

Allgemeines

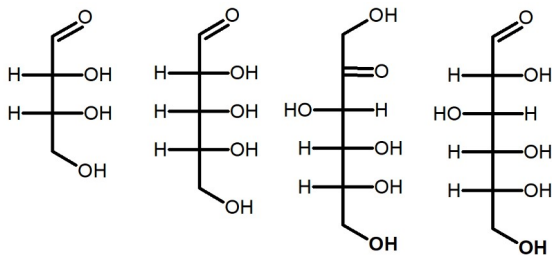
Fast alle Kohlenhydrate besitzen die allgemeine Summenformel $C_x(H_2O)_y \Rightarrow$ „Hydratisierter Kohlenstoff“ \Rightarrow Kohlenhydrat. Beispiele:

- Glucose (Traubenzucker) oder Galaktose oder Fructose (Fruchtzucker): $C_6H_{12}O_6 = C_6(H_2O)_6$
- Saccharose (Haushaltszucker). $C_{12}H_{22}O_{11} = C_{12}(H_2O)_{11}$.
- Amylose, Bestandteil von Stärke: $[C_6(H_2O)_5]_n$ mit $n = 100 - 4500$. Bei $n = 1001$: $C_{6006}H_{10010}O_{5005} = C_{6006}(H_2O)_{5005}$

- Niedermolekulare Kohlenhydrate werden **Zucker** genannt. Man unterscheidet **Einfachzucker** und die durch Verknüpfung untereinander hervorgehenden zusammengesetzten Zucker, wie **Disaccharide (Zweifachzucker)** oder **Trisaccharide (Dreifachzucker)**. Bei 3 bis 9 verknüpften Zuckern spricht man auch von **Oligosacchariden**, ab 10 verknüpften Zuckereinheiten von **Polysacchariden**.

Einfachzucker (Monosaccharide) und der Ringschluss

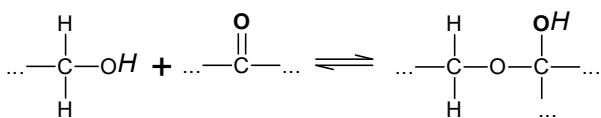
- Molekülbau: Moleküle besitzen eine Carbonylgruppe, (.....C=O) und mindestens zwei OH-Gruppen. Je nachdem ob es sich bei der C=O-Gruppe um eine Aldehydgruppe oder um eine Ketogruppe handelt, spricht man von **Aldosen** oder **Ketosen**. Fast immer trägt jedes C-Atom eine Sauerstoffhaltige Gruppe (OH-Gruppe oder Carbonylgruppe). Zucker können dabei als kettenförmige Moleküle mit freier Carbonylgruppe (C=O) vorliegen (**offenkettige Form**):



D-Erythrose: Aldose mit 4 C-Atomen (= Aldotetrose) D-Ribose: Aldose mit 5 C-Atomen (= Aldopentose) D-Fructose: Ketose mit 6 C-Atomen (= Keto-hexose) D-Glucose: Aldose mit 6 C-Atomen (= Aldo-hexose)

Q: eW

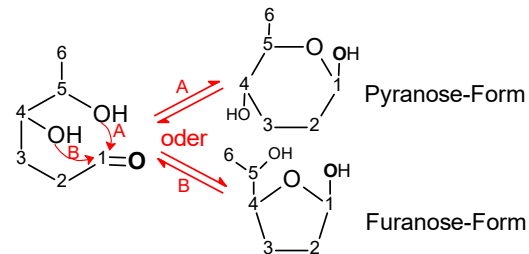
- Zucker ab 5 C-Atomen, also ab **Pentosen**, können sich intramolekular zu einem Ring schließen, da die C=O-Gruppe und eine der OH-Gruppen desselben Moleküls sich miteinander verbinden können. Dabei entsteht an dem C-Atom, das vormals die CO-Gruppe trug, einem der C-Atome eine neue OH-Gruppe. Prinzip:



Q: eW

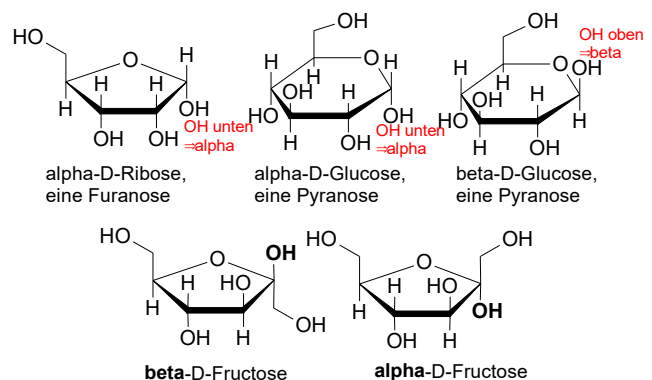
- Die neu entstehende funktionelle Gruppe ...C-O-C(OH)... ist charakteristisch für **Halbacetale**. Man spricht bei den ringförmigen Zuckerformen deshalb auch von der **Halbacetal-Form**.
- Je nachdem welche OH-Gruppe genutzt wird, entstehen meist Ringe mit 5 Ecken (**Furanosen**) oder mit 6 Ecken (**Pyranosen**). Häufig kann ein Zuckerart, je nach

genutzter OH-Gruppe sowohl als Furanose oder als Pyranose auftreten. Über 99% der Moleküle einer Lösung liegen in Ringform vor, im Feststoff sogar ausschließlich. Mögliche Ringschlüsse bei Aldohexosen:



Q: eW

- Wenn die neue entstehende OH-Gruppe (hier: am C₁-Atom) unten steht, spricht man von der **alpha-Form**, steht sie oben, von der **beta-Form**. Durch eine Ringöffnung und erneutem Ringschluss, diesmal in anderer Richtung, liegen in Lösung immer beide Formen vor. Jederzeit kann an der freien Halbacetalgruppe (...C-O-C(OH)...) eine Ringöffnung erfolgen.
- Die Darstellungsweise mit einem Ring und der Durchnummerierung der C-Atom gegen den Uhrzeigersinn an dem an jedem C-Atom die Substituenten nach oben oder unten abstehen wird **HAWORTH-FORMEL** genannt. Weitere Beispiele für ringförmig geschlossene Zucker (als HAWORTH-FORMEL):

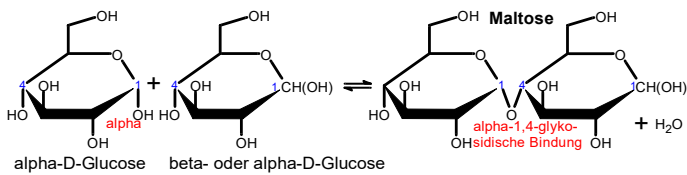


Q: eW

- Allgemein schmecken Moleküle mit vielen OH-Gruppen häufig süß! Das gilt beispielsweise schon für Ethandiol (**Glykol**) oder Propantriol (**Glycerin**).

Disaccharide, Oligosaccharide

- Zwei Monosaccharide können durch eine Kondensationsreaktion zwischen zwei OH-Gruppen ein **Disaccharid** bilden. Die charakteristische funktionelle Gruppe, die an der Verknüpfungsstelle entsteht istC-O-C-O-C... Eine solcher Zwillingsether wird auch **Vollacetal** genannt. Die Verknüpfungsstelle wird auch **glykosidische Bindung** genannt. Ein Beispiel ist die Verknüpfung zwischen zwei D-Glucose-Molekülen, von denen das erste als alpha-D-Glucose vorliegt zur Maltose. Die Bindung zwischen den beiden Einfachzuckern ist also hier eine **alpha-1,4-glykosidische Bindung**:

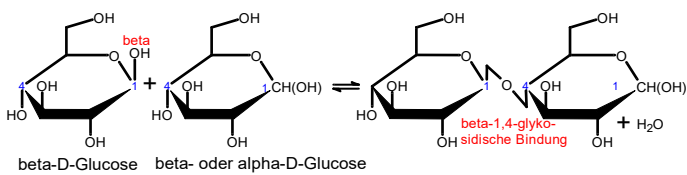


Q: eW

- Da sich der zweite Ring, trotz Bindung am ersten Ring, jederzeit wieder Öffnen und in er anderen Richtung schließen kann, ist die Stellung der OH-Gruppe am C₁-Atom des zweiten Rings (oben oder unten) variabel. Deshalb ist sie im oberen Beispiel nicht eindeutig, sondern nur als „CH(OH)“ angegeben. In jedem Fall ist es *Maltose*. Zwischen beiden Varianten stellt sich in der wässrigen Lösung ein Gleichgewicht ein.

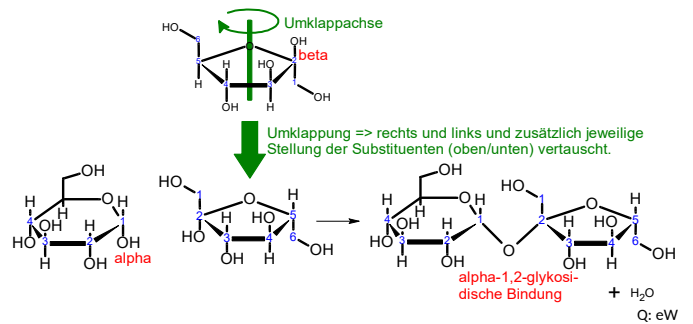
- Wenn bei der Verknüpfung eine der beiden OH-Gruppen oben und die andere unten steht, erlauben wir uns die Bindung schräg einzuzichnen um das Umlappen des Rings unterlassen zu können. Beispiel:

Beta-1,4-glykosidische Bindung in Cellobiose:

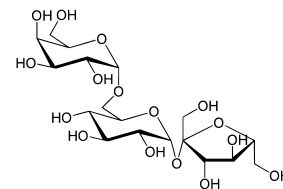


Q: eW

- Zur Verknüpfung kommt man manchmal aber um das Umlappen von ringen nicht herum. Damit beispielsweise die **1,2-glykosidische (!) Bindung in der Saccharose** (Haushaltszucker) entstehen kann, muss das D-Fructose-Molekül in Gedanken so umgeklappt werden, dass das C₂-Atom links steht und so dem C₁-Atom der Glucose zugewandt ist. Durch dieses Umlappen ist die Lage der C-Atome und darüber hinaus die Stellungen der jeweils anhängenden Substituenten oben und unten vertauscht: **Analogie:** Ein gelochtes DIN-A4-Blatt liegt flach vor Ihnen auf den Tisch, die Löcher sind links. Wenn sie es jetzt umklappen und wieder auf den Tisch legen, sind die Löcher jetzt rechts. Außerdem ist die Vorderseite des Blattes zur Rückseite geworden. Genauso ist es hier auch:



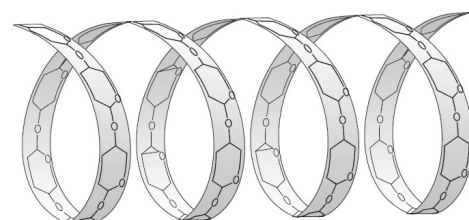
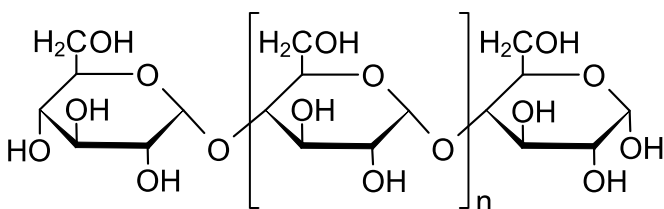
Durch fortgesetzte Kondensationen können auch Trisaccharide und andere Oligosaccharide etc. entstehen. Beispiel Raffinose:



Q: wikicommons. A: Yikrazuul

Polysaccharide

- Verknüpft man tausende Zuckereinheiten kommt man zu den **Polysacchariden**. Durch den eintönigen Bau können dabei hoch regelmäßige räumliche Strukturen entstehen, vor allem wenn sie durch H-Brücken o.ä. stabilisiert werden kann. Fortgesetzte alpha-1,4-glykosidische Verknüpfung zwischen alpha-D-Glucose-Molekülen führt beispielsweise zur **Amylose**, einem Bestandteil der Stärke. Es handelt sich um einfach-helicäre, unverzweigte Moleküle:



Strukturformel und Sekundärstruktur der Amylose. Q: wikicommons.

A: links: Roland Mattern rechts: H. Hoffmeister

- Es gibt auch verzweigte und unregelmäßig gebaute Polysaccharide.