

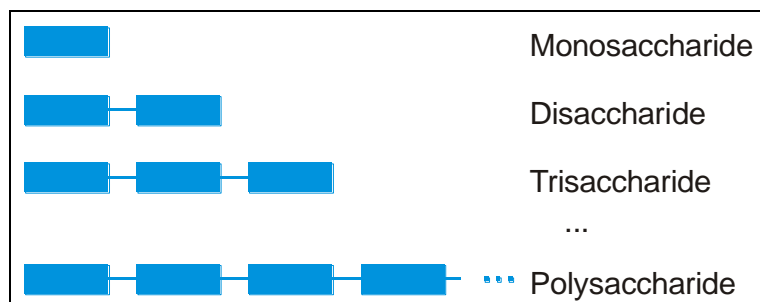
## Lernpaket 3: Monosaccharide

### Saccharide

Bei der Photosynthese werden aus Wasser und Kohlendioxid unter Freisetzung von Sauerstoff Kohlenhydrate (Zucker, *Saccharide*<sup>1</sup>) hergestellt. Sie enthalten Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff im Verhältnis 1 : 2 : 1. Ihre allgemeine Summenformel lautet daher  $C_nH_{2n}O_n$ .

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

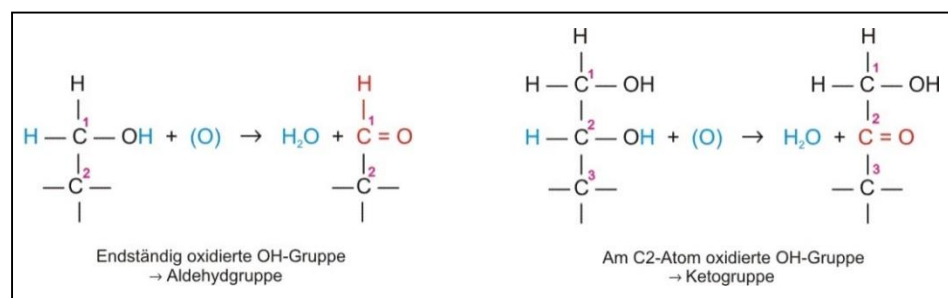
*Oligosaccharide* enthalten (je nach Definition in der Literatur) bis zu 12 Monosaccharide und werden – wie die Mono- und Disaccharide – auf Grund ihres Geschmacks generell als *Zucker* bezeichnet; sie sind wasserlöslich. Bei mehr als 12 Monosaccharid-Molekülen liegen *Polysaccharide* vor, die je nach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



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

### Aldosen und Ketosen

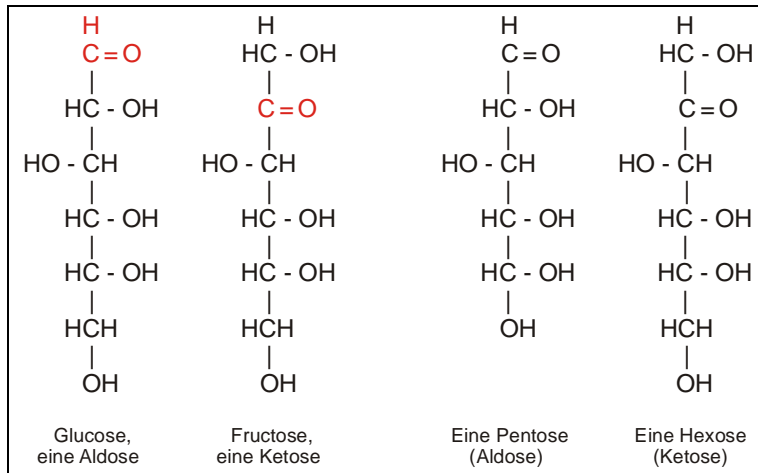
Zucker können als Oxidationsprodukte mehrwertiger Alkohole aufgefasst werden, wobei eine der OH-Gruppen oxidiert wird. Dabei bindet das Oxidationsmittel, in der folgenden Abbildung durch (O) dargestellt, zwei Wasserstoffatome aus dem Alkohol. Je nachdem, ob dies an einer endständigen OH-Gruppe oder an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



<sup>1</sup> griech. *sakcheros*, Zucker

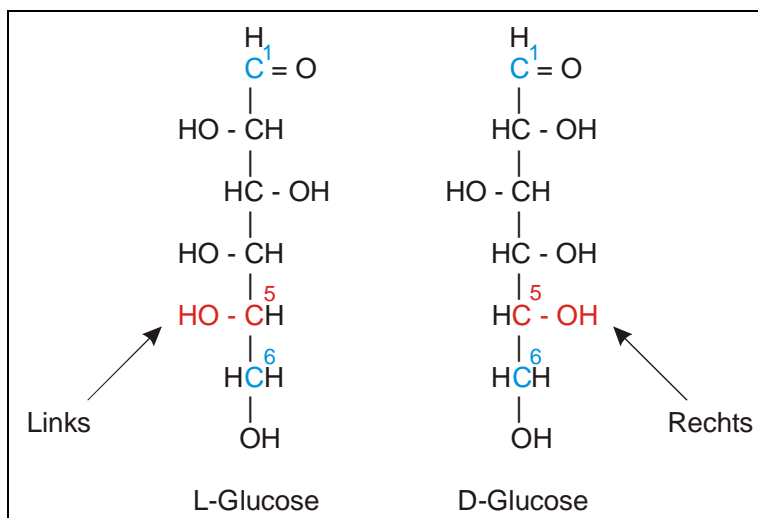
Die entsprechenden Zucker heißen *Aldehydzucker* oder *Aldose* bzw. *Ketozucker* oder *Ketose*. Als Beispiele seien die Glucose (Traubenzucker) und die Fructose (Fruchtzucker) genannt.

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 verschiedenen 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. (Dies ist reine Konvention, da sie frei um die Bindungsachse drehbar sind und somit ihre tatsächliche räumliche Orientierung nicht festlegt.)

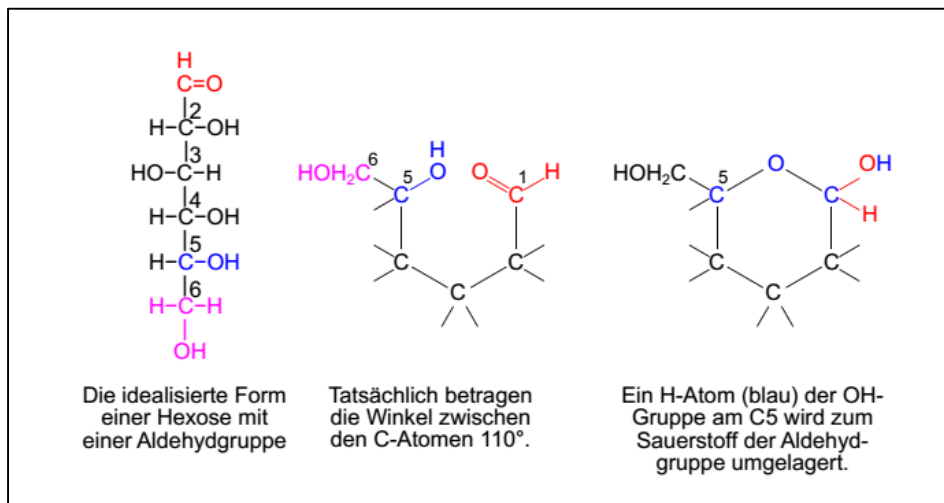
Die Zugehörigkeit zur D- oder L-Form entscheidet sich nach der *Anordnung der OH-Gruppe an dem C-Atom, das am weitesten von der Aldehyd-*

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. (Sie 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 vom idealisierten Modell (der „Kettenformel“) das Zustandekommen der Ringstruktur einer Hexose/Aldose schematisch gezeigt. Der Sauerstoff der Aldehydgruppe (am C1) und die OH-Gruppe am C5 (nicht am C6!) liegen eng beieinander (mittlerer Teil der Abbildung). Unter Umlagerung des H-Atoms der OH-Gruppe an den Sauerstoff der Aldehydgruppe (links oben) entsteht ein Ring aus einem Sauerstoff- und sechs Kohlenstoffatomen.

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

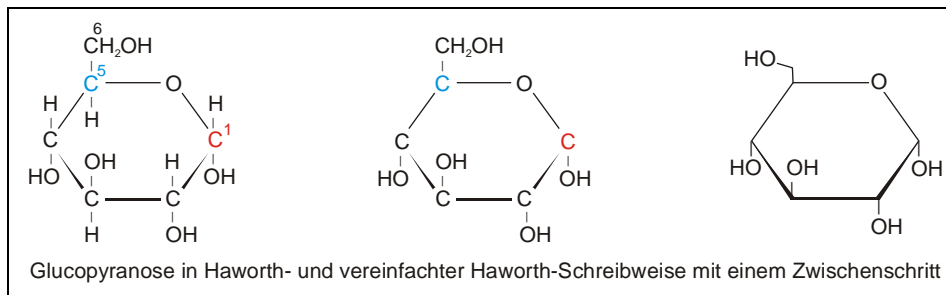
## Glucose

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

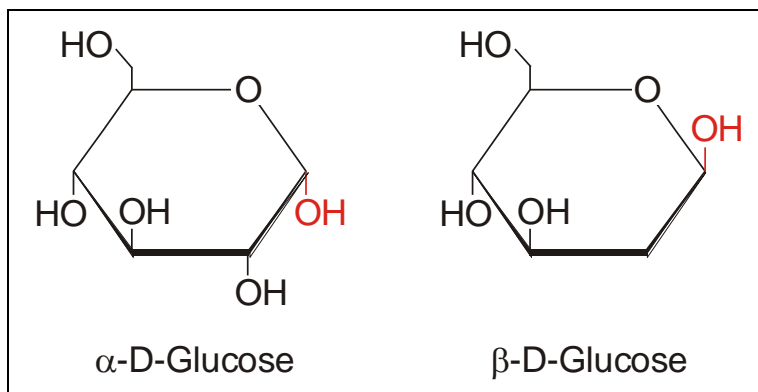
Zur klaren Orientierung werden die Ringstrukturen so gezeichnet, dass sie senkrecht zur Papierebene zu stehen scheinen, wobei die stärkeren Linien zum Betrachter hin zeigen. Das Sauerstoff-Atom des Rings steht bei Furanosen in der vom Betrachter weg zeigenden Ecke; bei Pyranosen steht es immer in der hinteren rechten Ecke. Etwaige Substituenten

<sup>2</sup> Die Benennung dieser Ringverbindungen erfolgt in Anlehnung an die sauerstoffhaltigen Heterocyclen Pyran (Sechsring) und Furan (Fünfring).

und manchmal auch Wasserstoff-Atome werden senkrecht ober- oder unterhalb der Ringebene eingezeichnet. Dies nennt man die *Haworth-Schreibweise*.



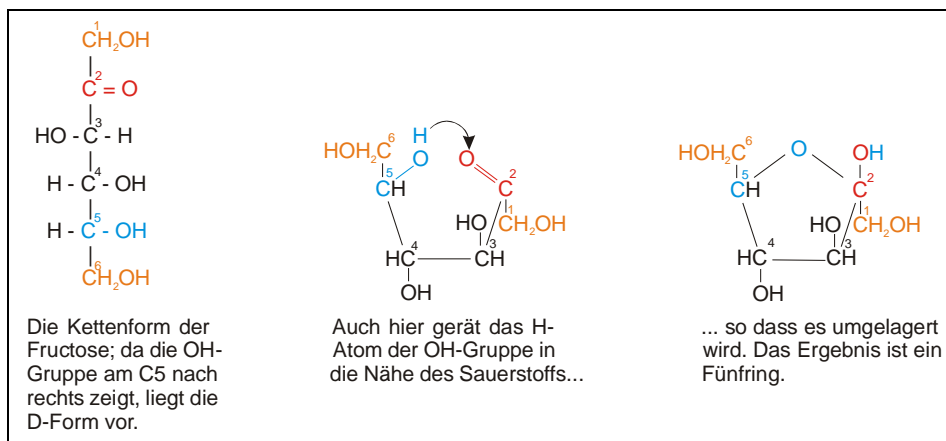
Die bei der Ringbildung am C1-Atom neu gebildete OH-Gruppe der Glucopyranose kann an zwei verschiedenen Positionen stehen, damit ergeben sich zwei unterschiedliche Formen, die mit  $\alpha$  und  $\beta$  bezeichnet werden. Bei der  $\alpha$ -D-Glucose zeigt diese OH-Gruppe nach unten, bei der  $\beta$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

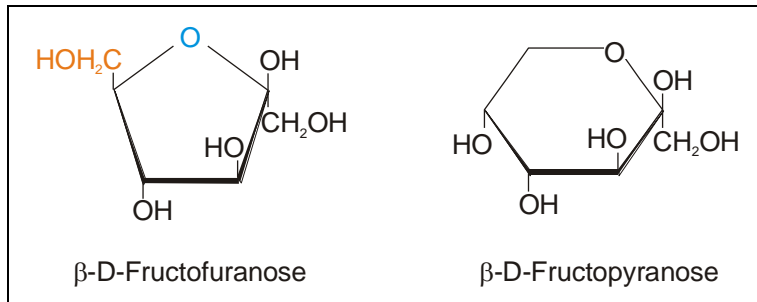


## Fructose

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.

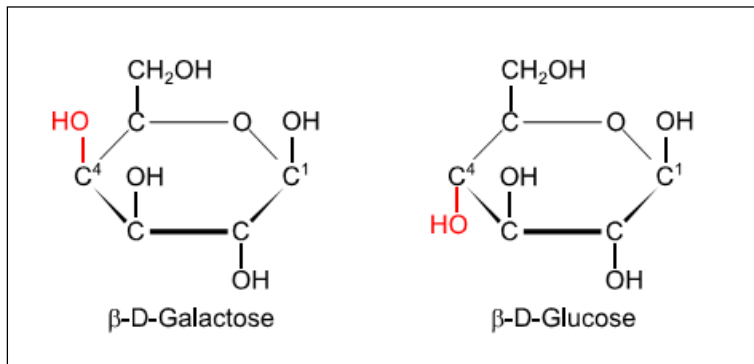
Anders als bei der Glucose bestimmt hier die OH-Gruppe *am C2-Atom*, ob die  $\alpha$ - oder  $\beta$ -Form vorliegt. In der Natur kommt nur die  $\beta$ -D-Fructose vor.



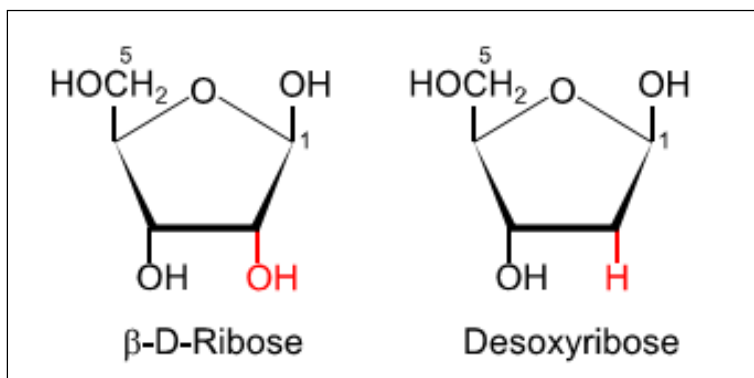


### Galactose, Ribose, Desoxyribose

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  $\beta$ -D-Form ähnelt sie der  $\beta$ -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 (DNA) 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. Bitte beachten: für solche Desoxyzucker gilt *nicht* die allgemeine Formel  $C_nH_{2n}O_n$ !



## Optische Aktivität

Wässrige Zuckerlösungen sind optisch aktiv, d. h. 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, diese ergeben sich nur aus der Anordnung einer OH-Gruppe!)

