder Tollens-Reagenz und man spricht von einem nichtreduzierenden Disaccharid.

Um die Bildung der glykosidischen Bindung besser zu verstehen, zeichnet man die α -D-Glucose als Sechsrings- und die β -D-Fructose als Fünfring in der Haworth-Projektion nebeneinander [B5, links unten]. Bei der Glucose ist die OH-Gruppe am anomeren C-Atom α -ständig, bei der Fructose ist sie in der β -Stellung. Zur Ausbildung der Bindung muss das Fructosemolekül allerdings 180° um eine Achse gedreht werden, welche durch das O-Atom und die Mitte der Bindung zwischen den C-Atomen 3 und 4 geht [B5, oben].

Lactose heißt auch *Milchzucker* und ist in der Muttermilch von Säugetieren, also auch vom Menschen, enthalten. Sie ist daher Bestandteil vieler Milchprodukte. Lactosemoleküle bestehen aus einem β -D-Galactoserest und einem α - oder β -D-Glucoserest. Wie bei der Maltose sind die Bausteine 1,4-glycosidisch verknüpft. Lactose gehört daher zu den *reduzierenden Di-sacchariden*. Zur Verwertung von Lactose im Organismus muss sie durch das Verdauungsenzym **Lactase** in die beiden *Einfachzucker* gespalten werden. Kann Lactose aufgrund eines Mangels an Lactase (im Dün-



B5 Saccharose, α, β -1,2-glycosidisch verknüpft

darm) nicht verdaut werden und gelangt ungespalten in den Dickdarm, so wird sie von Darmbakterien vergoren, was u.a. zu Blähungen und Durchfall führt (**Lactoseintoleranz**). Inzwischen werden zahlreiche lactosefreie Milchprodukte angeboten [B8].

V1 Es werden Lösungen ($w = 5\%$) von Maltose, und Saccharose bereitet.

- a) Die Lösungen werden auf Fehling-, Seliwanow- und Glucoseteststreifen-Reaktion untersucht.
- b) Je 10 ml der Lösungen werden mit je 1 ml Salzsäure, $c(\text{HCl}) = 1 \text{ mol/l}$, versetzt und etwa 5 min im siedenden Wasserbad erhitzt. Nach dem Abkühlen neutralisiert man durch Zugabe kleiner Portionen festen Natriumhydrogencarbonats, bis keine Kohlenstoffdioxidentwicklung mehr auftritt. Die Lösungen werden auf Fehling-, Seliwanow- und Glucoseteststreifen-Reaktion geprüft.

A1 Erklären Sie, weshalb Saccharose nicht in einer α - und β -Form vorkommt.

A2 In der Trehalose, einem Disaccharid in der Körperflüssigkeit vieler Insekten, sind zwei Moleküle α -D-Glucopyranose α, α -1,1-glycosidisch miteinander verknüpft. Entwickeln Sie die Haworthformel der Trehalose und entscheiden Sie, ob es sich um ein reduzierendes Disaccharid handelt.

A3 Recherchieren Sie, welche Völker besonders stark von Lactoseintoleranz betroffen sind. Was ist der Grund dafür?



B6 In keimender Braugerste bildet sich Malt



B7 Handelsformen v Haushaltszucker

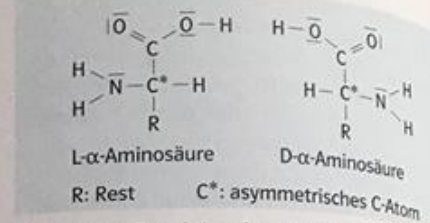


B8 Lactosefreie Milch

Aminosäuren

proteinogen Der Begriff Aminosäuren wird oft als Synonym für die 20 proteinogenen Aminosäuren [B1] verwendet, d.h. für solche Moleküle, die am Aufbau der Proteine beteiligt sind

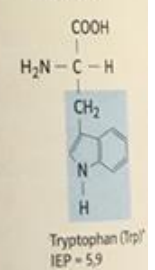
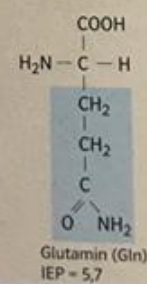
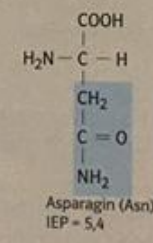
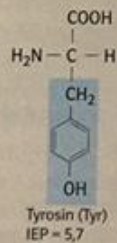
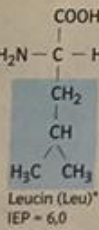
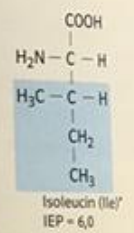
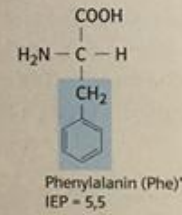
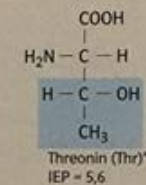
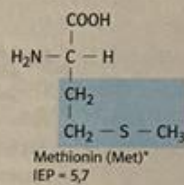
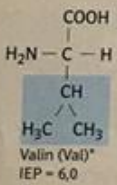
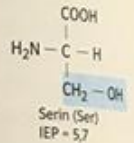
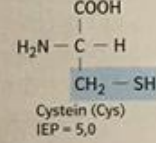
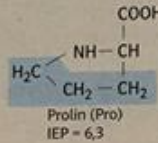
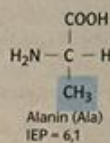
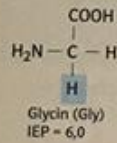
Allgemeiner Aufbau. Aminosäuren sind die Bausteine der Proteine. Wie der Name andeutet, enthalten sie neben einer Carboxylgruppe auch mindestens eine Aminogruppe. Dabei ist eine NH_2 -Gruppe jeweils an dem C-Atom gebunden, das der Carboxylgruppe benachbart ist [B1, B2]. Dieses C-Atom wird auch α -C-Atom genannt, und die entsprechenden Aminosäuren heißen α -Aminosäuren bzw. mit systematischem Namen 2-Aminosäuren. Sie unterscheiden sich nur durch einen Rest (R) im Molekül. Wie sehen nun diese **Reste** aus? B1 zeigt die Strukturformeln der 20 proteinogenen Aminosäuren. Die Reste sind



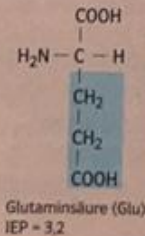
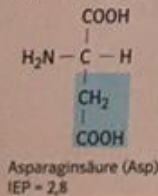
B2 Fischer-Projektionsformeln stereoisomerer α -Aminosäuren

jeweils blau hinterlegt, sie können ein oder auch mehrere verschiedene funktionelle Gruppen enthalten.

Neutrale Aminosäuren

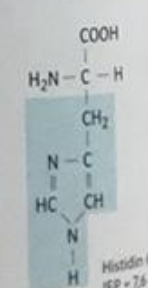
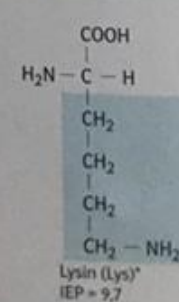
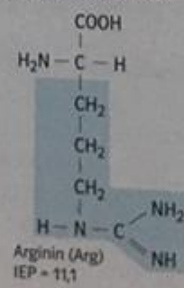


Saure Aminosäuren



*essenzielle Aminosäuren
IEP: isoelektrischer Punkt (s. Kap. 3.9)

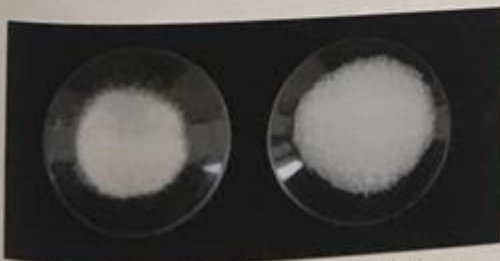
Basische Aminosäuren



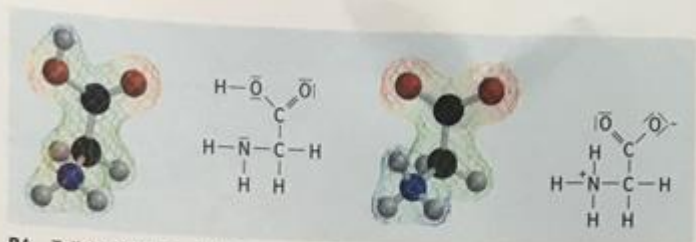
B1 Die 20 proteinogenen L-Aminosäuren (Acht sind essenziell und mit einem Stern gekennzeichnet.)

Die einfachste Aminosäure ist das Glycin, in diesem Fall besteht der Rest nur aus einem Wasserstoffatom. In allen anderen Aminosäuremolekülen sind die α -C-Atome durch die gebundenen Reste *asymmetrisch* substituiert. Daher sind diese Moleküle chiral und optisch aktiv. In der Natur kommt von den beiden möglichen D- und L-Enantiomeren fast ausschließlich die L-Form vor, bei der in der Fischer-Projektion die Aminogruppe am α -C-Atom nach links weist [B2]. Acht der in B1 dargestellten L-Aminosäuren sind für den menschlichen Körper essenziell, d.h., sie müssen mit der Nahrung aufgenommen werden.

Zwitterionen. Vergleicht man eine Stoffportion einer beliebigen Aminosäure mit Kochsalz, so stellt man optisch kaum Unterschiede fest. Beides sind kristalline Feststoffe [B3]. Beide können in wässriger Lösung den elektrischen Strom leiten. Diese Eigenschaften können auf der Teilchenebene erklärt werden. Kochsalz und Aminosäuren sind ionisch aufgebaut. Allerdings liegen in den Aminosäuren keine einzelnen positiv bzw. negativ geladenen Ionen vor, sondern *Zwitterionen*. Aminosäuremoleküle enthalten zwei verschiedene funktionelle Gruppen, die Amino- und die Carboxylgruppe. Die saure Carboxylgruppe wirkt als Protonendonator, die Aminogruppe als Protonenakzeptor, sodass es zu einer *intramolekularen* Protonenwanderung kommt [B4]. Die Zwitterionen des Glycins können gegenüber *anderen* Stoffen in Abhängigkeit von den Reaktionsbedingungen als Protonendonator bzw. Protonenakzeptor wirken. Sie sind somit *Ampholyte*. Unter alkalischen Bedingungen wirkt das Zwitterion als Säure, daher wird



B3 Stoffebene (Aminosäureportion und Kochsalzportion)



B4 Teilchenebene, nichtionische Form (links), zwitterionische Form (rechts)

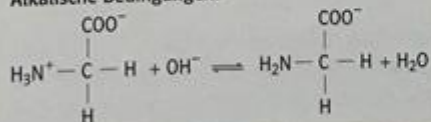
bei dieser Reaktion ein Glycinanion gebildet. Im Säuren wird das Zwitterion protoniert, es entsteht ein Glycinkation [B5].

Aminosäuren sind aus Zwitterionen aufgebaut. Sie haben ähnliche Eigenschaften wie Salze und können als Ampholyte reagieren.

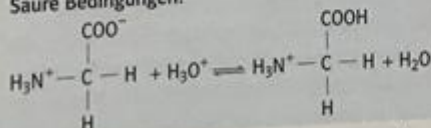
Dieses Beispiel unterstreicht die Bedeutung des Struktur-Eigenschafts-Konzeptes: Die Struktur und Anordnung der Aminosäuremoleküle (Teilchenebene) ist verantwortlich für die Eigenschaften der Aminosäuren (Stoffebene).

- A1 Erläutern Sie, warum Arginin, Lysin und Histidin zu den basischen Aminosäuren zählen.
- A2 Methionin und Cystein sind besondere Aminosäuren. Erklären Sie, hinsichtlich welcher Besonderheit diese Aussage gilt.
- A3 Zeichnen sie die D-Asparaginsäure in der Fischer-Projektion.

Alkalische Bedingungen:



Saure Bedingungen:



B5 Intermolekulare Säure-Base-Reaktionen der Zwitterionen des Glycins