

**Organisch-chemisches Praktikum für das Lehramt (LA)**

Torsten Lasse

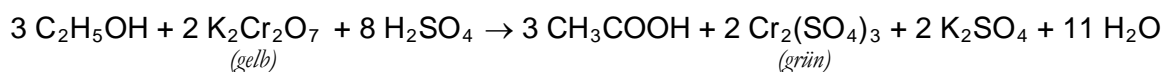
Leitung: Dr. P. Reiß

WS 2008/09

Assistentin: Beate Abé

**Schulversuch (Gruppe 6/Alkoholtest):  
Alkoholtests mit Kaliumdichromat**

Es wird der früher häufig bei Verkehrskontrollen verwendete Alkoholtest auf Basis von Kaliumdichromat durchgeführt.

**Reaktionsgleichung****Chemikalien und eingesetzte Substanzen**

Eingesetzte Stoffe	Summenformel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrenkennz. / Bemerkung	Schuleinsatz (HessGiss 2006 u. Soester Liste)
Schwefelsäure konz.	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	7,5 mL	35	26-30-45	C	SI
Kaliumdichromat -Lösng. (5%ig)	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> *H <sub>2</sub> O	15 mL	45-46-60-61-8-21-25-26-34-42/43-48/23-50/53	53-45-60-61	O, T <sup>+</sup> , N	SI, weitere Angaben beachten
Ethanol (96%ig)	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	etwa 10 mL	11	16-2-7	F	SI
Silicagel (farblos)	(SiO <sub>2</sub> ) <sub>n</sub>	etwa 1/4 bis 1/3 des Reagenzglases	-	-	-	-

**Geräte und Materialien***Einfacher Alkoholtest*

Erlenmeyerkolben

Petrischale 2x

Filterpapier

Becherglas

Tiegelzange

Weißes Papier

*Erweiterter Alkoholtest*

Reagenzglas

Luftballon

Glaswolle

Silicagel

Einwegspritze mit Kanüle

## Versuchsaufbau



Abbildung 1: Einfacher Alkoholtest mit Kaliumdichromat-Lösung



Abbildung 2: Erweiterter Alkoholtest

## Durchführung und Beobachtung

### *Einfacher Alkoholtest*

15 mL 5%ige Kaliumdichromat-Lösung wurden in ein Becherglas gegeben und 7,5 mL Schwefelsäure (konz.) zugefügt. Es erfolgte eine Erwärmung des Ansatzes. Etwa 15 mL der Lösung wurden im Folgenden in eine Petrischale gegossen und diese auf einem weißen Blatt platziert (s. Abb. 3). Ein Filterpapier wurde in einer zweiten Petrischale in Ethanol getränkt, abtropfen gelassen und mit der Tiegeltzange nah über die Petrischale gehalten. Es erfolgte innerhalb einer Minute eine Verfärbung der Kaliumdichromat-Lösung ins Dunkelgrüne (s. Abb. 4).

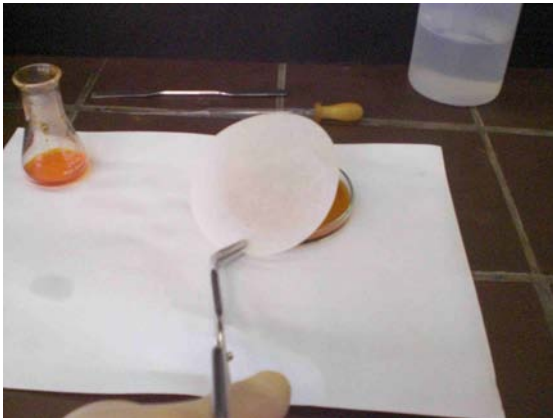


Abbildung 3



Abbildung 4

### *Erweiterter Alkoholtest*

In einem 2. Versuch wurde eine kleine Menge Silicagel in die restliche Kaliumdichromat-Lösung (etwa 7,5 mL) gegeben. Nach einer Einwirkungszeit von etwa 1 Stunde wurde das nun gelbliche Silicagel auf einem Filterpapier getrocknet. Im Anschluss wurde das Silicagel in ein Reagenzglas gegeben und ein Glaswolle-Pfropfen zur Abdichtung eingefügt (s. Abb. 2). Nun wurde das Reagenzglas kopfüber eingespannt und ein Luftballon über die Öffnung des Reagenzglas gestülpt. Etwa 5 mL Ethanol wurden nun mit einer Einwegspritze in den Ballon gespritzt. Ab und zu wurde das Reagenzglas in der Hand etwas schräg gehalten und dabei gedreht. Nach etwa 4 Minuten setzte eine langsam zunehmende Verfärbung des gelben Silicagels ins Grünliche ein, die nach etwa 20 Minuten die in Abb. 5 dargestellte Intensität erreichte.

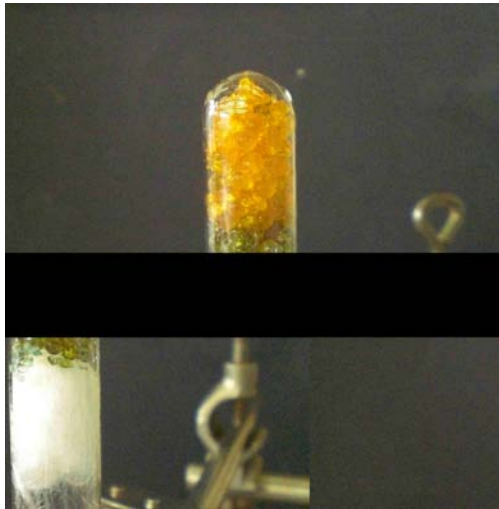


Abbildung 5

### Entsorgung

Die Lösungen wurden neutralisiert in die anorganischen Schwermetallabfälle gegeben. Das getrocknete Silicagel (getränkt mit Kaliumdichromat-Lösung) konnte im Festmüll entsorgt werden.

### Fachliche Analyse

Heutzutage werden bei polizeilichen Kontrollen elektronische Geräte zur Messung der Alkoholkonzentration im Atem verwendet. Aufgrund ihrer Genauigkeit werden sie heute den ursprünglich gebrauchten Kaliumdichromat-Teströhrchen vorgezogen. In den modernen Messgeräten findet eine elektrochemische Oxidation auf einem Katalysator statt. Die dabei registrierbaren elektrischen Ströme können im folgenden Schritt gemessen werden. Durch die hohe Genauigkeit erübrigt sich meistens eine Alkoholgehaltmessung durch eine Blutabnahme.

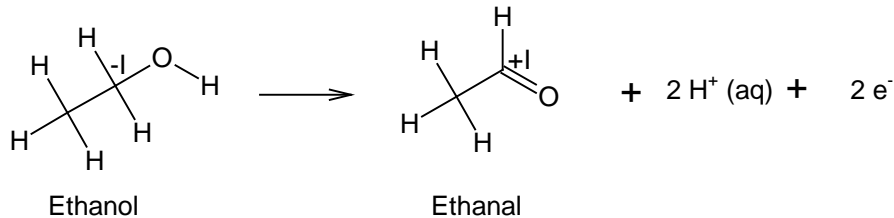
Der ursprüngliche 'Alco-Test' auf Basis des (Kalium)dichromates diente somit als Vorprobe, wodurch nach Unfällen bei Autofahrern ermittelt werden sollte, ob der rechtlich zugelassene Grenzwert der Alkoholkonzentration (im Blut) mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit überschritten wurde. Im Zweifelsfall musste eine anschließende Blutprobe ein detailliertes Ergebnis liefern.

Der Alkoholgehalt in der Atemluft lässt Rückschlüsse auf die Konzentration des im Blut enthaltenen Alkohols zu, da über den Blutkreislauf in die Lungenbläschen gelangter Alkohol in einem Verteilungsgleichgewicht zwischen Alveolarluft (Luft in den Lungenbläschen) und Blut steht.

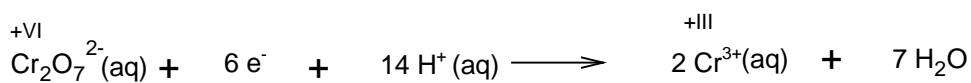
Das nachzuweisende Ethanol reagiert in einem zweistufigen Oxidationsprozess über Ethanal (Acetaldehyd) zu Ethansäure (Essigsäure).

In einem ersten Oxidationsschritt bildet sich Ethanal.

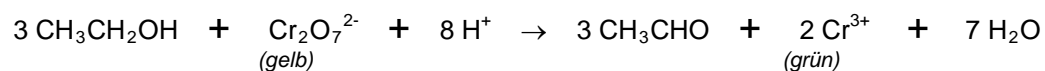
1. Oxidation:



1. Reduktion:

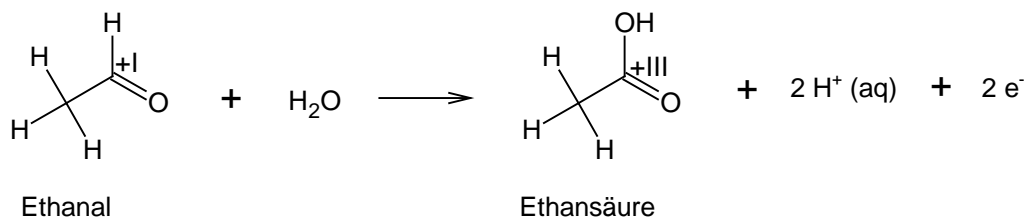


**Summe:**

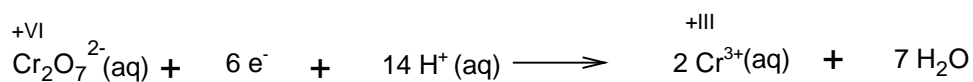


Im zweiten Reaktionschritt oxidiert das Ethanal zur Ethansäure.

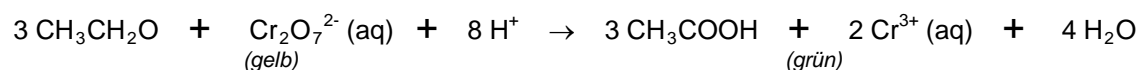
2. Oxidation



2. Reduktion

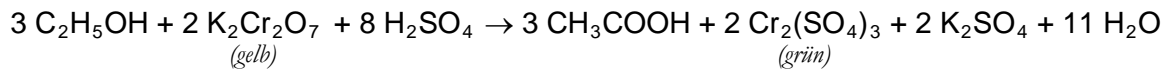


**Summe:**

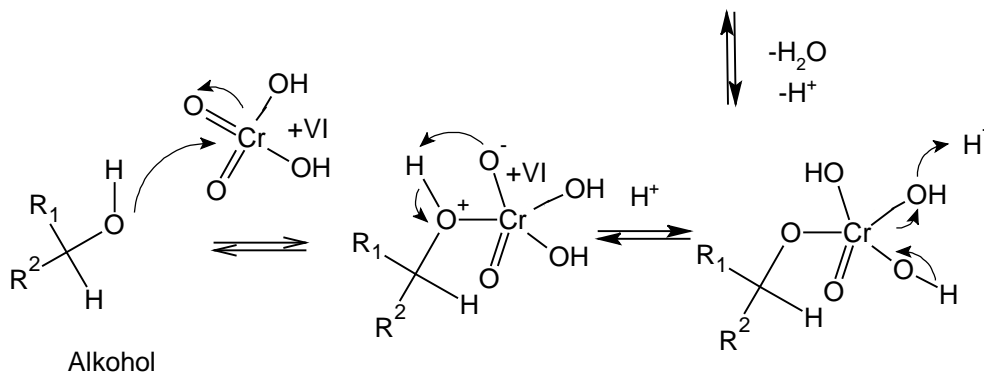
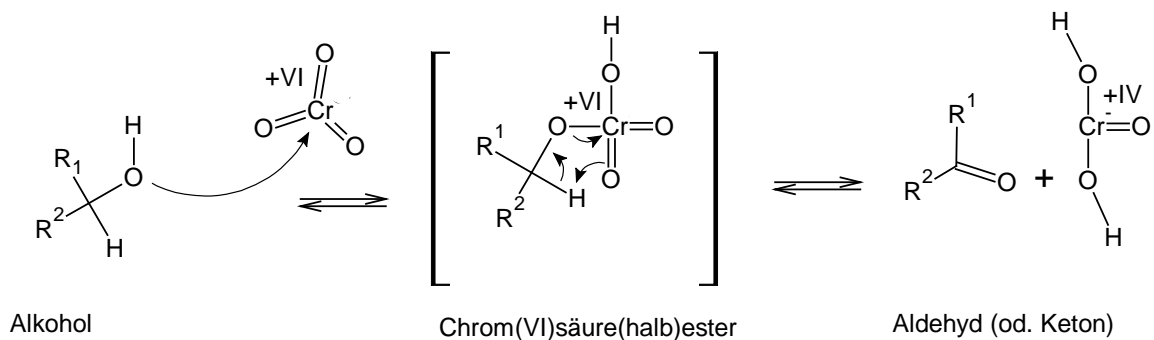


Als Oxidationsmittel fungiert während der Reaktion Kaliumdichromat, welches ausgehend von der gelb gefärbten Oxidationsstufe VI schließlich zum grün gefärbten Chrom(III) reduziert wird.

Die vollständige Redoxreaktion lautet:



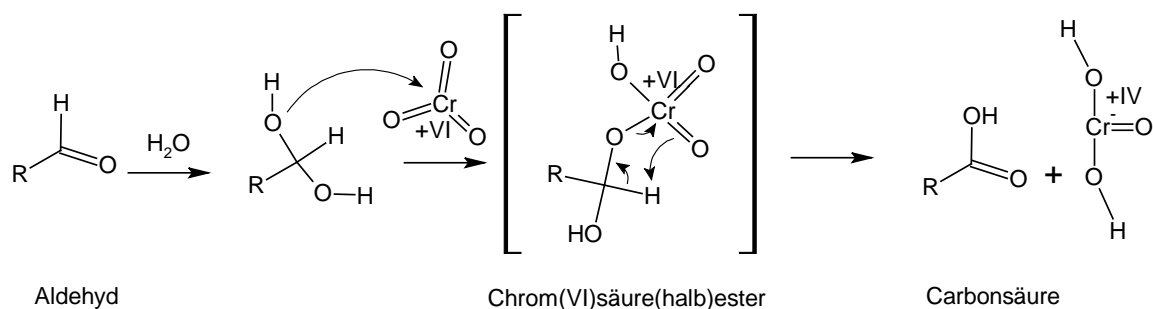
Der zugrunde liegende Reaktionsmechanismus soll kurz mit einer Chrom(VI)-Verbindung erläutert werden. Durch den nucleophilen Angriff eines Alkohols an eine Chrom(VI)-Verbindung<sup>1</sup> bildet sich ein Chrom(VI)säure(halb)ester, der vermutlich über einen cyclischen Übergangszustand und unter  $\beta$ -Eliminierung von Chrom(IV)säure zum Aldehyd (oder Keton)<sup>2</sup> übergeht (alternativ ist ebenfalls der Weg über die Chromsäure einschließlich Wasserabspaltung dargestellt).



Erst durch die nachfolgende Bildung eines Aldehydhydrates können Chrom(VI)-Verbindungen den Aldehyd angreifen – dadurch wird der Aldehyd praktisch als „Alkohol“ angegriffen und über den (Halb)ester zur entsprechenden Carbonsäure weiteroxidiert. Der Mechanismus ist dann vergleichbar mit der Oxidation des Alkohols.

<sup>1</sup> Im dargestellten Fall das Anhydrid der Chromsäure ( $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ) – das Chromtrioxid ( $\text{CrO}_3$ ).

<sup>2</sup> Im Falle des Ketons (auf Basis eines sekundären Alkohols) würde keine Weiterreaktion zur Carbonsäure erfolgen. Ketone werden nicht weiter zur Carbonsäure oxidiert.



Die Chrom(IV)-Verbindungen sind ebenfalls starke Oxidationsmittel, welche wiederum mit den Alkoholen umgesetzt werden können und zum dreiwertigen Chromoxid ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) reduziert werden. Eine Disproportionierung der Chrom(IV)-Verbindung in eine Chrom(III)- und eine Chrom(VI)-Verbindung ist auch möglich. Für die dreiwertige Oxidationsstufe ist die beobachtete grünliche Farbe charakteristisch.

Im ersten Versuch sollte der Schwerpunkt auf einer schnellen, optisch ansprechenden Durchführung liegen, die zugrunde liegende Reaktion wurde auf eine sehr einfache Art und Weise realisiert. Die Alkoholdämpfe des Filterpapiers bewirkten innerhalb einer Minute die entsprechende Verfärbung des Ansatzes in der Petrischale.

Im zweiten (erweiterten) Versuch sollte ein modifizierter Bau eines Alkoholtest-Röhrchens auf Tauglichkeit getestet werden. Im regulären Alkoholtest-Röhrchen befindet sich zwischen 2 Glaswolle-Pfropfen mit Dichromatschwefelsäure getränktes Silicagel. Beim Test wird durch das Röhrchen Atemluft in einen Kunststoffbeutel geblasen. Die durchströmende Luft bedingt eine entsprechende, farblich sichtbare Reaktion beim Vorhandensein von Alkohol in der Atemluft. In diesen Versuch wurde der Aufbau dahingehend modifiziert, dass die aus dem Ballon austretenden Alkoholdämpfe das Reagenzglas nicht durchströmen konnten (nur eine Öffnung!), sondern sich im Reagenzglas sammelten und schließlich eine langsam eintretende Farbveränderung des getränkten Silicagels verursachten.

### Methodisch-didaktische Analyse

Beide Versuche lassen sich in relativ kurzer Zeit realisieren. Der erste Versuch erfordert eine Vorbereitungszeit von lediglich 5 Minuten, er ist in 2 Minuten durchführbar und in 2 Minuten nachbereitet. Für den zweiten (erweiterten) Versuch sollte man für die Vorbereitung etwa 10 Minuten, für die Durchführung etwa 25 Minuten und die Nachbereitung etwa 5 Minuten

einplanen. Somit lassen sich beide Versuche problemlos in einer Schulstunde realisieren und an die zur Verfügung stehende Zeit flexibel anpassen.

Der Alkoholtest über Dichromat ist ein Standardversuch zur Oxidation von Alkoholen und nahezu in jedem Schullehrbuch zu finden. Im Rahmen der Einführung in die Organische Chemie in der 10. Jahrgangsstufe bietet sich eine Behandlung im Rahmen der Thematik der Alkohole an, ggf. aufgrund der entstehenden Zwischen- bzw. Endprodukte als Überleitung zu den Aldehyden (und Ketonen) sowie zu den Carbonsäuren. Zum grundlegenden Verständnis sollten die Kenntnisse über das Aufstellen von Redoxgleichungen aufbereitet bzw. rekapituliert werden. Da das Thema Alkohole auf die Schüler in diesem Alter ohnehin eine gewisse Faszination ausüben dürfte, kann in Kombination mit den Alkoholtests bei den Schülern sicherlich relativ leicht ein grundlegendes Interesse für das Themengebiet erzeugt werden.

In der Fachliteratur finden sich viele Variationen bezüglich des Versuchsablaufes und -aufbaus. So beschreiben einige Versuchsanleitungen eine wesentlich längere Einwirkungszeit des Silicagels in der Kaliumdichromat-Lösung, als in diesem Versuch durchgeführt. Dies scheint mir in Anbetracht der positiven Ergebnisse jedoch als unnötig.

Die Chemikalien sollten in jedem Schullabor vorhanden sein. Zieht man die Durchführung als Schülerversuch in Erwägung, sollte man jedoch das hohe Gefahrenpotential des Kaliumdichromates beachten, hier vorrangig erwähnenswert die potentiell cancerogene Wirkung der Dichromate. Vor allem sollte man nicht, wie einigen Schulbüchern beschrieben, die Schüler dazu verleiten, einen Selbsttest durch Einblasen von Atemluft in eine selbstgebaute Apparatur durchzuführen. Für einen derartigen Test kann über Apotheken (ggf. auch Polizei) ein originales Teströhrchen erstanden werden, das gleichzeitig auch als Vergleich zu den eigenen Versuchen herangezogen werden kann.

### ***Literatur***

Brückner R: Reaktionsmechanismen; 3. Auflage 2004 (2007), Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York

Christen HR: Grundlagen der organischen Chemie; 4. Auflage 1977, Sauerländer, Aarau; Diesterweg-Salle, Frankfurt a.M.

McMurry J: Organic Chemistry; 4. Auflage 1996, Brooks/Cole Publishing Company; Pacific Grove, CA, USA

Wollrab A: Organische Chemie; 2. Auflage 2002, Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York

*Idee aus:*

<http://www.axel-schunk.de/experiment/edm0607.html> ; Zugriff am 27.11.08

Blume et al.: Chemie für Gesamtschulen – Band 2 – NRW, 1. Auflage 2000, Cornelsen Verlag, Berlin, S. 226

*Weitere Quellen:*

Hessisches Gefahrstoffinformationssystem Schule; <http://www.hessgiss.de/> ; Version 2006/2007

Hessischer Lehrplan Chemie G8; unter <http://www.kultusministerium.hessen.de/> ; Zugriff am 15.12.08

<http://www.chids.de/dachs/experimente/006alkoholtester.pdf> ; Zugriff am 7.02.09