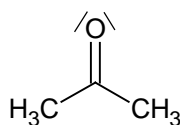


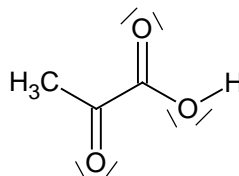
Gruppe 7 – vorgegebener Versuch

Verhalten von zwei Ketonen bei den Nachweisreaktionen

Reaktion/ Strukturformeln:



Aceton



Brenztraubensäure

Zeitbedarf:

Vorbereitung:	20 min
Versuchsdurchführung:	15 min
Nachbereitung	10 min

Chemikalien:

Chemikalien	Summenformel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbole	Schuleinsatz (HessGiss)
Aceton	CH ₃ COCH ₃	1 mL	11-36-66-67	9-16-26	F, Xi	S 1
Brenztraubensäure	C ₃ H ₄ O ₃	4 mL	34	26-36/37/39-45	C	S 1
Cernitrat-Reagenz	Cer(SO ₄) ₂ · aq HNO ₃	1 mL	34-36/38	23-26-36-45	Xi, C	S 1
BTB-Reagenz	C ₂₇ H ₂₇ Br ₂ NaO ₅ S NaOH C ₂ H ₅ OH	1 mL	11-35	7-16-26-22-24/25-37/39-45	C, F	S 1

Phenolphthalein-Lösung	C_2H_5OH $C_{20}H_{14}O$	wenige Tropfen	11	7-16	F	S 1
Natronlauge $c = 3 \text{ mol/L}$	NaOH	wenige Tropfen	35	26-37/39-45	C	S 1
DNPH-Reagenz	HCl $H_2NNHC_6H_4(NO_2)_2$	1 mL	2-22-34-37-36/38	26-35-45	C, T, E	Keine Schülerexperimente erlaubt
Fehling I	$CuSO_4 \cdot aq$	1 mL	-	-	-	S 1
Fehling II	KaNa-Tartrat	1 mL	35	26-27-37/39	C	S 1
Ethanol	C_2H_5OH	1 mL	11	7-16	F	S 1

Geräte und Materialien:

- 10 x Reagenzgläser
- Reagenzglasständer
- 3 x Bechergläser (1 x 500 mL, 2 x 50 mL)
- Magnetrührer mit Rührfisch
- 2 x Spritzen (2 mL) mit Kanüle
- 3 x Tropfpipette mit Pipettenhütchen
- Siedesteinchen

Versuchsaufbau:



Abb. 1.: verwendete Test-Lösungen



Abb. 2.: Wasserbad

Versuchsdurchführung:

In ein 50 mL Becherglas werden 1 mL Aceton und 24 mL Wasser gegeben. Das Becherglas wird mit „Probe-A“ beschriftet. In ein zweites 50 mL Becherglas gibt man etwa 4 mL Brenztraubensäure. Dieses Becherglas wird mit „Probe-B“ beschriftet.

- 1) Cernitrattest: 1 mL Cernitrat-Reagenz wird in ein Reagenzglas gegeben und mit 2 mL Wasser verdünnt. Dann werden 5 Tropfen der Prüfsubstanz zugesetzt. Es wird gut geschüttelt.
- 2) BTB-Test: 1 mL BTB-Reagenz wird mit 1 mL der Prüfsubstanz versetzt. Es wird gut geschüttelt.
- 3) Rojahntest: Zu 1 mL Ethanol werden 1 mL der Prüfsubstanz und 3 Tropfen Phenolphthalein-Reagenz gegeben. Dann wird tropfenweise unter Schütteln gerade so viel Natronlage zugefügt, bis auch nach gutem Schütteln eine bleibende Rosafärbung eintritt. Das Reagenzglas mit der Lösung wird nun in ein 40 °C warmes Wasserbad gestellt und nach jeder Minute gut geschüttelt. Es wird 5 min lang beobachtet, ob eine Entfärbung stattfindet.
- 4) DNPH-Test: Zu 1 mL DNPH-Reagenz wird 1 Tropfen Probe gegeben. Es wird gut geschüttelt.
- 5) Fehlingstest: 1 mL Fehling I, 1 mL Fehling II und 1 mL Probe werden vermischt und mit Siedesteinchen versetzt. Dann wird 5 min lang im siedenden Wasserbad erhitzt.

Beobachtungen:

- 1) Cernitrattest: Probe-A: Es war keine Veränderung zu beobachten. Auch nach Zugabe der Prüfsubstanz blieb die Test-Lösung gelb.
Probe-B: Nach Zugabe der Prüfsubstanz entfärbte sich die gelbe Test-Lösung unter Gasentwicklung.
- 2) BTB-Test: Probe-A: Es war keine Verfärbung wahrnehmbar. Auch nach Zugabe der Prüfsubstanz blieb die Test-Lösung blau.
Probe-B: Nach Zugabe der Prüfsubstanz verfärbte sich die blaue Test-Lösung gelb.
- 3) Rojahntest: Probe-A: Die Test-Lösung war violett gefärbt. Auch nach 5-minütigen Erhitzen der Lösung fand keine Entfärbung statt.

Probe-B: Die Test-Lösung war violett gefärbt. Auch nach 5-minütigen Erhitzen der Lösung fand keine Entfärbung statt.

4) DNPH-Test: Probe-A: Es lag eine gelbe, klare Test-Lösung vor. Nach Zugabe der Prüfsubstanz bildete sich ein gelber Niederschlag.

Probe-B: Es lag eine gelbe, klare Test-Lösung vor. Nach Zugabe der Prüfsubstanz bildete sich ein gelber Niederschlag.

5) Fehlingstest: Probe-A: Die Test-Lösung begann beim Erhitzen im Wasserbad zu siedern. Es war kein Niederschlag beobachtbar. Auch nach dem Erhitzen war die Test-Lösung dunkelblau gefärbt und klar.

Probe-B: Die Test-Lösung begann beim Erhitzen im Wasserbad zu siedern. Es war kein Niederschlag beobachtbar. Auch nach dem Erhitzen war die Test-Lösung dunkelblau gefärbt und klar.

Entsorgung:

Alle Flüssigkeiten wurden in einem Becherglas gesammelt, neutralisiert und in den Sammelbehälter für organische Lösungsmittel gegeben.

Fachliche Analyse:

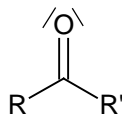
Bei komplexen Reaktionsfolgen einer chemischen Synthese kann es häufig zu unüberschaubaren Produktgemischen kommen. Neben den gewünschten Hauptprodukten kann eine große Anzahl an Nebenprodukten auftreten. Die genaue Vorhersage um welche Stoffe bzw. Stoffgruppen es sich bei diesen Nebenprodukten handelt ist oft sehr mühsam und in einigen Fällen nicht möglich. Um dennoch Aussagen über die Qualitative Zusammensetzung eines Gemisches an unbekanntem Substanzen treffen zu können, bedarf es stoffgruppenspezifischer Testverfahren.

Um eine Substanz bzw. eine Substanzgruppe (z. B. die Gruppe der Alkohole) qualitativ nachweisen zu können benötigt man Kenntnis über eine Reaktion, deren Reagenzien selektiv mit einer Substanzgruppe reagieren. Dabei werden häufig Reaktionen gesucht, welche durch Farbumschlag oder durch Ausfällen eines schwerlöslichen Stoffes die Anwesenheit einer Substanz anzeigen. Erst das selektive Ablaufen der Reaktion mit dieser Substanz bzw. Vertretern der Substanzgruppe machen eine Reaktion zu einer brauchbaren Nachweisreaktion.

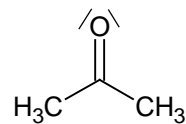
Für die qualitative Analyse einiger organischer Substanzgruppen eignen sich die folgenden Testverfahren:

Testverfahren	Gruppentest auf:
Cernitratstest	Alkohole
Bromthymolblau-Test	Carbonsäuren
Rojahntest	Ester
DNPH-Test (Dinitrophenylhydrazin-Test)	Aldehyde und Ketone
Fehling-Test	Aldehyde

In der zu untersuchenden Probe-A lag ein Aceton-Wasser-Gemisch vor. Im Falle des Acetons handelt es sich um ein Keton.



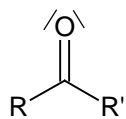
Keton



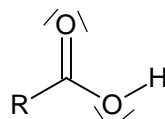
Aceton

Ein Keton besteht immer aus einer Carbonylgruppe, an deren C-Atom zwei organische Reste (R und R') gebunden sind. Aufgrund des +I Effekts der organischen Reste R und R' wird Elektronendichte auf das Carbonyl-Kohlenstoff-Atom übertragen. Dies hat zur Folge, dass ein Keton weniger elektrophil und damit weniger reaktiv als z. B. ein Aldehyd oder eine Carbonsäure ist.

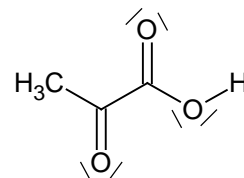
Probe-B enthielt Brenztraubensäure. Dieses Molekül trägt sowohl eine Keto- als auch eine Carbonsäure-Gruppe.



Keton



Carbonsäure



Brenztraubensäure

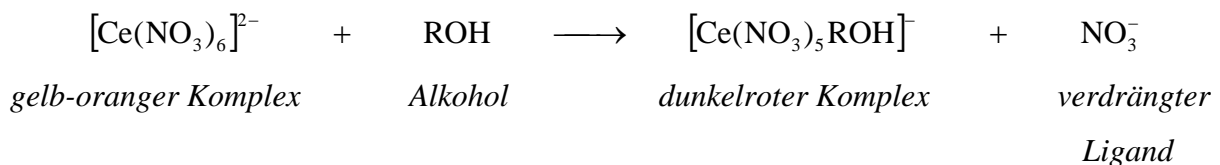
Eine Carbonsäure besteht aus einer Carbonylgruppe, an deren C-Atom ein organischer Rest R und eine Hydroxy-Gruppe gebunden sind. Aufgrund des -I-Effekts der Hydroxy-Gruppe wird zusätzlich Elektronendichte des Carbonyl-Kohlenstoff-Atoms abgezogen, so dass dieses C-Atom ein sehr starkes Elektrophil ist. Damit ist eine Carbonsäure reaktiver als z. B. ein Keton oder ein Aldehyd. Im Falle der Brenztraubensäure ist das Carbonyl-Kohlenstoff-Atom der

Carbonsäure zusätzlich aktiviert, da sich eine weitere Keto-Gruppe in direkter Nachbarschaft befindet.

Die unterschiedlichen Reaktivitäten der jeweiligen funktionellen Gruppen werden bei den einzelnen Testreaktionen ausgenutzt. Im Folgenden wird nun auf die Funktionsweise der einzelnen Testverfahren eingegangen. Zudem werden die Versuchsergebnisse ausgewertet.

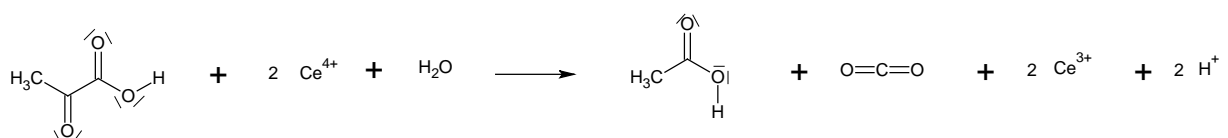
Cernitrattest:

Das Reagenz des Cernitrattests besteht aus Ammoniumcernitrat in verdünnter Salpetersäure. Cer ist das einzige Lanthanoid, das im vierwertigen Zustand in wässriger Lösung existiert. Das Reagenz wird bei Raumtemperatur eingesetzt und bildet einen gelb-orangen Komplex. Bei positivem Testausfall erfolgt die Umfärbung der Lösung nach dunkelrot. Ein positiver Testausfall lässt auf Alkohole oder auf Stoffe schließen, die im Zuge der Testdurchführung Alkoholmoleküle freisetzen. Die Farbreaktion beruht auf einer Ligandenaustausch-Reaktion die sich wie folgt formulieren lässt. Dabei steht das „R“ für einen beliebigen organischen Rest:



Ein Teil der Liganden kann auch durch weitere Alkoholmoleküle ausgetauscht werden. Dabei wird die Oxidationsstufe des Ce(IV) nicht verändert. Der Ligandenaustausch ist selektiv und findet ausschließlich mit Molekülen, die eine Alkoholgruppe tragen statt. Liegen in der zu untersuchenden Probe keine Alkohole vor, so kann keine Verfärbung nach Rot stattfinden.

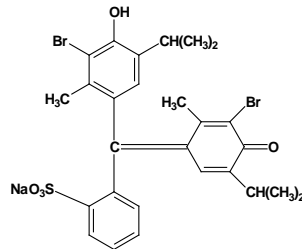
Da in der untersuchten Probe A keine Verfärbung nach dunkelrot stattgefunden hat, kann daraus geschlossen werden, dass keine Alkohole in der Probe enthalten waren. Probe B wies eine Entfärbung sowie die Bildung kleiner Gasbläschen auf. Da keine Rotfärbung zu beobachten war, kann die Anwesenheit von Molekülen mit Alkoholgruppe ebenfalls ausgeschlossen werden. Die Entfärbung und Gasbildung ist auf eine oxidative Decarboxylierung zurückzuführen. Dabei wirkt das orangegelbe Ce(IV) als starkes Oxidationsmittel, welches selbst zum farblosen Ce(III) reduziert wird. Das C-Atom der Keto-Gruppe der Brenztraubensäure fungiert als Reduktionsmittel. Das betroffene Kohlenstoffatom wird dabei von Oxidationsstufe II auf Oxidationsstufe IV oxidiert und zu Kohlenstoffdioxid umgesetzt. Die Reaktionsgleichung kann wie folgt formuliert werden.



Der genaue Reaktionsmechanismus ist nicht bekannt.

Bromthymolblau-Test:

Bromthymolblau (BTB) ist ein Farbstoff, der in Abhängigkeit des pH-Wertes seine Farbe verändert. Damit kann er als pH-Indikator eingesetzt werden.



Bromthymolblau

Setzt man BTB einer Lösung zu, deren pH-Wert $> 7,6$ ist, so färbt es die Lösung blau. Im sauren Milieu mit einem pH-Wert $< 6,0$ färbt es die Lösung gelb. Der Umschlagbereich des Indikators liegt damit bei 6,0 bis 7,6.

Den pH-Wert der Testlösung stellt man mit Hilfe von NaOH leicht basisch ein. Im basischen Milieu liegt das Indikator-Molekül in dissoziierter Form vor und färbt die Lösung blau.



Tropft man diese Indikator-Lösung zu einer sauren Lösung hinzu, so wird das Dissoziationsgleichgewicht auf die linke Seite gedrückt. Ein Proton lagert sich am Indikator-Molekül an. Es kommt zu einer Neuverteilung der Elektronendichte der π -Elektronen, so dass der Indikator die Lösung gelb färbt.

Carbonsäuren sorgen auf Grund von Deprotonierung für einen niedrigen pH-Wert. Damit ist die oben beschriebene Indikator-Lösung in der Lage die Anwesenheit von Carbonsäuren anzuzeigen.

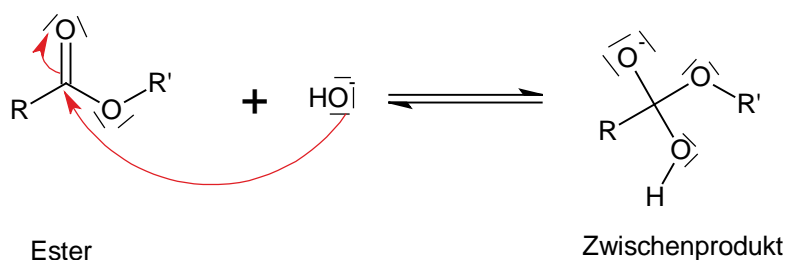
Bei Zugabe von Probe A zur Testlösung war keine Farbveränderung zu beobachten. Aceton ist ein stabiles Molekül, welches nur sehr schwer Protonen abgibt. Auch nach Zugabe des Acetons lag der Indikator damit ausschließlich in der dissoziierten Form vor und färbte die Gesamtlösung blau.

Nach Zugabe der Probe B war ein Farbumschlag von blau nach gelb zu beobachten, da es sich bei der Brenztraubensäure um eine Carbonsäure handelt. Damit wurde die Carbonsäure-Gruppe der Substanz in Probe B eindeutig identifiziert.

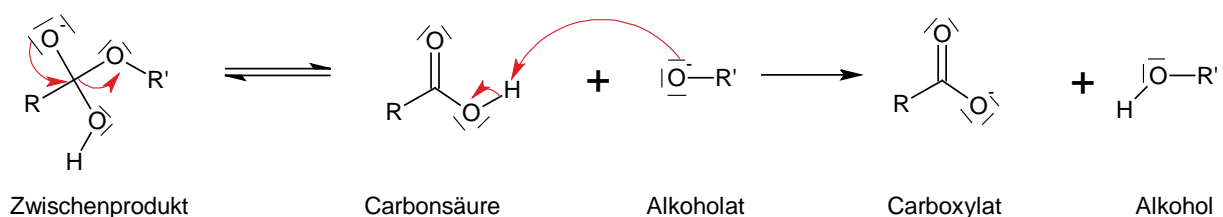
Rojahntest:

Bei diesem Test handelt es sich um einen Gruppentest auf Carbonsäureester. Zu der Prüfsubstanz wird reines Ethanol, sowie wenige Tropfen des pH-Indikators Phenolphthalein gegeben. Anschließend wird gerade soviel Natronlauge zugetropft, bis der Indikator die Lösung violett färbt. Zum Schluss wird das Gemisch in einem 40 °C warmen Wasserbad erhitzt. Entfärbt sich die Lösung, so sind Carbonsäureester in der Prüfsubstanz enthalten.

Die Reaktionsbedingungen dieses Tests entsprechen den Reaktionsbedingungen einer baseinduzierten Esterhydrolyse. Die Reaktion verläuft nach einem Additions-Eliminierungs-Mechanismus. Liegt ein Ester in der Analysesubstanz vor, so greift ein freies Elektronenpaar eines Hydroxid-Ions am C-Atom des Carbonsäureesters an. Dieses C-Atom ist wie oben beschrieben besonders elektrophil.



Das gebildete Zwischenprodukt ähnelt einem Halbacetal und ist nicht sehr stabil. Im folgenden Reaktionsschritt wird das O-Atom, das den Rest R' trägt unter Mitnahme der Bindungselektronen eliminiert. Dabei werden eine Carbonsäure und ein Alkoholat gebildet. Bis zu diesem Punkt finden ausschließlich Gleichgewichtsreaktionen statt. Im letzten Reaktionsschritt wird das H-Atom der Carbonsäure deprotoniert und vom Alkoholat abgefangen. Die Bildung des Carboxylat-Ions und des Alkohols sind unter den gegebenen Reaktionsbedingungen irreversibel.



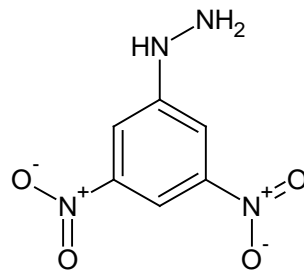
Da die Reaktion endotherm ist, muss Energie in Form von Wärme zugeführt werden. Dies geschieht mit Hilfe eines 40 °C warmen Wasserbades. Aufgrund der Irreversibilität der Gesamtreaktion werden quantitativ OH⁻-Ionen umgesetzt. Dadurch verändert sich der pH-Wert bei fortschreitender Reaktion.

Der verwendete Indikator Phenolphthalein ist im basischen Milieu bei pH-Werten > 10 rot gefärbt. Sein Umschlagbereich liegt bei pH = 8,3 bis 10. In Lösungen mit pH-Werten < 8,3, das heißt in leicht basischen bis sauren Milieu ist er farblos.

Die beschriebene Reaktion findet selektiv mit Carbonsäureestern statt und eignet sich damit als Ester Nachweis. Weder das Aceton der Probe A, noch die Brenztraubensäure der Probe B können Reaktionen eingehen, bei denen die vorliegenden Hydroxid-Ionen quantitativ gebunden werden oder der pH-Wert auf andere Weise vom basischen hin zum sauren verändert wird. Somit blieben die untersuchten Lösungen auch nach über 5 min im Wasserbad violett bzw. rosa gefärbt. Es kann eindeutig geschlossen werden, dass bei den Testsubstanzen keine Esterverbindungen vorlagen.

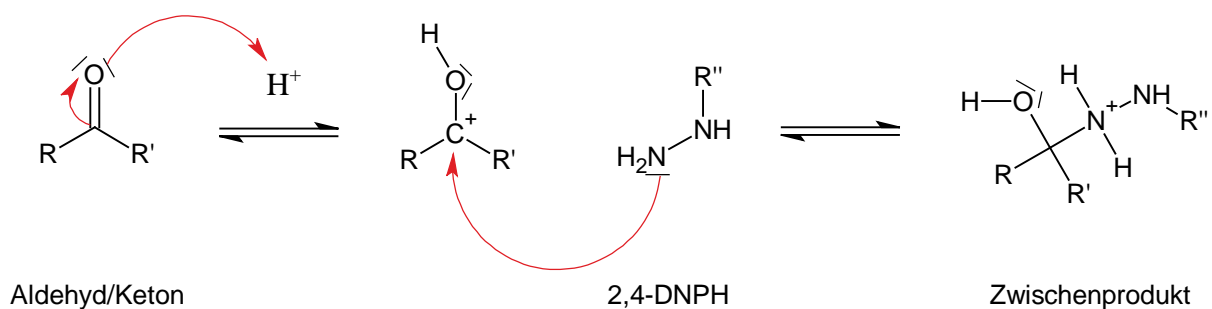
DNP-Test:

Zum Nachweis flüssiger Ketone und Aldehyde wird das Reagenz 2,4-Dinitrophenylhydrazin (2,4-DNPH) verwendet.

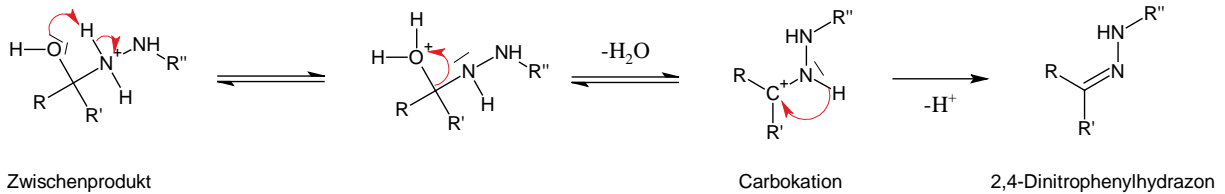


Dinitrophenylhydrazin

Sind in der Prüfsubstanz Aldehyde oder Ketone enthalten, so reagieren diese in einer Kondensationsreaktion. Neben einem Wassermolekül wird dabei das schwerlösliche 2,4-Dinitrophenylhydrazon gebildet, welches als gelblicher Niederschlag ausfällt. Um die Aldehyd- bzw. Keto-Gruppe zu aktivieren, enthält die Testsubstanz eine katalytische Menge an Säure. Das Carbonyl-Sauerstoff-Atom wird protoniert und aktiviert damit das Carbonyl-Kohlenstoff-Atom. Nun greift das freie Elektronenpaar des endständigen Stickstoffatoms an dem aktivierten C-Atom an und bildet damit ein Zwischenprodukt. Im dargestellten Mechanismus kann R' sowohl für ein H-Atom, als auch für einen organischen Rest stehen. Der Einfachheit halber wird das 2,4-DNPH verkürzt dargestellt. Dabei wird der für den Mechanismus nicht relevante Molekülteil mit einem R'' abgekürzt.



Am einfach positiv geladenen Stickstoffatom wird nun eines der H-Atome deprotoniert und von einem der freien Elektronenpaare des Sauerstoffatoms der Hydroxy-Gruppe abgefangen. Dadurch wird ein Wassermolekül vorgebildet und kann als Abgangsgruppe aus dem Molekül austreten. Es entsteht ein Carbokation. Jetzt wird auch das zweite H-Atom des N-Atoms, das zum positiv geladenen C-Atom benachbart ist unter Generierung einer Doppelbindung deprotoniert. Damit ist auch das katalysierende Proton wieder regeneriert.

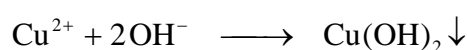


Bei den betrachteten Reaktionsschritten handelt es sich um Gleichgewichtsreaktionen. Das gebildete 2,4-Dinitrophenylhydrazon ist schwerlöslich und kristallisiert unmittelbar nach der Bildung aus. Damit wird es dem Gleichgewicht als Festkörper entzogen und das Gleichgewicht damit auf die Produktseite verschoben. Diese Reaktion findet selektiv mit Aldehyden und Ketonen statt, sie ist aber nicht selektiv genug um diese beiden Gruppen voneinander zu unterscheiden.

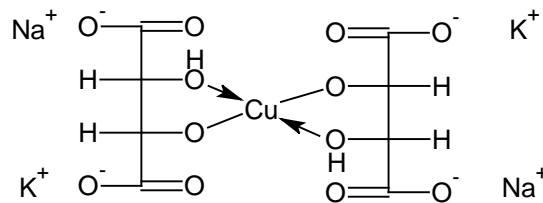
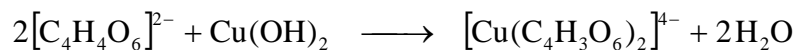
Da die Probe A mit dem Aceton ein Keton enthielt, fiel das schwerlösliche Hydrazon als gelblicher Niederschlag aus. Ebenso verfügt die Brenztraubensäure über eine Keto-Gruppe, sodass auch bei Probe B ein gelblicher Niederschlag beobachtbar war. Damit fiel der Test bei beiden Proben positiv aus.

Fehling-Test:

Als klassischen Nachweis von Aldehyden wird häufig der Fehling-Test (oft auch Fehling-Probe genannt) durchgeführt. Dieser Test macht sich die leichte Oxidierbarkeit von Aldehyden zur Carbonsäure zunutze. Zur Prüfsubstanz werden jeweils ein Äquivalent der Reagenzien Fehling I und Fehling II gegeben. Beim Fehling I handelt es sich um eine Kupfer(II)-Sulfat-Lösung. Sie liefert die Kupfer(II)-Ionen, welche als Oxidationsmittel wirken. Das Fehling II enthält eine alkalische Kalium-Natrium-Tartrat Lösung. Die Lösungen werden erst bei Gebrauch zusammengegeben, da sich das Gemisch nicht lange lagern lässt. Gibt man beide Lösungen zusammen, so bilden die Cu(II)-Ionen mit dem Tartrat einen Komplex, welcher die Lösung dunkelblau färbt. Ohne die Verwendung des „Seignettesalzes“ (Salze der Weinsäure) würden die Kupfer(II)-Ionen als flockiges, voluminöses, hellblaues Kupfer(II)-hydroxid gefällt werden.

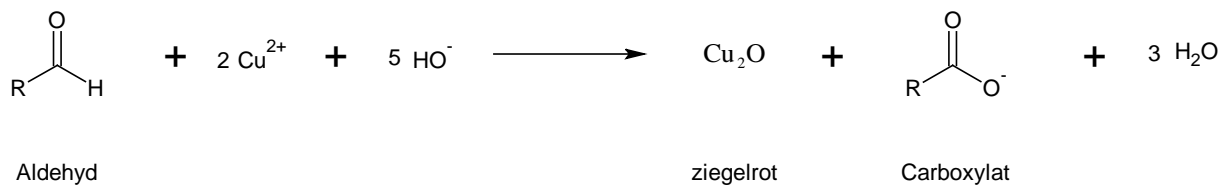


Durch Anwesenheit des Tartrats bilden die Kupfer(II)-Ionen einen tiefblauen Tartrat-Komplex, der quadratisch koordiniert ist und die Kupfer(II)-Ionen von den Hydroxid-Ionen „abschirmt“.



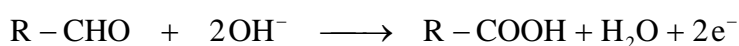
Kupfer-Tartrat-Komplex

Enthält die Prüfsubstanz ein Aldehyd, so wird dieses durch die Kupfer(II)-Ionen zur Carbonsäure oxidiert, während das Cu(II) zu Cu(I) reduziert wird. Die Gesamtgleichung der Redoxreaktion kann wie folgt gefasst werden:

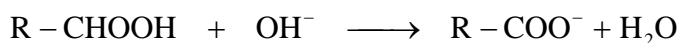


Formal kann diese Gesamtgleichung in eine Oxidations- und eine Reduktionsreaktion gegliedert werden.

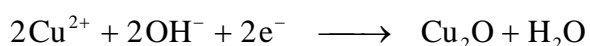
Oxidationsreaktion:



Da die Reaktion im Alkalischen stattfindet, wird das Proton der gebildeten Carbonsäure von einem Hydroxid-Ion abgefangen und das Carboxylat gebildet.



Reduktionsreaktion:



Da es sich bei dieser Reaktion um eine endotherme Reaktion handelt, wird Energie in Form von Wärme zugeführt. Dies geschieht in der Regel über ein Wasserbad. Nachdem das Cu(II)

zu Cu(I) reduziert wurde, bildet sich zunächst ein gelber Niederschlag von Kupfer(I)-oxid (Cu_2O), der beim Erwärmen in gröberkristallines rotes Kupfer(I)-oxid übergeht.

Die Oxidationskraft der Cu(II)-Ionen ist nicht groß genug, um auch Ketone zur Carbonsäure zu oxidieren. Damit eignet sich der Fehling-Test zu einer Differenzierung der Ketone und Aldehyde.

Da die Probe A mit dem Aceton ein Keton enthielt, konnte dieses nicht oxidiert werden. Somit bildete sich auch kein roter Niederschlag. Probe B enthielt mit der Brenztraubensäure ein Molekül, das ebenfalls keine Aldehyd-Gruppe besitzt und damit auch nicht oxidiert werden konnte. Damit kann gefolgert werden, dass es sich bei beiden Molekülen nicht um Aldehyde handelte.

Unter Berücksichtigung aller Testergebnisse lässt sich schließen, dass es sich bei Probe A um ein Keton, bei Probe B um ein Molekül mit Keto- und Carbonsäure-Gruppe handelt.

Methodisch-didaktische Analyse:

1. Einordnung

Der Versuch kann wie folgt in die Themengebiete des hessischen Lehrplans (G8) eingebettet werden.

Jahrgangsstufe u. Unterrichtseinheit	Themengebiet
11G.1	<u>Carbonylverbindungen</u> : Strukturmerkmal der Aldehyd-Gruppe; Eigenschaften und Verwendung von Methanal und Ethanal; Nachweis der reduzierenden Wirkung der Aldehyd-Gruppe; Ketone.
11G.1	<u>Alkansäuren und ihre Derivate</u> : Homologe Reihe und ausgewählte Eigenschaften von Monocarbonsäuren; Salze, Ester und ihre Bedeutung (Fruchtessenzen und Lösungsmittel) Reaktionstyp und Mechanismus der Esterbildung und -verseifung; Derivate der Monocarbonsäuren (Hydroxy- und Aminosäuren).
11G.2	<u>Identifizierung von Kohlenstoffverbindungen</u> : Qualitative und quantitative Nachweisverfahren für funktionelle Gruppen; Chemische Analyseverfahren zur Ermittlung der Summenformel und der Konstitutionsformel.

2. Aufwand

Alle Geräte und Materialien zählen zur Standardausstattung einer Chemie Sammlung. Es wird eine große Zahl an unterschiedlichen Nachweis-Reagenzien benötigt. Da diese Reagenzien aber nur in sehr kleinen Mengen benötigt werden, können nach ihrer Anschaffung sehr viele Versuchsreihen durchgeführt werden. Relativ betrachtet sind die Kosten für eine einzelne Versuchsreihe damit gering. Sind die einzelnen Test-Reagenzien einmal angesetzt, so sinkt die Vorbereitungszeit dieses Versuchs erheblich. Bei bereits vorbereiteten Test-Reagenzien ist der Versuch innerhalb einer Schulstunde durchführbar. Besser ist jedoch die Durchführung in einer Doppelstunde aufgrund der großen Anzahl an Einzelversuchen. Insgesamt ist der Versuch damit gut für die Schule geeignet.

3. Durchführung

Alle Effekte der einzelnen Nachweisreaktionen sind gut aus der Nähe erkennbar. Ist der Versuch als Demonstrationsversuch geplant, so sollte beachtet werden, dass die Schüler sehr nah an das Geschehen herantreten müssen um die gewünschten Effekte wahrzunehmen. Die Nachweisreaktionen funktionieren sehr zuverlässig. Nach HessGiss ist der DNPH-Test nicht als Schülerversuch zugelassen. Alle übrigen Nachweise sind nach HessGiss als Schülerversuche ab der Sekundarstufe I freigegeben.

Literatur:

- Versuchsvorschrift aus: **Praxis der Naturwissenschaften**, 7/47, S. 10-11.
- K. P. C. Vollhardt, N. E. Schore, **Organische Chemie, Dritte Auflage**, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2000.
- A. F. Holleman, E. Wiberg, N. Wiberg, **Lehrbuch der Anorganischen Chemie, 102. Auflage**, Walter de Gruyter & Co., Berlin, 2007.
- Charles E. Mortimer, Ulrich Müller, **Chemie, das Basiswissen der Chemie**, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2003.
- Reinhard Brückner, **Reaktionsmechanismen, 3. Auflage**, Elsevier GmbH, München, 2004.
- **HessGiss-Datenbank**, V 11.0 – 2006/2007.
- www.dguv.de, **GESTIS-Stoffdatenbank**, 2009, Zugriff: 08.06.09.
- **Lehrplan Chemie, Gymnasialer Bildungsgang, Jahrgangsstufen 7G bis 12G**, Hessisches Kultusministerium 2008.
- Günther Harsch, Rebekka Heimann, **Didaktik der organischen Chemie nach dem PIN Konzept, Vom Ordnen der Phänomen zum vernetzten Denken**, Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 1998.