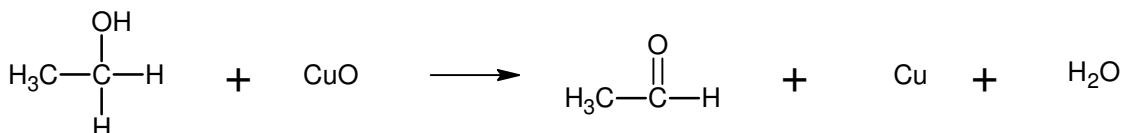


Versuchsprotokoll

Synthese und Nachweis eines Aldehyds

Gruppe 7, Typ: Eigenversuch

1. Reaktionsgleichung



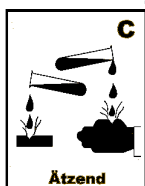
2. Zeitbedarf

| | Teil 1 | Teil 2 |
|-----------------|--------|--------|
| Vorbereitung | 2 min | 5 min |
| Durchführung | 10 min | 5 min |
| Nachbearbeitung | 1 min | 2 min |

3. Chemikalien

| Name | Summenformel | Gefahrensymbol | R-Sätze | S-Sätze | Einsatz in der Schule |
|-------------|--|----------------|------------------|------------------|------------------------------------|
| Ethanol | C ₂ H ₅ OH | F | 11 | 7-16 | S I |
| Fehling I | CuSO ₄ · 5 H ₂ O | - | - | - | S I |
| Fehling II | NaOH _(aq) , C ₄ H ₄ O ₆ KNa _(aq) | C | 35 | 26/27, 37/39 | S I |
| Kupferdraht | Cu | - | - | - | S I |
| Ethanal | CH ₃ CHO | F+, Xn | 12, 36/37, 40 | 16, 33, 36/37 | S I, verboten für unter 16-jährige |

Gefahrensymbole



4. Materialien/Geräte

Becherglas, Bunsenbrenner, Tiegelzange, Reagenzglas, Pipette

5. Versuchsaufbau



Abb. 1: ausgeglühte Kupferwendel



Abb. 2 roter Niederschlag in Fehling-Lösung

6. Versuchsdurchführung

Man glüht eine Kupferwendel in der Bunsenbrennerflamme aus und kühlt diese in wenig Ethanol ab. Dieser Vorgang wird fünf Mal wiederholt, das Becherglas mit dem Ethanol wird zwischendurch immer wieder abgedeckt. Anschließend gibt man in ein Reagenzglas 1 mL Fehling I und 1 mL Fehling II, verdünnt dieses mit Wasser und gibt 1 mL der Alkohol-Lösung hinzu. Die Lösung wird über dem Bunsenbrenner vorsichtig erwärmt.

Herstellung von Fehling I: 70 g Kupfersulfat-pentahydrat werden in 1 L Wasser gelöst

Herstellung von Fehling II: 100 g Natriumhydroxid werden in 500 mL Wasser gelöst, anschließend werden 340 g Kaliumnatriumtartrat-tetrahydrat darin gelöst und mit Wasser auf 1 L aufgefüllt.

7. Beobachtung

Die Kupferwendel glüht nach kurzer Zeit auf und verfärbt sich annähernd schwarz. Wird die Kupferwendel in das Ethanol gehalten, so erlischt das Glühen und es ist ein Zischen zu hören. Außerdem verliert sie stark an Farbe und ist nach dem Auskühlen nur noch schwach kupferfarben (Abb. 1).

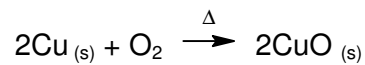
Gibt man Fehling I und Fehling II zusammen, so entsteht eine tiefblaue Lösung. Nach Zugabe von der Probelösung und Erhitzen ist ein kleiner roter Niederschlag am Reagenzglasboden zu beobachten (Abb. 2).

8. Entsorgung

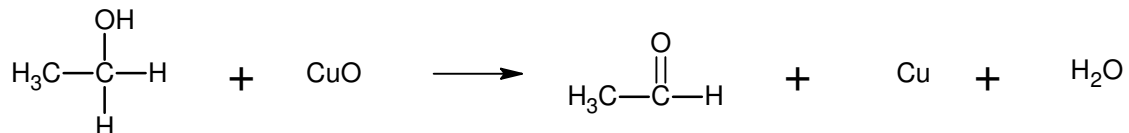
Die Lösungen werden neutral in den Behälter für organische Lösungsmittel gegeben. Die Kupferwendel wird erneut in den Bunsenbrenner gehalten, um es zu oxidieren und kann anschließend wieder verwendet werden.

9. Fachliche Analyse

Durch das Glühen der Kupferwendel wird diese durch den Luftsauerstoff oxidiert und es entsteht das schwarze Kupferoxid:



Wird die Wendel nun in Ethanol gehalten, so wird das Kupfer reduziert und der Alkohol oxidiert. Unter Wasserabspaltung entsteht demnach ein Aldehyd (Ethanal) und Kupfer:



Dieser Vorgang muss wiederholt werden, damit genügend Ethanol-Moleküle in der Lösung zum Ethanal oxidiert werden. Da das Ethanal leicht flüchtig ist und zudem mit der Luft explosionsgefährliche Gemische bildet, wird das Becherglas zwischen den Versuchen abgedeckt, damit das entstandene Ethanal nicht entweicht.

Es ist darauf zu achten, dass nur primäre Alkohole zu Aldehyden oxidiert werden. Sekundäre Alkohole oxidieren zum Keton und können nicht mit Fehling nachgewiesen werden.

Wurde genug Ethanol zu Ethanal oxidiert, so kann dieses mit der Fehlingschen-Probe nachgewiesen werden. Durch das Zusammengeben von Fehling I und Fehling II entsteht ein blauer **Di-tartrato-cuprat(II)-Komplex**:

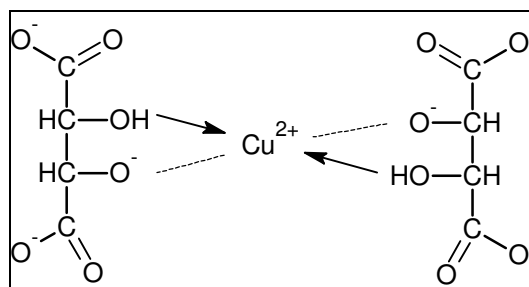
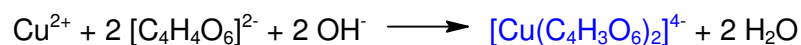
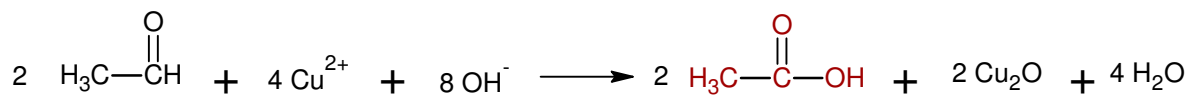


Abb. 3: Di-tartrato-cuprat(II)-Komplex

Dieser Komplex ermöglicht es Kupfer(+II)-Ionen in Lösung zu halten. Unter alkalischen Bedingungen würden diese Ionen als Feststoff ausfallen und würden dementsprechende nicht mehr mit dem Aldehyd reagieren. In Form dieses Komplexes liegen die Kupfer(+II)-Ionen jedoch in Lösung vor und können so mit dem Aldehyd zu einer Carbonsäure und rotem Kupfer(+I)oxid reagieren. Für diesen Versuch reagiert also das Ethanal mit Kupfer(+II)-Ionen und OH-Ionen (alkalisches Milieu) zu Essigsäure, Kupfer(+I)oxid, das als roter Niederschlag ausfällt und Wasser.



Der Di-tartrato-cuprat(II)-Komplex ist nicht sehr stabil. Außerdem wird das Tartrat durch die Kupfer(+II)-Ionen oxidiert. Aus diesem Grund darf die Fehling-Lösung erst kurz vor dem Versuch angesetzt werden.

Aldehyde enthalten als endständige funktionelle Gruppe eine Carbonylgruppe (-COH). Der Name kommt vom lateinischen *alcoholus dehydrogenatus*, was übersetzt so viel heißt wie „Dehydrierter Alkohol“, also ein Alkohol, dem Wasserstoff entzogen wurde. Aldehyde und Ketone können in der Keto-, oder aber in der Enolform vorliegen. Dieses Gleichgewicht wird Keto-Enol-Tautomerie genannt.

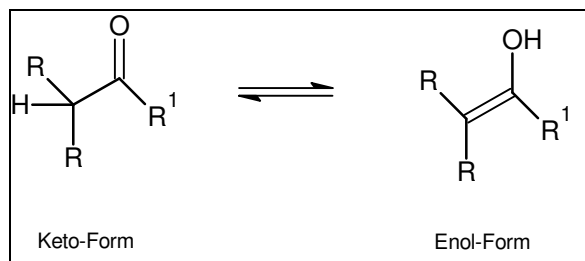


Abb. 4: Keto-Enol-Tautomerie

Voraussetzung hierfür ist ein zur Carbonylgruppe α -ständiges Wasserstoffatom.

Aldehyde bilden Wasserstoffbrückenbindungen zu Wassermolekülen aus. Dies erklärt warum ihre Siedetemperaturen deutlich über der der entsprechenden Alkane liegen. Mit zunehmender Kettenlänge nimmt ihre Wasserlöslichkeit ähnlich der der Alkohole ab. Sie entstehen einerseits bei der Oxidation von primären Alkoholen, wie in diesem Versuch gezeigt, und auch bei der Reduktion von Carbonsäuren. Großtechnisch werden Aldehyde durch die Gattermannsynthese oder die Reimer-Tiemann-Reaktion hergestellt.

Neben den Estern spielen Aldehyde (und Ketone) eine große Rolle in der Parfüm- und Aromaindustrie, denn auch diese Substanzen weisen häufig einen angenehm fruchtigen Geruch auf. Fast alle großen Naturstoffe weisen im Molekül eine Aldehyd- oder Keto-Gruppe auf. Viele dieser Stoffe werden heute synthetisch hergestellt, so ist das Aldehyd 2-Methylundecanal Bestandteil des ersten rein synthetisch hergestellten Parfüms Chanel No. 5. Aldehyde sind außerdem in vielen Zuckern wieder zu finden. So liegt z.B. auch Glucose in wässriger Lösung in geringem Teil als Aldehyd vor.

Verwendet werden Aldehyde also als Duftstoff, aber auch als Rohstoff zur Herstellung von Kunststoffen, Kunstharzen, sowie zur Synthese von Desinfektionsmitteln (vor allem Formaldehyd). In der Pharmaindustrie werden lediglich aromatische Aldehyde eingesetzt, ebenso in Pflanzenschutzmitteln und Farbstoffen.

Das am häufigsten verwendete Aldehyd ist der einfachste, das Formaldehyd.

Das ist diesem Versuch nachgewiesene Ethanal (Trivialname Acetaldehyd) wird im menschlichen Körper beim Abbau von Ethanol gebildet und ist für den „Kater“ verantwortlich. Da der weitere Abbau des Ethanals durch Zucker gehemmt wird, ist der „Kater“ von süßen alkoholischen Getränken wie Cocktails meistens schlimmer. Jedoch gelangt Ethanal nicht nur über Alkohol in unseren Körper, sondern auch über Tabakrauch, bei dessen Verbrennung er als Nebenprodukt entsteht. Diese Tatsache erklärt auch, warum Extraucher behaupten, dass ein Kater in Kombination mit viel Rauchen schlimmer ist, als wenn nicht geraucht wurde.

Amerikanische Forscher haben herausgefunden, dass Acetaldehyd das Risiko für Magen- Darmkrebs erhöht. Durch die Reaktion der körpereigenen Polyamine mit Acetaldehyd entsteht Crotonaldehyd, welches die DNA beschädigt und somit die Entstehung von Krebs fördert. Ethanal soll vermehrt in Likören und Portwein vorhanden sein. Eine andere Studie hat herausgefunden, dass in Mineralwässern in PET-Flaschen Ethanal vorhanden ist. Vor allem die Mineralwässer von Discountern haben dabei sehr schlecht abgeschnitten, denn der Ethanal-Gehalt war deutlich zu hoch. Das Ethanal wird für die Produktion der PET-Flaschen eingesetzt und gelangt so mit in das Mineralwasser. Auch wenn der Gehalt an Ethanal deutlich zu hoch war, so ist laut der Studie die Menge nicht gesundheitsschädlich. Sie verändert nur den Geschmack des Wassers. Die Tatsache, dass lediglich die Flaschen der Discounter betroffen waren liegt daran, dass diese Einwegflaschen benutzen und Geld am Einsatz von so genannten Acetaldehyd-Blockern sparen. Die Flaschen der Markenmineralwässer nutzen Mehrwegflaschen und diese werden mit Acetaldehyd-Blockern hergestellt.

10. Didaktische Analyse

Dieser Versuch eignet sich in Klasse 12 um von den Alkoholen auf Aldehyde überzuleiten. Durch die Oxidation des Alkohols entsteht ein Produkt, das eine neue funktionelle Gruppe enthält. Zwar ist der Versuch nicht sehr spektakulär, dafür jedoch nicht sehr zeitaufwändig und von den Schülern selber durchführbar, da auch nicht viel Material benötigt wird. Die Schüler sollten vorher jedenfalls die funktionelle Gruppe der Alkohole kennen und wissen, dass Kupferoxid leicht reduziert werden kann.

An diesen Versuch kann sich ein Experiment zur Keto-Enol-Tautomerie anschließen, indem man zu einer Acetessigsäureethylester-Lösung zuerst Eisen(III)chlorid-Lösung gibt und anschließend Bromwasser. Die Tautomerie kann schließlich anhand dieses Versuches besprochen werden.

Die krebserregende Wirkung des Acetaldehyds könnte das Interesse der Schüler noch deutlich mehr wecken. War es bisher eine Chemikalie, die nur im Chemikalienschrank zu finden war, so besteht plötzlich ein Risiko für jeden, wenn er mit dieser Substanz in Berührung kommt. Vielleicht wird der ein oder andere zumindest angeregt über seinen eigenen Alkoholkonsum nachzudenken. Hier empfiehlt sich auch fächerübergreifender Unterricht mit der Biologie. So kann deutlich gemacht werden an welcher Stelle des Abbauprozesses das Acetaldehyd genau entsteht.

11. Literatur

Versuchsquelle:

[1] Chemie heute SI, Baden-Württemberg, Schroedel-Verlag, 2007

Fachquellen:

[2] Fachinformationszentrum Chemie, <http://www.chemgapedia.de> (letzter Zugriff: 18.10.08, 15:09 Uhr)

[3] Gesundheitsnews, *Acetaldehyd-Gehalt im Mineralwasser zu hoch*, <http://gesundheitsnews.imeso.de/news/10817-acetaldehyd-gehalt-im-mineralwasser-zu-hoch> (letzter Zugriff: 4.12.08, 11:17 Uhr)

[4] Kamper, M., *Schulversuche mit Milch und Einsatzmöglichkeiten im Chemieunterricht*, Universität Wuppertal, 2005, http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/alte_seite_du/material/milch/lactose/fehling.pdf (letzter Zugriff: 4.12.08, 10:14 Uhr)

[5] *Lehrplan Chemie für die Jahrgangsstufen G7 bis G12* des hessischen Kultusministeriums, 2005 (http://www.kultusministerium.hessen.de/irj/HKM_Internet?uid=3b43019a-8cc6-1811-f3ef-ef91921321b2)

[6] Schöbi, K., *Was Kater und Krebs gemeinsam haben*, <http://www.wissenschaft.de/wissenschaft/news/256149.html> (letzter Zugriff: 4.12.08, 11:17 Uhr)

[7] Unfallkasse Hesse (UKH), Hessisches Kultusministerium, *Hessisches GefahrstoffInformations System Schule (HessGISS)*, Version 11.0, 2006/2007

[8] Wikimedia Foundation Inc., <http://de.wikipedia.org> (letzter Zugriff: 18.10.08, 15:09 Uhr)