

## Einige Aufgaben zu Kohlenhydraten

Manchmal unterscheidet sich die Nummerierung auf dem kopierten Arbeitsblatt und der online-Version unter [www.laborberufe.de](http://www.laborberufe.de). In der online-Version sind häufig am Ende noch zusätzliche Aufgaben zu finden. Auch einzelne Aufgabenstellungen können ausnahmsweise inhaltlich verändert sein. Stets abgleichen!

1. Ein Zucker hat die Summenformel  $C_4(H_2O)_4$ .

- Schlagen Sie zwei mögliche offenkettige Strukturformeln vor und geben Sie die systematischen Namen an.
- Geben Sie die FISCHER-Projektion (D-Enantiomer, D-Form) des Zuckers an, der bei der Fehling-Probe negativ reagiert. Begründen Sie, ob die Verbindung polarimetrisch quantifiziert werden kann.

2. Geben Sie die Strukturformeln der *Triosen* an, die sich vom Glycerin ableiten lassen.

3 Die Carbonylgruppe von Zuckermolekülen lässt sich zur Hydroxylgruppe reduzieren. Dabei entstehen so genannte *Zuckeralkohole*. Schlagen Sie ein geeignetes Reagenz für die Reaktion vor und formulieren Sie die Reaktionsgleichung für eine Aldopentose. Benennen Sie das Reaktionsprodukt mit systematischem Namen.

4 Eine Lösung von  $\alpha$ -D-Glucose reagiert (wider Erwarten) in der FEHLINGprobe positiv. Weshalb würde man ein negatives Ergebnis erwarten? Worauf ist der positive Ergebnis zurückzuführen?

5. Butan-1,2,3,4-tetraol lässt sich zu verschiedenen Kohlenhydraten aufoxidieren. Notieren Sie die Strukturformeln aller Kohlenhydrate

- ohne Berücksichtigung optischer Isomere
- Mit Berücksichtigung und Unterscheidung in verschiedene Enantiomere (in der Fischer-Projektion). Jeweils zueinander spiegelbildliche Moleküle paarweise gruppieren und mit „D-Form“ oder „L-Form“ benennen.

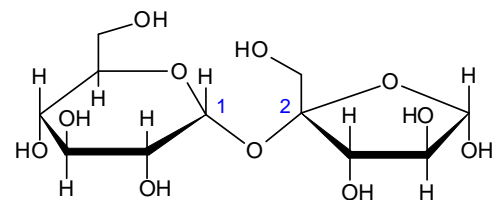
6. Zeichnen Sie alle Tetrahydroxypentanal-Moleküle (Enantiomerenpaare dabei jeweils nebeneinander und geben Sie bei jedem der Enantiomere an, ob es sich um die D-Form oder die L-Form handelt).

Isomerenpaare

7. Bei der *Zellatmung* reagiert Glucose zu Kohlenstoffdioxid und Wasser. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung in Summenformeln.

8. Erklären Sie den Unterschied zwischen Monosacchariden und Disacchariden. Nennen Sie 3 biologisch besonders wichtige Disaccharide.

9. Im Gegensatz zur  $\alpha$ -D-Glucose reagiert eine Saccharose-Lösung bei der FEHLING-Probe und bei der Silber Spiegelprobe (TOLLENS-Probe) negativ (vgl. auch Aufgabe Nr. 4). Wie kann man dies erklären?



Saccharose

10. Erhitzt man Saccharose (Kristallzucker, Rohrzucker) mit Säuren, so kommt es zur *Hydrolyse*. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung in Strukturformeln.

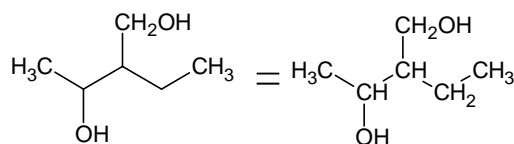
11. Cellobiose ist ein Disaccharid aus zwei 1,4-verknüpften  $\beta$ -D-Glucosemolekülen. Zeichnen Sie die HAWORTH-Formel des Disaccharids und Begründen Sie, ob die wässrige Lösung der Cellobiose bei der Fehlingprobe positiv oder negativ reagiert.

12. Beschreiben Sie den Aufbau und die räumliche Struktur der Stärke

## Lösungen – ohne Gewähr

Manchmal unterscheidet sich die Nummerierung auf dem kopierten Arbeitsblatt und der online-Version unter [www.laborberufe.de](http://www.laborberufe.de). In der online-Version sind häufig am Ende noch zusätzliche Aufgaben zu finden.

**Vorbemerkung:** Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde statt der vollständigen Strukturformel häufig die Strukturformeln in Schnellschreibweise oder Halbstrukturformeln notiert. Jede Ecke in der Schnellschreibweise steht für eine C-Atom, das mit der erforderlichen Anzahl an H-Atomen abgesättigt wurde. Insgesamt ist jedes C-Atom also 4-bindig.

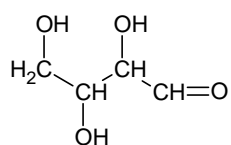


2-ethylbutane-1,3-diol

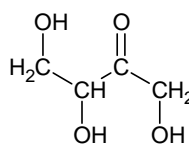
Die systematischen Namen wurden weitestgehend durch die Software automatisch generiert, deshalb sind sie in englischer Sprache angegeben. Statt

Nr. 1

a) Zucker sind Ketone oder Aldehyde die mehrere OH-Gruppen tragen. Entsprechend spricht man von Aldosen oder Ketosen. Gemeinsam mit der ERLIENMEYER-Regel (*C-Atome mit mehr als 1 OH-Gruppe sind instabil und Verbindungen die solche enthalten nur selten isolierbar*) lassen sich für  $\text{C}_4(\text{H}_2\text{O})_4$  also folgende Strukturformeln aufstellen:

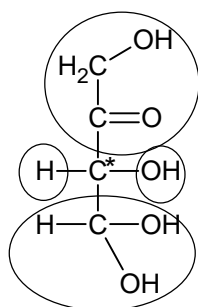


2,3,4-trihydroxybutanal



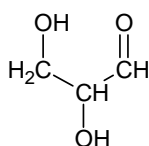
1,3,4-trihydroxybutan-2-one

b)

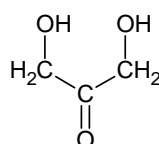


Der Zucker (Erythrose, 1,3,4-Trihydroxybutan-2-on) besitzt ein asymmetrisch substituiertes C-Atom, d.h. 4 verschiedene Substituenten (alle 4 wurden eingekreist). Wegen diesen chiralen C-Atoms ist die Verbindung optisch aktiv, d.h. in der Lage die Polarisationssebene von linear polarisiertem Licht, zu drehen. Es ist das **D**-Enantiomer dargestellt, denn die OH-Gruppe am C<sup>\*</sup>-Atom liegt in der FISCHER-Projektion *rechts* (lat. **d**exter = rechts)

Nr. 2



2,3-dihydroxypropanal

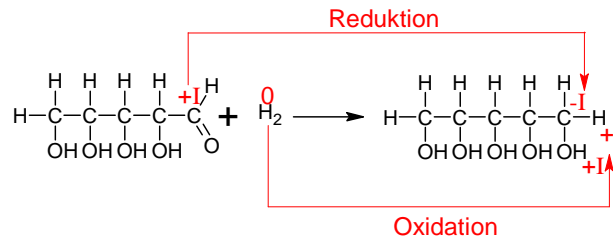


1,3-dihydroxyacetone  
(1,3-Dihydroxypropanon)

Zuckermoleküle müssen definitionsgemäß mehrere OH-Gruppen tragen, also mindestens 2. Die beiden wiedergegebenen *Triosen* sind in der Biochemie außerordentlich wichtig (z.B. für die *Glykolyse*). Beide Triosen lassen sich vom Glycerin ableiten: Im Fall des Dihydroxypropanals („*Glycerinaldehyd*“) wurde ein *primäre OH-Gruppe* (OH-Gruppe die an einem *primären C-Atom* hängt, d.h. an einem C-Atom, das an 1 weiteres C-Atom gebunden ist) zur *Carbonylgruppe* (-C=O) aufoxidiert. Zum *Dihydroxyaceton* kommt man ausgehend vom Glycerin, wenn man die *sekundäre OH-Gruppe* aufoxidiert. Diese OH-Gruppe hing also an einem C-Atom des Glycerins, das an 2 C-Atome gebunden war.

Nr. 3

Das Reagenz muss ein Reduktionsmittel sein, da die Carbonylgruppe zur Hydroxylgruppe reduziert werden soll. So kann beispielsweise **Wasserstoff (H<sub>2</sub>)** verwendet werden. Aus der Reaktion der Aldopentose C<sub>5</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>5</sub> entsteht so Pentanpentaol (Xylit):

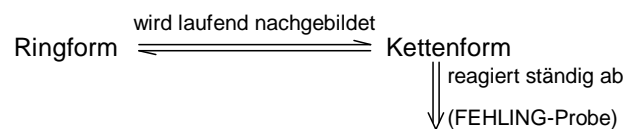


Statt gasförmigen Wasserstoff zieht man in der organischen Chemie häufig feste, wasserstoffbildende Reagenzien vor, wie z.B. LiAlH<sub>4</sub> (Lithiumaluminiumhydrid) oder NaBH<sub>4</sub> (Natriumborhydrid).

Nr. 4

Da α-D-Glucose ringförmig vorliegt, könnte man ein negativer Ergebnis erwarten, da die reduzierende Aldehydgruppe nicht vorhanden ist.

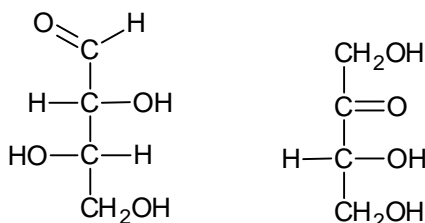
Die positive Nachweisreaktion ist auf das Vorhandensein der offenkettigen Form zurückzuführen, die mit der Ringform im chemischen Gleichgewicht steht. Reagiert die offenkettige Form im Verlauf der FEHLINGprobe ständig ab, bildet sich durch Ringöffnung laufend neue Moleküle nach (Stichwort: chemisches Gleichgewicht):



Über die Zeit kann so die gesamte Glucose reduziert werden.

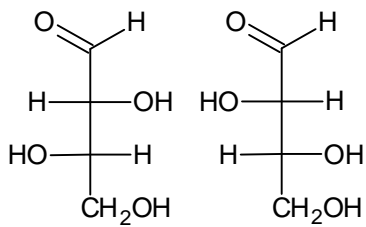
Nr. 5

a)



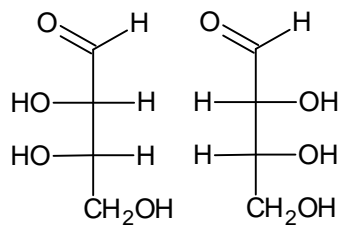
mehr gibt es nicht. Ein Molekül mit der Ketogruppe am dritten C-Atom ist identisch mit dem Molekül mit der Ketogruppe am zweiten C-Atom (gleiches Molekül, einfach im Raum gedreht). Gleiches gilt für die Aldehydgruppe.

b)



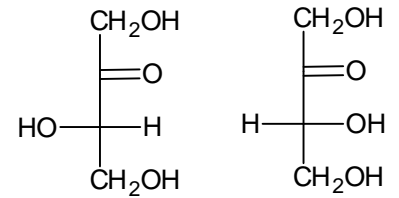
L-Form

D-Form

**Threose**

L-Form

D-Form

**Erythrose**

L-Form

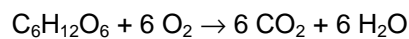
D-Form

**Erythrulose**

Nr. 6

Sie finden alle Aldopentosen z.B. bei Wikipedia unter dem Stichwort Pentosen ([http://de.wikipedia.org/wiki/Pentosen#Die\\_Aldopentosen](http://de.wikipedia.org/wiki/Pentosen#Die_Aldopentosen)). Es handelt sich um Ribose, Arabinose, Xylose, Lyose (jeweils die D-Form und die L-Form)

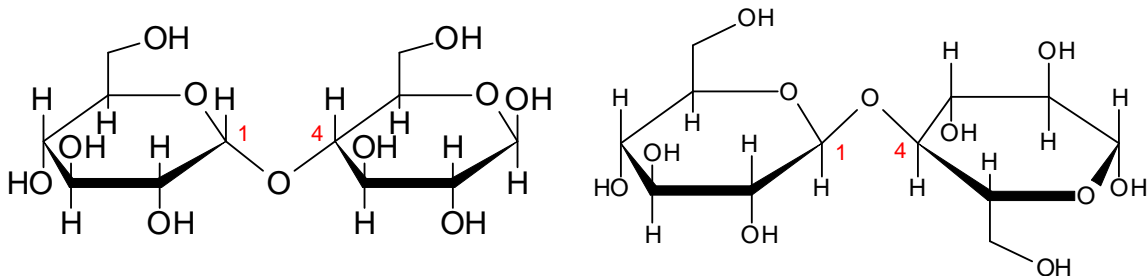
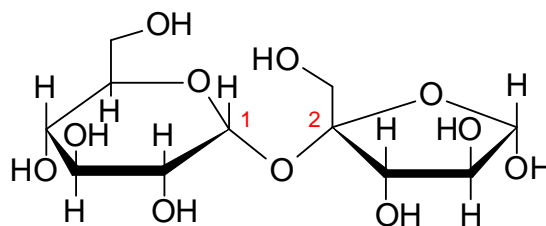
Nr. 7



Bei der vollständigen Verbrennung von organischen Verbindungen aus C, H und O, entsteht ausschließlich Wasser und  $\text{CO}_2$ .

Nr. 8

Monosaccharide (Einfachzucker) die in Kettenförmiger oder in Form eines O-haltigen Rings vorliegen. Bei der Reaktion zwischen 2 Monosacchariden entstehen unter Wasserabspaltung **Disaccharide**. Es handelt sich also um eine **Kondensationsreaktion**. Die beiden Zuckermoleküle werden dabei über ein O-Atom als Brücke durch Elektronenpaarbindungen miteinander verknüpft. Alle in Aufgaben oben angegebenen Zuckermoleküle sind Monosaccharide. *Beispiele für Disaccharide sind:*

Maltose ( $\alpha$ -1,4-glucosidische Bindung)Cellobiose ( $\beta$ -1,4-glucosidische Bindung)Saccharose ( $\alpha,\beta$ -1,2-glucosidische Bindung)

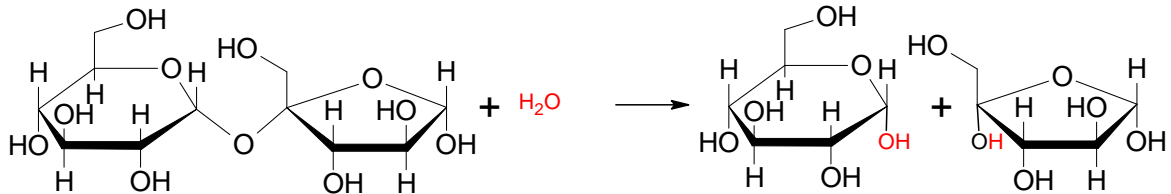
Je nachdem welche OH-Gruppen miteinander in Reaktion treten, sind für vorgegebene Ausgangsverbindungen mehrere Disaccharide möglich. Zur Kennzeichnung der Bindungsart gibt man die C-Atomnummern an, welche die Sauerstoffbrücke tragen

Nr. 9

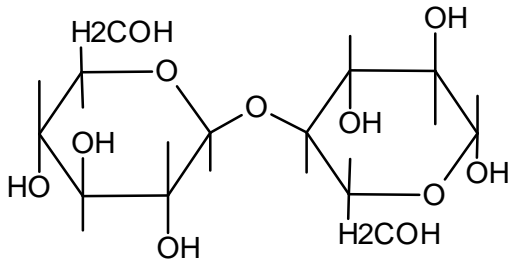
Bei Saccharose handelt es sich um eine 1,2-glucosidische Bindung. Zur Bildung des Disaccharids reagieren also beider anomeren OH-Gruppen in einer Kondensationsreaktion miteinander. Durch die Bindung kann keiner der beiden Ringe sich mehr öffnen. So sind in einer wässrigen Lösung auch keine reduzierend wirkenden Carbonylgruppen (Ketogruppe oder Aldehydgruppe) vorhanden. Die Reaktion verläuft deshalb negativ.

Nr. 10

Es handelt es sich um die Spaltung einer Verbindung unter der Einwirkung von Wasser (**Hydrolyse**). Die Säure dient als Katalysator.



Nr. 11



Der rechte Ring kann sich noch öffnen, weil die anomere OH-Gruppe noch vorhanden ist. Dabei entsteht die offenkettige Form mit der Aldehydgruppe. => Fehlingprobe: positiv.

Nr. 12

siehe Schulbuchttext/Infoblatt.

wichtige Stichworte:

helixäre, unverzweigte, wasserlösliche Amylose  $\alpha(1,4)$ -glycosidische Verknüpfung von  $\alpha$ -D-Glucose

verzweigtes, wasserunlösliches Amylopektin,  $\alpha(1,4)$ -glycosidische Verknüpfung von  $\alpha$ -D-Glucose. Verzweigungen: 1,6-glycosidisch.