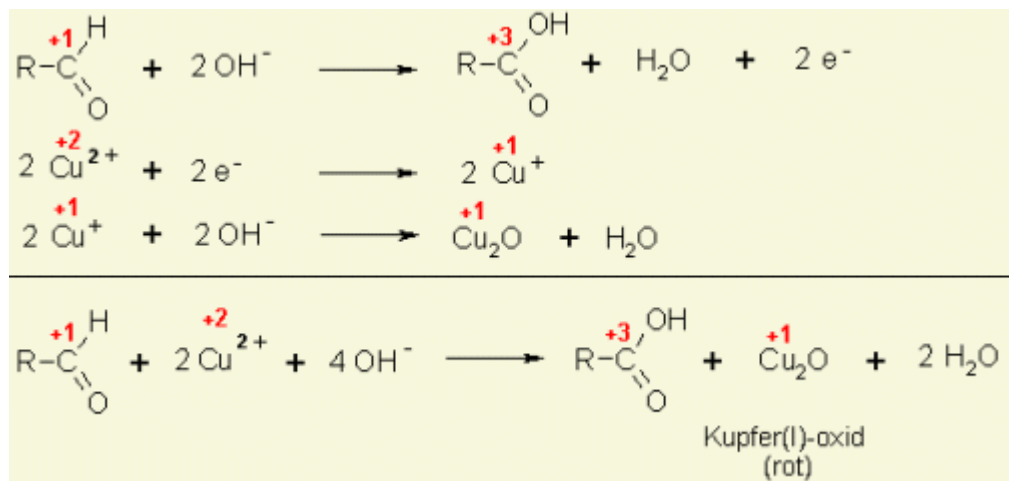


Gruppe 09:

Verbesserung: Nachweis für reduzierende Zucker – Fehling Reaktion

Reaktion:



Chemikalien:

Eingesetzte Stoffe	Gefahrensymbole	R- und S- Sätze	Einsatz in der Schule [Quelle: Soester-Liste]
Glucose	-	-	Sekundarstufe I
Fructose	-	-	Sekundarstufe I
Saccharose	-	-	Sekundarstufe I
Kalium-Natrium-Tartrat (Seignette-Salz)	-	-	Sekundarstufe I
Natriumhydroxid	C	R 35 S 1/2-26-37/39-45	Sekundarstufe I
CuSO ₄ · 5 H ₂ O	Xn, N	R 22-36/38 S 2-22	Sekundarstufe I

Fehling I: 7 g CuSO₄ · 5 H₂O gelöst in 100 mL dest. Wasser.

Fehling II: 35 g Kalium-Natrium-Tartrat und 10 g Natriumhydroxid gelöst in 100 mL dest. Wasser.

Fehling-Reagenz: Gleiche Volumina von Fehling I and Fehling II ergeben gemischt eine tiefblaue Lösung.

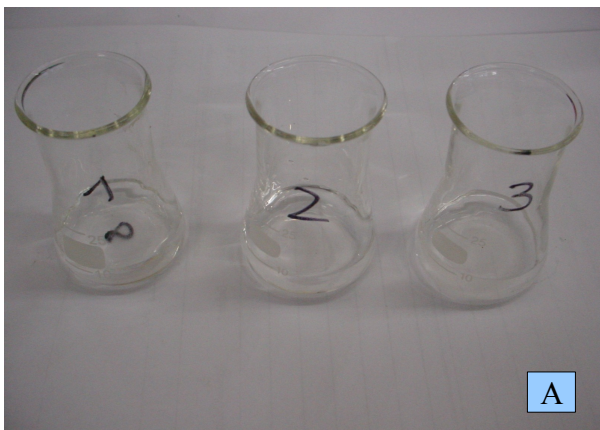
Materialien: Heizplatte, Thermometer, 3 gleichgroße 50 mL Erlenmeyerkolben, 3 Glasrührstäbe, Bechergläser, Messzylinder 100 mL

Durchführung:

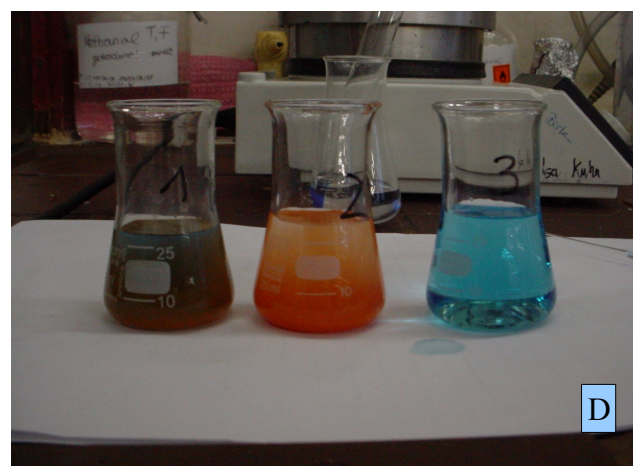
Jeweils 0,5 g Glucose, Fructose und Saccharose werden in 10 mL dest. Wasser gelöst. Mit den Zuckerlösungen werden drei Reagierkelche versorgt. Jede der Lösungen wird mit dest. Wasser (60°C) bis zur 50 mL Marke aufgefüllt. Anschließend fügt man unter Umrühren zu jeder Zuckerlösung 0,8 mL Fehling-Reagenz.

Beobachtung:

Im Erlenmeyerkolben 1 (links im Bild A) befindet sich die Glucose-Lösung, im Erlenmeyerkolben 2 (Bild A mitte) die Fructose-Lösung und im 3 Kolben (Bild A rechts) die Saccharose-Lösung



In die zunächst klaren Zuckerlösungen (Foto A) gibt man das dunkelblaue Fehling-Reagenz (Foto B, mitte, im Reagenzglas), welches ein 1:1 Gemisch aus Fehling I (hellblaue Lösung Foto B) und Fehling II (Foto B, rechte Flasche klare Lösung).



Nach der Zugabe der Fehling-Lösung bildet sich im 2. Kolben sofort ein ziegelroter Niederschlag mit der Fructose-Lösung. Die Glucose-Lösung im ersten Kolben bildet mit der zugegebenen Fehling-Lösung zunächst eine schmutzig grüne Suspension, nach einiger Zeit kann man jedoch auch hier einen roten Niederschlag beobachten (siehe Foto D links).

Die Saccharose-Lösung im dritten Kolben bleibt unverändert, sie färbt sich lediglich hellblau durch die Zugabe des Fehling Reagenz (siehe Foto C rechts).

Entsorgung:

Die Zuckerlösungen werden wegen der Umweltgefährlichkeit von Cu^{2+} (des Fehling-Reagenz) in die Behälter für anorganische Abfälle gegeben.

Fachliche Analyse:

Allgemeines über Zucker:

Die Zucker sind Kohlenhydrate, man kann sie in die folgenden Gruppen unterteilen.

Stoffgruppe / Summenformel	Wichtige Vertreter	Name im Alltag	„Süßkraft“ (Rohrzucker = 100)
Monosaccharide (Einfachzucker) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	Glucose	Traubenzucker	75
	Fructose	Fruchtzucker	170
Disaccharide (Doppelzucker) $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	Saccharose	Rohr- oder Rübenzucker	100
	Maltose	Malzzucker	60
	Lactose	Milchzucker	15
Polysaccharide (Vielfachzucker) $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$	Amylose	Stärke	0
	Amylopectin	Stärke	0
	Glykogen	tierische Stärke	0
	Cellulose	Cellulose	0

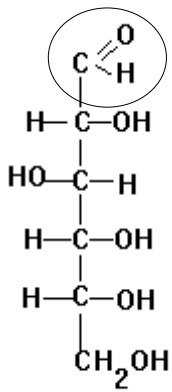
Kohlenhydrate nehmen eine zentrale Rolle für das Leben auf der Erde ein. Sie werden von allen Lebewesen zur Energiegewinnung und -speicherung verwendet.

Die Kohlenhydrate sind als Mono-, Oligo- und Polysaccharide wichtige Rohstoffe und Nahrungsbestandteile. Sie werden im tierischen und menschlichen Organismus als Glykogen gespeichert. Durch oxidativen Abbau setzen sie die gespeicherte Energie frei.

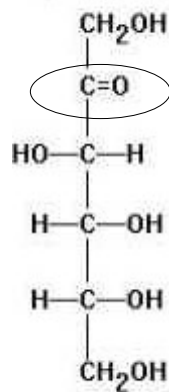
Kohlenhydrate werden aus CO_2 und H_2O bei der Photosynthese aufgebaut.

Die Kohlenhydrate haben fast alle die allgemeine Summenformel $\text{C}_m(\text{H}_2\text{O})_n$, sie sind also (formal) "Hydrate" des Kohlenstoffs.

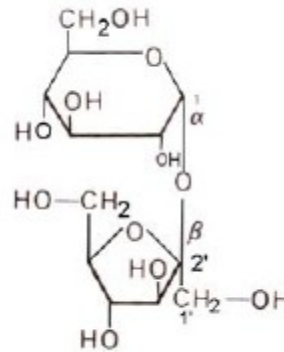
Saccharose, Fructose und Glucose sind also Kohlenhydrate, sie haben folgende Strukturformeln:



Glucose
(Aldose)

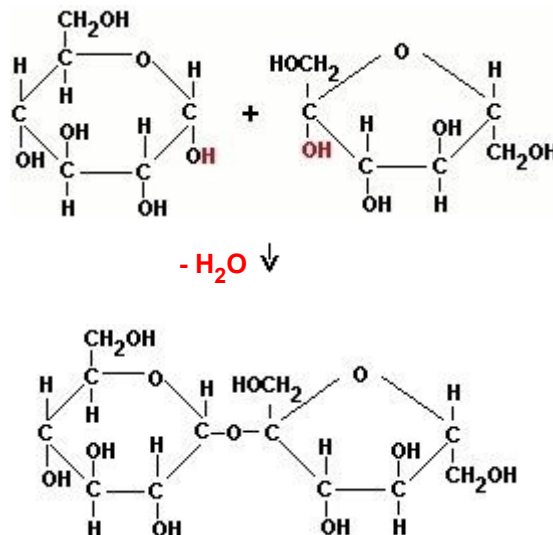


Fructose
(Ketose)



Saccharose

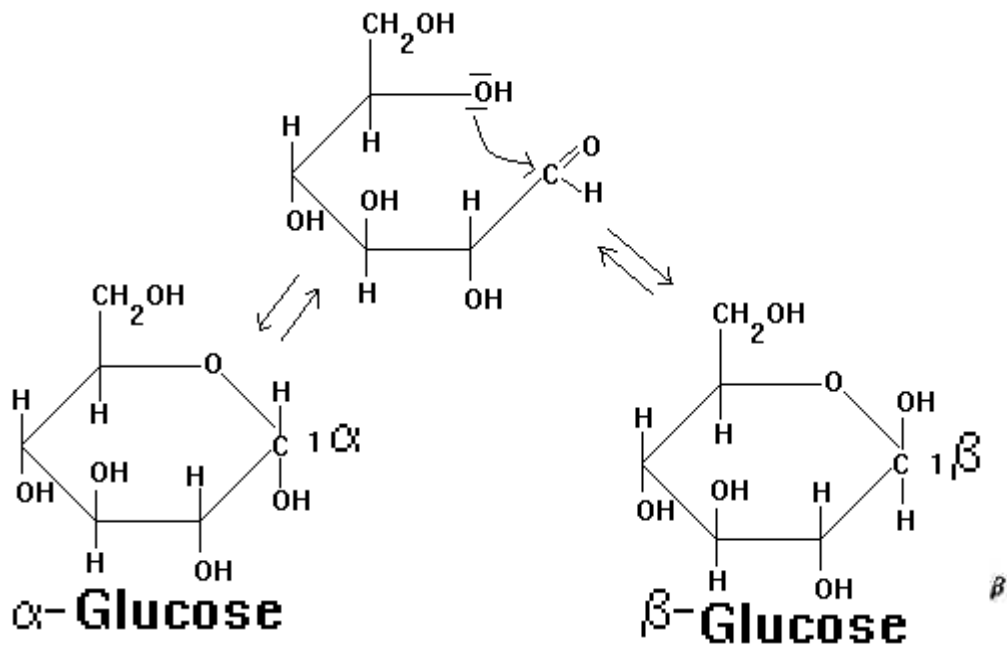
Saccharose ist also ein Di-Saccharid. Sie entsteht unter Wasserabspaltung aus Fructose und Glucose.



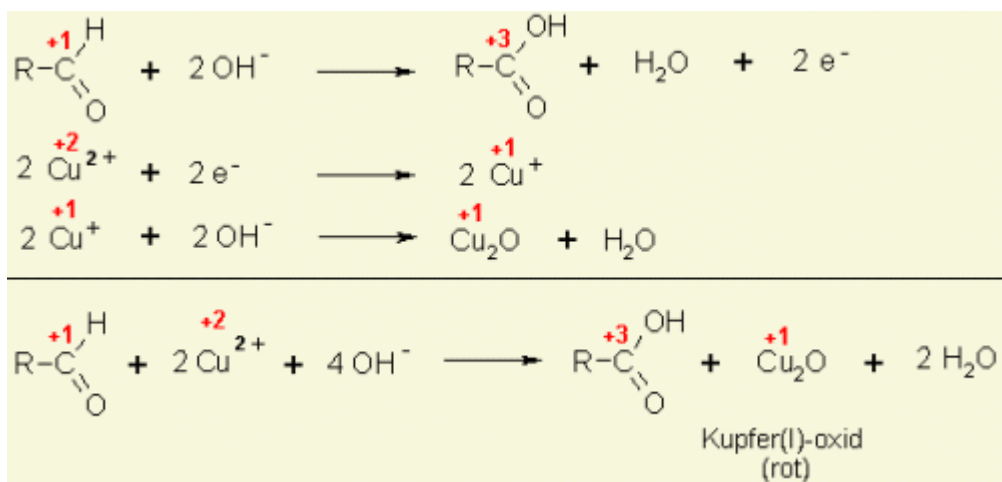
Fructose und Glucose hingegen sind Monosaccharide. Bei Glucose handelt es sich um eine Aldose, bei Fructose um eine Ketose. Bei den Aldosen ist die Carbonylgruppe (C=O) am Anfang der Kohlenstoffkette (C1-Atom), bei den Ketosen innerhalb der Kohlenstoffkette (in der Regel am C2-Atom) (siehe Kennzeichnung in der Strukturformel oben).

Man erhält die Ringformeln von Fructose und Glucose durch Halbacetalbildung hier am Beispiel der Glucose (Mechanismus wird an dieser Stelle vernachlässigt, da er zu weit führt):

Glucose:



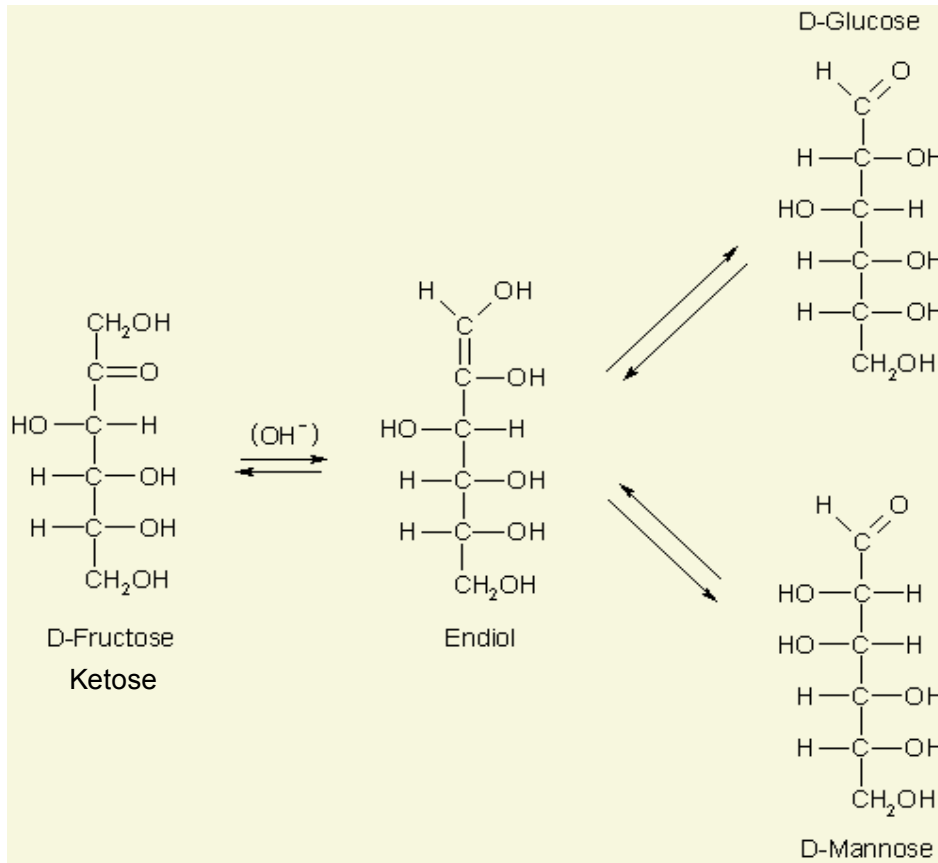
Die Fehlingsche Probe auf Aldehyde findet verbreitet in der Kohlenhydrat-Chemie Anwendung. Wie andere Aldehyde werden Aldosen leicht zu Carbonsäuren oxidiert. Mit Tartrat maskierte Cu^{2+} -Ionen (Komplex siehe unten) werden zu ziegelrotem Kupfer(I)-oxid reduziert. Diese Reaktion sieht allgemein wie folgt aus:



Glucose ist ein reduzierender Zucker, der mit Fehling-Reagenz einen roten Niederschlag bildet. Diese Reaktion wird ganz allgemein zum Nachweis reduzierender Zucker herangezogen, ist jedoch bekanntlich nicht spezifisch für Aldehyde.

Fructose gibt mit Fehlingscher Lösung auch eine positive Reaktion, da die Fructose in alkalischer Lösung in Glucose und Mannose umgewandelt wird. Diese Umwandlung kann mit der Keto-Enol-Tautomerie erklärt werden.

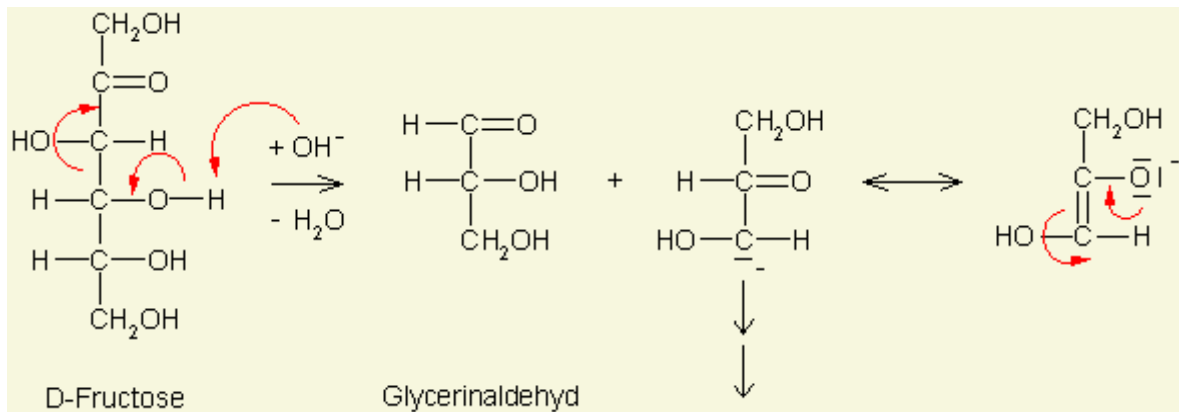
Umwandlung der Fructose in Glucose und Mannose:



Aufgrund dieser Vorreaktion ist die Bildung des ziegelroten Niederschlags jedoch langsamer.

Die Reduktion von Fehling-Lösung durch Fructose ist allerdings nicht nur darauf zurückzuführen, dass die Ketose zu einer Aldose isomerisiert wird. Bei der Reaktion des Zuckers mit Laugen - z.B. in der Fehling-Lösung - wird die Kette der C-Atome zerbrochen und es entstehen so auch Abbauprodukte mit reduzierenden Eigenschaften.

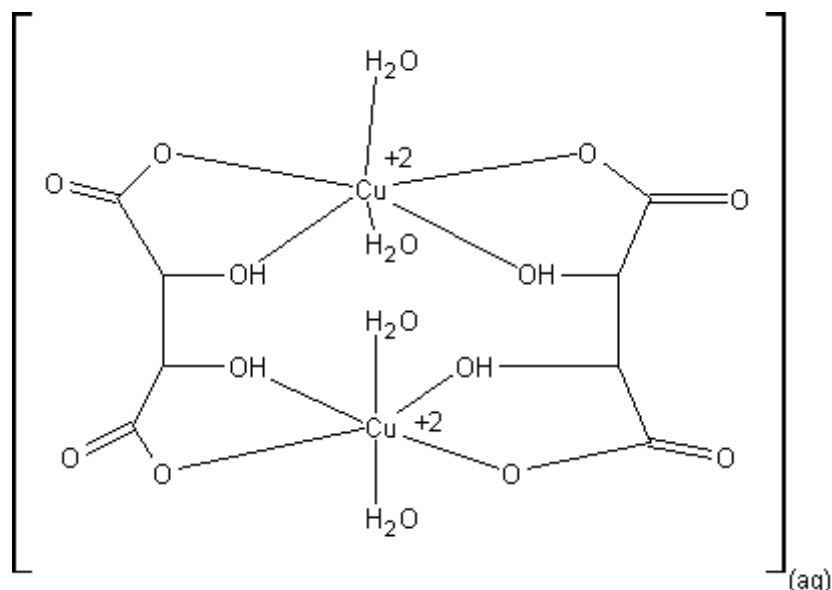
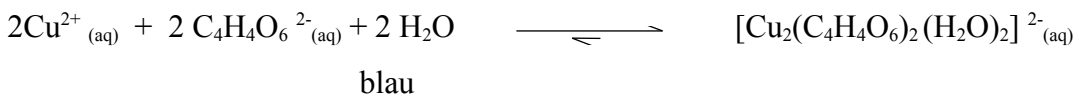
Zersetzung der Fructose:



Die Fehlingsche Probe nutzt die Reaktivität der Aldehyde gegenüber den in alkalischer Lösung schwach oxidierend wirkenden Cu^{2+} -Ionen. Neben den Kupferionen enthält die Fehling Lösung Tartrationen als Komplexbildner, durch welche die Kupferionen in Lösung gehalten werden. Ohne Tartrationen würde sich in alkalischer Lösung ein Niederschlag von $\text{Cu}(\text{OH})_2$ bilden. Die Tartrationen vermögen mit den Cu^+ -Ionen keinen Komplex zu bilden, so dass die Reduktion von Cu^{2+} zu Cu^+ durch reduzierende Zucker zur Bildung eines roten Niederschlags von Cu_2O führt.

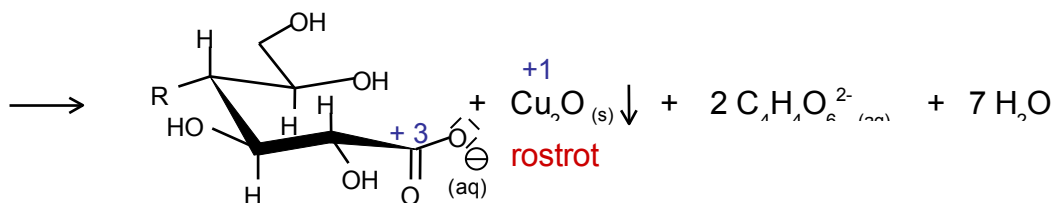
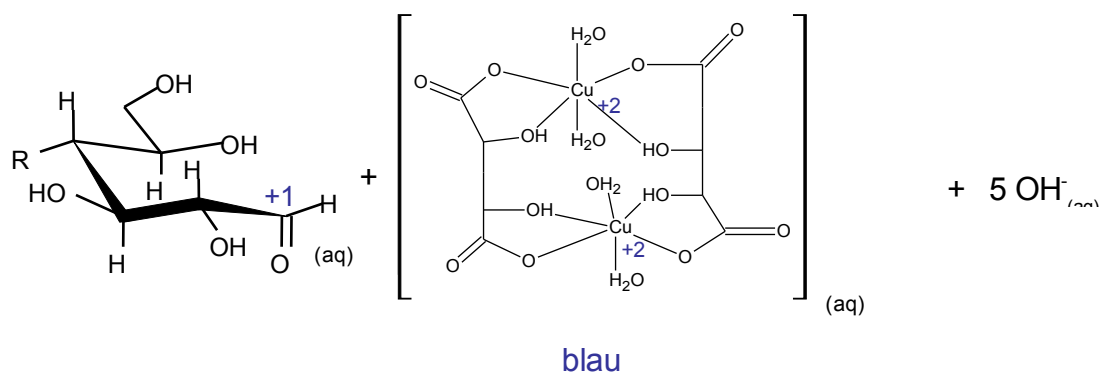
Kupfer-Tartrat Komplex:

Gibt man also zunächst die beiden Fehling-Lösungen in ein Reagenzglas so kommt es zur Bildung eines Kupferkomplexes:



Saccharose reagiert mit Fehling-Reagenz nicht. Saccharose ist ein Disaccharid, wie oben schon beschrieben bestehend aus einem Glucose-Anteil und der Fructose-Komponente bei der zudem in der α -1 \rightarrow 2-Bindung beide anomeren C-Atome gebunden sind. Das heißt, dass das anomere C-Atom der Glucose sich an der Glucose-Fructose-Bindung beteiligt und deshalb für die Bildung eines Aldehyds nicht zur Verfügung steht. Sie liegt nur noch in der Ringform vor und es kann keine freie Aldehyd-Gruppe mehr entstehen. Aus diesen Gründen reagiert die Saccharose nicht wie die meisten Disaccharide reduzierend und reagiert nicht mit dem Fehling-Reagenz.

Anders ist dies zum Beispiel bei der Maltose (α -D-Glucopyranosyl-(1 \rightarrow 4)- α -D-Glucopyranose):



[Experimentalvortrag: An einem Menü durch die Organische Chemie; Ina Böckler]

Methodisch- Didaktische Analyse:

Der zeitliche Aufwand für diesen Versuch ist eher gering, die Vorbereitung dauert ca. 5 Minuten, die Nachbereitung geht aufgrund der leichten Entsorgung der Chemikalien und der guten Reinigung der Glasgeräte eben so schnell. Die Durchführung ist ein wenig Zeit intensiver, da der rote Niederschlag bei der Glucose-Lösung erst nach ca. einer halben Stunde richtig sichtbar werden kann, es empfiehlt sich also den Versuch zu Beginn einer Stunde durchzuführen und ihn gegen Ende der Stunde nochmals erneut zu betrachten.

Der apparative Aufwand ist sehr gering und die Glasgeräte dürften an einer Schule auch in mehrfacher Ausführung vorhanden sein, so dass man den Versuch auch als Schülerversuch

durchführen lassen kann.

Der Verbrauch an Chemikalien hält sich in Grenzen, zumal die verwendeten Chemikalien nicht zu teuer und in einer Schule meist schon vorhanden sein dürften, es empfiehlt sich die Fehling I und II Lösungen in größerem Maßstab herzustellen, da sie haltbar sind und auch für andere Versuche dienlich sein können.

Der Versuch soll zeigen wie unterschiedlich reaktiv die verschiedenen Zucker in der hier vorliegenden Redox-Reaktion sein können. Dieser Effekt ist sehr gut ersichtlich (unterschiedliche Farbigkeit der Lösungen) und aus diesem Grund für den Schüler gut nachzuvollziehen.

Anhand dieses Versuches kann man auf die unterschiedlichen Zucker, ihren Aufbau, die Keto-Enol-Tautomerie, die Halbacetalisierung, die Disaccharide und ihre unterschiedliche Reaktivität eingehen. Zudem kann man die Wichtigkeit der Kohlenhydrate (zum Beispiel auch im fächerübergreifenden Unterricht mit Biologie) für den Menschlichen Körper erklären und so einen guten Bezug zum Alltag schaffen.

Nach dem neuen G8 Lehrplan werden die Kohlenhydrate Thema der 11 Klasse sowohl im Grund- wie auch im Leistungskurs sein. Unter dem Oberthema Technisch und biologisch wichtige Kohlenstoffverbindungen erarbeitet man die Naturstoffe Fette, Kohlenhydrate, Aminosäuren, Peptide, Polypeptide. Man sollte beim Thema Kohlenhydrate auf Mono-, Di- und Polysaccharide sowie deren Vorkommen, Eigenschaften und Strukturen sowie ihre Bedeutung und Verwendung und Reaktionen bzw. Nachweisreaktionen eingehen. Der oben genannte Versuch empfiehlt sich zum letzteren Thema. Da bunte Nachweisreaktionen für die Schüler immer gut ersichtlich sind.

Es empfiehlt sich diesen Versuch recht zum Schluss des Themas an zuführen und an ihm noch einmal alle wichtigen Eigenschaften der Zucker zu wiederholen, auch kann man so überprüfen ob die Schüler die Strukturen der Mono- und Disaccharide verstanden haben.

Aufgrund der Ungefährlichkeit der Chemikalien (siehe Soester Liste) eignet sich dieser Versuch auch sehr gut als Schülerversuch, wobei man sich hier im klaren sein sollte das für die Durchführung und Besprechung des theoretisch doch recht umfangreichen Versuchs lieber eine Doppelstunde eingeplant werden sollte.

Literatur:

- http://www.uni-regensburg.de/Fakultaeten/nat_Fak_IV/Organische_Chemie/Didaktik/Keusch/index.html
- Organische Chemie; Vierte Auflage, K.Peter C.Vollhardt, Neil E.Shore; Willey-VCH, 2005
- Experimentalvortrag: An einem Menue durch die Organische Chemie; Ina Böckler
- <http://www.tgs-chemie.de/kohlenhydrate.htm>
- <http://www.science-forum.de>