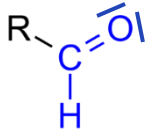


4.2. Nachweisreaktionen von Aldehyden



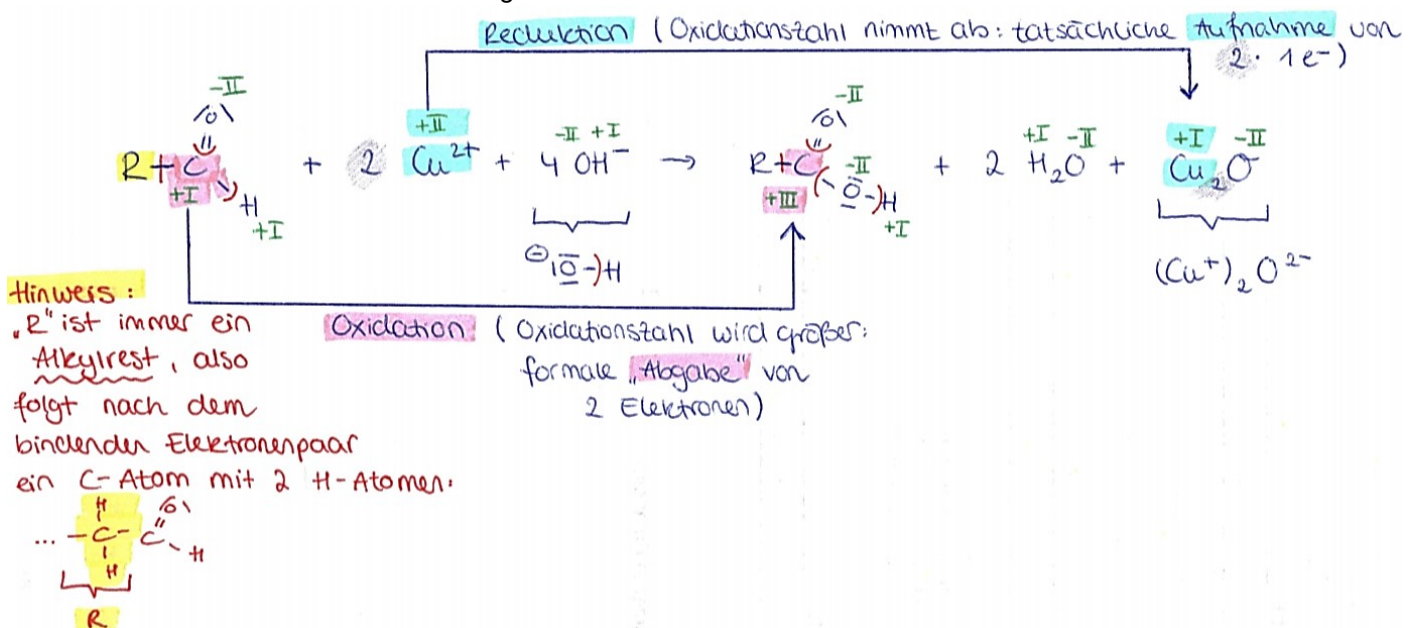
Um bestimmte chemische Stoffe nachzuweisen sind Nachweisreaktionen von großer Bedeutung. Auch für Moleküle, die die Aldehydgruppe (s. Abb.links) enthalten, gibt es spezifische Nachweisreaktionen. Zwei davon wollen wir heute kennenlernen.

4.2.1. Die Fehling-Probe (nach Hermann Fehling benannt)



Durchführung: Zwei Lösungen (die sogenannten Fehling-Lösungen) werden angesetzt. Fehling-Lösung I besteht aus Kupfer(II)-sulfat (CuSO_4) gelöst in Wasser. Fehling-Lösung II besteht aus Natriumhydroxid (NaOH) und dem Salz Kaliumnatriumtartrat. Beides wird in Wasser gelöst. Fehling-Lösung I und Fehling-Lösung II werden nun im Verhältnis 1:1 gemischt. Die Mischung (die sogenannte Fehling-Reagenz) ist tiefblau gefärbt (s. Abb. linkes Reagenzglas). Gibt man nun ein Aldehyd dazu und erhitzt die Lösung, so bildet sich nach und nach ein unlöslicher, roter Niederschlag von Kupfer(I)-oxid.

RGL: Die Nachweisreaktion beruht auf folgender Reaktion:



4.2.2. Die Tollens-Probe (nach Bernhard Tollens benannt)

Durchführung: Es wird eine alkalische Silbernitrat-Lösung hergestellt, indem man Ammoniak (NH_3) zu einer Silbernitrat-Lösung tropft, bis sich die anfangs entstehende Trübung wieder löst. Die zu untersuchende Probe wird dazu gegeben und das Gemisch in einem Wasserbad erhitzt.

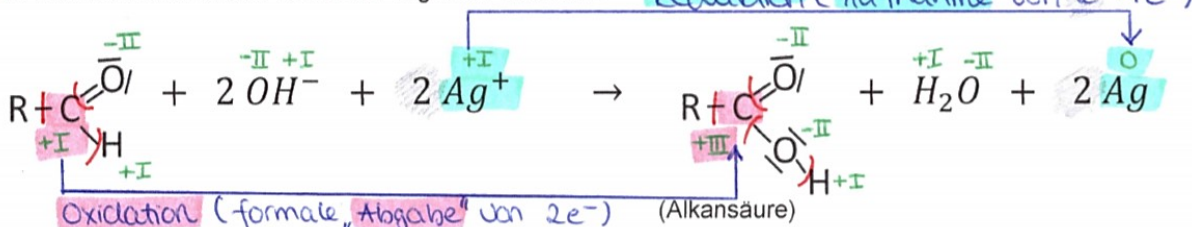
Video: Schaue dir das Experiment online an: <https://www.youtube.com/watch?v=PcylIKiqGyE>

Beobachtungen: Notiere anhand des Videos deine Beobachtungen.

1. Propanal: **Durch das Erhitzen im Wasserbad bildet sich eine silbrige Schicht an der Reagenzglasinnenwand.**
2. Glucose: **Durch das Erhitzen im Wasserbad bildet sich eine silbrige Schicht an der Reagenzglasinnenwand.**
3. Propanon: **keine Veränderung beobachtbar (weist also auf keine chemische Reaktion hin)**

Hinweis: Aufgrund der Beobachtungen, die man bei der Tollens-Probe machen kann, wird dieser Nachweis für Aldehyde auch die **Silberspiegel-Probe** genannt. Durch diese Reaktion werden heute noch zum Beispiel Weihnachtskugeln versilbert oder Spiegel hergestellt.

RGL: Die Nachweisreaktion beruht auf folgender Reaktion:



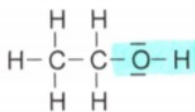
FAZIT: Auswertung der Fehling-Probe und Tollens-Probe

1. Zeige, dass es sich bei der Fehling- und der Tollens-Probe um eine Redoxreaktion handelt. Gib dazu die Oxidationszahlen an und kennzeichne in den obigen RGL durch das Einzeichnen von Pfeilen wo eine Oxidation und wo eine Reduktion abläuft.
2. Fülle folgenden Lückentext aus.
Beide Nachweisreaktionen beruhen darauf, dass die Aldehydgruppe **oxidiert** wird. Aldehyde haben somit eine reduzierende Wirkung auf den Reaktionspartner. Bei der Fehling-Probe wird ein Aldehyd zu einer Alkansäure **oxidiert**. Gleichzeitig wird das Cu^{2+} -Ion zu einem Cu^+ -Ion **reduziert**. Insgesamt werden **2** Elektronen übertragen. Bei der Silber Spiegel-Probe wird ebenfalls ein Aldehyd zu einer Alkansäure **oxidiert**. Gleichzeitig wird das Ag^+ -Ion zu einem **Silber-Atom** reduziert. Das Silber scheidet sich am Reagenzglas ab. Insgesamt werden **2** Elektronen übertragen.
3. Erkläre, warum die Fehling-Probe und die Tollens-Probe nur Nachweisreaktionen für die Aldehyde sind, nicht für die Ketone.
Die Ketone besitzen keine Aldehyd-Gruppe, sondern eine Keto-Gruppe. Diese lässt sich nicht weiter oxidieren: Das C-Atom der Ketogruppe kann formal keine Elektronen mehr abgeben.

Übung:

1. Entscheide anhand der Strukturformeln bei welchen Stoffen die **Fehling-Probe** positiv bzw. negativ verlaufen würde. Markiere mit einem **✓** (positiv) oder einem **X** (negativ).
2. Markiere die dir bereits bekannten **funktionellen Gruppen** in den Molekülen farbig.
3. Benenne die Moleküle der mit * gekennzeichneten Stoffe systematisch nach **IUPAC**.

X Strohhum*



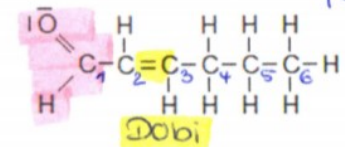
Hydroxyl-Gruppe
(→ Alkohol, Fehling-Probe negativ)

Ethanol

✓ Lavendelaroma*

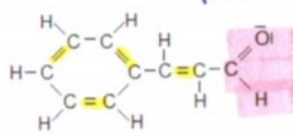


Aldehyd-Gr. (→ Fehling positiv)



Hex-2-enal

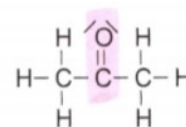
✓ Zimtaroma



Doppelbindung (Dobi)

Aldehyd-Gr. (→ Fehling positiv)

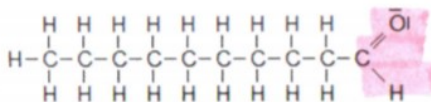
X Hauptbestandteil Nagellackentferner*



Keto-Gruppe
(→ Fehling negativ)

Propanon (= Aceton)

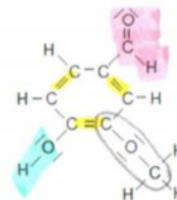
✓ Chanel N°5*



Aldehyd-Gruppe (→ Fehling positiv)

Decanal

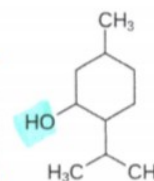
✓ Vanillin



Aldehyd-Gr. (→ Fehling positiv)

Dobi
Hydroxyl-Gruppe
(Info: Ether-Gruppe)

X Menthol

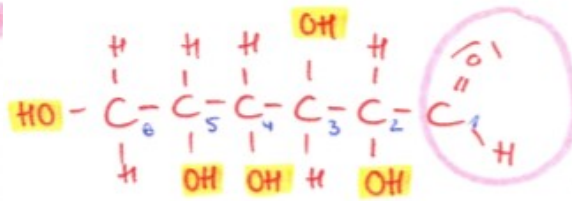


Hydroxyl-Gruppe
(→ Fehling negativ)

4.3. Exkurs: Glucose – ein Aldehyd

Aufgabe 1: Es gibt zwei Strukturformeln des Glucose-Moleküls: Die C-Atome können als Kette (Kettenform) oder als Ring (Ringform) angeordnet sein. Stelle anhand der folgenden Informationen eine Strukturformel für das Glucose-Molekül in der Kettenform auf:

- Summenformel $C_6H_{12}O_6$
- 5-wertiger Alkohol (→ Erinnere dich an die Erlenmeyerregel: Verbindungen mit mehr als einer OH-Gruppe am selben C-Atom sind instabil)
- besitzt eine Aldehyd-Gruppe



Hinweis: Die OH-Gruppe am C3-Atom zeigt in die andere Richtung wie die übrigen Hydroxylgruppen. Das könnt ihr nicht wissen, ist aber trotzdem wichtig als Vorwissen für die Kursstufe.

Aufgabe 2: Benenne das Glucose-Molekül mit seinem systematischen Namen nach den Regeln der IUPAC.

2,3,4,5,6-**Pentahydroxyhexanal**

Aufgabe 3: Lies den Info-Text. Markiere die Eigenschaften der Glucose mit einem Textmarker oder unterstreiche sie.

(→ Im Folgenden wurden die Stoffeigenschaften gekennzeichnet, da nach den Eigenschaften der Glucose (= Stoffebene) gefragt war und nicht nach denen des Glucose-Moleküls (= Teilchenebene). Markierungen zum Glucose-Molekül in euren Lösungen sind aber OK.)

Unter den Nährstoffen sind **Kohlenhydrate** wie Zucker (Rohrzucker, Saccharose) und **Stärke** wichtige Energieträger. Auch **Cellulose**, der Baustoff pflanzlicher Zellwände, gehört zur Stoffgruppe der Kohlenhydrate. Die Bezeichnung Kohlenhydrat geht auf die allgemeine Molekülformel $C_n(H_2O)_m$ zurück, die viele Vertreter dieser Stoffgruppe kennzeichnet. Kohlenhydrate sind jedoch *keine* Hydrate; sie enthalten keine Wasser-Moleküle. Vielmehr handelt es sich um Kohlenstoffverbindungen, die Wasserstoff-Atome und Sauerstoff-Atome im Anzahlverhältnis 2 : 1 enthalten.

Nach ihrer Molekülgröße werden Kohlenhydrate in verschiedene Gruppen eingeteilt: *Glucose* mit ihren kleinen Molekülen wird zu den **Monosacchariden** oder Einfachzuckern gezählt. Durch Verknüpfung zweier solcher Moleküle erhält man **Disaccharide** oder Zweifachzucker, ein Beispiel ist *Saccharose*. Kohlenhydrate, die wie *Stärke* oder *Cellulose* aus vielen Monosaccharid-Bausteinen bestehen, gehören zu den **Polysacchariden**.

Quelle: *Chemie heute* SI, Schroedel-Verlag.

Glucose. Ein sehr weit verbreitetes Kohlenhydrat ist *Glucose* ($C_6H_{12}O_6$). Die Bezeichnung *Traubenzucker* für Glucose leitet sich vom Vorkommen dieses Zuckers in süßen Früchten wie Trauben oder Kirschen ab. Im menschlichen Organismus findet sich stets eine geringe Menge Glucose gelöst im Blut. Sinkt der Blutzuckerspiegel – die Konzentration der Glucose im Blut – nach starker körperlicher Anstrengung, so kann von außen zugeführte Glucose als schnell verfügbarer Energielieferant dienen. Bei Diabetikern ist der Blutzuckerspiegel dauerhaft erhöht. Glucose ist ein **kristalliner Stoff**, der sich **gut in Wasser löst**, nicht aber in **hydrophoben Lösemitteln**. Die Hydroxy-Gruppen bestimmen wesentlich die Eigenschaften der Glucose. So ist etwa die **gute Wasserlöslichkeit** auf die **Bildung von Wasserstoffbrücken zwischen den Glucose-Molekülen und Wasser-Molekülen** zurückzuführen. Auch die **hohen Schmelztemperaturen** der Kohlenhydrate **beruhen auf Wasserstoffbrücken**. Sie sind insgesamt so stark wie die Elektronenpaarbindungen innerhalb des Moleküls. Daher **zersetzt sich** Glucose, wie auch die anderen Zucker, **beim Erhitzen**. In der Küche nutzt man das beim *Karamellisieren*: Beim Erhitzen reagiert Zucker zu eine goldgelben, braunen Masse mit einem nussig-süßen Geschmack.

Aufgabe 4: Erläutere anhand des Experiments aus 4.2.2., warum man bei Glucose von einem **reduzierenden Zucker** spricht.

Das Glucose-Molekül enthält als funktionelle Gruppe eine Aldehyd-Gruppe. Diese wird bei der Silberspiegel-Probe durch die Reaktion mit Silber-Ionen zu einer Alkansäure (lernen wir in einer der nächsten Einheiten kennen) oxidiert. Das C-Atom der Aldehydgruppe gibt formal 2 Elektronen ab. Da eine Oxidation und eine Reduktion stets gekoppelt (als Redox-Reaktionen) auftreten, reduziert die Aldehyd-Gruppe im Umkehrschluss das Silber-Ion zum Silber-Atom. Diese reduzierende Wirkung verschafft der Glucose die Beschreibung „reduzierender Zucker“. (Zucker darum, weil Glucose zu den Einfachzuckern zählt..)