

Praktikum zur Organischen Chemie für Studierende des Lehramts WS 2010/11

Praktikumsleitung: Dr. Reiß

Assistent(in): Beate Abé

Name: Johannes Hergt

Datum: 30.11.2010

Gruppe 6: Alkohole

Versuch (Alkoholtest): Alkoholtest mit Dichromatlösung

Zeitbedarf

Vorbereitung: 15 Minuten

Durchführung: 10 Minuten

Nachbereitung: 10 Minuten

Reaktionsgleichung

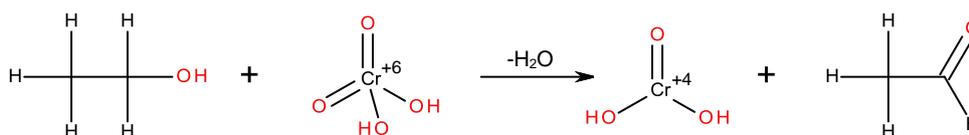


Abb. 1: Umsetzung von Ethanol mit Chromat(VI)

Chemikalien ^[1,2]

Tab. 1: Verwendete Chemikalien.

Eingesetzte Stoffe	Summenformel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbole	Schuleinsatz
Kaliumdichromat	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{s})$	0,2 g	45-46-50-61-8-26-25-21-34-42/43-48/23-50/53	53-45-60-61	T+, N, O	LV (nach Alternative suchen)
Wasser	H_2O	10 mL				S1
Schwefelsäure (konz.)	$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$	1 mL	35	(1/2)-26-30-45	C	S2
Ethanol	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}(\text{l})$	3 mL	11	(2)-7-16	F	S1

Geräte

- Pasteurpipette
- Becherglas (50 mL)
- Trägersubstanz (Silicakügelchen)
- Glaswolle

Aufbau

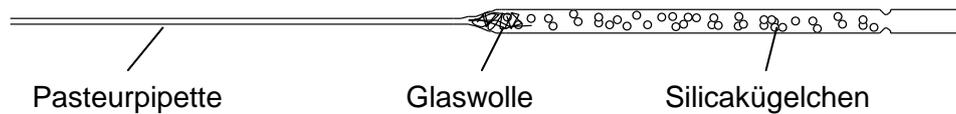


Abb. 2: Versuchsaufbau.

Durchführung

Zur Versuchsvorbereitung wird eine Kaliumdichromatlösung angesetzt. Hierzu werden 10 mL Wasser mit 1 mL konzentrierter Schwefelsäure versetzt und anschließend 0,2 g Kaliumdichromat darin gelöst.

Des Weiteren wird zur Versuchsvorbereitung in eine Pasteurpipette zunächst Glaswolle (zum enger werdenden Schaft hin) gestopft und diese anschließend mit Silicakügelchen gefüllt (siehe Abb. 2).

Im Hauptversuch wird nun die Kaliumdichromatlösung tropfenweise in die Pasteurpipette gegeben, sodass die Silicakügelchen gut benetzt sind. Nun wird Ethanol auf die gleiche Weise zugeführt.

Beobachtung

Die rote Dichromatlösung in der Pasteurpipette schlägt bei Zugabe von Ethanol ins Grüne um.

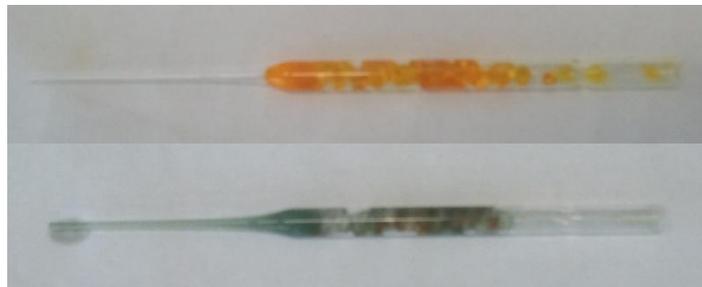


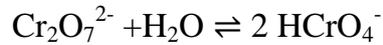
Abb. 3: Mit Kaliumdichromat benetztes Silicagel vor (oben) und nach (unten) der Zugabe von Alkohol

Entsorgung

Chrom(VI)-reste werden zu Chrom(III) reduziert und neutralisiert in den Sammelbehälter für Schwermetallabfälle gegeben. Die Pasteurpipetten samt Silicakügelchen werden getrocknet in die Trockenabfälle gegeben.

Fachliche Auswertung der Versuchsergebnisse [4-7]

In der Vorbereitung des Versuchs wird Natriumdichromat in Wasser gelöst. In wässriger Lösung liegt dabei überwiegend HCrO_4^- vor. Nur wenn der pH auf unter 1 eingestellt wird, liegt das Gleichgewicht auf der Seite der Chromsäure. Dies wird durch Zugabe von Schwefelsäure erreicht.



Bei der Reaktion im Hauptversuch handelt es sich um eine Oxidation von Ethanol, einem primären Alkohol. Die Chrom(VI)säure dient als Oxidationsmittel. Dabei entsteht intermediär, unter Abspaltung von Wasser der sog. Chrom(VI)säureester.

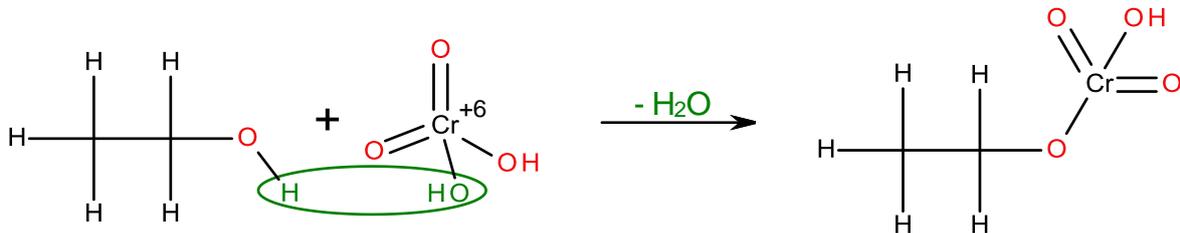


Abb. 4.: Bildung des Chrom(VI)säureesters unter Abspaltung von Wasser.

Dieser spaltet sich und es ergeben sich Acetaldehyd und Chrom(IV)säure als vorläufige Produkte.

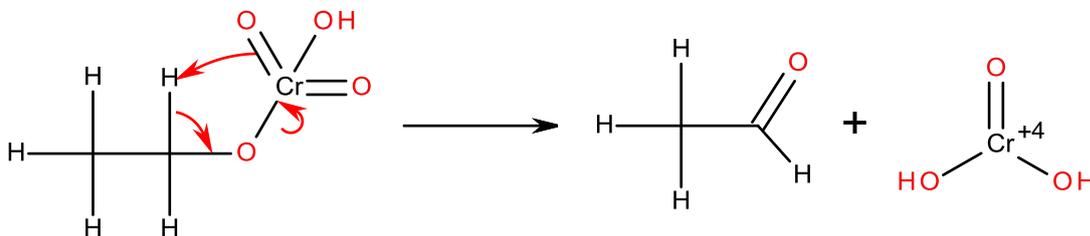
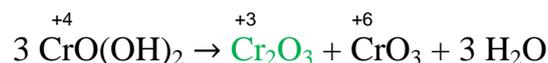


Abb. 5.: Bildung von Acetaldehyd und Chrom(IV)säure.

Chrom(IV)verbindungen sind nicht stabil und so findet eine Disproportion zu Chrom(III)- und Chrom(VI)oxid statt. Chrom(III) ist für die charakteristisch grüne Farbe im Alkoteströhrchen verantwortlich.



Da in wässrigem Milieu gearbeitet wird, endet die Reaktion nach der Bildung des Acetaldehyds (siehe Abb. 5) noch nicht. Aldehyde reagieren mit Wasser nach dem in Abb. 6 dargestellten Mechanismus.

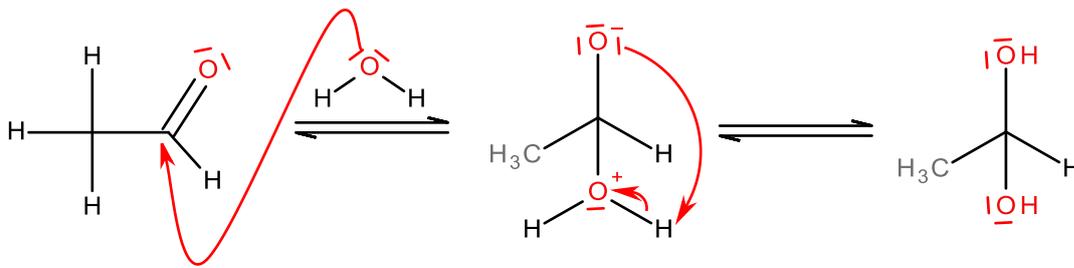


Abb. 6.: Reaktion von Acetaldehyd mit Wasser.

Eine der gebildeten Hydroxylgruppen tritt nun wiederum mit Chrom(VI)säure in Reaktion: Der Acetaldehyd wird über den ebenfalls intermediär gebildeten Chrom(VI)säureester anschließend zur Carbonsäure oxidiert.

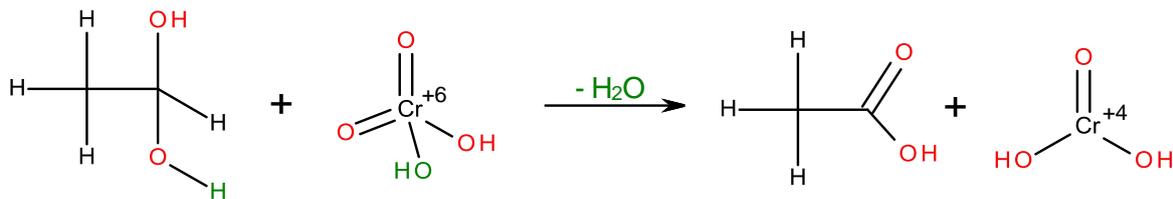


Abb. 7.: Bildung der Essigsäure.

Im Versuch wurde also Chrom(VI) zu Chrom(IV) reduziert. Der eingesetzte Alkohol wurde zum Aldehyd oxidiert und letzterer seinerseits zur Carbonsäure oxidiert. D.h. dass die Oxidationsstufen vom Alkohol zur Carbonsäure entsprechend (um $2 \times 2 e^-$) hochgegangen sein müssen. In Abb. 8 ist ersichtlich, dass die Oxidationszahl des zentralen Kohlenstoffatoms mit zunehmenden Bindungen zu Sauerstoffatomen jeweils um den Wert +2 zunimmt.

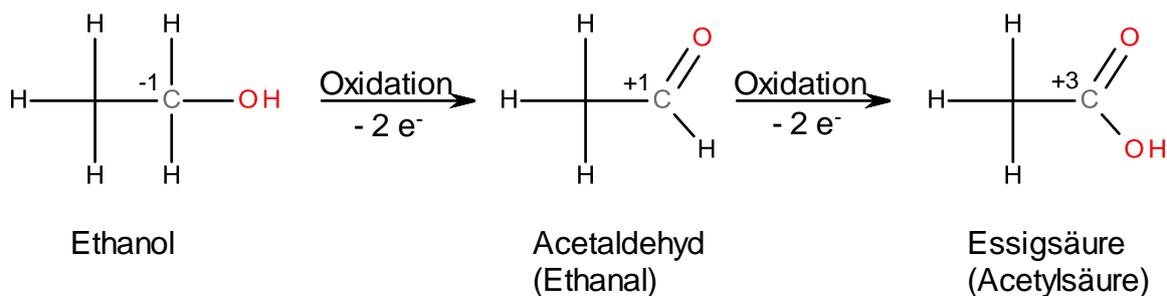


Abb. 8: Oxidationszahlen von Ethanol, Acetaldehyd und Essigsäure.

Der durchgeführte Versuch ist nicht nur auf Grund der Anwendung als Alkoholtest interessant, sondern auch deshalb, weil eine ähnliche Reaktion auch nach dem Trinken von Alkohol im menschlichen Körper stattfindet. Dabei wird Ethanol (Trinkalkohol) wie in Abb. 8 durch ein Enzym (Alkoholdehydrogenase) zum Acetaldehyd oxidiert und dieses durch ein weiteres Enzym (Aldehyddehydrogenase) zur Essigsäure oxidiert. Letztere wird in einem weiteren Schritt zu Kohlenstoffdioxid (zentrales Kohlenstoffatom mit Oxidationszahl +4) und Wasser oxidiert. Aus diesem Grund kann Alkohol bis zu einem gewissen Grad auch als Gift angesehen werden, denn der gebildete Acetaldehyd ist gesundheitsschädlich. (Daher kommt auch der Kater „am Morgen danach“.)

Methodisch-Didaktische Analyse

1 Einordnung^[8]

Der Alkotest wird im hessischen Lehrplan explizit als möglicher Versuch zum Thema der Redoxreaktionen von Alkoholen erwähnt. Heute werden zwar digitale Alkoholmesser bei der Polizei zur Kontrolle verwendet, Alkoholteströhrchen mit Kaliumdichromat sind jedoch immer noch erhältlich. Es besteht beim Versuch also durchaus ein Alltagsbezug. Da meist viele Schüler in der elften Klasse bereits Alkohol konsumieren, dürfte der Versuch auch auf besonders großes Interesse stoßen.

Die Schüler sollten bereits ausreichend gute Kenntnisse in Nomenklatur sowie in den Eigenschaften von Alkoholen besitzen. Der Versuch eignet sich so gut als Einstieg in das Thema „Reaktionseigenschaften der Alkohole“.

Die Schüler sollten bereits sicher mit Oxidationszahlen umgehen können. Auch im Fall, dass dem nicht so ist, bietet sich der Versuch sehr gut als Festigung/Sicherung im Umgang mit diesen an.

2 Aufwand

Die Versuchsvorbereitung erfordert ein wenig Filigranarbeit. Die Vorbereitung der Alkoholkanüle nimmt deshalb ein wenig Zeit in Anspruch. Das gleiche gilt für das Ansetzen der Kaliumdichromatlösung, wobei mit Handschuhen und besonders vorsichtig gearbeitet werden sollte.

Für die Durchführung des eigentlichen Versuchs wird hingegen wenig Zeit benötigt. Die Verfärbung des Dichromats tritt nicht sofort ein, sodass kurz abgewartet werden muss.

Die Entsorgung der restlichen Kaliumdichromatlösung ist ein wenig aufwendiger, da aber nur geringe Mengen entsorgt werden müssen, nicht allzu zeitintensiv.

Kaliumdichromat ist nicht billig in der Anschaffung. Auf Grund der geringen Mengen, die für den Versuch benötigt werden, fallen jedoch keine allzu hohen Kosten an. Kaliumdichromat sollte zudem laut HessGISS in der Schule nicht mehr verwendet werden. Als Alternative bietet sich Kaliumpermanganat als Oxidationsmittel an.

3 Durchführung

Auf Grund der Verwendung von Kaliumdichromat, welches als toxisch und cancerogen eingestuft ist, kann der Versuch nur als Demonstrationsversuch des Lehrers durchgeführt werden. Um die Schüler trotzdem in den Versuch einzubeziehen, sollten diese ihre Beobachtungen beschreiben.

Um zu gewährleisten, dass die gesamte Klasse den Versuch beobachten kann, sollte die Kanüle auf einen Overheadprojektor gelegt werden. Der Farbumschlag ist auf diese Weise sehr gut zu sehen.

4 **Fazit**

Der Versuch ist auf Grund seines Alltagbezugs, seiner guten Einordnung in den Lehrplan und seiner Visualität durchaus als Schulversuch interessant. Da aber von der Verwendung von Kaliumdichromat im Unterricht abgeraten wird, stellt ein Versuch mit beispielsweise Kaliumpermanganat als Oxidationsmittel eine bessere Alternative dar.

Quellenverzeichnis

- [1] Versuchsquelle: <http://www.chids.de/dachs/praktikumsprotokolle/PP0152Alkoholtester.pdf>
(Urheber: Jan Schäfer; Zugriff am 5. Dezember 2010)
- [2] GESTIS - Stoffdatenbank:
<http://biade.itrust.de/biade/lpext.dll?f=templates&fn=main-hit-h.htm&2.0>
(Zugriff am 5. Dezember 2010)
- [3] HessGISS - GUV-Regel Umgang mit Gefahrenstoffen im Unterricht
Ausgabe Januar 1998 (Aktualisierte Fassung Juni 2004)
- [4] Reinhard Brückner, *Reaktionsmechanismen*, 3. Auflage, Springer-Verlag, Heidelberg, **2007**, S. 741 ff.
- [5] <http://www.chempage.de/PSE/23chrom.htm>
Titel: Chrom
Urheber: Michael Müller
(Zugriff am 5. Dezember 2010)
- [6] <http://www.guidobauersachs.de/oc/hydro.html>
Titel: Hydroxyverbindungen und Ether
Urheber: Guido Bauersachs
(Zugriff am 5. Dezember 2010)
- [7] http://www.drugcom.de/bot_faq_sub-1_idx-77.html
Titel: Wie wird Alkohol im Körper abgebaut?
Urheber: drugcom
(Zugriff am 5. Dezember 2010)
- [8] Hessischer Lehrplan: Chemie. **2010**
http://www.hessen.de/irj/HKM_Internet?uid=3b43019a-8cc6-1811-f3ef-ef91921321b2
(Zugriff am 5. Dezember)