

EXPERIMENTALHEFT
für Lehrer
Schauvorlesung
TU Bergakademie Freiberg

2. Auflage



Impressum

Diese Anleitung wurde von der Initiative Schauvorlesung der Fakultät für Chemie und Physik der TU Bergakademie Freiberg erstellt.

© Dieses Werk ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

2., aktualisierte und erweiterte Auflage 2023

Druck, Bindung und Verarbeitung: Medienzentrum der TU Bergakademie Freiberg

Autor, Redaktion, Satz, Gestaltung (inklusive Umschlaggestaltung), Texte: Initiative Schauvorlesung der Fakultät für Chemie und Physik der TU Bergakademie Freiberg, <https://tu-freiberg.de/fakultaet-fuer-chemie-und-physik/schueler-und-lehrer/schauvorlesung>

Herausgeber: Prof. Dr. Gero Frisch; Initiative Schauvorlesung der Fakultät für Chemie und Physik der TU Bergakademie Freiberg

Gefahrstoffdaten: GESTIS-Stoffdatenbank, <http://www.dguv.de/ifa/stoffdatenbank/>

Printed and bound in Germany 2023

Haftungsausschluss

Die Durchführung der folgenden Versuche erfolgt unter eigener Verantwortung und nur mit ausreichendem chemischen Wissen und geeigneten Schutzvorrichtungen! Personen, die diese Versuche durchführen oder anleiten, müssen eine Ausbildung abgeschlossen haben, die sie zum eigenständigen Experimentieren in chemischen Laboratorien befähigt. Die Bestimmungen, Regeln, Gesetze und Verordnungen für Gefahrstoffe, Spreng- bzw. Explosivstoffe und Chemikalien sind einzuhalten! Die Artikel, Dokumente, Versuchsanleitungen, H-, EUH- und P-Sätze haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Es besteht keine Gewährleistung auf Richtigkeit der Angaben! Diese wurden nach bestem Wissen und Gewissen erstellt. Die Autoren, sowie die TU Bergakademie Freiberg, können für jegliche Personen- und Sachschäden durch mögliche Fehlversuche nicht haftbar gemacht werden.

Erklärung der Symbole:

- niedriger Schwierigkeitsgrad
- mittlerer Schwierigkeitsgrad
- hoher Schwierigkeitsgrad



Schülerexperiment



Lehrerexperiment

Dieses Heft finden Sie auch als Download auf unserer Website:

<https://tu-freiberg.de/fakultaet-fuer-chemie-und-physik/schueler-und-lehrer/schauvorlesung>



EXPERIMENTALHEFT
für Lehrer
SCHAUVORLESUNG TU BA FREIBERG

2., aktualisierte und erweiterte Auflage



Inhaltsverzeichnis

I. Bezauberndes Bunt	1
1. Blue Bottle ●	2
2. Chemische Ampel ●	5
3. Grünes Gras - Rotes Gras? ●	8
4. Geheimtinte/Kunstblut ●	11
5. Chemisches Bierbrauen ●	13
6. Chemische Wein-/Sekt-Herstellung ●●	16
7. Sonnenuntergangsreaktion ●	19
8. Rosaroter Panther ●●	21
II. Furiöses Feuerwerk	23
1. Bengalisches Feuer ●●	24
2. Knallpulver ●●	28
3. Mehlstaubexplosion mit Lycopodium ●●●	31
4. Schäumendes Knallgas ●●●	33
5. Titanfontänen ●●●	36
6. Rauchende Verpuffung mit Schwefel ●	39
7. Selbstentzündliche Holzspäne ●	42
8. Violetter Rauch aus dem Iod-Vulkan ●●	44
III. Schöner Schein	46
1. Blitze unter Wasser ●●	47
2. Chemolumineszenz mit Luminol ●●●	50
3. Brennendes Papier ●	54
4. Magnesium-Brand in Trockeneis ●●●	57
5. Chemisches Glühwürmchen ●	59
6. Auflösen von Papier in Schwefelsäure ●	61
7. Versilbern von Glas ●●	63
8. Verbrennung von rotem Phosphor in reinem Sauerstoff ●	67

9. Chemischer Weihnachtsbaum ●	70
IV. Voluminöse Veränderung	72
1. Chemischer Garten ●●	73
2. Elefantenzahnpasta ●●	78
3. Entwässerung von Zucker ●	80
4. Ammoniak-Springbrunnen ●●●	82
5. Limonen-Extraktion ●●	85



Bezauberndes Bunt



1. Blue Bottle ●

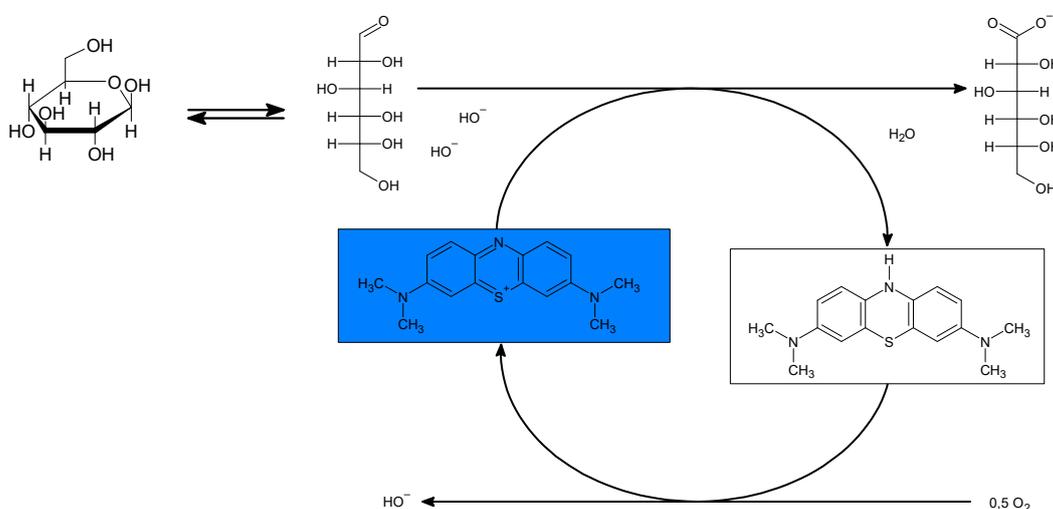
1.1. Einführung

Mit diesem Experiment werden Eigenschaften von Redoxsystemen am Beispiel des organischen Farbstoffs Methylenblau veranschaulicht. Konjugierte Bindungssysteme, in denen sich Elektronen frei bewegen und angeregt werden können, sorgen für die Farberscheinungen. Durch Reduktion und Oxidation lässt sich die Struktur des Farbstoffs verändern. Dies hat eine Farbänderung zur Folge. Diese Anleitung orientiert sich an den Literaturstellen^{1,2,3,4,5,6}.

1.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Zur Durchführung des Versuchs sind keine besonderen Vorkehrungen notwendig.

1.3. Reaktionsgleichungen



1.4. Chemikalien & Geräte

1.4.1. Chemikalien



Natriumhydroxid

Gefahr

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P301 + P330 + P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P308 + P310: BEI Exposition oder falls betroffen: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

¹Organische Chemie, 1. Aufl., 2. Dr., (Hrsg.: M. Just, E. Just, O. Kownatzki, H. Keune), Volk und Wissen, Berlin, 2009.

²G. Wagner, Chemie in faszinierenden Experimenten, 9., unveränd. Aufl., Aulis-Verl. Deubner, Köln, 1997.

³F. R. Kreissl, O. Krätz, Feuer und Flamme, Schall und Rauch, Schauexperimente und Chemiehistorisches, 2. Aufl., WILEY-VCH, Weinheim, 2008.

⁴H. W. Roesky, K. Möckel, Chemische Kabinettstücke, Spektakuläre Experimente und geistreiche Zitate, VCH, Weinheim, 1994.

⁵H. W. Roesky, Glanzlichter chemischer Experimentierkunst, WILEY-VCH, Weinheim, 2006.

⁶H. Brandl, Trickkiste Chemie, 1. Aufl., Bayerischer Schulbuch-Verl., München, 1998.

Glucose (kein Gefahrstoff nach GHS)



Methylenblau

Achtung

H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.

P301 + P312: BEI VERSCHLUCKEN: Bei Unwohlsein GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

1.4.2. Geräte

- 1 500 mL-Schottflasche
- 1 50 mL-Schottflasche
- 1 500 mL-Messzylinder
- 1 25 mL-Messzylinder
- 1 Rührfisch
- 1 Rührfischangel
- 1 Rührplatte
- 3 Spatel
- 3 Wägeschälchen
- Chemikalienwaage

1.5. Vorbereitung

Es sind 40 g Glucose, 6 g Natriumhydroxid und 50 mg Methylenblau abzuwiegen. In einer 500 mL-Schottflasche werden das Natriumhydroxid und die Glucose in 300 mL destilliertem Wasser durch Rühren auf der Rührplatte vollständig gelöst. Dabei ist eine Erwärmung der Lösung zu erwarten. Der Rührfisch wird anschließend mit der Rührfischangel entfernt.

Das Methylenblau wird in der kleinen Schottflasche in 50 mL destilliertem Wasser gelöst. Diese Lösung ist im Kühlschrank lange haltbar.

1.6. Durchführung

Der alkalischen Glucose-Lösung werden mit dem kleinen Messzylinder 20 mL der Methylenblau-Lösung zugegeben. Anschließend wird die Schottflasche verschlossen und die Lösung bleibt kurz stehen, bis sich die Farbe der Lösung von blau zu grün geändert hat. Danach wird kräftig geschüttelt.

1.7. Beobachtung

Die Lösung ist nach Zugabe des Farbstoffs Methylenblau zunächst dunkelblau gefärbt. Die Lösung entfärbt sich jedoch, wenn sie still stengelassen wird. Schüttelt man den Kolben, färbt sie sich erneut blau. Dieses Wechselspiel lässt sich (fast) beliebig oft wiederholen.

1.8. Erklärung

Das "Farbenspiel" in diesem Versuch wird durch den Farbstoff Methylenblau hervorgerufen. Dies wird im alkalischen Milieu durch die Glucose zu farblosem Leukomethylenblau reduziert. Durch die Reduktion werden Doppelbindungen im Methylenblau-Molekül aufgebrochen, was zu einer Veränderung des π -Elektronen-Systems führt, wodurch sich die Farbe der Lösung ändert.

Beim Schütteln diffundiert Luftsauerstoff in die Lösung und oxidiert das farblose Leukomethylenblau wieder zu blauem Methylenblau. Das Methylenblau kann dann erneut durch überschüssige Glucose reduziert werden. Das Redoxsystem besteht, solange Glucose als Elektronendonator und Sauerstoff als Elektronenakzeptor in der Lösung vorhanden sind. Wenn beim Schütteln also keine Blaufärbung mehr zu beobachten ist, sollte der Deckel der Schottflasche kurz geöffnet werden, dass Luftsauerstoff in die Flasche eindringen kann.

1.9. Entsorgung

Die Lösung kann über den Abfluss entsorgt werden.



2. Chemische Ampel ●

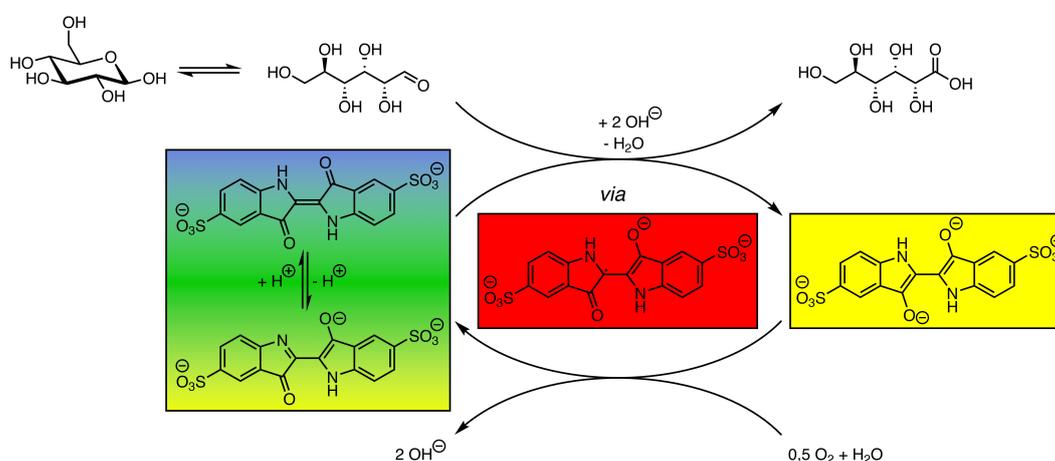
2.1. Einführung

In diesem Experiment werden Eigenschaften von Redoxsystemen am Beispiel des organischen Farbstoffs Indigokarmin veranschaulicht. Konjugierte Bindungssysteme, in denen sich Elektronen frei bewegen und angeregt werden können, rufen die Farberscheinungen hervor. Durch Reduktion und Oxidation lässt sich die Struktur des Farbstoffs verändern. Dies hat eine Farbänderung zur Folge. In dem Versuch zeigen sich so alle Farben der Ampel. Diese Anleitung orientiert sich an den Literaturstellen¹ und².

2.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Zur Durchführung des Versuchs sind keine besonderen Vorkehrungen notwendig.

2.3. Reaktionsgleichungen



2.4. Chemikalien & Geräte

2.4.1. Chemikalien



Natriumhydroxid

Gefahr

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P301 + P330 + P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P308 + P310: BEI Exposition oder falls betroffen: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

Glucose (kein Gefahrstoff nach GHS)

¹G. Wagner, *Chemie in faszinierenden Experimenten*, 9., unveränd. Aufl., Aulis-Verl. Deubner, Köln, 1997.

²F. R. Kreissl, O. Krätz, *Feuer und Flamme, Schall und Rauch, Schauexperimente und Chemiehistorisches*, 2. Aufl., WILEY-VCH, Weinheim, 2008.



Indigokarmin

Achtung

H317: Kann allergische Hautreaktionen verursachen.

P261: Einatmen von Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol vermeiden.

P272: Kontaminierte Arbeitskleidung nicht außerhalb des Arbeitsplatzes tragen.

P280: Schutzhandschuhe tragen.

P302 + P352: BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.

P333 + P313: Bei Hautreizung oder -ausschlag: Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.

P362: Kontaminierte Kleidung ausziehen und vor erneutem Tragen waschen.

2.4.2. Geräte

- 1 500 mL-Schottflasche
- 1 50 mL-Schottflasche
- 1 500 mL-Messzylinder
- 1 25 mL-Messzylinder
- 1 Rührfisch
- 1 Rührfischangel
- 1 Rührplatte
- 3 Spatel
- 3 Wägeschälchen
- Chemikalienwaage

2.5. Vorbereitung

Es sind 40 g Glucose, 6 g Natriumhydroxid und 50 mg Indigokarmin abzuwiegen. In einer 500 mL-Schottflasche werden das Natriumhydroxid und die Glucose in 300 mL destilliertem Wasser durch Rühren auf der Rührplatte vollständig gelöst. Dabei ist eine Erwärmung der Lösung zu erwarten. Der Rührfisch wird anschließend mit der Rührfischangel entfernt.

Das Indigokarmin wird in der kleinen Schottflasche in 50 mL destilliertem Wasser gelöst. Diese Lösung ist im Kühlschrank lange haltbar.

2.6. Durchführung

Der alkalischen Glucose-Lösung werden mit dem kleinen Messzylinder 15 mL der Indigocarmin-Lösung zugegeben. Anschließend wird die Schottflasche verschlossen und die Lösung bleibt kurz stehen, bis sich die Farbe der Lösung von blau zu grün geändert hat. Danach wird kräftig geschüttelt.

2.7. Beobachtung

Die Lösung ist nach Zugabe des Farbstoffs Indigokarmin zunächst kurz dunkelblau, dann grün gefärbt. Nach kurzer Wartezeit ändert sich die Farbe zu rot und daraufhin zu gelb, wenn die Schottflasche still stehengelassen wird. Durch kräftiges Schütteln lässt sich der Farbübergang wiederholen. Dies kann (fast) beliebig oft wiederholt werden, jedoch muss die Flasche unter Umständen zwischendurch kurz geöffnet werden. Die Intensität des Farbeindrucks nimmt weiterhin mit zunehmender Wiederholung des Versuches ab.

2.8. Erklärung

Das „Farbenspiel“ in diesem Versuch wird durch den Farbstoff Indigokarmin hervorgerufen. Im alkalischen Milieu wird Indigokarmin in zwei Stufen zu Leukoindigokarmin reduziert. Als Reduktionsmittel wirkt die Glucose. Durch die Reduktion werden zwei Doppelbindungen an Sauerstoffatomen des Indigokarmins aufgebrochen, was zu einer Veränderung des π -Elektronen-Systems führt, wodurch sich die Farbe der Lösung ändert. Zusätzlich beeinflusst der pH-Wert die Farbe des Indigokarmins.

Indigokarmin ist blau, wird aber im basischen Milieu durch weitere Deprotonierung gelb. In der verwendeten Lösung liegen die Spezies im Gleichgewicht vor und die Lösung erscheint grün. Während der Reduktion durch die Glucose entstehen zunächst radikalische Zwischenstufen³, die eine rote Farbe besitzen. Werden diese noch weiter reduziert, so enthält die Lösung Leukoindigocarmin, welches eine gelbe Farbe erzeugt. Zur besseren Nachvollziehbarkeit ist im obigen Mechanismus das Leukoindigocarmin als Tetraanion dargestellt und das Gluconat-Anion als Gluconsäure. In der Realität liegt die Gluconsäure bei dem vorhandenen pH-Wert deprotoniert vor, während eine Hydroxygruppe am Leukoindigocarmin-Tetraanion protoniert wird, sodass hier ein Trianion vorliegt.

Durch Sauerstoff aus der Luft wird beim Schütteln das Leukoindigocarmin wieder oxidiert und die Ampel schlägt von gelb über rot zurück nach grün um, die Farbe des Indigokarmins beim vorliegenden pH-Wert. Das Redoxsystem besteht, solange Glucose als Elektronendonator in der Lösung vorhanden ist.

2.9. Entsorgung

Die Lösung kann in den Abfluss gegeben werden.

³N. Srividya, G. Paramasivan, K. Seetharaman, P. Ramamurthy, *Faraday Trans.* **1994**, 90(17), 2525.



3. Grünes Gras - Rotes Gras? ●

3.1. Einführung

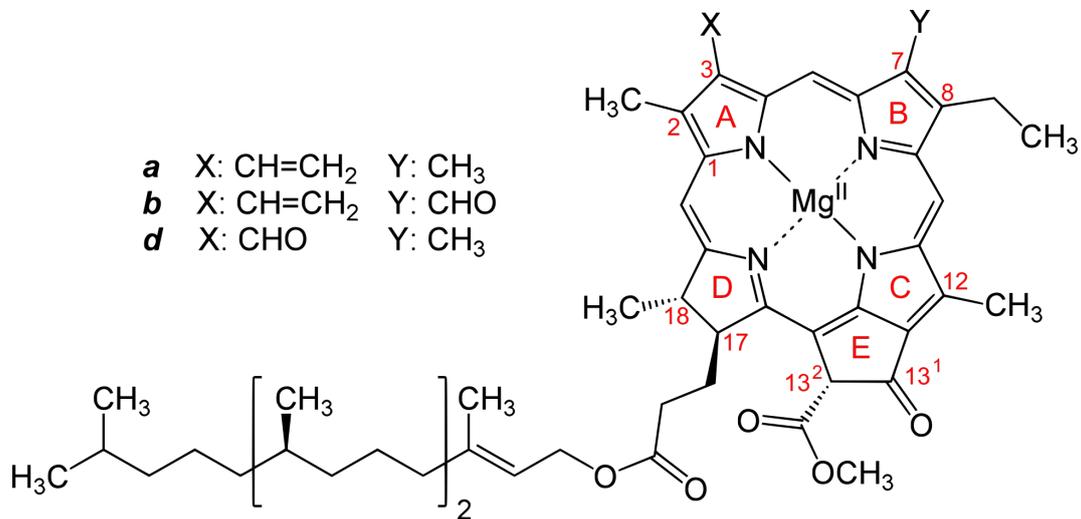
Dieser Versuch behandelt das photochemische Prinzip der Photosynthese. Der grüne Blattfarbstoff Chlorophyll kann einfach aus Gras isoliert und in ethanolischer Lösung durch das weiße Licht einer LED-Lampe zur Fluoreszenz angeregt werden. Durch Zugabe von Wasser wird die Fluoreszenz wieder gelöscht. Nicht-isoliertes Chlorophyll in Zucchini oder Feldsalat kann mit UV-Licht zur Rotfluoreszenz angeregt werden.

3.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Im Umgang mit UV-Licht ist auf die Nutzung einer UV-Kammer oder Schutzbrille zu achten!

3.3. Reaktionsgleichungen

Strukturformeln der Chlorophylle a, b und d



3.4. Chemikalien & Geräte

3.4.1. Chemikalien



Ethanol, 96 % (alternativ: Brennspiritus)

Gefahr

H225: Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P240: Behälter und zu befüllende Anlage erden.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P403 + P233: Behälter dicht verschlossen an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.

Frisches Gras (kein Gefahrstoff nach GHS)

Wasser (kein Gefahrstoff nach GHS)

Feldsalat oder Zucchinischeibe (kein Gefahrstoff nach GHS)

3.4.2. Geräte

- 1 500 mL- oder 750 mL-Erlenmeyerkolben mit Normschliff (alternativ: Schraubdeckelglas)
- 1 Stopfen für Erlenmeyerkolben
- 1 Filterpapier
- 1 Trichter
- 1 braune oder lichtundurchlässige 500 mL-Vorratsflasche mit Deckel
- 1 500 mL-Rundkolben
- 1 Pipette
- 1 Reagenzglas
- 1 Reagenzglasgestell
- 1 UV-Kammer oder UV-Lampe (365 nm)
- 1 LED-Taschenlampe (Smartphone)
- evtl. Blaufilter
- 1 Stativklemme
- 1 Stativ
- 1 Stativmuffe
- 1 Petrischale inkl. Deckel
- (Rührfisch und Magnetrührplatte)

3.5. Vorbereitung

Eine Hand voll frisches Gras (ca. 10 g) werden mit einer Schere in kleine Stücke geschnitten und in einen Erlenmeyerkolben mit 500 bis 750 mL Volumen gegeben. Nach Zugabe von 200 mL Ethanol wird der Kolben verschlossen und geschwenkt. Nach 20 bis 30 Minuten wird die Lösung in eine braune oder lichtundurchlässige 500 mL-Vorratsflasche abfiltriert. Im verschlossenen Gefäß hat die Chlorophylllösung eine Haltbarkeit von mehreren Monaten, an Licht kommt es zum Verblässen der grünen Farbe. Für Vergleichsproben werden Lösungen grüner Tinte oder grüner Lebensmittelfarbe (wenige Tropfen auf 50 mL Ethanol) hergestellt.¹

3.6. Durchführung

Etwa 10 mL der ethanolschen Chlorophylllösung werden in ein Reagenzglas gegeben und dieses im dunklen Raum senkrecht von unten mit einer LED-Taschenlampe oder Smartphone-Leuchte durchleuchtet. Anschließend wird seitlich beleuchtet. Das Experiment kann mit einem Blaufilter sowie unter Nutzung eines Rund- oder Erlenmeyerkolbens mit breiter Flüssigkeitsoberfläche noch spektakulärer gestaltet werden. Von den alternativen Farblösungen werden ebenfalls jeweils 10 mL in ein Reagenzglas gegeben und im Dunklen von unten und seitlich beleuchtet. Für den Quenchingeffekt werden 5 mL Chlorophylllösung in ein Reagenzglas gegeben und im Dunkeln seitlich beleuchtet. Anschließend werden 3 bis 4 mL Wasser tropfenweise zugegeben. Der Feldsalat und die Zucchinischeibe können direkt mit UV-Licht von 365 nm Wellenlänge bestrahlt werden.¹

¹A. Korn-Müller, *Nachr. Chem.* 2022, 70(4), 18–21.

3.7. Beobachtung

Beim senkrechten Durchleuchten ist keine Fluoreszenz zu erkennen, die Chlorophylllösung erscheint grün. Ein seitliches Beleuchten führt zur Beobachtung blutroter Fluoreszenz. Ein Blaufilter vor der Lichtquelle führt zur Intensitätserhöhung der roten Fluoreszenz. Die anderen grünen Farbstofflösungen zeigen keine Fluoreszenz. Bei Zugabe von Wasser zur ethanolischen Chlorophylllösung verschwindet die Fluoreszenz ab einer bestimmten Menge Wasser, und die Lösung leuchtet lediglich grünlich. Mit dem UV-Licht kann bei dem Feldsalat oder der Zucchini Rotfluoreszenz angeregt werden, bei anderen Pflanzen (z. B. Gras) zeigt sich auch hier keine Fluoreszenz.

3.8. Erklärung

Im grünen Pflanzenfarbstoff kommen vor allem Chlorophyll a (Absorptionsmaxima bei 430 nm (rot) und 662 nm (blau)) und Chlorophyll b (453 nm (blau) und 642 nm (rot)) vor. Beide Moleküle sind Photorezeptoren und dienen der Pflanze zur Lichtsammlung.

Die vom menschlichen Auge wahrgenommene grüne Farbe stammt von der Reflexion des Lichts im grünen Wellenlängenbereich. Isoliertes Chlorophyll ohne zelluläre Umgebung zeigt noch kurzwelligere Spektren und erscheint leicht bläulich. In Pflanzen sind je sieben Chlorophyll a, sechs Chlorophyll b und zwei Carotinoidmoleküle zu Lichtsammelkomplexen um das photosynthetische Reaktionszentrum angeordnet. Durch Absorption von Licht können Elektronen angeregt werden und dienen letztlich im Zusammenhang mit einer Reihe von Redoxreaktionen zur oxidativen Bildung von Sauerstoff aus Wasser.

Wird eine ethanolische Chlorophylllösung horizontal durchleuchtet, so geht fast kein Anregungslicht in das Auge des Betrachters. Das Fluoreszenzlicht hingegen strahlt isotrop und ist an der Oberfläche der Lösung zu sehen. Von unten durchleuchtet, gelangt neben dem roten Fluoreszenzlicht auch das viel intensivere Anregungslicht ins Auge des Betrachters. Es ist nur noch das grüne Licht erkennbar. Blaufilter sorgen durch das Beschränken auf kurzwelliges Licht für eine noch intensivere Fluoreszenz, da mehr Energie zur Anregung eingestrahlt wird. Normalerweise werden die durch Licht angeregten Elektronen zu den Photosyntheseproteinen in der Zelle weitergeleitet. In isolierter oder denaturierter Form des Chlorophylls bzw. der Proteine verlieren die Elektronen strahlungslos etwas Energie und relaxieren anschließend unter Abgabe von langwelligem Licht (685 nm, rote Fluoreszenz). Gras und andere Pflanzen leuchten nicht im Dunkeln, weil die intakten Lichtsammelkomplexe die aufgenommene Lichtenergie verlustfrei an Elektronen weitergeben. Andere grüne Farbstoffmoleküle (z. B. der Tinte) sind photochemisch inaktiv und lassen sich nicht anregen. Durch Zugabe von Wasser nehmen die Wassermoleküle die Anregungsenergie der Elektronen auf und löschen die Fluoreszenz (Quenchen). Mit UV-Licht von 365 nm Wellenlänge lässt sich auch nicht-isoliertes Chlorophyll in Zucchini oder Feldsalat anregen, dies ist aber bei Gras und anderen Pflanzen nicht ausreichend.¹

3.9. Entsorgung

Kleine Mengen Ethanol dürfen verdünnt über den Abguss entsorgt werden.



4. Geheimtinte/Kunstblut ●

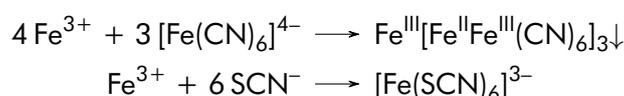
4.1. Einführung

Mit diesem sehr einfachen Experiment sind Komplexbildungsreaktionen des Eisens veranschaulicht. Dabei treten Charge-Transfer-Farberscheinungen auf, wodurch geheime Botschaften geschrieben werden können, die ohne die richtige Lösung verborgen bleiben. Mit einer alternativen Durchführung kann Kunstblut hergestellt werden.

4.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Die angegebenen Mengen sind einzuhalten.

4.3. Reaktionsgleichungen



4.4. Chemikalien & Geräte

4.4.1. Chemikalien



Eisen(III)-chlorid

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.

H315: Verursacht Hautreizungen.

H318: Verursacht schwere Augenschäden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P302 + P352: BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

Kaliumhexacyanoferrat(II) (kein Gefahrstoff nach GHS)



Kaliumthiocyanat

Gefahr

H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.

H312: Gesundheitsschädlich bei Hautkontakt.

H332: Gesundheitsschädlich bei Einatmen.

H412: Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.

P261: Einatmen von Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol vermeiden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P302 + P352: BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.

4.4.2. Geräte

- 2 Sprühflaschen
- 1 kleines Becherglas (z. B. 50 mL)
- 1 Pinsel
- (großes) Filterpapier

4.5. Vorbereitung

25 mL Eisen(III)-chlorid-Lösung werden in ein kleines Becherglas gegeben, die Kaliumhexacyanidoferrat(II)-Lösung (100-250 mL, 5-10%) und die Kaliumthiocyanat-Lösung (100-250 mL, 1 N) werden in je eine Sprühflasche gefüllt. Alle Gefäße sind eindeutig zu beschriften.

4.6. Durchführung

Mit einem Pinsel ist mit der Eisen(III)-chlorid-Lösung auf Filterpapier zu schreiben oder zu malen. Anschließend wird mit einer der Sprühflaschen, die entweder $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]^-$ oder KSCN-Lösung enthält, auf das Filterpapier gesprüht.

4.7. Beobachtung

Während des Auftragens des FeCl_3 ist zunächst keine Veränderung des Filterpapiers erkennbar. Sobald jedoch $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ -Lösung, auch bekannt unter dem Namen Carrez Lösung II, aufgesprüht wird, verfärben sich die Stellen, die zuvor mit FeCl_3 behandelt wurden, dunkelblau. Wird stattdessen KSCN-Lösung verwendet, zeigt sich eine dunkle, blutrote Färbung.

4.8. Erklärung

Auf das Filterpapier werden Eisen(III)-Ionen (Fe^{3+}) aufgetragen. Werden dann Hexacyanidoferrat(II)-Ionen zugegeben, indem Kaliumhexacyanidoferrat(II)-Lösung aufgesprüht wird, bildet sich Eisen(III)-hexacyanidoferrat(II,III) ($\text{Fe}^{\text{III}}[\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CN})_6]_3$), auch bekannt als Berliner Blau, ein tiefblaues Pigment.¹

Bei Verwendung von Kaliumthiocyanat (KSCN) bildet sich in der wässrigen Phase ein blutroter, oktaedrischer Komplex von $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}$.¹ Die Farben sind das Resultat sogenannter Charge-Transfer-Prozesse, die in Komplexen auftreten können, wenn diese durch Licht angeregt werden.

4.9. Entsorgung

Die Lösungen sind als schwermetallhaltige Lösungen zu entsorgen. Die benutzten Filterpapiere unterliegen keinen besonderen Entsorgungsbestimmungen.

¹Anorganische Chemie, 1. Aufl., 2. Dr., (Hrsg.: H. Boeck), unter Mitarb. von J. Elsner, H. Keune, A. Kometz, Volk und Wissen, Berlin, 2009.



5. Chemisches Bierbrauen ●

5.1. Einführung

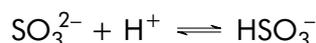
In diesem Versuch wird „Bier“ auf chemischem Weg hergestellt. Die Anleitung orientiert sich an den Angaben verschiedener Referenzen^{1,2,3,4,5}.

5.2. Warn- und Sicherheitshinweise

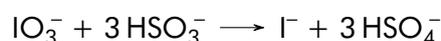
Das hergestellte „Bier“ darf unter gar keinen Umständen getrunken werden!

5.3. Reaktionsgleichungen

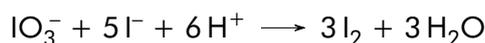
Protonierung des Hydrogensulfits



Oxidation des Hydrogensulfits zu Hydrogensulfat



Bildung von Iod



5.4. Chemikalien & Geräte

5.4.1. Chemikalien

Natriumsulfit (kein Gefahrstoff nach GHS)



Kaliumiodat

Gefahr

H272: Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel.

H315: Verursacht Hautreizungen.

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

H335: Kann die Atemwege reizen.

P220: Von Kleidung/. . ./brennbaren Materialien fernhalten/entfernt aufbewahren.

P261: Einatmen von Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol vermeiden.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

¹H. W. Roesky, K. Möckel, *Chemische Kabinettstücke, Spektakuläre Experimente und geistreiche Zitate*, VCH, Weinheim, 1994.

²G. Wagner, *Chemie in faszinierenden Experimenten*, 9., unveränd. Aufl., Aulis-Verl. Deubner, Köln, 1997.

³H. W. Roesky, *Glanzlichter chemischer Experimentierkunst*, WILEY-VCH, Weinheim, 2006.

⁴F. R. Kreissl, O. Krätz, *Feuer und Flamme, Schall und Rauch, Schauexperimente und Chemiehistorisches*, 2. Aufl., WILEY-VCH, Weinheim, 2008.

⁵P. Wich, Versuch – Nr.039 Bier - Experimente (chem. Brauen), 2020, <https://www.experimentalchemie.de/versuch-039.htm> (besucht am 23. 10. 2023).



98 %-ige Schwefelsäure

Gefahr

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P301 + P330 + P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.

P303 + P361 + P353: BEI KONTAKT MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.



Spülmittel (Fit)

Achtung

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

P101: Ist ärztlicher Rat erforderlich, Verpackung oder Kennzeichnungsetikett bereithalten.

P102: Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P337 + P313: Bei anhaltender Augenreizung: Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.

5.4.2. Geräte

- 1 250 mL-Messzylinder
- 1 10 mL-Messzylinder
- 2 250 mL-Bechergläser
- 2 Spatel
- 1 Bierglas
- 1 Glasstab
- 2 Wägeschälchen
- Waage

5.5. Vorbereitung

Es werden 0,43 g Kaliumiodat in 200 mL Wasser in einem Becherglas aufgelöst. Im zweiten Becherglas werden 0,23 g Natriumsulfid in 200 mL Wasser aufgelöst und mit 5 mL konzentrierter Schwefelsäure versetzt.

In das Bierglas wird wenig Spülmittel (zum Beispiel Fit) gegeben.

5.6. Durchführung

Der Inhalt beider Bechergläser wird gleichzeitig schwungvoll in das Bierglas geschüttet. Anschließend wird mit dem Glasstab kurz umgerührt.

5.7. Beobachtung

Nach kurzer Zeit färbt sich der Inhalt des Bierglases schlagartig braun.

5.8. Erklärung

Die Protonen (H^+) der Schwefelsäure (H_2SO_4) protonieren die Sulfite-Ionen (SO_3^{2-}), sodass diese als Hydrogensulfite-Ionen (HSO_3^-) in der Lösung vorliegen und anschließend die Iodate-Ionen (IO_3^-) zu Iodid-Ionen (I^-) reduzieren, wobei sie zu Hydrogensulfat-Ionen (HSO_4^-) oxidiert werden. Anschließend reagieren die noch in der Lösung vorhandenen Iodat- und Iodid-Ionen zu elementarem Iod (I_2), welches die Lösung braun färbt.

Hinweis: Es kann auch „Schwarzbier“ hergestellt werden, indem vor Versuchsbeginn Stärke in das leere Bierglas gegeben wird. Das gebildete Iod interkaliert dann als Triiodid- (I_3^-) oder Pentaiodid-Ionen (I_5^-) in diese und färbt dadurch die Lösung tiefblau-schwarz.

5.9. Entsorgung

Die Lösung kann verdünnt über das Abwasser entsorgt werden.



6. Chemische Wein-/Sekt-Herstellung ●●

6.1. Einführung

In diesem Versuch wird die Farbigkeit der verschiedenen Oxidationsstufen des Mangans genutzt, um verschiedene Getränke herzustellen. Der Versuch beruht auf den Ideen von^{1,2,3,4}.

6.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Zur Durchführung des Versuchs sind keine besonderen Vorkehrungen notwendig.

6.3. Reaktionsgleichungen

6.3.1. Herstellung von Wein

violett zu blau zu grün



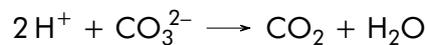
grün zu rotbraun



rotbraun zu farblos



6.3.2. Herstellung von Sekt



6.4. Chemikalien & Geräte

6.4.1. Chemikalien



Kaliumpermanganat

Gefahr

H272: Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel.

H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

H361d: Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen.

H373: Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition.

H410: Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P220: Von Kleidung und brennbaren Materialien fernhalten/entfernt aufbewahren.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P301 + P330 + P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.

¹G. Wagner, *Chemie in faszinierenden Experimenten*, 9., unveränd. Aufl., Aulis-Verl. Deubner, Köln, 1997.

²*Anorganische Chemie*, 1. Aufl., 2. Dr., (Hrsg.: H. Boeck), unter Mitarb. von J. Elsner, H. Keune, A. Kometz, Volk und Wissen, Berlin, 2009.

³H. W. Roesky, K. Möckel, *Chemische Kabinettstücke, Spektakuläre Experimente und geistreiche Zitate*, VCH, Weinheim, 1994.

⁴R. Deuber, *Das chemische Chamäleon*, 2023, https://www.swisseduc.ch/chemie/licht_materie/08_fotosynthese_primaerreaktion/docs/demonstration_chemisches_chamaeleon.pdf (besucht am 08. 10. 2023).

P303 + P361 + P353: BEI KONTAKT MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

Natriumformiat (kein Gefahrstoff nach GHS)



Natriumhydroxid

Gefahr

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P301 + P330 + P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P308 + P310: BEI Exposition oder falls betroffen: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.



98 %-ige Schwefelsäure

Gefahr

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P301 + P330 + P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.

P303 + P361 + P353: BEI KONTAKT MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

Natriumsulfit (kein Gefahrstoff nach GHS)



Natriumcarbonat

Achtung

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

P260: Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol nicht einatmen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

6.4.2. Geräte

- 1 2 L-Becherglas
- 2 50 mL-Bechergläser
- 1 25 mL-Messzylinder
- 1 großer Glasstab

- Tropfer
- 5 Spatel
- 5 Wägeschälchen
- Waage

6.5. Vorbereitung

Es werden 0,1 g Kaliumpermanganat in etwa 2 L Wasser im großen Becherglas durch Rühren mit dem Glasstab gelöst. Anschließend werden 10 g Natriumhydroxid zugegeben und alles abermals verrührt.

In jeweils einem 50 mL-Becherglas wird eine Lösung aus 0,2 g Natriumformiat bzw. 0,1 g Natriumsulfit in 20 mL Wasser hergestellt.

Wenn Sekt hergestellt werden soll, wird 1 g Natriumcarbonat abgewogen.

6.6. Durchführung

Die Natriumformiat-Lösung wird unter Rühren in das große Becherglas zugegeben und die Farbänderung abgewartet. Anschließend werden etwa 50 mL konzentrierte Schwefelsäure hinzugegeben und alles nochmals umgerührt, bis eine weitere Farbänderung auftritt. Nun folgt die Zugabe der Natriumsulfit-Lösung unter Rühren. Nach eingetretener Entfärbung kann dann (im Falle der Sektherstellung) etwa 1 g Natriumcarbonat unter Rühren zugesetzt werden.

6.7. Beobachtung

Bei Zugabe der Natriumformiat-Lösung schlägt die Farbe der Lösung von lila (Traubensaft) über blau (Heidelbeersaft) in grün (Waldmeisterbrause) um. Durch Schwefelsäure wird die Lösung rot-braun-gelblich (Rosé-Wein). Die Zugabe von Natriumsulfit bewirkt eine Entfärbung der Lösung (Weißwein). Natriumcarbonat-Zugabe führt zur Gasentwicklung (Sekt).

6.8. Erklärung

6.8.1. Herstellung von Wein

Natriumformiat reduziert die lilanen Permanganat-Ionen (MnO_4^-) zu grünen Manganat-Ionen (MnO_4^{2-}). Für das Auftreten der blauen Farbe gibt es verschiedene Erklärungen, wobei sich hier nur auf die sinnvollste beschränkt wird^{1,2}. Demnach bildet eine Mischung aus beiden Spezies intermediär die blaue Farbe. Das anderswo postulierte Hypomanganat-Ion (MnO_4^{3-}) wird als zu instabil eingestuft, um für die Blaufärbung verantwortlich zu sein. Durch die Senkung des pH-Wertes erfolgt eine Disproportionierung der Manganat- in Permanganat- und Manganit-Ionen (MnO_4^{4-}). Letztere werden als gelb beschrieben und sind gemeinsam mit den lilanen Permanganat-Ionen für die rot-braune Färbung der Lösung verantwortlich. Die Zugabe von Natriumsulfit führt nun zur Reduktion der Manganit-Ionen zu Mangan(II)-Ionen, welche schwach rosa bis farblos erscheinen.

6.8.2. Herstellung von Sekt

Die Kohlensäure im Sekt entsteht durch das Austreiben von Kohlenstoffdioxid (CO_2) aus dem Natriumcarbonat.

6.9. Entsorgung

Die Lösung kann verdünnt über das Abwasser entsorgt werden.



7. Sonnenuntergangsreaktion ●

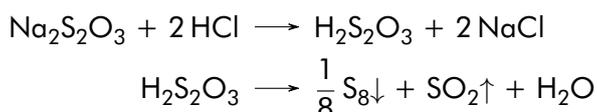
7.1. Einführung

Bei diesem Versuch wird ein Sonnenuntergang durch kolloidalen Schwefel simuliert.

7.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Es sind keine besonderen Sicherheitsvorkehrungen notwendig.

7.3. Reaktionsgleichungen



7.4. Chemikalien & Geräte

7.4.1. Chemikalien



Salzsäure, 10 %

Gefahr

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

H335: Kann die Atemwege reizen.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P303 + P361 + P353: BEI KONTAKT MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

Natriumthiosulfat-pentahydrat (kein Gefahrstoff nach GHS)

7.4.2. Geräte

- 1 50 mL-Becherglas
- 2 25 mL-Messzylinder
- 1 Petrischale
- 1 Glasstab
- 1 Spatel
- 1 Wägeschälchen
- Waage
- Overheadprojektor (oder vergleichbare Lichtquelle zur Projektion des Reaktionsfortschritts an eine Wand)
- Pappstück mit Loch in der Mitte in der Größe der Petrischale

7.5. Vorbereitung

Mit einem der 25 mL-Messzylinder werden 10 mL destilliertes Wasser abgemessen und in das Becherglas gegeben. Anschließend werden etwa 0,4 g Natriumthiosulfat-pentahydrat abgewogen und durch Verrühren mit dem Glasstab im vorgelegten Wasser im Becherglas gelöst. Nun werden mit dem zweiten Messzylinder 10 mL der 10 %-igen Salzsäure abgemessen.¹

7.6. Durchführung

Die Petrischale wird so auf der flachen Lichtquelle positioniert, dass das Licht nur durch die Petrischale fällt (die Fläche um die Petrischale herum wird abgedeckt, zum Beispiel mit Pappe). Beide Lösungen werden simultan in die Petrischale gegossen, die Lichtquelle eingeschaltet und der Raum abgedunkelt.

7.7. Beobachtung

Der Beobachter kann die typischen Farben eines Sonnenuntergangs beobachten.

7.8. Erklärung

Der im Versuch entstehende Schwefel (S_8) fällt kolloidal aus. Das bedeutet, dass die Teilchengröße ähnlich der Wellenlänge des einfallenden Lichtes ist und letzteres deshalb an den Teilchen gestreut wird. Dies bezeichnet man als Tyndall-Effekt. Langwelliges blaues Licht wird dabei stärker gestreut, als kurzwelliges rotes. Mit fortschreitender Reaktion entsteht mehr Schwefel, weshalb ein Farbwechsel von weiß über gelb nach tiefrot erfolgt, da letztendlich kaum blaues Licht die Lösung passieren kann. Ähnlich lässt sich der Sonnenuntergang in der Natur erklären, wobei hier die Weglänge des zurückgelegten Lichtes entscheidend ist.¹

Alternativ kann auch ein großer Standkolben genutzt werden, welcher von einer Lichtquelle durchstrahlt wird.

7.9. Entsorgung

Die Lösung kann über das Abwasser entsorgt werden.

¹G. Wagner, *Chemie in faszinierenden Experimenten*, 9., unveränd. Aufl., Aulis-Verl. Deubner, Köln, 1997.



8. Rosaroter Panther ●●

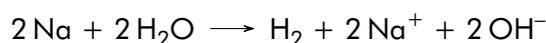
8.1. Einführung

Mit diesem Versuch kann das Reaktionsverhalten der Alkalimetalle in Wasser am Beispiel von Natrium veranschaulicht werden.

8.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Bei diesem Versuch wird das leichtentzündliche Gas Wasserstoff gebildet. Es ist darauf zu achten, Zündquellen von dem Versuch fernzuhalten. Weiterhin dürfen die angegebenen Mengen auf keinen Fall überschritten werden!

8.3. Reaktionsgleichungen



8.4. Chemikalien & Geräte

8.4.1. Chemikalien



Natrium Gefahr

H260: In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase, die sich spontan entzünden können.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

EUH014: Reagiert heftig mit Wasser.

P223: Kontakt mit Wasser wegen heftiger Reaktion und möglichem Aufflammen unbedingt verhindern.

P231 + P232: Unter inertem Gas handhaben. Vor Feuchtigkeit schützen.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P370 + P378: Bei Brand: Trockensand oder Trockenlöschpulver zum Löschen verwenden.

P422: Inhalt in/unter inertem Gas aufbewahren.



Phenolphthalein-Lösung, 1 % Gefahr

H341: Kann vermutlich genetische Defekte verursachen.

H350: Kann Krebs erzeugen.

H361f: Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen.

P201: Vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P308 + P313: BEI Exposition oder falls betroffen: Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.



Paraffinöl Gefahr

H304: Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein.

P301 + P310 + P331: BEI VERSCHLUCKEN: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen. KEIN Erbrechen herbeiführen.

8.4.2. Geräte

- 1 großes, rundes, möglichst dickwandiges Glasgefäß (z. B. Exsikkator)
- 1 Uhrglas
- 1 Petrischale mit passendem Deckel
- 1 Spatel oder Pinzette
- 1 Messer
- feuerfeste Unterlage
- Filterpapier

8.5. Vorbereitung

Das Glasgefäß ist zu dreiviertel seines Volumens mit Wasser zu füllen. Zu der Flüssigkeit werden einige Tropfen Phenolphthalein-Lösung sowie optional einige Tropfen Spülmittel zugegeben.

Ein Stück Natrium, welches etwa die Größe einer halben Erbse besitzt, wird aus der Vorratsflasche entnommen und mit etwas Paraffinöl in die Petrischale gelegt (bzw. von einem größeren Stück mit dem Messer in der Petrischale unter Paraffinöl abgeschnitten) und abgedeckt.^{1,2}

8.6. Durchführung

Das kleine Stück Natrium wird auf die Mitte der Flüssigkeitsoberfläche im Glasgefäß gegeben.

8.7. Beobachtung

Nachdem das Natrium auf die Flüssigkeitsoberfläche gegeben wurde, „flitzt“ es über diese und hinterlässt dabei eine rosa Spur. Es kommt zu einer starken Gasentwicklung. Nach kurzer Zeit ist die gesamte Flüssigkeit rosa gefärbt.

Bei Verwendung von Spülmittel kann eine Blasenbildung beobachtet werden.

8.8. Erklärung

Natrium (Na) reagiert heftig mit Wasser (H_2O). Es läuft eine Redoxreaktion ab. Dabei wirkt Natrium als Reduktionsmittel und Wasser als Oxidationsmittel. Die beobachtete Gasentwicklung beruht auf der Bildung von Wasserstoff (H_2). Durch die Hydroxid-Ionen (OH^-) entsteht ein basisches Milieu in der Flüssigkeit. Hierdurch färbt sich das Phenolphthalein rosa. Es können auch andere Indikatoren verwendet werden, je nach gewünschtem Farbumschlag.

Das Spülmittel verringert die Oberflächenspannung des Wassers und verhindert so ein Abreagieren des Natriums am Gefäßrand. Dadurch kann ein lokales Überhitzen des Gefäßes und ein daraus folgendes Platzen des Glases verhindert werden. Andererseits entstehen so mit Wasserstoff gefüllte Seifenblasen, wobei sich der Wasserstoff leichter entzünden kann, als ohne Spülmittel und Blasenbildung.^{1,2}

8.9. Entsorgung

Die Lösung kann stark verdünnt über das Abwasser entsorgt werden.

¹H. W. Roesky, *Glanzlichter chemischer Experimentierkunst*, WILEY-VCH, Weinheim, 2006.

²P. Wich, Versuch – Nr.041 Rosaroter Panther - Natrium im Wasser, 2020, <https://www.experimentalchemie.de/versuch-041.htm> (besucht am 08.08.2022).



Furioses Feuerwerk



1. Bengalisches Feuer ●●

1.1. Einführung

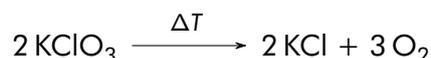
Einige Elemente (hauptsächlich Metalle) zeigen bei thermischer Anregung (zum Beispiel in der Bunsenbrennerflamme) eine charakteristische Emission im sichtbaren Bereich des Lichts (zum Beispiel indigoblau beim Indium). In der analytischen Chemie wird dieser Effekt als empfindliches Nachweisverfahren für bestimmte Elemente benutzt. Die Pyrotechnik nutzt die Salze ausgewählter Elemente in Feuerwerksraketen und bengalischen Feuern. Im Experiment wird die Herstellung verschiedenfarbiger Bengalischer Feuer in Anlehnung an die Quellen^{1,2,3} beschrieben.

1.2. Warn- und Sicherheitshinweise

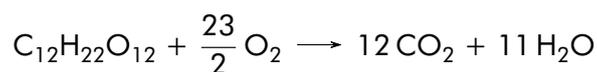
Die angegebenen Mengen dürfen auf keinen Fall überschritten werden! Es ist darauf zu achten, dass keine Verdichtung der Mischungen stattfindet! Die Versuche sollten in gut belüfteten Räumen oder in einem Abzug durchgeführt werden.

1.3. Reaktionsgleichungen

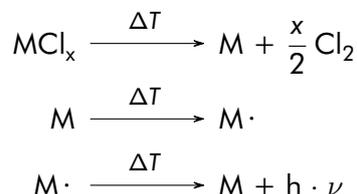
Reduktion



Oxidation



Lichterscheinung



MCl_x	LiCl	NaCl	KCl	RbCl	CsCl
Farbe	karminrot	gelb	violett	rot-violett	blau-violett
CaCl_2	SrCl_2	BaCl_2	CuCl_2	InCl_3	GaCl_3
ziegelrot	karminrot	grün	blau-grün	indigoblau	violett

1.4. Chemikalien & Geräte

1.4.1. Chemikalien



Kaliumchlorat

Gefahr

H271: Kann Brand oder Explosion verursachen; starkes Oxidationsmittel.

¹F. R. Kreissl, O. Krätz, *Feuer und Flamme, Schall und Rauch, Schauexperimente und Chemiehistorisches*, 2. Aufl., WILEY-VCH, Weinheim, 2008.

²G. Wagner, *Chemie in faszinierenden Experimenten*, 9., unveränd. Aufl., Aulis-Verl. Deubner, Köln, 1997.

³H. W. Roesky, K. Möckel, *Chemische Kabinettstücke, Spektakuläre Experimente und geistreiche Zitate*, VCH, Weinheim, 1994.

H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.
H332: Gesundheitsschädlich bei Einatmen.
H411: Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.
P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.
P221: Mischen mit brennbaren Stoffen unbedingt verhindern.
P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden.

Saccharose (kein Gefahrstoff nach GHS)



Lithiumchlorid

Achtung

H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.
H315: Verursacht Hautreizungen.
H319: Verursacht schwere Augenreizung.
P302 + P352: BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.
P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

Natriumchlorid (kein Gefahrstoff nach GHS)

Kaliumchlorid (kein Gefahrstoff nach GHS)

Rubidiumchlorid (kein Gefahrstoff nach GHS)



Cäsiumchlorid

Achtung

H361f: Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen.
P201: Vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen.
P202: Vor Gebrauch alle Sicherheitshinweise lesen und verstehen.
P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.
P308 + P313: BEI Exposition oder falls betroffen: Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.
P405: Unter Verschluss aufbewahren.
P501: Inhalt/Behälter dem gefährlichen Abfall zuführen.



Calciumchlorid

Achtung

H319: Verursacht schwere Augenreizung.
P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.



Strontiumchlorid

Gefahr

H318: Verursacht schwere Augenschäden.
P280: Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.
P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.



Bariumchlorid

Gefahr

H301: Giftig bei Verschlucken.

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

H332: Gesundheitsschädlich bei Einatmen.

P261: Einatmen von Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol vermeiden.

P264: Nach Gebrauch Haut gründlich waschen.

P270: Bei Gebrauch nicht essen, trinken oder rauchen.

P301 + P310: BEI VERSCHLUCKEN: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

P304 + P340: BEI EINATMEN: An die frische Luft bringen und in einer Position ruhigstellen, die das Atmen erleichtert.

P312: Bei Unwohlsein GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.



Kupfer(II)-chlorid-dihydrat

Gefahr

H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.

H312: Gesundheitsschädlich bei Hautkontakt.

H315: Verursacht Hautreizungen.

H318: Verursacht schwere Augenschäden.

H410: Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.

P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P301 + P312 + P330: BEI VERSCHLUCKEN: Bei Unwohlsein GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen. Mund ausspülen.

P302 + P352 + P312: BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen. Bei Unwohlsein GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.



Indium(III)-chlorid

Gefahr

H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P301 + P330 + P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P402 + P404: In einem geschlossenen Behälter an einem trockenen Ort aufbewahren.



Gallium(III)-chlorid

Gefahr

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

1.4.2. Geräte

- mehrere Spatel
- 1 kleiner Pulvertrichter
- feuerfeste Unterlage
- Metallschalen
- 2 50 mL-Bechergläser
- Waage
- mehrere Wägeschälchen
- Stabfeuerzeug (alternativ: Bunsenbrenner, welcher an einem langen Stab befestigt ist)

1.5. Vorbereitung

Die hier angegebenen Mengen entsprechen einer farbigen Mischung. Sollen mehrere Mischungen hergestellt werden, werden nacheinander separat weitere Ansätze hergestellt. Die Menge der Mischung pro Ansatz ist einzuhalten!

Es werden 5 g Haushaltszucker, 5 g Kaliumchlorat sowie 1 g eines färbenden Metallsalzes einzeln abgewogen und durch mehrmaliges Ineinanderschütten der Wägeschälchen vorsichtig innig vermischt. Nun wird die Mischung in der Metallschale zu einem Haufen aufgeschüttet. Letztere wird auf dem feuerfesten Untergrund platziert.

1.6. Durchführung

Mit dem Stabfeuerzeug kann die Mischung entzündet werden.

1.7. Beobachtung

Das Pulver brennt mit starker Rauchentwicklung in charakteristischer Farbe in Abhängigkeit des zugesetzten Metallsalzes.

1.8. Erklärung

Chlorate wirken als starke Oxidationsmittel, die die Saccharose (Reduktionsmittel) oxidieren. Dabei werden sie selbst zu Chloriden reduziert. Das farbige Aufleuchten der Flamme entsteht durch Vorgänge in der Elektronenhülle der Atome. Durch die hohen Temperaturen dieser stark exothermen Reaktion werden die Außenelektronen (sogenannte Valenzelektronen) der Metallatome der zugesetzten Salze thermisch angeregt (Aufnahme von Energie und Besetzung eines höheren, instabilen Energieniveaus). Bei der Rückkehr der Elektronen in den Grundzustand wird die dabei wieder freigesetzte Energie in Form von Licht abgestrahlt. Da es verschiedene Elektronenübergänge gibt (in Abhängigkeit der verfügbaren Orbitale), emittieren die verschiedenen Elemente ein für sie charakteristisches Licht.

1.9. Entsorgung

Das Gemisch in der Schale wird (soweit möglich) in Wasser gelöst. Die Lösung wird dekantiert und über das Abwasser entsorgt. Der Rückstand wird im Hausmüll entsorgt.



2. Knallpulver ●●

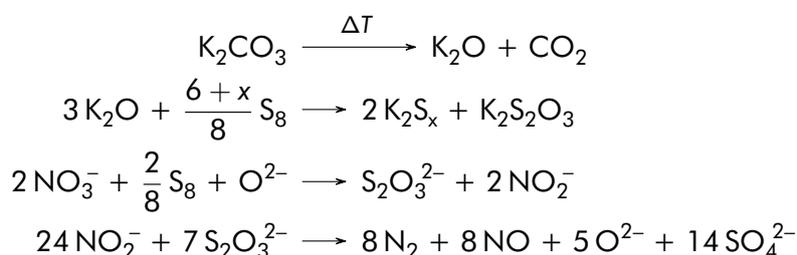
2.1. Einführung

Bei dieser Reaktion wird in der Wärme ein explosives Gemisch aus Nitrit und Thiosulfat erzeugt, welches bei der Umsetzung beider Reaktionspartner eine Explosion hervorruft. Dabei treten mehrere Reaktionsschritte auf, welche sehr schnell vonstatten gehen.

2.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Die angegebenen Mengen dürfen auf keinen Fall überschritten werden! Aufgrund der starken Explosion ist die Durchführung im Freien empfehlenswert. Es sollte ein Sicherheitsabstand von 4 m eingehalten werden!

2.3. Reaktionsgleichungen



2.4. Chemikalien & Geräte

2.4.1. Chemikalien - Ausgangsstoffe



Kaliumnitrat

Achtung

H272: Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel.

P210: Vor Hitze schützen.

P221: Mischen mit brennbaren Stoffen unbedingt verhindern.



Kaliumcarbonat

Achtung

H315: Verursacht Hautreizungen.

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

H335: Kann die Atemwege reizen.

P261: Einatmen von Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol vermeiden.

P264: Nach Gebrauch Haut gründlich waschen.

P271: Nur im Freien oder in gut belüfteten Räumen verwenden.

P280: Schutzhandschuhe/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P302 + P352: BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.



Schwefel

Achtung

H228: Entzündbarer Feststoff.

H315: Verursacht Hautreizungen.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P240: Behälter und zu befüllende Anlage erden.

P241: Explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel/Lüftungsanlagen/Beleuchtung verwenden.

P264: Nach Gebrauch Haut gründlich waschen.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P302 + P352: BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.

2.4.2. Chemikalien - Reaktionsprodukte



Stickstoffmonoxid

Gefahr

EUH071: Wirkt ätzend auf die Atemwege.

H270: Kann Brand verursachen oder verstärken; Oxidationsmittel.

H280: Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

H330: Lebensgefahr bei Einatmen.

P220: Von Kleidung und brennbaren Materialien fernhalten/entfernt aufbewahren.

P244: Druckminderer frei von Fett und Öl halten.

P260: Gas/Dampf nicht einatmen.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P303 + P361 + P353: BEI KONTAKT MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P304 + P340: BEI EINATMEN: An die frische Luft bringen und in einer Position ruhigstellen, die das Atmen erleichtert.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P315: Sofort ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.

P370 + P376: Bei Brand: Undichtigkeit beseitigen, wenn gefahrlos möglich.

P403: An einem gut belüfteten Ort aufbewahren.

P405: Unter Verschluss aufbewahren.

2.4.3. Geräte

- Bunsenbrenner
- Waage
- 3 250 mL-Bechergläser
- 3 Spatel
- Dreifuß mit Metallplatte
- feuerfeste Unterlage

2.5. Vorbereitung

Es werden mittels der Waage und einem Spatel 0,128 g Kaliumnitrat abgewogen und in eines der drei Bechergläser überführt. Nun wird das gleiche mit 0,028 g Schwefel und 0,044 g Kaliumcarbonat durchgeführt, wobei diese in die anderen Bechergläser gegeben werden. Die drei Chemikalien werden nun in einem der Bechergläser miteinander vermischt. Die Bestandteile sollten dabei möglichst fein sein. Dieses Gemisch gibt man auf die Metallplatte des Dreifußes.¹

2.6. Durchführung

Die Mischung wird auf der Metallplatte auf dem Dreifuß zu einem kleinen Haufen aufgeschüttet. Anschließend wird mittels Bunsenbrenner erhitzt.

2.7. Beobachtung

Das Gemisch verpufft nach einiger Zeit explosionsartig und erzeugt dabei einen lauten Knall.

2.8. Erklärung

Beim Schmelzen der Chemikalien reagiert das Kaliumcarbonat mit dem Schwefel, wobei sich die sogenannte „Schwefelleber“ bildet, eine Mischung aus Kaliumpolysulfid und Kaliumthiosulfat. Indem die Kaliumpolysulfide unter weiterer Thiosulfatbildung den Salpeter zu Nitrit reduzieren, entsteht eine Schmelze aus Nitrit und Thiosulfat. Nitrite sind wegen ihrer im Vergleich zu den Nitraten erheblich geringeren Bildungswärme besonders befähigt, bei hohen Temperaturen äußerst oxidierend zu wirken. Indem das Nitrit plötzlich seinen Sauerstoff an das Thiosulfat überträgt und dieses zu Sulfat oxidiert, erfolgt die Explosion.¹

2.9. Entsorgung

Die Reste können über den Hausmüll entsorgt werden.

¹D. Weinel, Experimente.org, Knallpulver, de, 2012, <http://www.experimente.org/Knallpulver.htm> (besucht am 05.08.2022).



3. Mehlstaubexplosion mit Lycopodium ●●●

3.1. Einführung

Der Versuch soll die Reaktivität von Substanzen in Abhängigkeit ihres Zerteilungsgrades zeigen. Dafür werden Bärlappsporen (Lycopodium) über einer Flamme entzündet, woraufhin diese explosionsartig verbrennen.¹

3.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Die Öffnung des Trichters darf nicht in Richtung der Zuschauer oder brennbarer Gegenstände gerichtet werden. Es muss auf ausreichend Sicherheitsabstand geachtet werden.

3.3. Reaktionsgleichungen



3.4. Chemikalien & Geräte

3.4.1. Chemikalien

Lycopodium (kein Gefahrstoff nach GHS)

3.4.2. Geräte

- 1 Trichter
- 1 Spatel
- 2,5 m PVC-Schlauch
- 1 Stativ mit Muffe und Klemme
- Bunsenbrenner
- feuerfeste Unterlage

3.5. Vorbereitung

Ein Trichter wird mit einem mindestens 2,5 m langen Schlauch verbunden und anschließend mittels Muffe und Klemme am Stativ befestigt. Das Lycopodium wird in den Trichter gefüllt (je nach Trichtergröße 2-4 Spatel) und dieser vor dem Brenner auf der feuerfesten Oberfläche platziert.

3.6. Durchführung

Der Brenner wird angezündet und auf rauschende Flamme gestellt. Durch Einblasen von Luft in den Schlauch wird das Pulver fein zerstäubt in die Flamme überführt.

3.7. Beobachtung

Der Lycopodium-Staub verbrennt bei Kontakt mit der Flamme explosionsartig.

¹H. W. Roesky, *Glanzlichter chemischer Experimentierkunst*, WILEY-VCH, Weinheim, 2006.

3.8. Erklärung

Bei einem großen Zerteilungsgrad (Mehlstaub) kommen im Verhältnis viel mehr Sauerstoffmoleküle auf ein Partikel, als es bei einem niedrigeren Zerteilungsgrad (Weizenkorn) der Fall wäre. Somit kann die Verbrennung der Teilchen viel schneller ablaufen und sie verbrennen praktisch gleichzeitig, woraus sich der Explosionseffekt ergibt.¹

Für einen größeren Effekt kann auch Sauerstoff aus einer Druckgasflasche oder Druckluft verwendet werden.¹

3.9. Entsorgung

Die erkalteten, festen Rückstände können über den Hausmüll entsorgt werden.



4. Schäumendes Knallgas ●●●

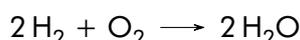
4.1. Einführung

In diesem Versuch wird Knallgas genutzt um Seifenschaum herzustellen, welcher effektiv explodiert.^{1,2,3}

4.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Die angegebenen Mengen dürfen keinesfalls überschritten werden! Der angegebene Sicherheitsabstand ist unbedingt einzuhalten.

4.3. Reaktionsgleichungen



4.4. Chemikalien & Geräte

4.4.1. Chemikalien



98 %-ige Schwefelsäure

Gefahr

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P301 + P330 + P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.

P303 + P361 + P353: BEI KONTAKT MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.



Wasserstoff

Gefahr

H220: Extrem entzündbares Gas.

H280: Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P377: Brand von ausströmendem Gas: Nicht löschen, bis Undichtigkeit gefahrlos beseitigt werden kann.

P381: Alle Zündquellen entfernen, wenn gefahrlos möglich.

P403: An einem gut belüfteten Ort aufbewahren.

¹G. Wagner, *Chemie in faszinierenden Experimenten*, 9., unveränd. Aufl., Aulis-Verl. Deubner, Köln, 1997.

²H. W. Roesky, K. Möckel, *Chemische Kabinettstücke, Spektakuläre Experimente und geistreiche Zitate*, VCH, Weinheim, 1994.

³*Anorganische Chemie*, 1. Aufl., 2. Dr., (Hrsg.: H. Boeck), unter Mitarb. von J. Elsner, H. Keune, A. Kometz, Volk und Wissen, Berlin, 2009.



Sauerstoff

Gefahr

H270: Kann Brand verursachen oder verstärken; Oxidationsmittel.

H280: Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.

P220: Von Kleidung/. . ./brennbaren Materialien fernhalten/entfernt aufbewahren.

P244: Druckminderer frei von Fett und Öl halten.

P370 + P376: Bei Brand: Undichtigkeit beseitigen, wenn gefahrlos möglich.

P403: An einem gut belüfteten Ort aufbewahren.



Spülmittel (Fit)

Achtung

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

P101: Ist ärztlicher Rat erforderlich, Verpackung oder Kennzeichnungsetikett bereithalten.

P102: Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P337 + P313: Bei anhaltender Augenreizung: Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.

4.4.2. Geräte

- Metallschale
- Elektrolysezelle
- variabler Gleichstromtrafo zur Spannungsversorgung
- Kabel
- 0,5 m langer Gummischlauch
- 1 Tropfer
- mindestens 1,5 m langer Stab, an dessen Ende eine Zündquelle befestigt ist (Wunderkerze, Bunsenbrenner, etc.)

4.5. Vorbereitung

Es wird eine Seifenlösung durch Vermischen von ein paar Tropfen Spülmittel mit soviel Wasser hergestellt, dass die Metallschale zur Hälfte gefüllt ist.

Die Elektrolysezelle wird mit Wasser befüllt und anschließend ein Tropfen konzentrierte Schwefelsäure zugegeben. Die Zelle wird verschlossen und der Schlauch angebracht, sodass dieser in die Seifenlösung ragt. Die Elektrolysezelle wird dann mittels Kabeln an den Trafo angeschlossen.

4.6. Durchführung

Es wird eine Spannung von etwa 10 V angelegt und solange elektrolysiert, bis ein kleiner Schaumberg entstanden ist. Nun wird die Elektrolyse beendet und die Elektrolysezelle einige Meter weit weg aufgestellt (keine Verbindung zwischen Schaum und Zelle!).

Die Zündung der Knallgasmischung erfolgt mit einer Zündlanze (mindestens 1,5 m langer Stab, an dessen Ende eine Zündquelle befestigt ist).

4.7. Beobachtung

Augenblicklich ertönt ein lauter Knall.

4.8. Erklärung

Die Reaktion zwischen Wasserstoff und Sauerstoff erfolgt stark exotherm, sodass das gebildete Wasser gasförmig entsteht und sich stark erwärmt. Dadurch dehnt sich der Wasserdampf explosionsartig aus, was als Knall wahrgenommen wird.¹

Alternativ kann das Knallgas auch durch Mischung von Wasserstoff und Sauerstoff (zum Beispiel aus Gasflaschen) in einer Glocke hergestellt werden.

4.9. Entsorgung

Die Schwefelsäure und die Seifenlösung werden über das Abwasser entsorgt.



5. Titanfontänen ●●●

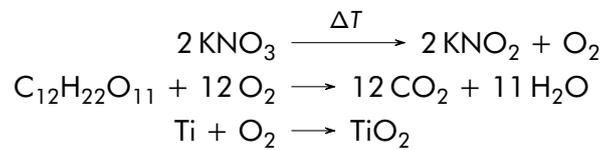
5.1. Einführung

In diesem Versuch wird die eindrucksvolle Reaktion von Titan mit Oxidationsmitteln gezeigt.

5.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Die Herstellung der Mischung muss unter größter Sorgfalt erfolgen! Es wird empfohlen, alle brennbaren Materialien in der Umgebung zu entfernen, da sich das brennende Titan in einem recht großen Radius verteilt. Es sollte entsprechend darauf geachtet werden, dass der Abbrand unbedingt auf einer feuerfesten Unterlage erfolgt.

5.3. Reaktionsgleichungen



5.4. Chemikalien & Geräte

5.4.1. Chemikalien



Kaliumnitrat

Achtung

H272: Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel.

P210: Von Hitze fernhalten.

P221: Mischen mit brennbaren Stoffen unbedingt verhindern.

Saccharose (kein Gefahrstoff nach GHS)



Titan (Pulver)

Gefahr

H228: Entzündbarer Feststoff.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P370 + P378: Bei Brand: Sand zum Löschen verwenden.

5.4.2. Geräte

- 2 Metallschalen
- 3 Metallspatel
- 1 Porzellanspatel
- Waage
- 3 Wägeschälchen
- Heizplatte

- feuerfeste Unterlage
- Zündschnur (käuflich erwerblich)

5.5. Vorbereitung

Es werden 1,17 g Saccharose (Haushaltszucker) in der Metallschale geschmolzen. Sobald dieser eine leichte Braunfärbung annimmt, werden 2,17 g Kaliumnitrat zugegeben und mit dem Zucker zu einer homogenen Masse vermengt. Zuletzt werden 0,50 g Titanpulver zugegeben und ebenfalls vermengt. Dies sollte unter ständigem Rühren mit dem Porzellanspatel erfolgen, damit der Zucker nicht anbrennt. Das fertige Gemisch muss nun für wenige Minuten abkühlen, bevor es weiter verarbeitet werden kann. Dabei darf es sich allerdings nicht verfestigen. Entsprechend muss der folgende Arbeitsschritt schnell erfolgen.

Die braune Masse wird zuletzt mit der Hand zu einem Kegel geformt, wobei eine Zündschnur in das Gemisch eingebaut werden kann, indem die Masse um die Zündschnur herum geknetet wird. Falls das Gemisch dafür bereits zu fest sein sollte, kann dies nochmals auf der Heizplatte erwärmt werden. Zum Abkühlen wird der Kegel unter einen Abzug gestellt. Sobald der fertige Kegel Raumtemperatur erreicht hat, kann dieser in einer weiteren Metallschale auf einer feuerfesten Unterlage platziert werden.

5.6. Durchführung

Der Kegel (bzw. die Zündschnur) wird angezündet und ein kleiner Sicherheitsabstand sollte eingenommen werden.

5.7. Beobachtung

Neben einem relativ starken Funkenflug, vergleichbar mit einer Wunderkerze, kann auch eine starke Raumentwicklung beobachtet werden.

5.8. Erklärung



Abb. 1: Lichterscheinung und Funkenflug bei der Titanfontäne.

Bei diesem Versuch wird eine Redoxreaktion genutzt, bei der das Kaliumnitrat zu Kaliumnitrit reduziert und die Saccharose zu Kohlenstoffdioxid und Wasser oxidiert wird. Dabei dient der Zucker ebenfalls als Bindemittel und Brandbeschleuniger. Das Titanpulver wird zu Titandioxid verbrannt und erzeugt, ähnlich wie bei der Verbrennung eines Magnesiumspans, Funken, welche in sämtliche Richtungen gestreut werden. Dabei erzeugen die Funken eine grelle Lichterscheinung, welche beim Abkühlen im Flug erlischt (vgl. Abb. 1).

5.9. Entsorgung

Eine spezielle Entsorgung ist nicht notwendig. Die bei dem Experiment entstandenen Produkte können über das Abwasser bzw. den Hausmüll entsorgt werden.



6. Rauchende Verpuffung mit Schwefel ●

6.1. Einführung

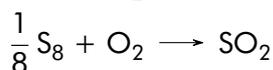
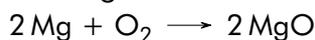
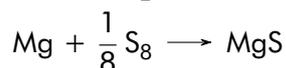
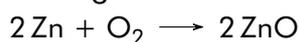
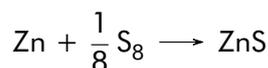
Bei diesem Experiment wird durch eine exotherme Reaktion zwischen Schwefel und Zink bzw. Magnesium eine Verpuffung unter starker Rauchentwicklung und Lichterscheinung erzeugt, wobei die Unterschiede im Reaktionsverlauf in Abhängigkeit vom Charakter der Edukte gezeigt werden können.

6.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Aufgrund der starken Rauchentwicklung ist die Durchführung im Freien oder in einem Abzug empfehlenswert. Es sollte ein Sicherheitsabstand von mindestens 2 m eingehalten werden. Weiterhin dürfen die angegebenen Mengen auf keinen Fall überschritten werden!

Bei Verwendung von Magnesium sollten die Zuschauer vor dem grellen Lichtblitz gewarnt werden.

6.3. Reaktionsgleichungen



6.4. Chemikalien & Geräte

6.4.1. Chemikalien



Schwefel

Achtung

H228: Entzündbarer Feststoff.

H315: Verursacht Hautreizungen.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P240: Behälter und zu befüllende Anlage erden.

P241: Explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel/Lüftungsanlagen/Beleuchtung verwenden.

P264: Nach Gebrauch Haut gründlich waschen.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P302 + P352: BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.



Magnesiumpulver

Gefahr

H228: Entzündbarer Feststoff.

H252: In großen Mengen selbsterhitzungsfähig; kann in Brand geraten.

H261: In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P223: Kontakt mit Wasser wegen heftiger Reaktion und möglichem Aufflammen unbedingt verhindern.



Zinkpulver

Achtung

H410: Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.

P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden.

6.4.2. Geräte

- 2 100 mL-Bechergläser
- 2 Metallschalen
- 2 Uhrgläser
- 2 Spatel
- 2 Wägeschälchen
- 1 Metallstab
- 1 Bunsenbrenner
- Waage
- feuerfeste Unterlage

6.5. Vorbereitung

Es werden mit der Waage 2 g Zink abgewogen und in das Becherglas überführt. Nun werden 1 g Schwefel abgewogen und zum Zink im Becherglas gegeben. Die beiden Stoffe werden jetzt durch Schwenken des Becherglases miteinander vermischt. Das Gemisch gibt man in eine Metallschale, welche bis zur Durchführung mit einem Uhrglas abgedeckt wird und auf der feuerfesten Unterlage steht.

Alternativ kann auch eine Mischung aus 1 g Magnesium und 1 g Schwefel verwendet werden.^{1,2}

6.6. Durchführung

Das Uhrglas auf der Metallschale wird entfernt und der lange Metallstab nun an einem Ende bis zur Rotglut durch den Bunsenbrenner erhitzt. Die glühende Spitze wird in das Pulvergemisch gehalten. Alternativ kann ein an einem Holzstock (zum Beispiel Besenstiel) befestigter Bunsenbrenner verwendet werden.

6.7. Beobachtung

Das Gemisch aus Schwefel und Zink beginnt erst langsam mit grüner Flamme zu brennen und reagiert dann zügig unter leichtem Funkenflug durch. Dabei ist eine starke Rauchentwicklung wahrnehmbar. Zurück bleibt ein weißes Pulver.

Die Reaktion zwischen Magnesium und Schwefel verläuft deutlich heftiger, sodass keine Verbrennung, sondern eine lebhaftere Verpuffung unter Bildung eines Rauchpilzes und einer sehr hellen Lichterscheinung wahrgenommen werden kann, wobei kein Pulver zurückbleibt.

¹H. W. Roesky, K. Möckel, *Chemische Kabinettstücke, Spektakuläre Experimente und geistreiche Zitate*, VCH, Weinheim, 1994.

²F. R. Kreissl, O. Krätz, *Feuer und Flamme, Schall und Rauch, Schauexperimente und Chemiehistorisches*, 2. Aufl., WILEY-VCH, Weinheim, 2008.

6.8. Erklärung

Durch den heißen Metallstab wird die notwendige Aktivierungsenergie zugeführt, um die Redoxreaktion zwischen Zink (Zn) bzw. Magnesium (Mg) und Schwefel (S_8) einzuleiten. Dabei werden zwei Elektronen der Metalle an den Schwefel abgegeben, wobei sich Zink- bzw. Magnesiumsulfid (ZnS bzw. MgS) bilden. Diese Reaktionen sind stark exotherm, wobei die große Reaktionswärme zur Oxidation der Metalle und des Schwefels mit Luftsauerstoff führt, was zum Funkenflug (Zink) bzw. grellen Lichtblitz (Magnesium) führt.

Da Magnesium deutlich unedler als Zink ist, treten höhere Reaktionstemperaturen auf. Dadurch läuft die Reaktion schneller ab (Reaktionsgeschwindigkeits-Temperatur-Regel), was einen explosionsartigen Verlauf bewirkt und zu einer heftigen Verpuffung führt. Die festen Reaktionsprodukte werden dabei in der Umgebung verteilt, weshalb kaum ein fester Rückstand in der Metallschale verbleibt.

6.9. Entsorgung

Die entstandenen Sulfide können über den Hausmüll entsorgt werden.



7. Selbstentzündliche Holzspäne ●

7.1. Einführung

In diesem Versuch werden Holzspäne durch Natriumperoxid entzündet, wobei die Reaktion mit Wasser gestartet wird.

7.2. Warn- und Sicherheitshinweise

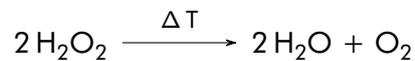
Die Mischung sollte aufgrund der Raumentwicklung im Abzug (oder unter einem Punktabzug) entzündet werden.

7.3. Reaktionsgleichungen

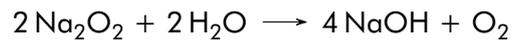
Bildung von Wasserstoffperoxid



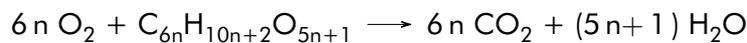
Zerfall des Wasserstoffperoxids in Wasser und Sauerstoff



Bruttoreaktion



Oxidation der Cellulose des Holzes



Bildung weiteren Sauerstoffs durch Reaktion mit gebildetem Kohlenstoffdioxid



7.4. Chemikalien & Geräte

7.4.1. Chemikalien



Natriumperoxid

Gefahr

H271: Kann Brand oder Explosion verursachen; starkes Oxidationsmittel.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P220: Von Kleidung/Reduktionsmitteln/brennbaren Materialien fernhalten/entfernt aufbewahren.

P260: Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol nicht einatmen.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P303 + P361 + P353: BEI KONTAKT MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

7.4.2. Geräte

- 1 Spatel
- 1 Metallschale
- 1 Spritzflasche mit Wasser
- Holzspäne/ oder -wolle

7.5. Vorbereitung

In der Metallschale wird etwas Holzwolle oder -späne platziert und mit drei großen Spateln Natriumperoxid vermischt.^{1,2,3,4}

7.6. Durchführung

Mit der Spritzflasche wird etwas Wasser in die Metallschale gespritzt.

7.7. Beobachtung

Nach kurzer Zeit entzündet sich das Holz und brennt relativ schnell ab.

7.8. Erklärung

Die bei der Hydrolyse des Natriumperoxids (Na_2O_2) freiwerdende Wärme führt zum Zerfall des gebildeten Wasserstoffperoxids (H_2O_2) in Sauerstoff (O_2) und Natriumhydroxid (NaOH), welches katalytisch den Zerfall weiteren Wasserstoffperoxids bewirkt.² Dieser entzündet das Holz durch die Reaktionswärme. Dabei gebildetes Kohlenstoffdioxid (CO_2) reagiert ebenfalls mit dem Natriumperoxid unter Bildung von Sauerstoff, was die Verbrennung anfacht. Auch das bei der Verbrennung gebildete Wasser (H_2O) beschleunigt die Verbrennung, da so mehr Peroxid hydrolysiert wird und in Sauerstoff zerfällt. Die dadurch entstehende Wärme beschleunigt die Reaktion immer weiter.

7.9. Entsorgung

Die erkalteten Rückstände werden in Wasser suspendiert. Die überstehende Lösung wird abdekantiert und über das Abwasser entsorgt. Der feste Rückstand wird über den Hausmüll entsorgt.

¹H. W. Roesky, *Glanzlichter chemischer Experimentierkunst*, WILEY-VCH, Weinheim, 2006.

²H. W. Roesky, K. Möckel, *Chemische Kabinettstücke, Spektakuläre Experimente und geistreiche Zitate*, VCH, Weinheim, 1994.

³G. Wagner, *Chemie in faszinierenden Experimenten*, 9., unveränd. Aufl., Aulis-Verl. Deubner, Köln, 1997.

⁴F. R. Kreissl, O. Krätz, *Feuer und Flamme, Schall und Rauch, Schauexperimente und Chemiehistorisches*, 2. Aufl., WILEY-VCH, Weinheim, 2008.



8. Violetter Rauch aus dem Iod-Vulkan ●●

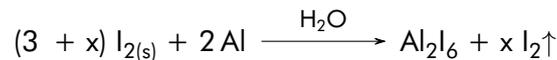
8.1. Einführung

Bei diesem Versuch wird ein Gemisch aus Iod und Aluminium durch Wasser entzündet, wobei neben Aluminiumiodid lila Iod-Wolken entstehen.

8.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Der Versuch darf nur unter einem gut ziehenden Abzug durchgeführt werden.

8.3. Reaktionsgleichungen



8.4. Chemikalien & Geräte

8.4.1. Chemikalien



Iod

Gefahr

H312: Gesundheitsschädlich bei Hautkontakt.

H315: Verursacht Hautreizungen.

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

H332: Gesundheitsschädlich bei Einatmen.

H335: Kann die Atemwege reizen.

H372: Schädigt die Schilddrüse bei längerer oder wiederholter Exposition. Expositionsweg: Oral.

H400: Sehr giftig für Wasserorganismen.

P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden.

P302 + P352: BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.



Aluminium

Gefahr

H250: Entzündet sich in Berührung mit Luft von selbst.

H261: In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P233: Behälter dicht verschlossen halten.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P302 + P335 + 334: BEI BERÜHRUNG MIT DER HAUT: Lose Partikel von der Haut abbürsten. In kaltes Wasser tauchen/nassen Verband anlegen.

P370 + P378: Bei Brand: Metallbrandpulver zum Löschen verwenden.

8.4.2. Geräte

- 2 Spatellöffel
- 2 Wägeschälchen
- Waage
- Abdampfschale
- Glasstab
- Uhrglas
- Spritzflasche mit Wasser (alternativ: Tropfer)

8.5. Vorbereitung

Es werden 2 g Aluminiumpulver mit 12 g Iodpulver durch vorsichtiges Umschütten beider Pulver zwischen den Wägeschälchen miteinander innig vermischt. Die Mischung wird zu einem Kegel in der Abdampfschale aufgeschüttet und mit einem Glasstab eine kleine Vertiefung in die Kegelspitze gedrückt. Mit dem Uhrglas wird die Abdampfschale bis zum Versuchsbeginn abgedeckt (um die Sublimation des Iods zu verhindern).¹

8.6. Durchführung

Mit der Spritzflasche werden nach Entfernen des Uhrglases wenige Tropfen Wasser in die Vertiefung an der Kegelspitze gegeben.

8.7. Beobachtung

Nach kurzer Zeit beginnt die Mischung zu brennen und entwickelt dabei große lila Wolken.

8.8. Erklärung

Die Reaktion zwischen Iod und Aluminium ist kinetisch gehemmt. Durch die Zugabe von Wasser wird das Aluminium an der Oberfläche etwas oxidiert, wobei die frei werdende Wärme zum Start der Reaktion ausreicht.¹

Der Versuch kann auch mit Magnesium anstatt Aluminium durchgeführt werden, wobei dann eine sehr viel heftigere Reaktion erfolgt.²

8.9. Entsorgung

Die erkaltete Mischung kann vorsichtig in Wasser gelöst und dann über das Abwasser entsorgt werden.

¹H. W. Roesky, K. Möckel, *Chemische Kabinettstücke, Spektakuläre Experimente und geistreiche Zitate*, VCH, Weinheim, 1994.

²G. Wagner, *Chemie in faszinierenden Experimenten*, 9., unveränd. Aufl., Aulis-Verl. Deubner, Köln, 1997.



Schöner Schein



1. Blitze unter Wasser ●●

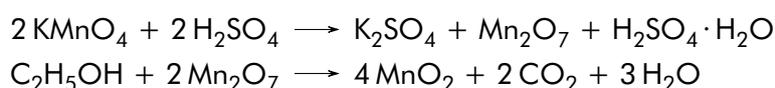
1.1. Einführung

Mit Kaliumpermanganat wird in diesem Versuch ein kleines Gewitter im Reagenzglas erzeugt. Das Experiment kann genutzt werden, um eine eindrucksvolle exotherme Reaktion zu demonstrieren, bei der die Energie nicht nur in Form von Wärme, sondern auch als Lichtblitze frei wird.

1.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Die angegebenen Mengen dürfen auf keinen Fall überschritten werden!

1.3. Reaktionsgleichungen



1.4. Chemikalien & Geräte

1.4.1. Chemikalien



Ethanol Gefahr

H225: Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P240: Behälter und zu befüllende Anlage erden.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P403 + P233: Behälter dicht verschlossen an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.



Kaliumpermanganat Gefahr

H272: Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel.

H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

H361d: Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen.

H373: Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition.

H410: Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P220: Von Kleidung und brennbaren Materialien fernhalten/entfernt aufbewahren.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P301 + P330 + P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.

P303 + P361 + P353: BEI KONTAKT MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.



Schwefelsäure, konzentriert

Gefahr

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P301 + P330 + P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.

P303 + P361 + P353: BEI KONTAKT MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

1.4.2. Geräte

- 1 Reagenzglas (3 cm Durchmesser)
- 1 Stativ mit Klemme und Muffe
- 1 150 mL-Becherglas
- 1 250 mL-Becherglas
- 1 10 mL-Messzylinder
- 1 50 mL-Messzylinder
- 1 Spatel
- 1 Tropfer

1.5. Vorbereitung

Ein großes Reagenzglas wird so in ein Stativ eingespannt, dass es mittig in einem leeren 150 ml-Becherglas hängt. In dieses Reagenzglas wird Ethanol (12 mL) gegeben. Anschließend wird mithilfe einer Pipette langsam und sehr vorsichtig konzentrierte Schwefelsäure (6 mL) unterschichtet. Dabei ist genauestens darauf zu achten, dass die Unterschichtung ordentlich und vollständig erfolgt. Eine Durchmischung der Flüssigkeiten, die stark exotherm wäre, ist unbedingt zu vermeiden! Wichtig für den Versuch ist die Grenzschicht der beiden Phasen.^{1,2,3}

1.6. Durchführung

In das Reagenzglas wird ein kleiner Kaliumpermanganat-Kristall geworfen. Daraufhin ist der Raum für die größte Effektwirkung abzudunkeln.

1.7. Beobachtung

Nach kurzer Zeit treten an der Phasengrenze violette, grüne bis braune Schlieren auf, begleitet von kleinen Bläschen, die nach oben aufsteigen. Mit andauernder Reaktion verstärkt sich diese Erscheinung, bis es an der Grenzfläche zwischen Säure und Alkohol immer wieder zu blitzartigen Entladungen, begleitet von kleinen Knallgeräuschen, kommt. Das Reagenzglas erwärmt sich dabei. Die Lichterscheinung dauert einige Minuten an (unter Umständen bis zu 15 min), ehe sie nachlässt. Dann könnten wieder neue Kristalle nachgeworfen werden. Nach Ende der Reaktion ist ein brauner Niederschlag erkennbar.

¹G. Wagner, *Chemie in faszinierenden Experimenten*, 9., unveränd. Aufl., Aulis-Verl. Deubner, Köln, 1997.

²H. W. Roesky, K. Möckel, *Chemische Kabinettstücke, Spektakuläre Experimente und geistreiche Zitate*, VCH, Weinheim, 1994.

³*Anorganische Chemie*, 1. Aufl., 2. Dr., (Hrsg.: H. Boeck), unter Mitarb. von J. Elsner, H. Keune, A. Kometz, Volk und Wissen, Berlin, 2009.

1.8. Erklärung

Kaliumpermanganat (KMnO_4) reagiert mit der konzentrierten Schwefelsäure (H_2SO_4), wobei Dimanganheptoxid (Mn_2O_7) gebildet wird. Dieses ist recht instabil und wird im Folgenden bei Kontakt mit dem Ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) augenblicklich zu Braunstein (Mangan(IV)-oxid, MnO_2) reduziert. Der Alkohol wird parallel durch den entstehenden Sauerstoff (O_2) explosionsartig oxidiert, wobei es zu den beobachtbaren Blitzen kommt. Bei den Farberscheinungen handelt es sich um die verschiedenen Oxidationsstufen des Mangans, der braune Niederschlag ist das entstehende Mangan(IV)-oxid. Das Becherglas ist notwendig, damit der Inhalt aufgefangen wird, sollte das Reagenzglas brechen.^{1,2,3,4}

1.9. Entsorgung

In einem 250 mL-Becherglas wird der Reagenzglasinhalt mit 150 mL kaltem Wasser vermischt („Erst das Wasser, dann die Säure, sonst geschieht das Ungeheure!“). Die Lösung kann in den Abfluss abdekantiert werden und der feste Rückstand wird als schwermetallhaltiger Feststoff gesammelt.

⁴Organische Chemie, 1. Aufl., 2. Dr., (Hrsg.: M. Just, E. Just, O. Kownatzki, H. Keune), Volk und Wissen, Berlin, 2009.



2. Chemolumineszenz mit Luminol ●●●

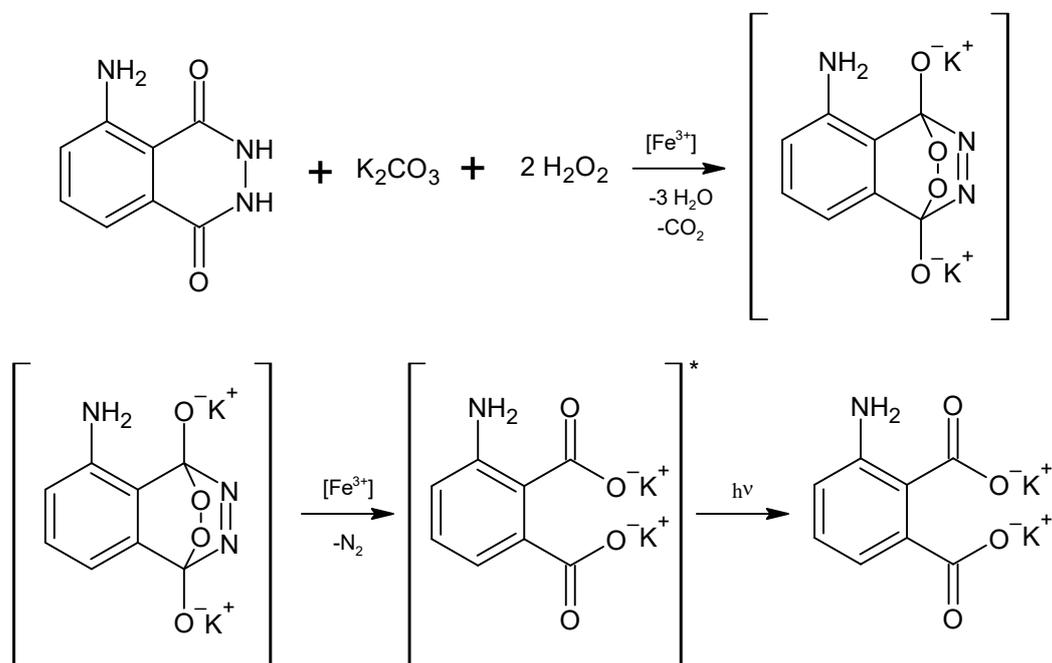
2.1. Einführung

In diesem Versuch wird „kaltes Licht“ durch die katalysierte Oxidation von Luminol mit Wasserstoffperoxid im alkalischen Milieu erzeugt.

2.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Es müssen keine besonderen Sicherheitshinweise beachtet werden.

2.3. Reaktionsgleichungen



2.4. Chemikalien & Geräte

2.4.1. Chemikalien



Wasserstoffperoxid, 30 %

Gefahr

H272: Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel.

H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.

H332: Gesundheitsschädlich bei Einatmen.

H318: Verursacht schwere Augenschäden.

P220: Von Kleidung und brennbaren Materialien fernhalten/entfernt aufbewahren.

P261: Einatmen von Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol vermeiden.

P280: Augenschutz tragen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

**Luminol****Achtung**

H315: Verursacht Hautreizungen.

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

H335: Kann die Atemwege reizen.

P261: Einatmen von Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol vermeiden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P302 + P352: BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.

P304 + P340: BEI EINATMEN: An die frische Luft bringen und in einer Position ruhigstellen, die das Atmen erleichtert.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P312: Bei Unwohlsein GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

**Kaliumcarbonat****Achtung**

H315: Verursacht Hautreizungen.

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

H335: Kann die Atemwege reizen.

P261: Einatmen von Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol vermeiden.

P264: Nach Gebrauch Haut gründlich waschen.

P271: Nur im Freien oder in gut belüfteten Räumen verwenden.

P280: Schutzhandschuhe/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P302 + P352: BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

Kaliumhexacyanoferrat(III) (kein Gefahrstoff nach GHS)**Fluorescein****Achtung**

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

P264: Nach Gebrauch Haut gründlich waschen.

P280: Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P337 + P313: Bei anhaltender Augenreizung: Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.

**Rhodamin B****Gefahr**

H318: Verursacht schwere Augenschäden.

H412: Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.

P260: Staub nicht einatmen.

P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden.

P280: Augenschutz tragen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

2.4.2. Geräte

- 3 1 L-Bechergläser
- 3 600 mL-Bechergläser
- 1 500 mL-Messzylinder
- 1 10 mL-Messzylinder
- 3 Spatel
- 3 Glasstäbe
- 1 Wägeschälchen
- Waage

2.5. Vorbereitung

Es werden jeweils 0,15 g Luminol und 3 g Kaliumcarbonat in 500 mL destilliertem Wasser in den drei 1 L-Bechergläsern gelöst. Anschließend wird in eines der Bechergläser noch ein Spatel Fluorescein und in ein weiteres ein Spatel Rhodamin B hinzugefügt. Mit den drei Glasstäben wird jeweils eine homogene Lösung hergestellt.

In den drei 600 mL-Bechergläsern wird jeweils 0,4 g Kaliumhexacyanoferrat(III) in 500 mL destilliertem Wasser gelöst. Anschließend wird pro Becherglas noch etwa 2 mL 30 %-ige Wasserstoffperoxid-Lösung hinzugefügt.¹

2.6. Durchführung

Der Inhalt der drei 600 mL-Bechergläser wird in die 1 L-Bechergläser überführt. Mit den Glasstäben wird umgerührt.

2.7. Beobachtung

Im ersten Becherglas ohne weitere Farbstoffe ist ein intensives blaues Leuchten zu beobachten, im zweiten Becherglas mit Fluorescein entsteht ein intensives gelb-grünes Leuchten und das dritte Becherglas mit Rhodamin B leuchtet intensiv violett auf (siehe Abb. 2).

2.8. Erklärung



Abb. 2: "Kalttes Licht" in einer Glasapparatur (Mitte: blau - ohne Zusätze; links: violett - mit Rhodamin B; rechts gelb-grün - mit Fluorescein).

¹M. Seidl, Chemolumineszenz mit Luminol (Soda), 2022, <https://www.chem-page.de/experimente/chemolumineszenz-mit-luminol-soda.html> (besucht am 08.08.2022).

Im Versuch wird Luminol durch das Wasserstoffperoxid oxidiert, wobei ein zyklisches Peroxid entsteht. Dieses zerfällt unter Stickstofffreisetzung in ein angeregtes 3-Aminophthalsäuredianion. Bei dessen Relaxation in den Grundzustand wird die freiwerdende Energie in Form von Licht abgegeben. Die verwendeten Fluoreszenzfarbstoffe Fluorescein und Rhodamin B werden durch das ausgesendete Licht angeregt und fluoreszieren dann in den genannten Farben. Dabei dient das Kaliumhexacyanoferrat (bzw. die enthaltenen Eisen(III)-Ionen) als Katalysator.²

Alternativ zur Verwendung von Bechergläsern kann auch ein durchsichtiger PVC-Schlauch oder eine Glasapparatur verwendet werden. Neben Leuchtschrift kann so auch eine Farbkaskade in Form eines komplexen Aufbaus realisiert werden (zum Beispiel Luminol-Lösung in Tropftrichter läuft in Soxhlett-Aufsatz mit Fluorescein oder Rhodamin B). Der Versuch ist in zahlreichen Varianten verfügbar^{1,2,3,4,5,6,7,8}.

2.9. Entsorgung

Die Lösungen können verdünnt über das Abwasser entsorgt werden.

²F. R. Kreissl, O. Krätz, *Feuer und Flamme, Schall und Rauch, Schauexperimente und Chemiehistorisches*, 2. Aufl., WILEY-VCH, Weinheim, 2008.

³G. Wagner, *Chemie in faszinierenden Experimenten*, 9., unveränd. Aufl., Aulis-Verl. Deubner, Köln, 1997.

⁴*Anorganische Chemie*, 1. Aufl., 2. Dr., (Hrsg.: H. Boeck), unter Mitarb. von J. Elsner, H. Keune, A. Kometz, Volk und Wissen, Berlin, 2009.

⁵*Organische Chemie*, 1. Aufl., 2. Dr., (Hrsg.: M. Just, E. Just, O. Kownatzki, H. Keune), Volk und Wissen, Berlin, 2009.

⁶H. W. Roesky, K. Möckel, *Chemische Kabinettstücke, Spektakuläre Experimente und geistreiche Zitate*, VCH, Weinheim, 1994.

⁷H. W. Roesky, *Glanzlichter chemischer Experimentierkunst*, WILEY-VCH, Weinheim, 2006.

⁸M. Seidl, Experimente die eine Chemolumineszenz erzeugen - Chem-Page.de, 2022, <https://www.chem-page.de/experimente/lumineszenz/chemolumineszenz.html> (besucht am 08.08.2022).



3. Brennendes Papier ●

3.1. Einführung

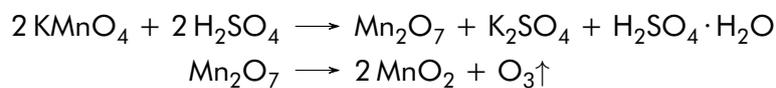
Bei diesem Versuch kann die oxidierende Wirkung von Peroxidionen im stark sauren Milieu gezeigt werden.

3.2. Warn- und Sicherheitshinweise

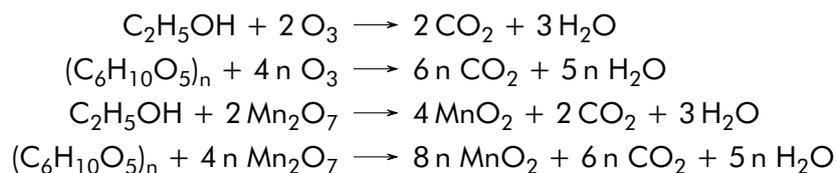
Die Dimanganheptoxid-Suspension wirkt extrem oxidierend und kann im Kontakt mit Reduktionsmitteln zu Explosionen führen. Weiterhin entsteht Ozon, sodass die angegebenen Mengen auf keinen Fall überschritten werden dürfen! Die Vorbereitung darf nur wenige Minuten vor der Versuchsdurchführung erfolgen, um gefährliche Nebenreaktionen zu verhindern.

3.3. Reaktionsgleichungen

Herstellung von Dimanganheptoxid und Zerfall in Ozon



Oxidation des Ethanols und Papiers durch beide Stoffe



3.4. Chemikalien & Geräte

3.4.1. Chemikalien



Ethanol Gefahr

H225: Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P240: Behälter und zu befüllende Anlage erden.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P403 + P233: Behälter dicht verschlossen an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.



Kaliumpermanganat Gefahr

H272: Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel.

H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

H361d: Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen.

H373: Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition.

H410: Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P220: Von Kleidung und brennbaren Materialien fernhalten/entfernt aufbewahren.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P301 + P330 + P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.

P303 + P361 + P353: BEI KONTAKT MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.



Schwefelsäure, konzentriert

Gefahr

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P301 + P330 + P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.

P303 + P361 + P353: BEI KONTAKT MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

3.4.2. Geräte

- 1 250 mL-Becherglas
- 1 50 mL-Becherglas
- 1 großes Uhrglas
- 1 mittelgroßes Uhrglas
- 1 Glasstab
- 1 Petrischale mit passendem Deckel
- 1 kleiner Spatel
- 1 Pinsel
- 2 Tropfer
- 1 Blatt Filterpapier in der Größe des mittelgroßen Uhrglases

3.5. Vorbereitung

Das Filterpapier wird auf das mittelgroße Uhrglas gelegt. Mit dem Pinsel wird mit Ethanol (welches sich im 50 mL-Becherglas befindet) ein Schriftzug (oder Ähnliches) auf das Filterpapier geschrieben. Anschließend wird das mittelgroße Uhrglas mit dem großen Uhrglas abgedeckt. In die Petrischale wird ein Spatel Kaliumpermanganat gegeben und mit ein paar Tropfen Schwefelsäure versetzt. Beide Stoffe werden innig mit dem Glasstab vermischt, welcher anschließend in ein 250 mL-Becherglas abgestellt wird. Die Petrischale wird mit dem passenden Deckel verschlossen. Die Vorbereitung darf nur wenige Minuten vor der Versuchsdurchführung erfolgen, um ein Verfliegen des Ethanols sowie eine Zersetzung der Kaliumpermanganat-Schwefelsäure-Suspension zu verhindern.

3.6. Durchführung

Mit dem Glasstab wird wenig der $\text{KMnO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4$ -Suspension auf das mit Ethanol beschriebene Filterpapier aufgetragen.

3.7. Beobachtung

Das Filterpapier entzündet sich sofort an den mit Ethanol angefeuchteten Stellen und brennt mit violetter Flamme. Später verbrennt auch der Rest des Filterpapiers.

3.8. Erklärung

Dimanganheptoxid (Mn_2O_7) sowie durch dessen Zerfall gebildetes Ozon (O_3) oxidieren organische Stoffe explosionsartig; sie zählen zu den sehr reaktiven und sauerstoffreichen Verbindungen.^{1,2}

3.9. Entsorgung

Reste vom Filterpapier werden nach Anfeuchten mit Wasser über den Hausmüll entsorgt. Die verbleibende Kaliumpermanganat-Schwefelsäure-Suspension wird unter Rühren mit dem Glasstab vorsichtig in das mit Wasser gefüllte 250 mL-Becherglas eingetragen („Erst das Wasser, dann die Säure, sonst geschieht das Ungeheure!“). Die Lösung kann anschließend über das Abwasser entsorgt werden.

¹Anorganische Chemie, 1. Aufl., 2. Dr., (Hrsg.: H. Boeck), unter Mitarb. von J. Elsner, H. Keune, A. Kometz, Volk und Wissen, Berlin, 2009.

²Organische Chemie, 1. Aufl., 2. Dr., (Hrsg.: M. Just, E. Just, O. Kownatzki, H. Keune), Volk und Wissen, Berlin, 2009.



4. Magnesium-Brand in Trockeneis ●●●

4.1. Einführung

Mit diesem Versuch lässt sich die hohe Reaktivität von Magnesium als starkes Reduktionsmittel veranschaulichen. So wird dieses nicht an Luft, sondern in einer CO₂-Atmosphäre verbrannt. Dabei kann eine sehr helle, grelle Lichterscheinung beobachtet werden.

4.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Die Verbrennung des Magnesiums ist stark exotherm. Es sind sehr hohe Temperaturen (> 2500 °C) zu erwarten. Magnesium kann nicht mit Wasser oder Sand gelöscht werden. Es wird deshalb empfohlen, einen Metallbrandlöscher bereitzuhalten.

Trockeneis, welches eine Temperatur von etwa –78 °C besitzt, sollte nur mit Isolier- bzw. Thermohandschuhen gehandhabt werden. Es sollte in gut belüfteten Räumen gearbeitet werden, da bei der Sublimation des Trockeneises gasförmiges CO₂ frei wird, welches erstickend wirkt.

Die Lichterscheinung beim Verbrennen des Magnesiums ist sehr hell, grell und enthält UV-Strahlung. Das Publikum sollte vor dem Versuch darauf hingewiesen werden nicht längere Zeit in diese zu schauen.

4.3. Reaktionsgleichungen



4.4. Chemikalien & Geräte

4.4.1. Chemikalien

Trockeneis (kein Gefahrstoff nach GHS)



Magnesiumspäne

Gefahr

H228: Entzündbarer Feststoff.

H252: In großen Mengen selbsterhitzungsfähig; kann in Brand geraten.

H261: In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P223: Kontakt mit Wasser wegen heftiger Reaktion und möglichem Aufflammen unbedingt verhindern.

4.4.2. Geräte

- 1 Tiegelzange
- 1 Bunsenbrenner
- 1 Paar Isolierhandschuhe
- 1 Spatel
- 1 Wägeschälchen
- 1 Schlitz-Schraubendreher

- Waage
- feuerfeste Unterlage

4.5. Vorbereitung

In einen von zwei gleich großen Trockeneisblöcken (jeweils mindestens 3 kg Gewicht) wird mit einem Schraubendreher ein etwa 4 cm tiefes Loch gebohrt. Der Trockeneisblock ist dabei auf einer feuerfesten Unterlage zu lagern. Anschließend werden etwa 2 g Magnesiumspäne in die Vertiefung gefüllt.^{1,2}

4.6. Durchführung

Mit einem Bunsenbrenner wird das Magnesium entzündet. Der andere Trockeneisblock wird schnell bündig auf den ersten gesetzt.

4.7. Beobachtung

Das Magnesium verbrennt mit einer sehr hellen Lichterscheinung. Außerdem treten an der Seite der Trockeneisblöcke große Mengen Nebel aus.

Nach beendeter Reaktion liegt ein schwarzer Rückstand im Trockeneis vor.

4.8. Erklärung

Die sehr helle Lichterscheinung geht auf das Verbrennen des Magnesiums (Mg) zurück, welches als starkes Reduktionsmittel das Kohlenstoffdioxid (CO_2) zu Kohlenstoff (C, sichtbar als schwarzer Rückstand nach beendeter Reaktion) und Magnesiumoxid (MgO) umsetzt. Da die Verbrennung stark exotherm ist, sublimiert das Trockeneis zu gasförmigen CO_2 , was sich durch Kondensation von umgebender Luftfeuchte als Nebelbildung beobachten lässt.

4.9. Entsorgung

Das Magnesiumoxid und der Kohlenstoff können über den Hausmüll entsorgt werden. Das restliche Trockeneis sublimiert bei Raumtemperatur rückstandsfrei.

¹H. W. Roesky, *Glanzlichter chemischer Experimentierkunst*, WILEY-VCH, Weinheim, 2006.

²P. Wich, Versuch – Nr.045 Magnesium, ein faszinierendes Metall (Teil I: Reaktivität), 2020, <https://www.experimentalchemie.de/versuch-045.htm> (besucht am 08.08.2022).



5. Chemisches Glühwürmchen ●

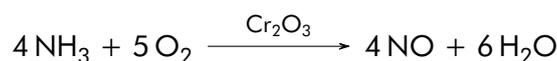
5.1. Einführung

Jeder kennt im Sommer Glühwürmchen, die durch die Nacht schwirren. Mit diesem Versuch kann ein ganzer Schwarm dieser leuchtenden Insekten chemisch nachgestellt werden.

5.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Die angegebenen Mengen sind einzuhalten.

5.3. Reaktionsgleichungen



5.4. Chemikalien & Geräte

5.4.1. Chemikalien



Ammoniak-Lösung

Gefahr

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

H335: Kann die Atemwege reizen.

H400: Sehr giftig für Wasserorganismen.

P260: Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol nicht einatmen.

P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P301 + P330 + P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.

P303 + P361 + P353: BEI KONTAKT MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

Chrom(III)-oxid (kein Gefahrstoff nach GHS)

5.4.2. Geräte

- 1 Rundkolben oder Weinballon 20 L
- 1 Bunsenbrenner
- 1 Gummistopfen
- 1 Verbrennungslöffel

5.5. Vorbereitung

In den Rundkolben werden 20 mL konz. Ammoniak gegeben. Der Kolben wird kurz geschwenkt, dann mit dem Gummistopfen verschlossen (nicht zu stark festdrücken, sodass eventueller Überdruck nicht zu stark wird).

5.6. Durchführung

In einem Verbrennungslöffel werden 3 g sehr feines Cr_2O_3 -Pulver gegläht. Es bietet sich an, diesen Versuch mit dem sogenannten „Ammoniumdichromat-Vulkan“ zu kombinieren, um so frisch hergestelltes Cr_2O_3 zu verwenden. Der Kolben wird noch einmal kurz geschwenkt, dann geöffnet und das heißgeglühte Chrom(III)-oxid vorsichtig eingeschüttet. Es kann der Löffel auch in den Kolben gehängt und darin vorsichtig geschüttelt werden. Wichtig ist, dass kleine Mengen des Pulvers aufgewirbelt werden.

5.7. Beobachtung

Im Kolben fliegen kleine Funken. Diese ähneln einem Schwarm von Glühwürmchen.

5.8. Erklärung

Das Chrom(III)-oxid wirkt als Katalysator, sodass der im Kolben vorliegende gasförmige Ammoniak mit Luftsauerstoff zu Stickstoffmonoxid und Wasser verbrennt. Die Verbrennung erzeugt die kleine Lichterscheinung.

5.9. Entsorgung

Chrom(III)-oxid wird als Feststoff gesammelt und als anorganischer Schwermetallabfall entsorgt.



6. Auflösen von Papier in Schwefelsäure ●

6.1. Einführung

In diesem Versuch wird Papier in konzentrierter Schwefelsäure aufgelöst. Der Versuch beruht auf eigenen Ideen.

6.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Es sind keine besonderen Sicherheitsvorkehrungen notwendig.

6.3. Reaktionsgleichungen



6.4. Chemikalien & Geräte

6.4.1. Chemikalien



98 %-ige Schwefelsäure

Gefahr

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P301 + P330 + P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.

P303 + P361 + P353: BEI KONTAKT MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

6.4.2. Geräte

- Papier (am besten ein Taschentuch)
- Pinzette
- große Petrischale

6.5. Vorbereitung

Kurz vor Versuchsbeginn wird etwas Schwefelsäure in die Petrischale gegeben, sodass deren gesamter Boden gerade so bedeckt ist.

6.6. Durchführung

Das Papier wird mit der Pinzette in die Schwefelsäure getaucht und dann vorsichtig hochgehalten.

6.7. Beobachtung

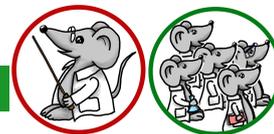
Es tritt eine Schwarzfärbung des Papieres auf, wobei dieses nach einiger Zeit sogar zerfällt und einen schwarzen Rückstand zurücklässt.

6.8. Erklärung

Schwefelsäure ist stark hygroskopisch (= wasserentziehend). Papier besteht hauptsächlich aus Cellulose, einem Kohlenhydrat (= hydratisierter Kohlenstoff). Durch Schwefelsäure wird dieses in Wasser und Kohlenstoff zersetzt. Letzterer bildet die schwarze Masse, während das Wasser die Schwefelsäure verdünnt.

6.9. Entsorgung

Die Schwefelsäure in der Petrischale kann neutralisiert oder verdünnt im Abfluss entsorgt werden. Papierreste werden mit Wasser gewaschen und dann über den Hausmüll entsorgt.



7. Versilbern von Glas ●●

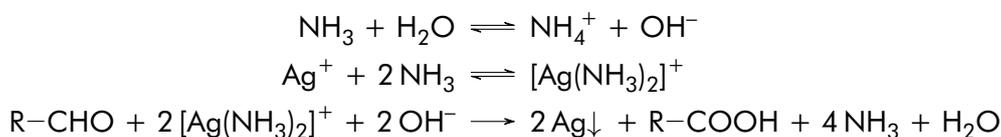
7.1. Einführung

Bei diesem Versuch wird gezeigt, wie man elementares Silber optisch ansprechend auf Glas abscheiden kann. Diese Reaktion wurde früher zur Herstellung von Silberspiegeln genutzt und ist als Tollens Reagenz zum Nachweis reduzierender Zucker bekannt. Sie ist angelehnt an bestehende Vorschriften.^{1,2,3,4,5}

7.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Die angegebenen Mengen sind unbedingt einzuhalten. Die benötigten Lösungen sind immer frisch herzustellen. Vor allem die ammoniakalische Silbernitrat-Lösung darf nicht gelagert werden!

7.3. Reaktionsgleichungen



7.4. Chemikalien & Geräte

7.4.1. Chemikalien



Aceton Gefahr

EUH066: Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen.

H225: Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

H336: Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P233: Behälter dicht verschlossen halten.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.



Silbernitrat Gefahr

H272: Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel.

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

H410: Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

¹H. W. Roesky, K. Möckel, *Chemische Kabinettstücke, Spektakuläre Experimente und geistreiche Zitate*, VCH, Weinheim, 1994.

²F. R. Kreissl, O. Krätz, *Feuer und Flamme, Schall und Rauch, Schauexperimente und Chemiehistorisches*, 2. Aufl., WILEY-VCH, Weinheim, 2008.

³G. Wagner, *Chemie in faszinierenden Experimenten*, 9., unveränd. Aufl., Aulis-Verl. Deubner, Köln, 1997.

⁴*Anorganische Chemie*, 1. Aufl., 2. Dr., (Hrsg.: H. Boeck), unter Mitarb. von J. Elsner, H. Keune, A. Kometz, Volk und Wissen, Berlin, 2009.

⁵*Organische Chemie*, 1. Aufl., 2. Dr., (Hrsg.: M. Just, E. Just, O. Kownatzki, H. Keune), Volk und Wissen, Berlin, 2009.

P220: Von Kleidung/. . . /brennbaren Materialien fernhalten/entfernt aufbewahren.

P260: Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol nicht einatmen.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P308 + P310: BEI Exposition oder falls betroffen: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

P370 + P378: Bei Brand: . . . zum Löschen verwenden.



25 %-ige Ammoniak-Lösung

Gefahr

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

H335: Kann die Atemwege reizen.

H400: Sehr giftig für Wasserorganismen.

P260: Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol nicht einatmen.

P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P301 + P330 + P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.

P303 + P361 + P353: BEI KONTAKT MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

Glucose (kein Gefahrstoff nach GHS)

Saccharose (kein Gefahrstoff nach GHS)

7.4.2. Geräte

- 1 1 L-Rundkolben mit langem Hals
- 2 100 mL-Messzylinder
- 2 50 mL-Messzylinder
- 1 10 mL-Messzylinder
- 2 100 mL-Bechergläser
- 1 50 mL-Becherglas
- Waage
- 3 Wägeschälchen
- 3 Spatel
- 1 Tropfer
- Bunsenbrenner und gegebenenfalls Wasserbad
- 1 Stativklemme mit passender Muffe
- Stativ
- 1 großer Korkring

- 2 Reagenzgläser ($d = 18 \text{ mm}$)
- Reagenzglasgestell
- Reagenzglasklammer
- 2 Pasteurpipetten (3 mL)

7.5. Vorbereitung

Es wird empfohlen, den zu beschichtenden Rundkolben (Lehrerversuch) bzw. die Reagenzgläser (Schülerversuch) mit Aceton auszuspülen, um ein besseres Haften der Metallschicht zu gewährleisten (Entfernung von Schmutz und Fett). Dazu werden etwa 50 mL (Kolben) bzw. 5 mL (Reagenzglas) Aceton zum Ausspülen verwendet. Das verunreinigte Aceton wird in einem 100 mL-Becherglas im Abzug zum Verdampfen abgestellt.

Es werden 100 mL einer 0,1 M Silbernitrat-Lösung angesetzt. Dazu werden 1,70 g Silbernitrat im 250 mL-Becherglas in 100 mL destilliertem Wasser gelöst. Anschließend werden 60 mL einer gesättigten Glucose-Lösung und 30 mL einer gesättigten Saccharose-Lösung angesetzt.

7.6. Durchführung

7.6.1. Lehrerversuch

In den entfetteten und getrockneten Rundkolben werden 50 mL der Silbernitrat-Lösung vorgelegt und so lange konzentrierte Ammoniak-Lösung zugetropft, bis sich der anfangs gebildete Niederschlag wieder auflöst. Anschließend werden 20 mL der Glucose-Lösung zugegeben und der Kolben mit dem Brenner vorsichtig unter Schwenken erhitzt.

7.6.2. Schülerversuch

In beide entfetteten Reagenzgläser wird etwa 1 mL der Silbernitrat-Lösung vorgelegt. Anschließend wird mit etwa 5 mL destilliertem Wasser verdünnt. Dann wird so viel konzentrierte Ammoniak-Lösung zugetropft, bis sich der anfangs gebildete Niederschlag wieder auflöst. Es folgt die Zugabe von etwa 1 mL Glucose-Lösung in das erste Reagenzglas sowie 1 mL Saccharose-Lösung in das zweite. Abschließend werden beide Reagenzgläser mit dem Brenner vorsichtig unter Schwenken erhitzt.

Hinweis: Teilweise werden bessere Ergebnisse durch Verwendung eines Wasserbades erzielt.

7.7. Beobachtung

7.7.1. Lehrerversuch

Nach kurzer Zeit scheidet sich Silber als glänzende Schicht an der Kolbenwandung ab.

7.7.2. Schülerversuch

Nach kurzer Zeit scheidet sich bei Verwendung von Glucose Silber an der Reagenzglaswandung ab, während bei Verwendung von Saccharose keine Veränderung feststellbar ist.

7.8. Erklärung

Glucose ist ein Monosaccharid und ein starkes Reduktionsmittel, welches die Silber-Ionen zu metallischem Silber reduzieren kann. Aufgrund der gewählten Reaktionsbedingungen wird jedoch nicht einfach ein Niederschlag gebildet, sondern die Glaswandung mit einer glänzenden Schicht Silber überzogen. Auch das Disaccharid Saccharose wirkt als Kohlenhydrat prinzipiell reduzierend. Allerdings sind hier beide glycosidischen Hydroxylgruppen der enthaltenen Monosaccharide Glucose und Fruktose in einer 1,2-glycosidischen Bindung verknüpft, sodass keine Reduktion der Silberionen erfolgen

kann.⁵

Hinweis: Als reduzierend-wirkende Zucker kann auch das Monosaccharid Fruktose (Fruchtzucker) sowie die Disaccharide Maltose (Malzzucker) und Laktose (Milchzucker) verwendet werden. In letzteren werden beide enthaltenen Monosaccharide über eine 1,4-glycosidische Bindung verknüpft, sodass pro Molekül Disaccharid eine reduzierbare glycosidische Hydroxylgruppe verbleibt und so ein Silberspiegel entstehen kann.⁵

7.9. Entsorgung

Die abgekühlten Lösungen werden als schwermetallhaltige Rückstände entsorgt, wobei darauf zu achten ist, dass Silber einzeln aufgearbeitet werden muss. Die Kolben und Reagenzgläser können entweder zu Anschauungszwecken aufgehoben oder mit konzentrierter Salpetersäure gereinigt werden.



8. Verbrennung von rotem Phosphor in reinem Sauerstoff ●

8.1. Einführung

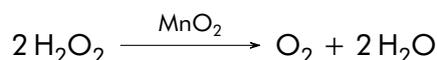
Bei diesem Versuch kann die Oxidation von Nichtmetallen und die Reaktion der gebildeten Oxide mit Wasser anschaulich gezeigt werden.

8.2. Warn- und Sicherheitshinweise

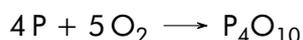
Die angegebenen Mengen dürfen auf keinen Fall überschritten werden!

8.3. Reaktionsgleichungen

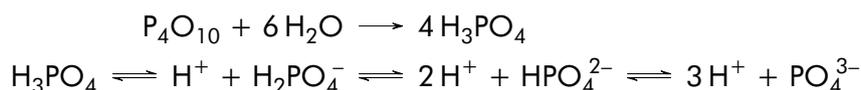
Herstellung des Sauerstoffs



Verbrennung des Phosphors



Bildung von Phosphorsäure und Dissoziation



8.4. Chemikalien & Geräte

8.4.1. Chemikalien



Mangan(IV)-oxid

Gefahr

H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.

H332: Gesundheitsschädlich bei Einatmen.

H373: Kann das Gehirn schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition. Expositionsweg: inhalativ.

P314: Bei Unwohlsein ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.



Wasserstoffperoxid, 30 %

Gefahr

H272: Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel.

H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.

H332: Gesundheitsschädlich bei Einatmen.

H318: Verursacht schwere Augenschäden.

P220: Von Kleidung und brennbaren Materialien fernhalten/entfernt aufbewahren.

P261: Einatmen von Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol vermeiden.

P280: Augenschutz tragen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.



Phosphor, rot Gefahr

H228: Entzündbarer Feststoff.

H412: Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden.

P233: Behälter dicht verschlossen halten.



TASHIRO-Mischindikator

Achtung

H226: Flüssigkeit und Dampf entzündbar.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P303 + P361 + P353: BEI KONTAKT MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

8.4.2. Geräte

- 1 50 mL-Becherglas
- 1 25 mL-Messzylinder
- 1 5 L-Standkolben oder vergleichbares Gefäß
- 1 Verbrennungslöffel, welcher an einer kleinen Keramikscheibe (passend zum zuvor genannten Gefäß) befestigt ist
- 2 Spatel
- 1 Tropfer
- 1 Bunsenbrenner
- Aluminiumfolie

8.5. Vorbereitung

In den Kolben wird Mangan(IV)-oxid gegeben (1 Spatel). Parallel dazu werden 20 mL Wasser in dem 50 mL-Becherglas vorgelegt. Anschließend werden 20 mL konzentrierte Wasserstoffperoxid-Lösung zugegeben. Diese Lösung wird etwa 10 min vor der Präsentation in den Kolben gegeben und dieser mit der Aluminiumfolie verschlossen. Es ist dabei darauf zu achten, dass kein Überdruck im Kolben entsteht und die sich ausdehnende Gasphase entweichen kann. Weiterhin wird etwas Phosphor auf den Phosphorlöffel gegeben.

8.6. Durchführung

Die Aluminiumfolie wird entfernt und mit dem Tropfer werden etwa 5 mL TASHIRO-Mischindikator zugegeben. Anschließend wird der Phosphor auf dem Löffel entzündet und in den Kolben eingetaucht, sodass die Keramikscheibe auf der Kolbenöffnung aufliegt.

8.7. Beobachtung

Bei Zugabe von TASHIRO-Mischindikator zeigt dieser eine grün-graue Farbe. Wird dann der brennende Phosphor in die sauerstoffreiche Atmosphäre eingebracht, brennt dieser mit hell leuchtender und stark rauchender Flamme. Kurze Zeit später nimmt der Indikator langsam einen violetten Farbton an.

8.8. Erklärung

Durch den Zerfall des Wasserstoffperoxids (H_2O_2) wird Sauerstoff (O_2) gebildet, welcher die Luft langsam aus dem Kolben verdrängt, weil Sauerstoff schwerer als Luft ist. Der „Rauch“ beim Verbrennen des Phosphors besteht aus Phosphor(V)-oxid-Partikeln (P_4O_{10}). Diese lösen sich im Wasser (H_2O) am Boden des Kolbens und reagieren mit diesem zu einem Gemisch verschiedener Phosphorsäuren (unter anderem Orthophosphorsäure, H_3PO_4).^{1,2} Die durch deren Dissoziation gebildeten Protonen reagieren mit den Farbstoffmolekülen des Indikators, sodass dieser seine Farbe ändert. Bei Verwendung anderer Indikatoren werden andere Farbumschläge beobachtet.

8.9. Entsorgung

Der Kolben wird nach beendeter Reaktion unter einem Abzug zum Auslüften gelagert. Anschließend wird der Feststoff abfiltriert und als anorganischer schwermetallhaltiger Rückstand entsorgt. Die Lösung kann verdünnt über das Abwasser entsorgt werden.

¹Anorganische Chemie, 1. Aufl., 2. Dr., (Hrsg.: H. Boeck), unter Mitarb. von J. Elsner, H. Keune, A. Kometz, Volk und Wissen, Berlin, 2009.

²H. W. Roesky, *Glanzlichter chemischer Experimentierkunst*, WILEY-VCH, Weinheim, 2006.



9. Chemischer Weihnachtsbaum ●

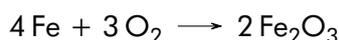
9.1. Einführung

Dieser Versuch geht auf eine Experimentalvorlesung im Jahre 2000 an der Justus-Liebig-Universität Gießen zurück. Stahlwolle, welche in die Form eines Weihnachtsbaums gebracht wurde, wird durch Luftsauerstoff oxidiert.¹

9.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Der Versuch muss zwingend auf einer feuerfesten Unterlage durchgeführt werden.

9.3. Reaktionsgleichungen



9.4. Chemikalien & Geräte

9.4.1. Chemikalien



Eisenwolle

Achtung

H228: Entzündbarer Feststoff.

H251: Selbsterhitzungsfähig; kann in Brand geraten.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P370 + P378: Bei Brand: Metallbrandpulver zum Löschen verwenden.

9.4.2. Geräte

- 1 Stativ
- 3 Stativklammern und Muffen
- 1 Bunsenbrenner
- feuerfeste Unterlage

9.5. Vorbereitung

Die Stahlwolle wird in Baumform gebracht und an einem Stativ befestigt (unter Zuhilfenahme von drei Stativklammern und Muffen, falls notwendig). Das Stativ wird auf eine feuerfeste Unterlage gestellt.

9.6. Durchführung

Mit dem Bunsenbrenner wird der Baum an einer Stelle im unteren Bereich entzündet.

9.7. Beobachtung

Die Stahlwolle glimmt mit heller Lichterscheinung. Diese beginnt an der Entzündungsstelle und überzieht nach und nach den gesamten Baum.

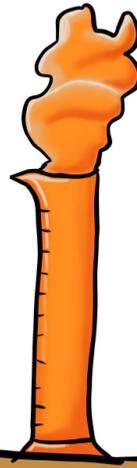
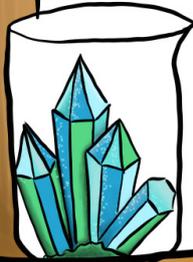
¹B. Albert, J. Janek, *Chem. Unserer Zeit* 2001, 35(6), 390–401.

9.8. Erklärung

Da das Eisen (Fe) in der Stahlwolle eine große reaktive Oberfläche aufweist, erfolgt nach Entzündung bereitwillig eine Reaktion mit Luftsauerstoff (O_2) unter effektivem Aufglimmen der Stahlwolle. Dabei wird Eisen(III)-oxid (Fe_2O_3) gebildet.

9.9. Entsorgung

Nach dem Abkühlen wird der Rückstand (Rost) über den Hausmüll entsorgt.



 **Voluminöse**

 **Veränderung**





1. Chemischer Garten ●●

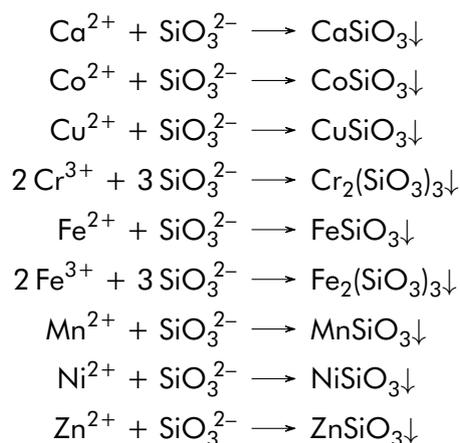
1.1. Einführung

In diesem Versuch kann das Entstehen interessanter chemischer „Gewächse“ beobachtet werden.

1.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Natronwasserglas ist stark alkalisch und hinterlässt beim Eintrocknen glasähnliche Schichten.

1.3. Reaktionsgleichungen



1.4. Chemikalien & Geräte

1.4.1. Chemikalien



Natronwasserglas

Gefahr

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

H335: Kann die Atemwege reizen.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P301 + P330 + P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.

P303 + P361 + P353: BEI KONTAKT MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.



Calciumchlorid-dihydrat

Achtung

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.



Cobalt(II)-chlorid-hexahydrat

Gefahr

- H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.
 H317: Kann allergische Hautreaktionen verursachen.
 H318: Verursacht schwere Augenschäden.
 H334: Kann bei Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen.
 H341: Kann vermutlich genetische Defekte verursachen.
 H350i: Kann bei Einatmen Krebs erzeugen.
 H360F: Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen.
 H410: Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.
 P201: Vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen.
 P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden.
 P280: Schutzhandschuhe/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.
 P301 + P312 + P330: BEI VERSCHLUCKEN: Bei Unwohlsein GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen. Mund ausspülen.
 P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.
 P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.
 P308 + P313: BEI Exposition oder falls betroffen: Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.



Chrom(III)-chlorid-hexahydrat

Achtung

- H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.
 H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.
 H317: Kann allergische Hautreaktionen verursachen.
 H410: Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.
 P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden.
 P280: Schutzhandschuhe tragen.



Kupfer(II)-sulfat-pentahydrat

Gefahr

- H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.
 H318: Verursacht schwere Augenschäden.
 H410: Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.
 P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden.
 P280: Augenschutz tragen.
 P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.
 P313: Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.



Eisen(II)-sulfat-heptahydrat

Achtung

- H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.
 H315: Verursacht Hautreizungen.
 H319: Verursacht schwere Augenreizung.
 P301 + P312: BEI VERSCHLUCKEN: Bei Unwohlsein GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.
 P330: Mund ausspülen.

P302 + P352: BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.



Eisen(III)-chlorid-hexahydrat

Gefahr

H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.

H315: Verursacht Hautreizungen.

H318: Verursacht schwere Augenschäden.

P280: Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P301 + P312 + P330: BEI VERSCHLUCKEN: Bei Unwohlsein GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen. Mund ausspülen.

P302 + P352: BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.



Mangan(II)-sulfat

Achtung

H318: Verursacht schwere Augenschäden.

H373: Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition.

H411: Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.

P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden.

P280: Augenschutz tragen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P314: Bei Unwohlsein ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.



Nickel(II)-chlorid-hexahydrat

Gefahr

H301: Giftig bei Verschlucken.

H331: Giftig bei Einatmen.

H315: Verursacht Hautreizungen.

H317: Kann allergische Hautreaktionen verursachen.

H334: Kann bei Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen.

H341: Kann vermutlich genetische Defekte verursachen.

H350i: Kann bei Einatmen Krebs erzeugen.

H360D: Kann das Kind im Mutterleib schädigen.

H372: Schädigt die Lunge bei längerer oder wiederholter Exposition. Expositionsweg: inhalativ.

H410: Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.

P201: Vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen.

P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P301 + P310: BEI VERSCHLUCKEN: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

P302 + P352: BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.

P304 + P340: BEI EINATMEN: An die frische Luft bringen und in einer Position ruhigstellen, die das Atmen erleichtert.

P311: GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.



Zink(II)-sulfat-heptahydrat

Gefahr

H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.

H318: Verursacht schwere Augenschäden.

H410: Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.

P264: Nach Gebrauch . . . gründlich waschen.

P270: Bei Gebrauch nicht essen, trinken oder rauchen.

P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden.

P280: Augenschutz tragen.

P301 + P312: BEI VERSCHLUCKEN: Bei Unwohlsein GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

1.4.2. Geräte

- 1 600 mL-Becherglas oder vergleichbar großes Gefäß
- 1 250 mL-Messzylinder
- 1 500 mL-Messzylinder
- 1 Glasstab
- 9 Spatel

1.5. Vorbereitung

In dem Becherglas werden 160 mL Natronwasserglas mit 320 mL destilliertem Wasser durch Verrühren mit dem Glasstab vermischt.^{1,2,3}

1.6. Durchführung

Jeweils ein paar Kristalle der verschiedenen Salze werden in die präparierte Natronwasserglas-Lösung gegeben.

1.7. Beobachtung

Nach einiger Zeit beginnen aus den Kristallen pflanzenähnliche Gebilde unterschiedlichster Farben in die Lösung hinein zu wachsen. Diese werden mit der Zeit immer größer.

1.8. Erklärung

Die verwendeten Salze lösen sich in der verdünnten Natronwasserglas-Lösung, wobei sich augenblicklich durch Reaktion der Metall-Kationen mit den Silicat-Anionen der Natronwasserglas-Lösung schwer lösliche Metallsilicate als dünne Schichten um die Kristalle der Metallsalze bilden. Diese Schichten stellen semipermeable Membranen dar, durch welche Wasser aus der umgebenden Lösung eindiffundieren kann (die Salzkonzentration innerhalb der Membranen ist deutlich höher als in der umgebenden Lösung) und so weiteres Salz auflöst. Dadurch erhöht sich der osmotische Druck innerhalb der Membran, sodass diese an der schwächsten Stelle platzt. An der Grenzschicht zwischen austretender Metallsalz-Lösung und Natronwasserglas-Lösung bildet sich sofort wieder eine Membran aus schwer löslichem Metallsilicat und der Vorgang beginnt von Neuem. Aufgrund der Schwerkraft ist die Membran an der Oberseite der Gebilde am dünnsten, weil hier

¹G. Wagner, *Chemie in faszinierenden Experimenten*, 9., unveränd. Aufl., Aulis-Verl. Deubner, Köln, 1997.

²F. R. Kreissl, O. Krätz, *Feuer und Flamme, Schall und Rauch, Schauexperimente und Chemiehistorisches*, 2. Aufl., WILEY-VCH, Weinheim, 2008.

³H. W. Roesky, K. Möckel, *Chemische Kabinettstücke, Spektakuläre Experimente und geistreiche Zitate*, VCH, Weinheim, 1994.

die Salzkonzentration am geringsten ist. Dadurch platzen die Membranen immer dort und die „Pflanzen“ wachsen nach oben.^{1,2,3}

1.9. Entsorgung

Die gesamte Lösung wird an der Luft stehen gelassen. Nachdem diese fest geworden ist wird alles in die anorganischen Feststoffrückstände entsorgt.



2. Elefantenzahnpasta ●●

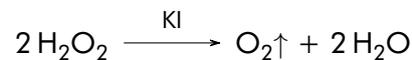
2.1. Einführung

Dieser Versuch eignet sich, um eindrucksvoll die Volumenänderung bei Entstehung von Gasen zu demonstrieren.

2.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Die angegebenen Mengen dürfen auf keinen Fall überschritten werden! Die genannten Abstände und Schutzmaßnahmen müssen unbedingt eingehalten werden!

2.3. Reaktionsgleichungen



2.4. Chemikalien & Geräte

2.4.1. Chemikalien



Kaliumiodid

Gefahr

H372: Schädigt die Schilddrüse bei längerer oder wiederholter Exposition. Expositionsweg: oral.

P314: Bei Unwohlsein ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.



Wasserstoffperoxid, 30 %

Gefahr

H272: Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel.

H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.

H332: Gesundheitsschädlich bei Einatmen.

H318: Verursacht schwere Augenschäden.

P220: Von Kleidung und brennbaren Materialien fernhalten/entfernt aufbewahren.

P261: Einatmen von Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol vermeiden.

P280: Augenschutz tragen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

2.4.2. Geräte

- 1 2 L-Standzylinder oder vergleichbar großes Gefäß (Standkolben, Erlenmeyerkolben, Messzylinder, Weinballon gleicher Größe)
- 1 50 mL-Messzylinder
- 1 Plastikwanne
- 1 Spatel
- 1 Wägeschälchen

- Waage
- Spülmittel

2.5. Vorbereitung

Der Standzylinder wird in die Plastikwanne gestellt. Anschließend werden etwa 2 g Kaliumiodid in den Standzylinder eingefüllt und ein kräftiger Schuss Spülmittel hinzugefügt.¹

2.6. Durchführung

Es werden schnell etwa 50 mL Wasserstoffperoxid-Lösung hinzugegeben.

2.7. Beobachtung

Es entwickelt sich augenblicklich eine dampfende gelbe Schaumwurst, die aus dem Standzylinder quillt.

2.8. Erklärung

Die Spaltung von Wasserstoffperoxid (H_2O_2) in Sauerstoff (O_2) und Wasser (H_2O) wird durch Kaliumiodid (KI) katalysiert. Durch die Volumenzunahme aufgrund der Bildung von gasförmigem Sauerstoff wird das Spülmittel aufgeschäumt und steigt im Standzylinder auf.¹

2.9. Entsorgung

Nachdem Abkühlen wird der Schaum über das Abwasser entsorgt.

¹D. Weinel, Experimente.org, Schaumschlange, de, 2012, <http://www.experimente.org/Schaumschlange.htm> (besucht am 08.08.2022).



3. Entwässerung von Zucker ●

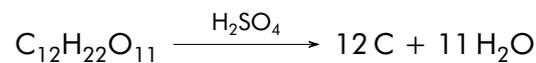
3.1. Einführung

Bei diesem Versuch wird eindrucksvoll die wasserentziehende Wirkung und damit einhergehende Gefahr von Schwefelsäure gezeigt. Über das Experiment kann im Labor Aktivkohle hergestellt werden.

3.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Während der Reaktion kann das Becherglas sehr heiß werden. Deshalb sollte es nicht berührt werden. Ein Abzug kann, muss aber nicht verwendet werden, wenn der Vorführraum groß genug ist.

3.3. Reaktionsgleichungen



3.4. Chemikalien & Geräte

3.4.1. Chemikalien



Schwefelsäure, konzentriert

Gefahr

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P301 + P330 + P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.

P303 + P361 + P353: BEI KONTAKT MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

Saccharose (kein Gefahrstoff nach GHS)

3.4.2. Geräte

- 1 800 mL-Becherglas
- 1 100 mL-Messzylinder
- 1 25 mL-Messzylinder
- 1 100 mL-Enghals-Chemikalienflasche
- 1 Glasstab
- 1 Spatel
- 1 Wägeschälchen
- Waage

3.5. Vorbereitung

Es werden 100 g Saccharose (Haushaltszucker) abgewogen und in das Becherglas gefüllt. Mit dem kleinen Messzylinder werden 15 mL destilliertes Wasser abgemessen und unter Zuhilfenahme des Glasstabes mit dem Zucker vermischt. Weiterhin werden 80 mL konzentrierte Schwefelsäure mit dem großen Messzylinder abgemessen und bis zur Vorführung in der Chemikalienflasche aufbewahrt.^{1,2}

3.6. Durchführung

Die Schwefelsäure wird in das Becherglas gegeben und die Mischung mit dem Glasstab nochmals durchgerührt. Anschließend wird gewartet, bis die Reaktion startet.

3.7. Beobachtung

Nach kurzer Zeit steigt eine schwarz-braune Säule aus dem Becherglas empor. Die Reaktion ist von einer Gasentwicklung begleitet und es riecht nach Karamell.

3.8. Erklärung

Schwefelsäure (H_2SO_4) ist stark hygroskopisch (= wasserentziehend). Saccharose ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) ist ein Kohlenhydrat (= hydratisierter Kohlenstoff) und wird durch Schwefelsäure in Wasser (H_2O) und Kohlenstoff (C) zersetzt. Letzterer bildet die schwarze Masse, während das Wasser aufgrund der hohen Temperaturen als Wasserdampf aufsteigt.

Die Zugabe von Wasser führt zu einer schnelleren Reaktion, da somit augenblicklich eine starke Erwärmung der Mischung durch die Verdünnung der Schwefelsäure eintritt. Alternativ kann aber auf die Zugabe von Wasser verzichtet werden, wobei dann etwas weniger Schwefelsäure (60 mL) benötigt wird.^{3,4}

Es können auch andere Zucker, wie Glucose, verwendet werden.⁵

3.9. Entsorgung

Nach dem Abkühlen kann die Zuckerkohle vorsichtig mit Wasser gewaschen werden. Das Washwasser wird über das Abwasser entsorgt, die Zuckerkohle über den Hausmüll.³

¹G. Wagner, *Chemie in faszinierenden Experimenten*, 9., unveränd. Aufl., Aulis-Verl. Deubner, Köln, 1997.

²F. R. Kreissl, O. Krätz, *Feuer und Flamme, Schall und Rauch, Schauexperimente und Chemiehistorisches*, 2. Aufl., WILEY-VCH, Weinheim, 2008.

³H. W. Roesky, *Glanzlichter chemischer Experimentierkunst*, WILEY-VCH, Weinheim, 2006.

⁴*Anorganische Chemie*, 1. Aufl., 2. Dr., (Hrsg.: H. Boeck), unter Mitarb. von J. Elsner, H. Keune, A. Kometz, Volk und Wissen, Berlin, 2009.

⁵*Organische Chemie*, 1. Aufl., 2. Dr., (Hrsg.: M. Just, E. Just, O. Kownatzki, H. Keune), Volk und Wissen, Berlin, 2009.



4. Ammoniak-Springbrunnen ●●●

4.1. Einführung

In diesem Versuch wird die hohe Löslichkeit von Ammoniak in Wasser¹ ausgenutzt, wobei verschiedene Fluoreszenzfarbstoffe, welche in Abhängigkeit des pH-Wertes ihre Farbe ändern (bzw. fluoreszieren), für ein eindrucksvolleres Ergebnis genutzt werden können. Es kann statt Ammoniak auch Chlorwasserstoff genutzt werden, der eine ähnlich hohe Löslichkeit in Wasser aufweist.¹ Die Anleitung orientiert sich an den Angaben von².

4.2. Warn- und Sicherheitshinweise

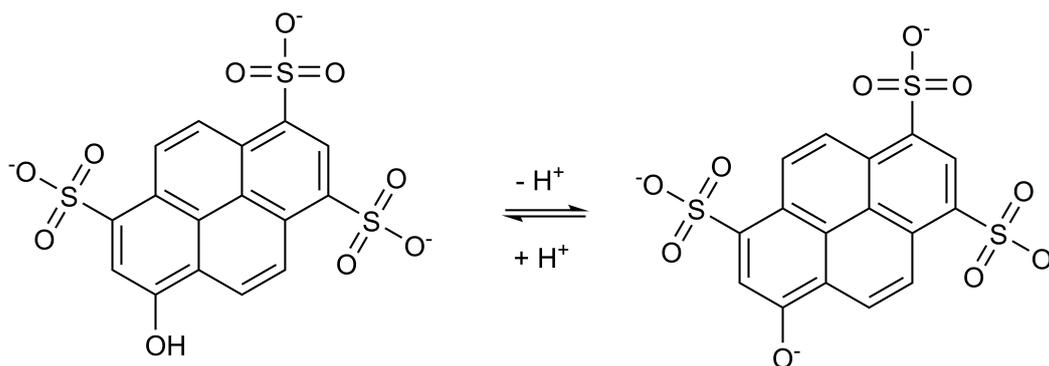
Es wird mit gasförmigem Ammoniak gearbeitet, welcher giftig ist. Der Versuch sollte in einem gut belüfteten Abzug durchgeführt werden!

4.3. Reaktionsgleichungen

Die Reaktion von Ammoniak mit Wasser verläuft wie folgt:



Beispielhaft wird die Strukturänderung von Pyranin in Abhängigkeit des pH-Wertes gezeigt:



4.4. Chemikalien & Geräte

4.4.1. Chemikalien



Ammoniak Gefahr

EUH071: Wirkt ätzend auf die Atemwege.

H221: Entzündbares Gas.

H280: Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

H331: Giftig bei Einatmen.

H400: Sehr giftig für Wasserorganismen.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P260: Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol nicht einatmen.

¹K. Rauscher, J. Voigt, J. Wilke, K. T. Wilke, *Chemische Tabellen und Rechentafeln für die analytische Praxis*, 7., überarb. Aufl., Deutsch, Thun, 1982.

²M. Ducci, *Nachr. Chem.* 2018, 66(4), 434–436.

P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P303 + P361 + P353: BEI KONTAKT MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle verschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P304 + P340: BEI EINATMEN: An die frische Luft bringen und in einer Position ruhigstellen, die das Atmen erleichtert.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P315: Sofort ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.

P377: Brand von ausströmendem Gas:Nicht löschen, bis Undichtigkeit gefahrlos beseitigt werden kann.

P381: Alle Zündquellen entfernen, wenn gefahrlos möglich.

P403: An einem gut belüfteten Ort aufbewahren.

P405: Unter Verschluss aufbewahren.

Pyranin (kein Gefahrstoff nach GHS)

Titangelb (kein Gefahrstoff nach GHS)



Eosin Y

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

P260: Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol nicht einatmen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

4.4.2. Geräte

- 2,5 L-Rundkolben mit passendem Gummistopfen
- auf den Hals des Rundkolbens passender zweifach durchbohrter Gummistopfen
- 2 L-Becherglas (oder Pneumatische Wanne)
- gerades Glasrohr
- gebogenes Glasrohr
- Gummischlauch (etwa 20 cm lang)
- Olive
- Quetschhahn
- Peleusball
- Spatel
- Entnahmeventil für Ammoniak mit passendem Gummischlauch in ausreichender Länge
- Stativ mit Stativklemme und -muffe
- UV-Lampe

4.5. Vorbereitung

Der Gummischlauch wird in den im Abzug verkehrt herum eingespannten 2,5 L-Rundkolben eingeführt. Nun wird eine Minute lang Ammoniak eingeleitet. Abschließend wird der Rundkolben mit einem Gummistopfen verschlossen.

Das 2 L-Becherglas wird mit einer Pyraninlösung gefüllt (1 Spatelspitze Pyranin auf 2 L Wasser) und unter den im Stativ hängenden Kolben gestellt. Alternativ funktioniert der Versuch auch mit einer Thiazol- oder Eosin Y-Lösung.

In den zweifach durchbohrten Gummistopfen werden beide Glasrohre eingeführt, wobei am abgewinkelten der kurze Gummischlauch angebracht wird. Dieser wird mit dem Quetschhahn versehen, was später als Schutz des Peleusballs gegen Eindringen von Flüssigkeit dient. Weiterhin wird das andere Schlauchende mit dem Peleusball über die Olive verbunden. Diese Konstruktion wird griffbereit neben den oben beschriebenen Aufbau abgelegt.

Die UV-Lampe wird neben die Apparatur gestellt, sodass diese angestrahlt wird.

4.6. Durchführung

Der Gummistopfen im Glaskolben wird durch den zweifach durchbohrten ausgetauscht und der Kolben soweit nach unten am Stativ verschoben, dass das Ende des geraden Glasrohres in die Lösung im Becherglas bis zu dessen Boden eintaucht. Nun wird der Quetschhahn geöffnet und mittels Peleusball etwas Lösung aus dem Becherglas durch das Glasrohr in den Kolben gesaugt. Schnell wird das Licht aus- und die UV-Lampe angeschaltet.

4.7. Beobachtung

Sobald die blaue Pyranin-Lösung aus dem Becherglas das Kolbeninnere erreicht, strömt der Rest der Lösung, welche nun gelb-grün fluoresziert, springbrunnenartig in einer Fontäne in den Rundkolben.

4.8. Erklärung

Durch die hohe Löslichkeit von Ammoniak in Wasser¹ kommt es zum Einlösen dessen in das Wasser im Kolben, wodurch ein Unterdruck entsteht, der weitere Flüssigkeit ansaugt, bis der Kolben gefüllt ist.

Die Farbänderung wird durch die Änderung der Struktur des Fluoreszenzfarbstoffes aufgrund des steigenden pH-Wertes durch Bildung der Ammoniak-Lösung hervorgerufen. Bei Verwendung von Eosin Y ergibt sich ein Farbumschlag von farblos zu gelb-grün und bei Thiazolgelb von farblos zu rot.

4.9. Entsorgung

Alle Rückstände können über das Abwasser entsorgt werden.



5. Limonen-Extraktion ●●

5.1. Einführung

Normalerweise wird das fruchtig nach Orangen riechende D-Limonen mittels Wasserdampfdestillation aus Orangenschalen gewonnen. Allerdings kann es auch mittels Soxhlet-Extraktion aus diesen extrahiert werden, was für den Zuschauer eindrucksvoller ist. Der Versuch beruht auf eigenen Ideen.

5.2. Warn- und Sicherheitshinweise

Es sind keine besonderen Sicherheitsvorkehrungen notwendig.

5.3. Reaktionsgleichungen

/

5.4. Chemikalien & Geräte

5.4.1. Chemikalien



D-Limonen

Achtung

H226: Flüssigkeit und Dampf entzündbar.

H315: Verursacht Hautreizungen.

H317: Kann allergische Hautreaktionen verursachen.

H410: Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden.

P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P302 + P352: BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.



Ethanol

Gefahr

H225: Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

P210: Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P240: Behälter und zu befüllende Anlage erden.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P403 + P233: Behälter dicht verschlossen an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.

5.4.2. Geräte

- 1 L-Einhalsrundkolben
- 500 mL-Soxhletaufsatz mit passendem Dimrothkühler
- 3 große Orangen
- Trichter

- Rührfisch
- Heizpilz mit Leistungsregler
- Magnetrührplatte

5.5. Vorbereitung

Zunächst wird die Extraktionshülse mit den Schalen einer Zitrusfrucht gefüllt und die Soxhlet-Apparatur aufgebaut. Der Rundkolben mit Rührstäbchen ist ungefähr bis zur Hälfte mit Ethanol zu füllen und wird in einen Heizpilz gestellt, der sich auf einer Magnetrührplatte befindet.

5.6. Durchführung

Das Ethanol wird erwärmt, bis es unter Rückfluss siedet und der Extraktionsprozess beginnt. Sobald das Limonen vollständig in die flüssige Phase übergegangen ist, wird der Heizpilz ausgeschaltet und der Extrakt bis auf Raumtemperatur abgekühlt. Einige Tropfen des Extraktes können als Riechprobe auf ein Papiertuch geträufelt und den Zuschauern übergeben werden.

5.7. Beobachtung

Das verdampfte Lösungsmittel steigt durch das Dampfrohr nach oben. An der Spindel des Rückflusskühlers kondensiert das Ethanol und tropft in die Extraktionshülse. Durch das zutropfende Lösungsmittel steigt der Flüssigkeitsspiegel im Soxhlet-Aufsatz kontinuierlich an, bis schließlich die Saughebewirkung, die auftritt, wenn der Füllstand die Höhe des Heberknies erreicht, den Extrakt zurück in den Rundkolben befördert.

Der Geruch des Extraktes erinnert an Reinigungsmittel.

5.8. Erklärung

Ethanol ist in der Lage, Limonen aus den Schalen zu lösen. Der Vorteil dieser kontinuierlichen Extraktion liegt in der anhaltenden Bereitstellung von reinem Lösungsmittel ohne erneute Zugabe dessen von außen.

Reinigungsmittel enthalten oft Geruchsstoffe wie Limonen, die auch in Pflanzen vorkommen, da diese als wohlriechend wahrgenommen werden.

5.9. Entsorgung

Die ethanolische Lösung kann in den Sammelbehälter für wässrige organische Lösungsmittelrückstände gegeben werden. Die Orangenschalen werden über den Hausmüll entsorgt.

