

Monosaccharide

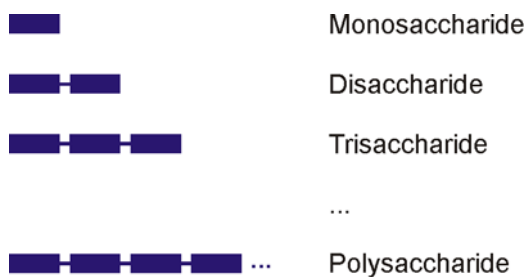
(1. Textentwurf)

Saccharide

Im Prozeß der Photosynthese werden aus Wasser und Kohlendioxid unter Freisetzung von Sauerstoff Kohlenhydrate (Zucker, *Saccharide*¹) hergestellt. Sie enthalten Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff im Verhältnis 1 : 2 : 1. Ihre allgemeine Summenformel lautet also $(\text{CH}_2\text{O})_n$.

Die *Monosaccharide* oder *Einfachzucker* enthalten fünf oder sechs C-Atome, aber auch Moleküle mit vier oder sieben C-Atomen kommen vor. Einfachzucker können im Organismus enzymatisch zu *Di-*, *Oligo-*, oder *Polysacchariden* verknüpft werden.

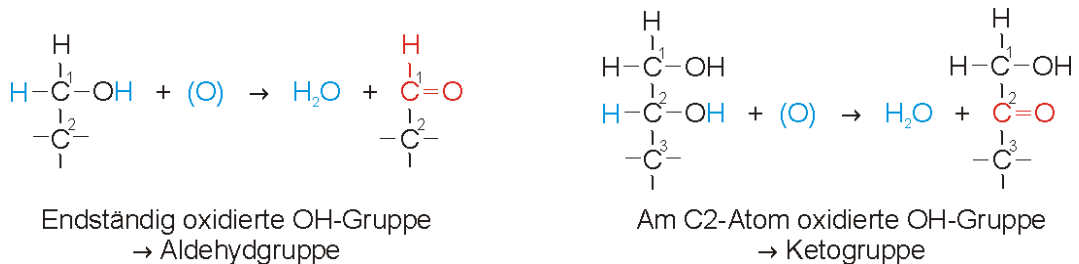
Oligosaccharide enthalten (je nach Definition in der Literatur) bis zu 12 Monosaccharide und werden – wie die Mono- und Disaccharide – ihres Geschmacks wegen generell als *Zucker* bezeichnet; sie sind wasserlöslich. Bei mehr als 12 Monosaccharid-Molekülen liegen *Polysaccharide* vor, die je nach ihrer Form und Größe sowohl wasserunlöslich als auch (kolloidal) wasserlöslich sein können.



Die Bezeichnungen für alle Zucker enden auf die Silbe *-ose*: Fructose, Glucose etc.

Aldosen und Ketosen

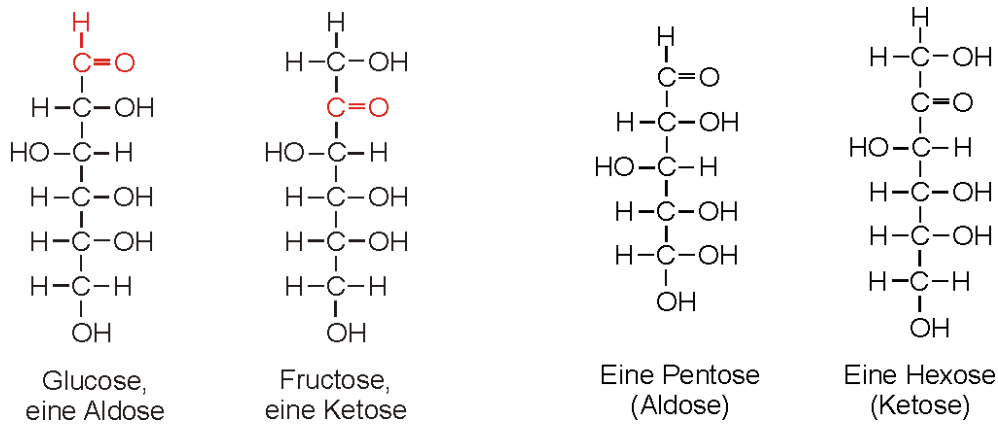
Zucker können als *Oxidationsprodukte mehrwertiger Alkohole* aufgefaßt werden, wobei eine der OH-Gruppen oxidiert wird. Dabei bindet das Oxidationsmittel, hier durch (O) dargestellt, zwei Wasserstoffatome aus dem Alkohol. Je nachdem, ob dies an einer endständigen OH-Gruppe oder an einer der endständigen Gruppe benachbarten OH-Gruppe geschieht, bildet sich eine Aldehyd- oder eine Ketogruppe aus.



Die entsprechenden Zucker heißen *Aldehydzucker* oder *Aldose* bzw. *Ketozucker* oder *Ketose*.

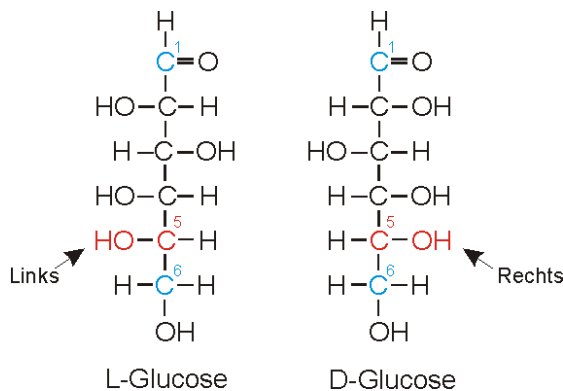
¹ griech. *sakcheros*, Zucker

Beispiele sind die Glucose (Traubenzucker) und die Fructose (Fruchtzucker). Neben der Unterteilung in Aldosen und Ketosen unterscheidet man verschiedene Zuckerarten nach der Anzahl der C-Atome im Molekül; meist hat man es mit *Pentosen* oder *Hexosen* zu tun.



Die D- und L-Form am Beispiel der Glucose

Alle Monosaccharide kommen in zwei räumlichen Anordnungen, der D- und der L-Form, vor. Die Strukturformeln dieser beiden Formen verhalten sich wie Bild und Spiegelbild, entsprechend leiten sich die Bezeichnungen D und L vom lateinischen *dexter* (rechts) und *laevus* (links) ab.



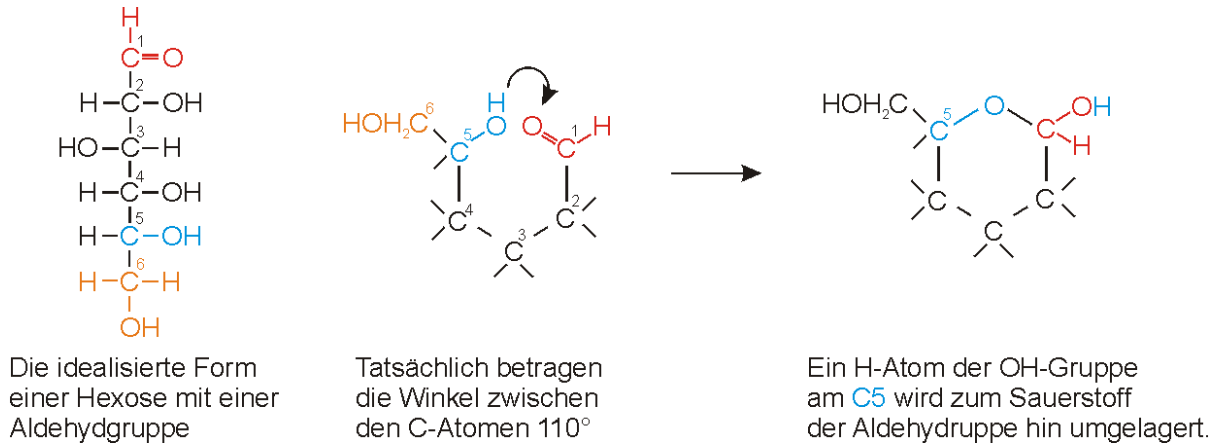
Die endständigen Gruppen am ersten und letzten C-Atom (hier C¹ und C⁶) werden immer in die gleiche Richtung geschrieben, da ihre räumliche Orientierung nicht festliegt, d. h. sie sind frei um die Bindungsachse drehbar.

Die Zugehörigkeit zur D- oder L-Form entscheidet sich nach der Anordnung der OH-Gruppe an *dem* C-Atom, das am weitesten von der Aldehyd- bzw. Ketogruppe entfernt ist und *nicht* der Endgruppe angehört, das ist in diesem Falle die OH-Gruppe am vorletzten C-Atom (C⁵).

Die D-Glucose, auch als Traubenzucker bekannt, ist das in der Natur am weitesten verbreitete Monosaccharid. Sie kommt in fast allen süßen Früchten vor (darf aber nicht mit dem Fruchtzucker, der Fructose, verwechselt werden). In geringen Mengen ist sie im Blut als Blutzucker vorhanden. Sie entsteht u. a. beim Abbau von Stärke.

Ringstrukturen

Monosaccharide zeigen, obwohl sie Aldehyd- oder Ketogruppen enthalten, nicht die typischen Eigenschaften von Aldehyden oder Ketonen. Vielmehr bilden sich in wässriger Lösung Ringstrukturen aus.



In der Abbildung wird, ausgehend von dem bisherigen Modell (der „Kettenformel“), die Bildung der Ringstruktur einer Hexose/Aldose schematisch gezeigt.

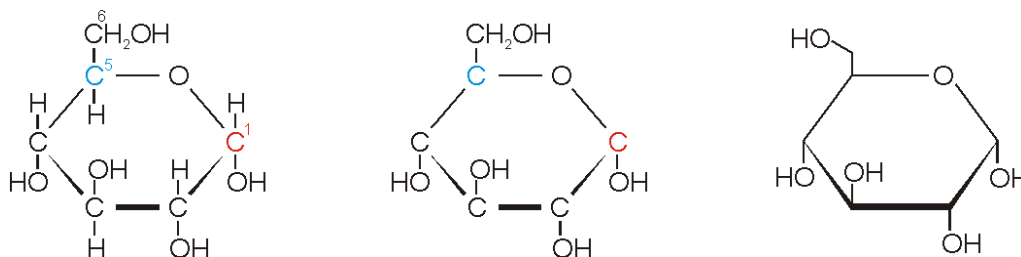
Da das Molekül nicht gerade, sondern gewinkelt ist, kommen sich der Sauerstoff der Aldehydgruppe und die OH-Gruppe am C5-Atom (nicht am C6!) räumlich nahe. Als Folge davon wird unter Umlagerung des H-Atoms der OH-Gruppe an den Sauerstoff der Aldehydgruppe ein Ring gebildet, der aus einem Sauerstoffatom und fünf Kohlenstoffatomen besteht.

Es können sich sechs- oder fünfgliedrige Ringe mit einem Sauerstoffatom bilden: *Pyranosen* (wie oben in der schematischen Darstellung) oder *Furanosen*². Pyranosen sind energieärmer, d. h. stabiler als Furanosen.

Glucose

Die Herausbildung der Ringstruktur wurde anhand der D-Glucose gezeigt. Da hierbei eine Pyranose entstanden ist, spricht man auch von einer *Glucopyranose*.

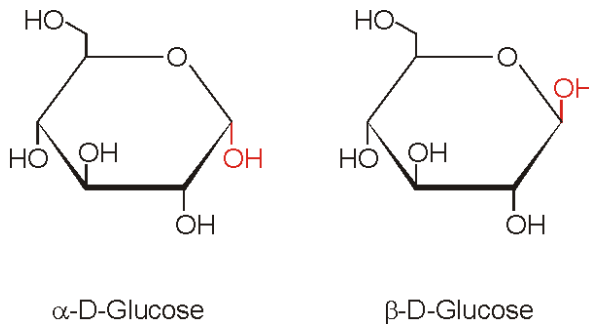
Zur klaren Orientierung werden die Ringstrukturen so gezeichnet, daß sie senkrecht zur Papierebene zu stehen scheinen, wobei die stärkeren Linien zum Betrachter hin zeigen. Das Sauerstoff-Atom des Rings steht bei Furanosen in der vom Betrachter weg zeigenden Ecke; bei Pyranosen steht es immer in der hinteren rechten Ecke. Etwaige Substituenten und manchmal auch Wasserstoff-Atome werden senkrecht ober- oder unterhalb der Ringebene eingezeichnet. (Dies nennt man die *Haworth-Schreibweise*.)



Glucopyranose in Haworth- und vereinfachter Haworth-Schreibweise mit einem Zwischenschritt

² Die Benennung dieser Ringverbindungen erfolgt in Anlehnung an die sauerstoffhaltigen Heterocyklen Pyran (Sechsring) und Furan (Fünfring).

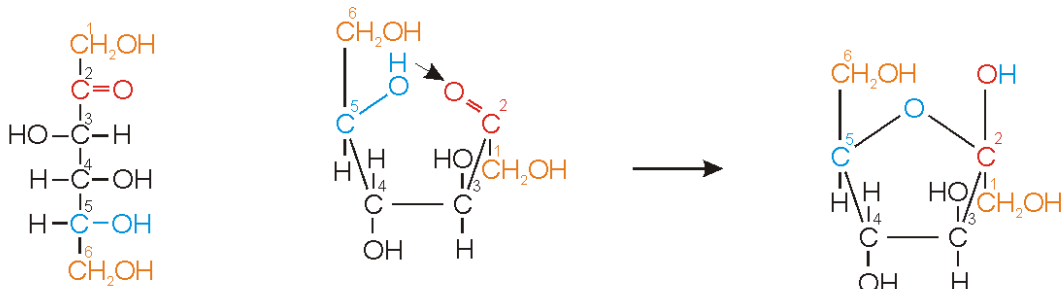
Die am C1-Atom neu gebildete OH-Gruppe der Glucopyranose kann an zwei verschiedenen Positionen stehen, damit ergeben sich zwei unterschiedliche Formen, die mit α und β bezeichnet werden. Bei der α -D-Glucose zeigt diese OH-Gruppe nach unten, bei der β -D-Glucose nach oben.



Fructose

Ein ebenfalls häufig anzutreffender Zucker ist die z. B. in Honig oder Früchten zu findende Fructose (Fruchtzucker). Auch sie liegt normalerweise in Ringform vor. Bildet sich ein fünfgliedriger Ring aus, so handelt es sich um *Fructofuranose*; dies ist die gebundene Form, der Rohrzucker. In freier Form liegt ein Sechsering, die *Fructopyranose*, vor.

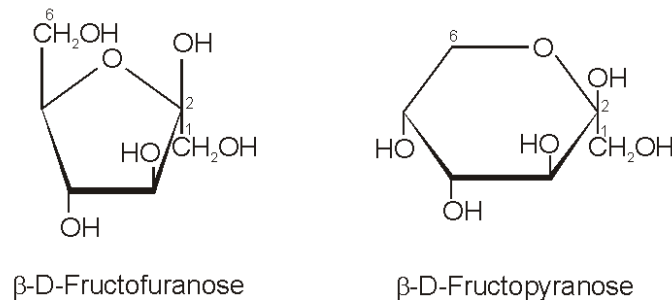
Anders als bei der Glucose bestimmt hier die OH-Gruppe am C2-Atom, ob die α - oder β -Form vorliegt.



Die Kettenform der Fructose; da die OH-Gruppe am C5 nach rechts zeigt, liegt die D-Form vor.

Auch hier gerät das H-Atom der OH-Gruppe in die Nähe des Sauerstoff...

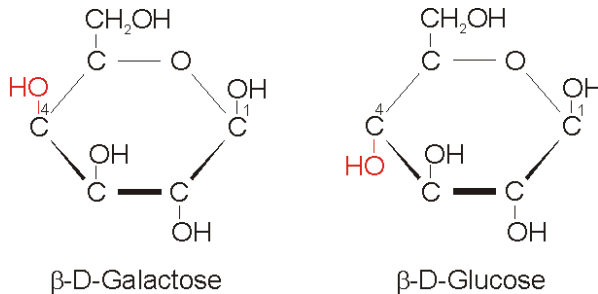
... so daß es umgelagert wird. Das Ergebnis ist ein Fünfring.



In der Natur kommt nur die β -D-Fructose vor.

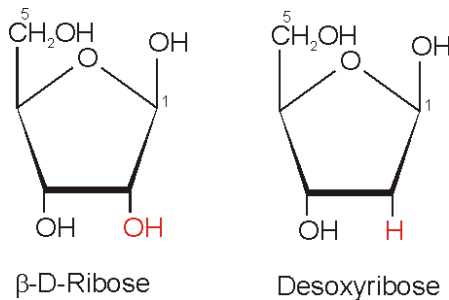
Galactose, Ribose, Desoxyribose

Eine wichtige Aldose mit sechs C-Atomen ist die *Galactose*, eine Pyranose. Außer dem Vorkommen in der Muttermilch spielt sie als Baustein von Oligo- und Polysacchariden eine Rolle. In ihrer β -D-Form ähnelt sie der β -D-Glucose, der einzige Unterschied ist die Stellung der OH-Gruppe am C4-Atom.



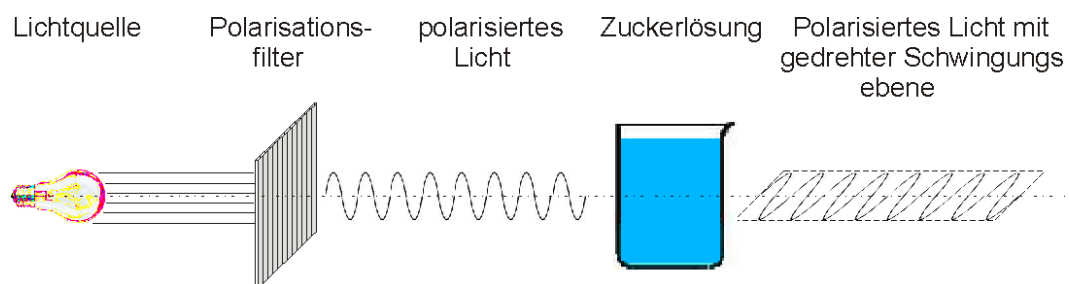
Eine herausragende Rolle in der Biochemie spielen die *Ribose* und die *Desoxyribose*. Ribose, eine Aldose/Pentose, ist Bestandteil der Ribonucleinsäure RNA. Die Desoxyribose als Bestandteil der Desoxyribonucleinsäure DNA³ leitet sich von der Ribose durch den Verlust eines Sauerstoffatoms ab: anstelle der OH-Gruppe am C2 befindet sich dort nur noch ein H-Atom.

Beachte: für solche Desoxyzucker gilt nicht die allgemeine Formel $(\text{CH}_2\text{O})_n$.



Optische Aktivität

Wässrige Zuckerlösungen sind optisch aktiv, sie drehen die Ebene linear polarisierten Lichts nach links oder rechts. Daraus ergibt sich eine weitere Benennung der Zucker: rechtsdrehende Substanzen erhalten ein (+), linksdrehende ein (-) vor den Verbindungsnamen. (Nicht verwechseln: die Bezeichnungen D und L haben damit nichts zu tun, sie ergeben sich nur aus der Anordnung einer OH-Gruppe.)



³ Anstelle der früher im deutschen Sprachraum üblichen Abkürzungen RNS und DNS trifft man heute in der Literatur nur noch auf die englischen Abkürzungen.