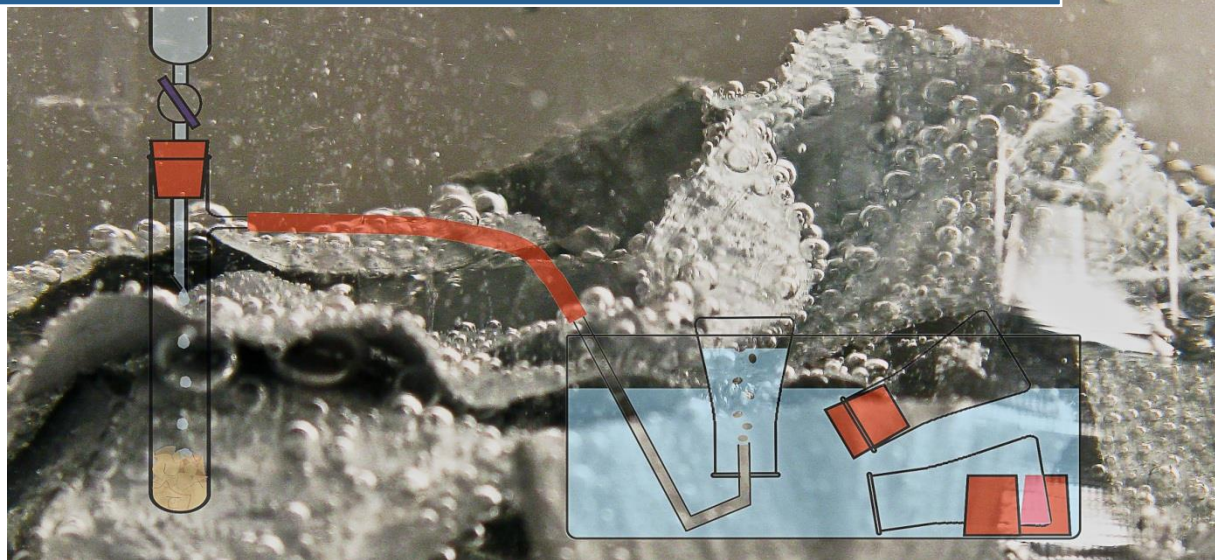
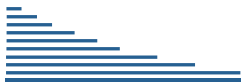


Didaktik der Chemie 2





Inhaltsverzeichnis

Hinweise zu dem vorliegenden Arbeitsmaterial.....	3
Wasserstoff – Stoffeigenschaften und Reaktionen	4
Untersuchungen zu Dichte und Brennbarkeit von Wasserstoff (Variante Luftballon)	4
Untersuchung der Brennbarkeit und Förderung der Verbrennung	4
UBetrieb eines Gasometers	6
Durchführung der Knallgasprobe	6
Zündung eines Knallgasgemisches (Variante Plastikflasche)	7
Herstellen und pneumatisches Auffangen von Wasserstoff mit Sprizentechnik.....	9
Reaktion von Kupfer(II)-oxid mit Wasserstoff.....	10
Darstellen von Wasserstoff aus Aluminium und Natriumhydroxidlösung	12
Giftige Gase – Darstellung und Reaktionen.....	13
KIPPscher Gasentwickler.....	13
Aufbau und Betrieb des KIPPschen Gasentwicklers.....	14
Entstickung von Abgasen – „Denox Verfahren“	17
Herstellen von Stickstoffmonoxid und Reaktion mit Sauerstoff	19
Herstellen von Kohlenmonoxid – Untersuchen der Brennbarkeit	20
Springbrunnenversuch – Löslichkeit von Ammoniak in Wasser	21
Säure – Base – Reaktionen	23
Reaktion von Magnesium mit verschiedenen Säuren- Temperaturverlauf mit Cobra 4 erfassen.....	23
Vergleich von konz. und verd. Essigsäure	24
Konzentrierte Essigsäure - Untersuchen der Leitfähigkeit beim Verdünnen mit Wasser.....	25
Springbrunnenversuch: Löslichkeit von Hydrogenchlorid in Wasser	26
Reaktion von Natrium mit Wasser	28
Reaktionen der 7. Hauptgruppe - Salzbildung (Chemische Reaktion – Metalle / Nichtmetalle)	30
Reaktion von Aluminium mit Brom	31
Reaktion von Bromwasser mit Magnesium- und Eisenpulver	32
Herstellen von Chlor.....	33
Reaktion von Chlor mit Eisenwolle	35
Reaktion von Chlor mit Natrium	36
Vergleich des Redoxpotentials innerhalb der 7. Hauptgruppe	37
Herstellen von Chlorwasser	37
Herstellen von Bromwasser aus Brom – Variante I.....	38
Herstellen von Bromwasser aus Bromat-Bromid-Lösung – Variante II.....	39
Salze	40
Nachweis von Ammonium- und Nitrat-Ionen in Düngemitteln	40
Thermisches Zersetzen von Ammoniumnitrat	41
Schmelz- und Kristallisationswärme von Natriumthiosulfat	41
Kristallisationswärme von Natriumacetat; Variante Eisberg	42
Reaktion von Ammoniak mit Hydrogenchlorid.....	43
Vergleich der Wanderungsgeschwindigkeiten von Ammoniak und Hydrogenchlorid.....	44
Modellexperimente I	45
Der technische Kalkkreislauf	45
Modellexperiment zum Kalkkreislauf	46
Wirkung von saurem Regen auf Bauwerke	47
Modellexperiment „Saurer Regen“	48
Simulation der Metallionenmobilisierung (im Boden) durch „sauren Regen“	49
Reaktion von Kohlendioxid mit Calciumhydroxidlösung.....	50
Modellexperiment zum Treibhauseffekt	51



Modellexperimente II	53
Experiment zum aluminothermischen Schweißen.....	53
Modellexperiment zur Herstellung von Roheisen.....	55
Vorbereitende Arbeiten zur Durchführung von Mikrowellenexperimenten	57
Herstellen von Roheisen/ Variante: Mikrowellenexperiment	59
Herstellen von Glas im Mikrowellenexperiment.....	60
Cracken von Paraffinöl	61
Gesetzmäßigkeiten der Chemie.....	62
Modellexperiment zur Einstellung eines chemischen Gleichgewichts (Heberexperiment).....	62
Druckabhängigkeit mit Spritzentechnik (CO ₂ -Wasser Indikator)	63
Chemisches Gleichgewicht zwischen NO ₂ und N ₂ O ₄	65
Umkehrbare Reaktion - Bildung und Zerfall von Kohlensäure	65
Temperaturabhängigkeit der Iod-Stärke-Reaktion	66
Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Temperatur	66
Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Konzentration	67
Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von Katalysatoren	68
Reaktionsgeschwindigkeit und Zerteilungsgrad.....	68
Elektrochemie.....	69
Elektrolyse von Kupferchlorid	69
Wasserelektrolyse	70
Zink-Luft-Element.....	71
Die Zinkiodid – Elektrolyse	72
Ionenwanderung.....	73
Das Daniell-Element	75
Qualitative Nachweise unterschiedlicher Elemente in organischen Verbindungen	76
Nachweis von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff.....	76
Nachweis von Schwefel in organischen Verbindungen.....	77
Nachweis von Stickstoff in organischen Verbindungen	78
Eigenschaften von organischen Verbindungen: Ermitteln des Flammpunktes von Paraffinöl	79
Eigenschaften von organischen Verbindungen	80
Fettbrand und Löschen eines Fettbrands	80
Mehlstaubverpuffung	81
Flammenwerfer: Selbstentzündung von Wachsämpfen	82
OC – Reaktionen der Kohlenwasserstoffe	83
Reaktion von Alkanen mit Brom	83
Darstellen von Ethen.....	85
Darstellen von Ethin	86
Unterscheidung primärer, sekundärer und tertiärer Alkohole	87
Unterscheidung primärer, sekundärer und tertiärer Alkohole Variante Petrischale.....	88
Oxidation von Ethanol.....	89
OC – Ester / Farbstoffe / Kunststoffe.....	96
Veresterung / Buttersäureethylester und Propansäurepropylester	96
Verseifung – Reaktion von Kokosfett mit Natriumhydroxid	97
Darstellung von Fluorescein	98
Herstellung einer Polyamidfaser (Grenzflächenkondensation)	99
Herstellen eines Holzleims aus Casein	100
Herstellen eines Polyesters / Reaktion von Zitronensäure mit Glycerin.....	101
Quellenverzeichnis.....	102



Hinweise zu dem vorliegenden Arbeitsmaterial

Das Skript Didaktik 2 ist eine Fortsetzung des Skriptes Didaktik 1 und ist dementsprechend zu handhaben. Die Einzelheiten können dem Skript Didaktik 1 entnommen werden.

Allgemeine Hinweise zum Experimentieren und speziell der Umgang mit Gefahrstoffen, müssen im Skript Didaktik 1 und den darin angegebenen Quellen nachgelesen werden (Didaktik 1, Seite 3 ff).

Das vorliegende Skript ist ein internes Ausbildungsmaterial des
Institutes für Didaktik der Chemie an der Justus-Liebig-Universität Gießen.

Wasserstoff – Stoffeigenschaften und Reaktionen

Untersuchungen zu Dichte und Brennbarkeit von Wasserstoff (Variante Luftballon)



Geräte:

Luftballon, Stativ mit Doppelmuffe, Schnurstück (etwa 30 cm lang), Schlaueverbindungsstück, Stab (etwa 1 m lang), Holzspan oder Kerze, Tesafilm

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Wasserstoff [GHS02; GHS 04]

Durchführung:

- Die Doppelmuffe an das Stativ montieren. An der Doppelmuffe wird später der Ballon befestigt.
- Einen Luftballon etwa bis auf die Größe eines Handballs mit Wasserstoff füllen.
(Zur Gasentnahme aus fest installierten Druckminderern siehe Skript Didaktik 1, Seite 26)
- Den Luftballon mittels der Schnur an dem Stativ befestigen. Betrachten und beobachten.
Einen Holzspan mit Tesafilm an dem 1 m langen Stab befestigen und entzünden.
- Die Personen im Raum warnen und bitten den Mund zu öffnen. Anschließend den Brennsplan an den Luftballon führen.

Entsorgung:

Entfällt.

Untersuchung der Brennbarkeit und Förderung der Verbrennung



Geräte:

Standzylinder (d=50 mm; l=270 mm) passende Abdeckplatte, Kerze an Glasstab montiert, Gas-einleitungsrohr, pneumatische Wanne, Reagenzglasgestell, Stativmaterial

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Wasserstoff [GHS02; GHS 04]

Durchführung:

- Den Standzylinder mit der Öffnung nach unten mit Hilfe einer Stativklammer an dem Stativ montieren. Der Standzylinder muss auf einer Höhe montiert werden, die es erlaubt die an dem Glasstab montierte Kerze von unten einzuführen.
- Kerze entzünden und zwischenzeitlich in dem Reagenzglasgestell abstellen.
- Den Standzylinder vom Stativ abnehmen und pneumatisch mit Wasserstoff füllen. (siehe pneumatisches Auffangen von Gasen Skript Didaktik 1, Seite 28.)
- Den gefüllten Standzylinder mit der Abdeckplatte verschließen und wieder mit der Öffnung nach unten an dem Stativ befestigen.
- Mit der linken Hand die Abdeckplatte auf die Öffnung des Standzylinders halten und mit der rechten den Glasstab mit der brennenden Kerze greifen.
- Die Abdeckplatte zur Seite hin von der Öffnung des Standzylinders schieben und die brennende Kerze in den Standzylinder eintauchen. **Achtung** beim Entfernen der Abdeckplatte! Es sollten keine Luft Verwirbelungen erzeugt werden, um die Bildung eines Knallgasgemisches zu vermeiden.
- Nach dem vollständigen Eintauchen die Kerze wieder langsam aus dem Standzylinder herausziehen.
- Diesen Vorgang mehrmals wiederholen, bis kein Effekt mehr zu beobachten ist.

Entsorgung:

Entfällt.

Abb. 1 Gasometer

In der Schule können kleine Gasportionen für Schülerexperimente in einer Gasbar bereitgestellt und entnommen werden. Eine Gasbar besteht aus mindestens zwei Gasometern, in denen die entsprechenden Gase bereitgestellt werden. Das Funktionsprinzip, der bei uns eingesetzten Gasometer, lehnt sich an den in vergangenen Zeiten in Laboren häufig zu findenden Gasometer nach Rheinboldt an. Ein solches Gasometer besteht aus zwei verbundenen Gefäßen, die sich auf unterschiedlichem Niveau befinden. Das Gas wird in ein mit Wasser gefülltes Auffanggefäß eingefüllt. Dabei verdrängt es das Wasser in das höher stehende Niveaugefäß. Anschließend kann das Gas bei Bedarf portionsweise aus dem Auffanggefäß entnommen werden. Der Druck des Gases in dem Auffanggefäß wird durch die Wassersäule in dem Niveaugefäß erzeugt. Mit Bereitstellungen von Druckgasen direkt am Arbeitsplatz aus zentral gelagerten Druckgasflaschen sind die Gasometer nach Rheinboldt heutzutage aus den Laboren verschwunden, aber in der Schule bieten sie die Möglichkeit Schülern Gasportionen zur Verfügung zu stellen.

Quelle: (1)

Betrieb eines Gasometers



Geräte:

Niveaugefäß mit langem Auslaufrohr und passendem Stopfen, Auffanggefäß mit passendem 2-Lochstopfen, gebogenes Glasrohr (rechtwinklig), Schlauchstück, Gasableitungsrohr mit Absperrhahn, Schlauchstück, Stativmaterial

Chemikalien:

Wasser, abzufüllendes Gas (Das abzufüllende Gas muss wasserunlöslich sein und darf nicht mit Wasser reagieren.)

Durchführung:

- Das Niveaugefäß und das gewinkelte Glasrohr in den 2-Lochstopfen montieren. (Das Auslaufrohr des Niveaugefäßes muss später bis zum Boden des Auffanggefäßes eintauchen und das gewinkelte Glasrohr muss bündig mit der Unterkante des Stopfens abschließen.)
- An das gewinkelte Glasrohr das Gasableitungsrohr mit Absperrhahn montieren.
- Das Auffanggefäß bis zum Rand mit Wasser füllen und anschließend mit dem vormontiertem 2-Lochstopfen verschließen. Der Absperrhahn des Gasableitungsrohres muss dabei geöffnet sein. (Das Gasableitungsrohr läuft beim Verschließen voll Wasser.)
- Das montierte Gasometer an einem Stativ befestigen.
- Gas einfüllen:
Das abzufüllende Gas mit Druck durch das Gasableitungsrohr einleiten, bis das Auffanggefäß mit Gas gefüllt ist und das Wasser in das Niveaugefäß überführt ist. Überschüssiges Gas entweicht über die Öffnung des Niveaugefäßes. Anschließend den Absperrhahn schließen.
- Gas entnehmen.
Gas durch Öffnen und Schließen des Absperrhahnes in geeignete Gefäße abfüllen. Wenn längere Zeit keine Gasentnahme stattfindet, kann das Niveaugefäß mit einem Stopfen verschlossen werden.

Durchführung der Knallgasprobe



Geräte:

Gasometer, pneumatische Wanne, Reagenzglas (16 mm), Spritze (50 ml) mit Sonde

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Wasserstoff [GHS02; GHS 04]

Durchführung:

- Unter Beachtung des Sicherheitsabstandes zum Wasserstoffreaktor Zündflamme positionieren.
- In die Spritze etwa 50 ml Wasserstoff aus dem Gasometer füllen.
- Reagenzglas pneumatisch mit Wasserstoff aus der Spritze füllen.
- Reagenzglas mit Daumen verschließen und die Öffnung stets nach unten richten.

- Das mit der Öffnung nach unten geneigte Reagenzglas in der Brennerflamme öffnen.
- Geräusch werten.
- Ein Reagenzglas bis zur Hälfte mit Wasserstoff und den Rest mit Luft füllen.
- Knallgasprobe erneut durchführen und das Geräusch werten.
- ggf. die Probe mehrmals wiederholen.

Entsorgung:

Entfällt.

Die Knallgasprobe ist eine notwendige Maßnahme zur Feststellung der Luft-bzw. Sauerstofffreiheit einer Apparatur. Es ist keine Methode zum Nachweis von Wasserstoff!

Knallgas im weiteren Sinn ist ein Gemisch eines brennbaren Gases (z.B. Wasserstoff, Kohlenmonoxid, Ethen) oder der Dämpfe einer brennbaren Flüssigkeit (z.B. Benzin, Ethanol) mit einem gasförmigen Oxidationsmittel (z.B. Sauerstoff, Chlor).

Bei der Knallgasprobe können drei verschiedene Erscheinungen aufgrund unterschiedlicher Anteile Sauerstoff und Wasserstoff auftreten:

1. *Kein Geräusch, keine Flamme (kein Wasserstoff enthalten)*
2. *pfeifendes Geräusch, keine Flamme (Wasserstoff – Luft-Gemisch)*
3. *kein bis kaum hörbares, dumpfes Geräusch, farblose - kaum sichtbare Flamme (reiner Wasserstoff)*

Die optischen und akustischen Effekte bei 1. und 3. sind nicht immer deutlich unterscheidbar und können daher verwechselt werden. Dies ist besonders bei schwachem Wasserstoffstrom möglich. Bei starkem Wasserstoffstrom sind 1. und 2. oft nicht erkennbar.

Mit Wasserstoff darf erst gearbeitet werden, wenn in mehreren Knallgasproben nacheinander gezeigt werden konnte, dass er im Reagenzglas ruhig abbrennt! 3.

Achtung! Das typische Pfeifgeräusch bei der Knallgasprobe bleibt auch ganz am Anfang aus, wenn sich im Reagenzglas nur Luft befindet, weil das entstehende Wasserstoffgas die Luft aus der Apparatur gerade erst verdrängt. Die Knallgasbildung folgt dann unmittelbar hinterher! Deshalb nicht voreilig auf Luftfreiheit schließen! Eine ausreichende Menge Wasserstoff entwickeln und mehrmals nacheinander Luftfreiheit demonstrieren!

Zündung eines Knallgasgemisches (Variante Plastikflasche)


Geräte:

Gasbar mit zwei Gasometern, Plastikflasche (50 ml) mit passendem Stopfen, Pneumatische Wanne, Spritze (50 ml), Spritze (20 ml), Sonde (Gaseinleitungsrohr), Holzspan, Stativmaterial

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Wasserstoff [GHS02; GHS 04], Sauerstoff [GHS03; GHS04]

Durchführung:

- Eine Stativklammer an ein Stativ montieren. Das Stativ anschließend so auf dem Tisch positionieren, dass es nicht unterhalb einer Lampe oder ähnlichen zerbrechlichen Gegenständen steht.
- Die Plastikflasche pneumatisch mit 2/3 Wasserstoff und 1/3 Sauerstoff füllen. Anschließend mit einem Stopfen verschließen.
- Die gefüllte Plastikflasche mit der Öffnung nach unten locker auf die an dem Stativ montierte Stativklammer auflegen.
- Den Holzspan entzünden.
- Beteiligte Personen im Raum warnen und bitten den Mund zu öffnen!
- Stopfen von der Flasche entfernen und den brennenden Holzspan an die Öffnung der Plastikflasche halten.

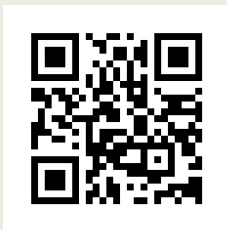
Entsorgung:

Entfällt.

Low-cost-Versuche oder auch Microscale-Versuche nach Viktor Obendrauf haben alle dasselbe Ziel: Experimente mit geringem Chemikalieneinsatz und abfallarme Entsorgung. Die geringe Dosierung von Chemikalien hat noch einen weiteren positiven Effekt: das Gefahrenrisiko wird verringert. Dabei bedienen Sie sich der Geräte aus der Medizintechnik, was einen weiteren Vorteil hat, denn diese Geräte sind preiswerte Massenware und bestehen aus Kunststoff und das bedeutet ein geringes Bruchrisiko.

Quelle: (2) (3)

Informationen zu Geräten aus der Medizintechnik und Anleitungen für weitere Experimente sind unter folgenden Onlinequellen zu finden:



[LNCU.de](https://www.lncu.de) (LebensNahe ChemieUnterricht)



[teachershelper.de](https://www.teachershelper.de) (Arbeitskreis Kappenberg)

Herstellen und pneumatisches Auffangen von Wasserstoff mit



Spritzentechnik

Geräte:

Spritze (20 ml), Spritze (60 ml), 3-Wege Hahn mit Luer-Lock Anschlüssen, Sonde mit Luer-Anschluss, pneumatische Wanne, mindestens 2 Reagenzgläser, auf die Reagenzgläser passende Stopfen

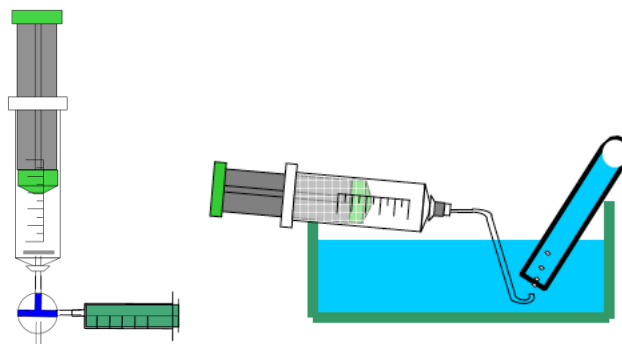
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Salzsäure (1 mol/l) [GHS05], Magnesiumband [GHS02]

Durchführung:

- Zur Übung in eine der beiden Spritzen etwa 10 ml Luft aufziehen. Anschließend die beiden Spritzen mit dem 3-Wege Hahn verbinden. Sich mit den unterschiedlichen Einstellungen des 3-Wege Hahnes vertraut machen und dabei die Luft zwischen den beiden Spritzen hin und her schieben. Apparatur wieder auseinander bauen.
- In die 20ml-Spritze 15 ml Salzsäure blasenfrei einfüllen.
- Ein etwa 2 cm langes Stück Magnesiumband in die 60 ml Spritze geben und mit dem Stempel verschließen. Dabei die komplette Luft aus der Spritze drücken.
- Die beiden gefüllten Spritzen an den 3 Wege-Hahn anschließen.
- Hahn so einstellen, dass die Salzsäure vollständig in die 60 ml Spritze überführt werden kann.
- Beobachten.
- Nach abgeschlossener Reaktion, die Lösung wieder zurück in die 20 ml Spritze überführen.
- Den 3-Wege-Hahn so einstellen, dass die große Spritze verschlossen ist. Anschließend die Spritze mit der Salzsäure von dem 3-Wege-Hahn entfernen.
- An den 3-Wege-Hahn die Sonde anschließen.
- Den Inhalt der großen Spritze pneumatisch in Reagenzgläser füllen und die Reagenzgläser mit Stopfen verschließen.
- Knallgasprobe mit den Füllungen der Reagenzgläser durchführen.



Entsorgung:

Die entstandene Lösung kann im Behälter für wässrige Lösungen entsorgt werden.

Flammenfallen verhindern Knallgasexplosionen in mit brennbaren Gasen gefüllten Apparaturen. Sie verhindern das Zurückschlagen einer Flamme in die Apparatur, wenn sich in dieser durch eine Undichtheit ein Knallgasgemisch gebildet hat.

Die Flammenfalle besteht aus einem gasdurchlässigen, lockeren Material mit sehr guter Wärmeleitfähigkeit, z.B. Kupferwolle, das an bestimmten Stellen der Apparatur eingebaut wird. Das Material besitzt eine große Oberfläche, die Energie aus der Reaktion des brennbaren Gases und Sauerstoff aufnimmt, was zu einem Abbruch der Kettenreaktion führt ("Wandeleffekt").

Soll aus einer Apparatur ausströmender Wasserstoff an einer Flammenfalle entzündet werden, muss zunächst sichergestellt werden, dass die Luft aus der Apparatur komplett verdrängt ist und reiner Wasserstoff austritt. Hierzu muss die Knallgasprobe durchgeführt werden. Benötigt werden dafür zwei Reagenzgläser, mit denen das ausströmende Gas im Wechsel aufgefangen wird. Die Reagenzgläser werden mit der Öffnung nach unten auf die Flammenfalle aufgesetzt. Wird ein gefülltes Reagenzglas von der Flammenfalle für die Knallgasprobe abgezogen, setzt man das zweite Reagenzglas sofort auf, um kontinuierliche Gasproben aufzufangen. Nach durchgeführter Knallgasprobe muss beim trockenen Auffangen immer in das Reagenzglas gepustet werden, bevor es erneut über die Flammenfalle gestülpt wird. Dadurch wird evtl. brennender Wasserstoff gelöscht, der ansonsten das aus der Flammenfalle ausströmende Gas versehentlich entzünden könnte. Das ausströmende Gas darf erst nach zwei negativ verlaufenden Knallgasproben entzündet werden.

Reaktion von Kupfer(II)-oxid mit Wasserstoff



Geräte:

Reagenzglas mit seitlichem Ansatz (30 mm) und passendem Lochstopfen, Tropftrichter, Stativmaterial, Schlauchverbindungsstücke, Glasbiegerohr (ca. 20 cm lang), Gasableitungsrohr mit Flammenfalle, Spatellöffel, evtl. Glaswolle und Holzspan, 3 Reagenzgläser (10 x 100 mm)

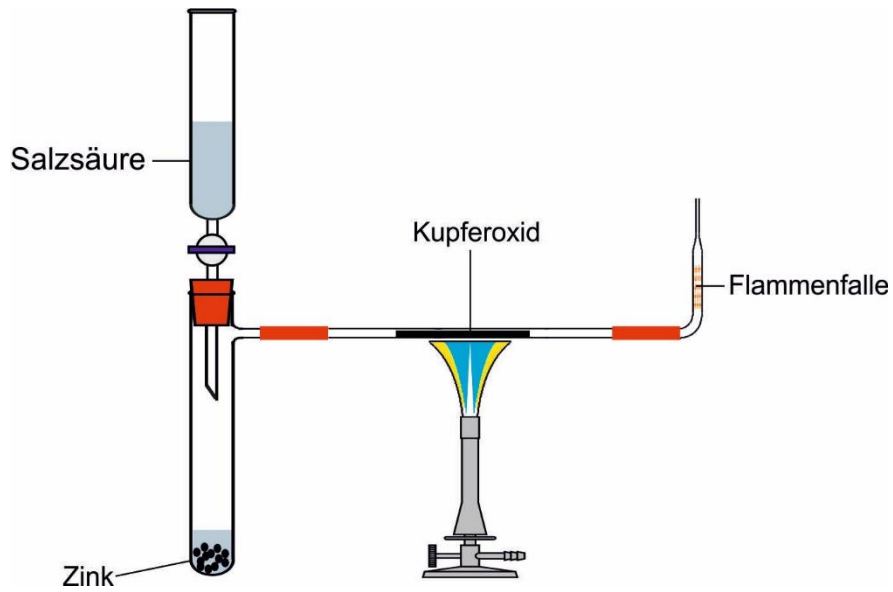
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Kupfer(II)-oxid (Drahtform) [GHS07; GHS09], Zink-Granalien, Salzsäure (6 mol/l)[GHS05; GHS07]

Durchführung:

- Gasentwickler zur Wasserstoffsynthese aufbauen.
- In das Glasrohr ca. 3 cm breit Kupfer(II)-oxid in Drahtform einfüllen.
- Das Glasrohr wird entsprechend der Skizze an den Gasentwickler angeschlossen und ein Gasableitungsrohr mit Flammenfalle montiert.
- Die Wasserstoffentwicklung wird in Gang gesetzt. Die Knallgasprobe durchführen.
- Erst nachdem mehrfach gezeigt werden konnte, dass sich in der Apparatur reiner Wasserstoff befindet, wird der Wasserstoff oberhalb der Flammenfalle entzündet.
- Nun wird das Kupfer(II)-oxid stark erhitzt. Die Wasserstoffflamme wird dabei beobachtet.
- Nach dem Löschen des Brenners läuft die Reaktion selbständig weiter.
- Ist das Kupfer(II)-oxid vollständig umgesetzt, die Apparatur im Wasserstoffstrom abkühlen lassen.
- Den Inhalt des Glasrohres betrachten.

**Entsorgung:**

Kupfer sammeln und für spätere Versuche aufbereiten. Zink von der Salzsäure abtrennen, gründlich mit Wasser waschen und für weitere Gasentwicklungen aufbewahren. Lösungsreste im Behälter für Schwermetallsalze sammeln.

Quelle: (4)

Darstellen von Wasserstoff aus Aluminium und Natriumhydroxidlösung



Geräte:

Reagenzglas mit seitlichem Ansatz (30 mm) mit passendem Vollstopfen, Schlauchverbindungsstücke, Gaseinleitungsrohr, Kristallisierschale (d=95 mm) oder pneumatische Wanne, mindestens 2 Reagenzgläser (16 mm), Zündflamme, 1 Becherglas (250 ml)

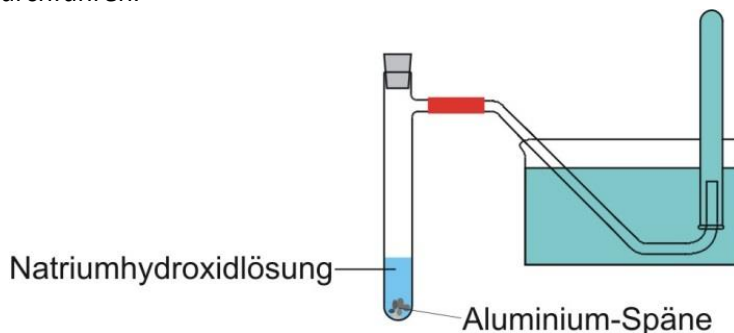
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Aluminium (Grieß) [GHS02], Natriumhydroxidlösung (10 %ig) [GHS05]

Durchführung:

- Die Apparatur nach der Skizze aufbauen.
- Den Brenner und ein Becherglas mit kaltem Wasser bereitstellen.
- In das Reagenzglas mit seitlichem Ansatz etwa einen Spatellöffel Aluminium (Grieß) geben.
- Darauf füllt man etwa 1 cm hoch Natriumhydroxidlösung und verschließt das Reagenzglas mit dem Stopfen.
- Gassynthese abwarten, die Reaktion startet etwas zeitverzögert, da zunächst die schützende Oxidschicht des Aluminiums durchdrungen werden muss. Der Reaktor kann evtl. mit der Sparflamme des Brenners ganz vorsichtig erwärmt werden. Nach einsetzender Gasentwicklung den Brenner sofort entfernen! Bei zu heftiger Reaktion und Schaumbildung den Reaktor in Kühlwasser einsenken.
- Das sich entwickelnde Gas wird in einem Reagenzglas pneumatisch aufgefangen.
- Knallgasprobe durchführen.



Entsorgung:

Aluminium vollständig auflösen oder abtrennen. Die Lösung im Behälter für Laugen-Abfälle sammeln.

Quelle: (5)

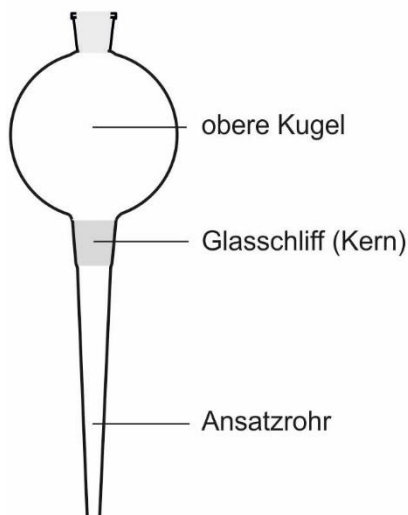
Giftige Gase – Darstellung und Reaktionen

Der Umgang mit Gasen ist in Didaktik 1 bereits beschrieben. Gase können entweder aus Druckgasflaschen entnommen oder selbst hergestellt werden (siehe Didaktik 1, S. 18). Im Falle von giftigen oder korrosiven Gasen entfällt die Möglichkeit der Entnahme aus Druckgasflaschen in der Schule, da diese Gase an Schulen nicht in Druckgasflaschen gelagert werden dürfen. Solche Gase müssen daher hergestellt werden. In Ergänzung zu dem bereits behandelten Zutropfgasentwickler soll an dieser Stelle mit dem KIPPschen Gasentwickler ein weiterer Gasentwicklungsapparat eingeführt werden. Im Gegensatz zu dem Zutropfgasentwickler handelt es sich bei dem Kippischen Gasentwickler um einen sich selbstregulierenden Gasentwickler. Das bedeutet, dass die zur Gasbildung erforderliche Reaktion lediglich bei der Gasentnahme abläuft. Verschließt man den Gasauslass werden die miteinander reagierenden Stoffe automatisch voneinander getrennt, so dass die Reaktion gestoppt wird. Ein solch selbstregulierender Gasentwickler ermöglicht die wiederholte Gasentnahme über einen längeren Zeitraum hinweg. Ein Zutropfgasentwickler ermöglicht lediglich die einmalige Gasentnahme, da eine Trennung der miteinander reagierenden Stoffe nur durch den Abbau der gesamten Apparatur möglich ist.

KIPPscher Gasentwickler

Der KIPPsche Gasentwickler besteht aus einem Kugeltrichter, einem Entwicklungsgefäß mit einer Einschnürung und diversen Zubehörteilen. Die Entwicklungsgefäße gibt es auch ohne Flüssigkeitsauslass. Die Siebplatte wird in die mittlere Kugel des Entwicklungsgefäßes eingelegt und dann dort belassen. Wenn keine Siebplatte vorhanden ist, kann deren Funktion auch von etwas Glaswolle übernommen werden.

Kugeltrichter



Entwicklungsgefäß mit Einschnürung

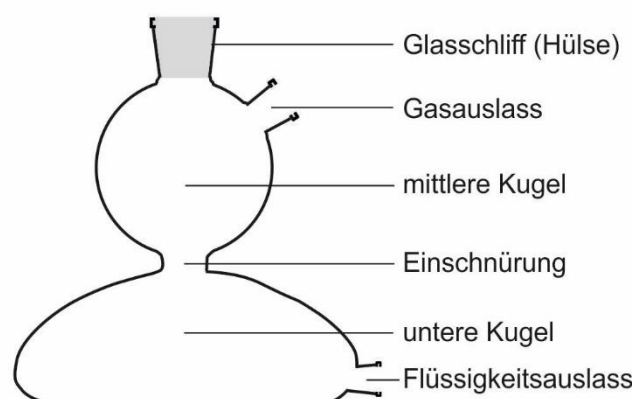


Abb. 2 Bestandteile des KIPPschen Gasentwicklers

Zubehör

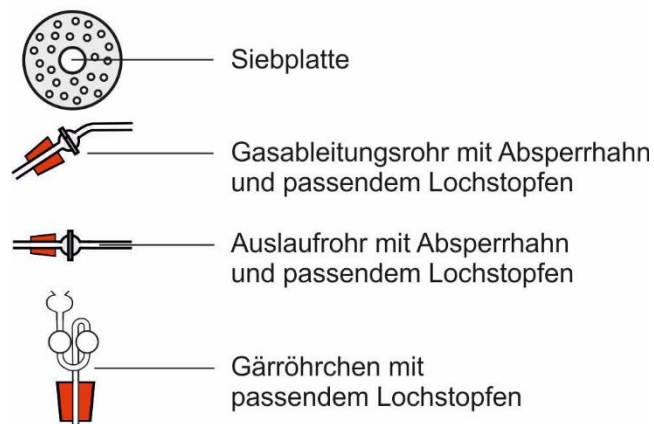


Abb. 3 Zubehör für den KIPPschen Gasentwickler

Aufbau und Betrieb des KIPPschen Gasentwicklers



Geräte:

Kugeltrichter, Entwicklungsgefäß mit Einschnürung, Siebplatte oder Glaswolle, Gasableitungsrohr mit passendem Lochstopfen und Absperrhahn, Gärröhrchen mit passendem Lochstopfen, Stopfensicherungen, Stopfen passend für den Kugeltrichter

Chemikalien:

Reagenzien für die Gasentwicklung (Feststoff und Flüssigkeit), Schliff fett

Durchführung:

- Siebplatte oder etwas Glaswolle in die mittlere Kugel einlegen.
- Die Glasschliffhülse des Kugeltrichters gut einfetten und den Trichter in das Entwicklungsgefäß einsetzen. Durch Drehen der beiden Geräte das Fett im Schliff gleichmäßig verteilen, ggf. nachfetten.
- Den Flüssigkeitsauslass mit dem Auslaufrohr und passendem Lochstopfen verschließen. Die Verbindung mit einer Sicherung versehen und den Absperrhahn schließen.
- Durch die Gasauslass-Öffnung den Feststoff einbringen und auf der Siebplatte gleichmäßig verteilen. Dabei unbedingt darauf achten, dass keine Feststoffteile in die untere Kugel fallen!
- Die Gasauslass-Öffnung mit dem Gasableitungsrohr und einem passenden Lochstopfen verschließen. Die Verbindung mit einer Sicherung versehen.

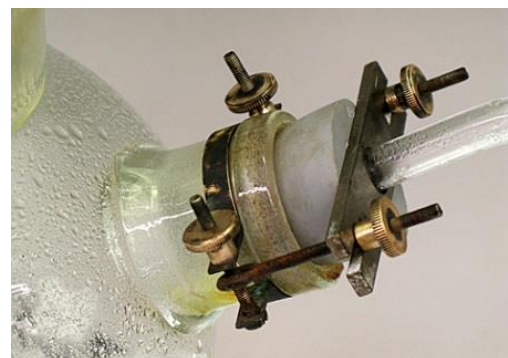


Abb. 4 Sicherung eines am Gasauslass montierten Gasableitungsrohres (Foto: H. Barth; 2011)

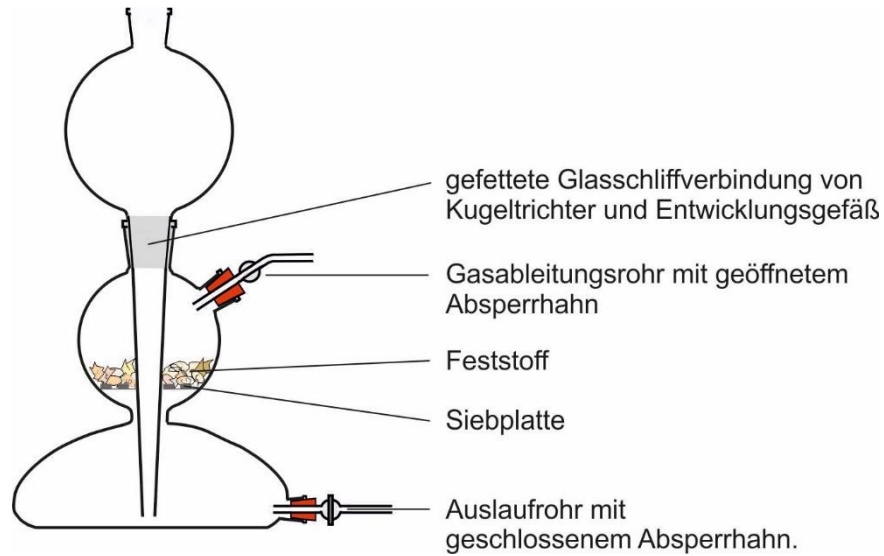
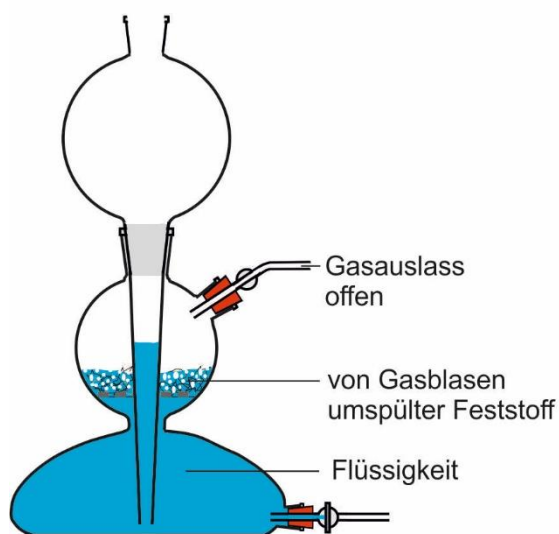


Abb. 5 mit festem Reagenz gefüllter KIPPscher Gasentwickler

- Den Hahn des Gasableitungsrohres öffnen und die Flüssigkeit durch den Kugeltrichter einfüllen. Wenn die Flüssigkeit den Feststoff in der mittleren Kugel benetzt, die Zugabe der Flüssigkeit stoppen.
- Den Hahn des Gasableitungsrohres schließen und so lange warten, bis die Flüssigkeit in die obere Kugel zurückgeströmt ist. Anschließend noch etwa 50 ml der Flüssigkeit in den Kugeltrichter einfüllen.
- In das Gärröhrchen eine geeignete Sperrflüssigkeit einfüllen und den Kugeltrichter damit verschließen.

Einfüllen der Flüssigkeit



Gefüllter KIPP'scher Gasentwickler

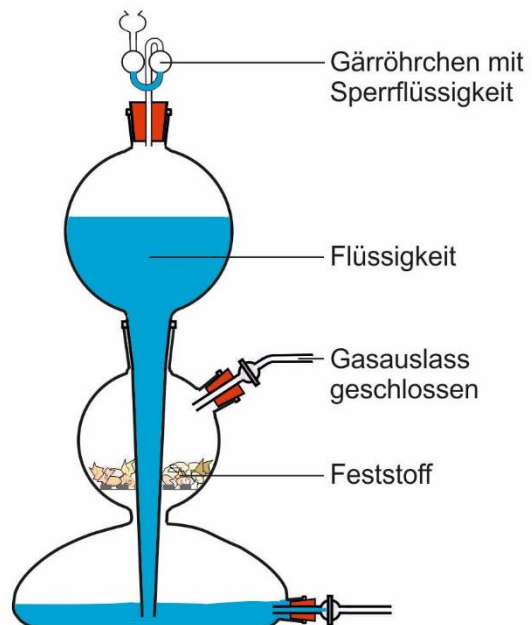


Abb. 6 KIPPscher Gasentwickler in zwei Betriebszuständen

- Der KIPPsche Gasentwickler muss abschließend luftfrei gespült werden. Dazu wird der Gasauslass geöffnet, bis durch das entweichende Gas die Flüssigkeit wieder in die mittlere Kugel steigt und den Feststoff umspült. Wenn die Gasentwicklung startet, wird der Gasauslass geschlossen. Das entstehende Gas verdrängt die Flüssigkeit aus der mittleren Kugel.
- Diesen Vorgang 1 bis 2 Mal wiederholen, so dass der Gasraum in der mittleren Kugel mit dem hergestellten Gas gefüllt ist.
- Bei Bedarf kann jetzt Gas an dem Gasauslass entnommen werden.

Abbau des KIPPschen Gasentwicklers

In der Regel wird ein KIPPscher Gasentwicklungsapparat solange in Betrieb gehalten, bis eine der beiden Reagenzien verbraucht ist.

Wenn der KIPPsche Gasentwickler abgebaut werden soll, geht man folgendermaßen vor:

- Der Abbau erfolgt zur Sicherheit in einer ausreichend großen Auffangwanne.
- Den KIPPschen Gasentwickler auf einer Hebebühne oder einer anderen geeigneten Unterlage abstellen, damit unter den Flüssigkeitsauslass ein Gefäß gestellt werden kann.
- Gärröhrchen vom Kugeltrichter abnehmen.
- Die Flüssigkeit durch den Flüssigkeitsauslass in einem ausreichend großen Gefäß auffangen.
- Wenn keine Flüssigkeit mehr enthalten ist, den KIPPschen Gasentwickler etwas neigen und den Kugeltrichter abnehmen.
- Evtl. noch vorhandener Feststoff kann jetzt aus der mittleren Kugel durch die obere Öffnung des Entwicklungsgefäßes in ein Sieb ausgeschüttet werden. Die Feststoffreste gründlich mit Wasser abspülen.

Entsorgung:

Bei noch vorhandener Reaktivität werden die beiden Reagenzien getrennt voneinander in geeigneten und entsprechend gekennzeichneten Gefäßen aufbewahrt.

Sind die Reagenzien verbraucht werden sie im entsprechenden Abfallbehälter gesammelt.

Allgemeine Hinweise zum KIPPschen Gasentwickler:

- Der Feststoff muss grobkörnig sein und sich nicht oder nur schwer in der Flüssigkeit lösen.
- Füllhöhe des Feststoffes höchstens ein Drittel der mittleren Kugel.
- Nach dem Füllen ist der Gasauslass 1-2 Mal zu betätigen, um den Gasraum der mittleren Kugel luftfrei zu spülen. Bei brennbaren Gasen (z.B. Wasserstoff) muss der Vorgang so lange wiederholt werden, bis die Knallgasprobe negativ ausfällt.
- Bei Betrieb des KIPPschen Gasentwicklers muss im Ansatzrohr des oberen Kugeltrichters immer Flüssigkeit enthalten sein.
- Beim Öffnen des Gasauslasshahnes muss die Reaktion zwischen Feststoff und Flüssigkeit ständig kontrolliert werden.
- Sowohl die Flüssigkeit als auch der Feststoff können bei noch vorhandener Reaktivität wieder verwendet werden
- Wird der KIPPsche Apparat längere Zeit nicht verwendet, kann das Gärröhrchen mit der Sperrflüssigkeit durch einen Stopfen ersetzt werden.
- Die Lagerung eines gefüllten KIPPschen Apparates ohne Wartung über mehrere Monate ist nicht empfehlenswert. In solchen Fällen ist der Apparat abzubauen.

Quelle: (1)

Entstickung von Abgasen – „Denox Verfahren“



Geräte:

Glaskolben (500 ml) mit einem passenden Lochstopfen und einem Zweilochstopfen, Kolbenprober, Schlauch-Quetschhahn nach Hoffmann, Aktivkohlefilter, Korkring, Löffelspatel, Schlauchverbindungsstücke, Glasrohrstücke, Stativmaterial, 2 Gasentwickler: 2 Reagenzgläser mit seitlichem Ansatz (30 mm) mit einem passenden Stopfen und einem Lochstopfen, Tropftrichter, 2 Aktivkohlefilter, Schlauchstücke)

								
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

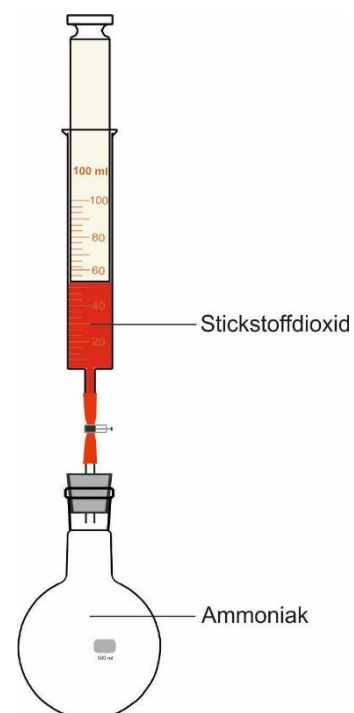
Stickstoffdioxid [GHS03; GHS06; GHS05], Ammoniak [GHS06; GHS05; GHS09]

Chemikalien für die Gasentwicklung:

konz. Ammoniak-Lösung (25 %ig) [GHS05; GHS07; GHS09], Natriumhydroxid Plättchen [GHS05], konz. Salpetersäure [GHS03; GHS06; GHS05], Kupfer-Späne)

Durchführung:

- Gasentwickler zur Darstellung von Stickstoffdioxid aus Kupfer und Salpetersäure (konz.) aufbauen.
- Den Kolbenprober mit Hilfe eines Schlauchstückes an den Stickstoffdioxid-Entwickler montieren.
- Etwa 50 ml Stickstoffdioxid in den Kolbenprober einfüllen.
- Den Kolbenprober mit Hilfe des Schlauch-Quetschhahnes verschließen.
- Kolbenprober vom Gasentwickler entfernen und durch einen Aktivkohlefilter austauschen.
- In einen Lochstopfen ein Glasrohr montieren und das Glasrohr mit dem Kolbenprober verbinden.
- Den 500 ml Glaskolben am Stativ fixieren und mit Ammoniak füllen (siehe „Springbrunnenversuch - Löslichkeit von Ammoniak in Wasser“ S.21).
- Den am Kolbenprober montierten Lochstopfen auf den mit Ammoniak gefüllten Glaskolben aufsetzen.
- Den Kolbenprober ebenfalls vorsichtig an dem Stativ fixieren.
- Den Schlauch-Quetschhahn entfernen.
- Stickstoffdioxid langsam in den Glaskolben einströmen lassen, dazu leichten Druck auf den Stempel des Kolbenprobers ausüben.
- Beobachten.
- Den Glaskolben sofort und noch einmal nach etwa 30 min betrachten.



Entsorgung:

Reaktionskolben öffnen und im Abzug ausgasen lassen. Die Reste aus dem Gasentwickler für Ammoniak in den Laugen-Abfall und die Reste aus dem Gasentwickler für Stickstoffdioxid in den Behälter für anorganische Säuren geben (evtl. noch vorhandenes Kupfer vorher abtrennen).

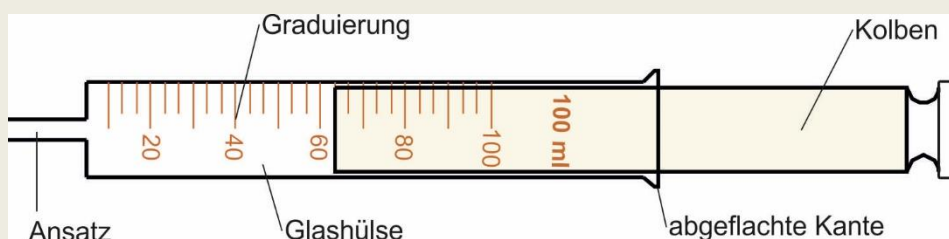
Quelle: (6)

Wissenswertes zu Kolbenprobern

Allgemeines:

Der Kolbenprober ist ein Gasmessapparat für die Arbeit im Chemieunterricht. Mit ihm können Gasportionen angesaugt und bei Bedarf wieder abgegeben werden. Ein Kolbenprober besteht aus einer graduierten Glashülse mit Ansatz, in der sich ein passend geschliffener Kolben gasdicht bewegen lässt. Durch die Graduierung können quantitative Gasmessungen durchgeführt werden.

Kolbenprober haben an der offenen Seite der Glashülse zwei abgeflachte Kanten, die ein Herunterrollen beim Ablegen auf den Tisch verhindern. Ältere Kolbenprober sind mit identischen Nummern an Glashülse und Kolben gekennzeichnet, die ihre Zusammengehörigkeit kennzeichnen.



Umgang:

Jeder Kolbenprober ist vor der Benutzung auf Dichtigkeit zu überprüfen. Dazu den Kolben bis zur Hälfte aus der Glashülse herausziehen und anschließend den Ansatz der Glashülse mit dem Finger verschließen. Zieht man den Kolben nun etwas aus der Hülse heraus, oder drückt ihn etwas hinein, muss er bei nachlassendem Kraftaufwand wieder in die ursprüngliche Position zurück gleiten. Der Kolben darf auf keinen Fall zurückschnellen, deshalb muss die Bewegung mit der Hand gebremst werden.

Kolbenprober sind keineswegs zu hundert Prozent gasdicht, was in der Regel bei Prüfung auf Dichtigkeit schon festgestellt wird.

Kolbenprober sollten immer waagrecht betrieben werden, damit durch das Gewicht des Kolbens kein zusätzlicher Über- oder Unterdruck hervorgerufen wird.

Der Kolben ist beim Bewegen in der Glashülse immer leicht zu drehen.

Kolbenprober dürfen an Stativen nur mit runden Stativklammern gehalten und dabei nicht fest eingespannt werden. Sie müssen lediglich vor dem Herausrutschen gesichert werden. Dadurch werden Spannungen vermieden, die die Funktionalität des Kolbenprobers einschränken könnten.

Optimal funktioniert ein Kolbenprober mit Gasportionen, die 50 – 60 % des Kolbenprobervolumens ausmachen. Das gilt insbesondere beim Arbeiten mit Wasserstoff, da der Schliff gegenüber Wasserstoff nicht dicht genug ist.

Kolbenprober dürfen nicht gefettet werden. Das gilt wiederum insbesondere beim Arbeiten mit Sauerstoff. Sollte die Durchführung eines Experimentes das Fetten erfordern, kann dies mit Glycerin oder Paraffinöl erfolgen. Der Kolbenprober ist anschließend gründlich zu reinigen.

Lagerung:

Kolbenprober können ausgeblasen oder mit destilliertem Wasser gereinigt werden. Anschließend sind Glashülse und Kolben getrennt voneinander zu trocknen.

Zum Lagern füllt man einige Kunststoffschnipsel in die Glashülse bevor der Kolben eingeführt wird. Diese verhindern ein zu hartes Aufschlagen des Kolbens auf den Boden der Glashülse.

Quelle: (1)

Herstellen von Stickstoffmonoxid und Reaktion mit Sauerstoff



Geräte:

Reagenzglas mit seitlichem Ansatz (30 mm), Tropftrichter, Lochstopfen, Gaseinleitungsrohr, Schlauchstück, pneumatische Wanne, 2 Standzylinder, Abdeckplatte, Becherglas (100 ml)

								
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

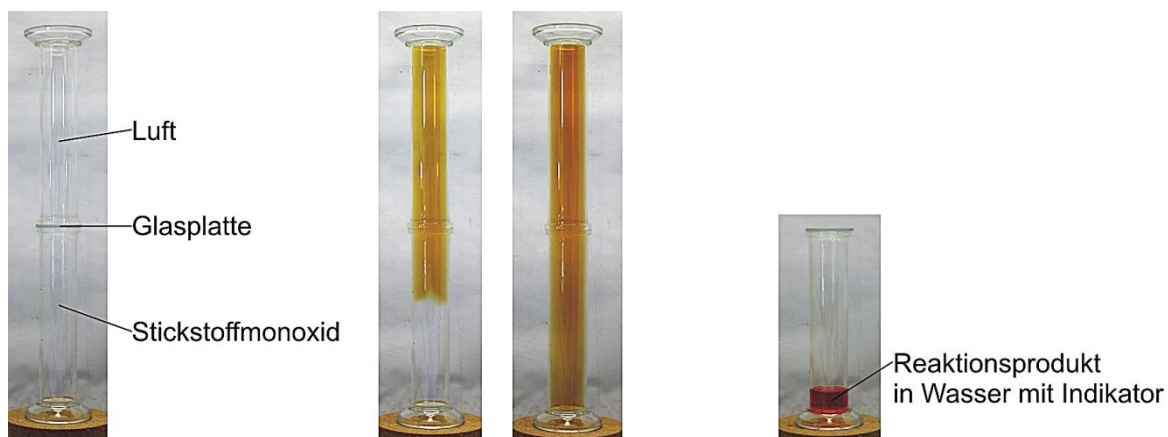
Chemikalien:

konz. Salpetersäure [GHS03; GHS06; GHS05], Kupferspäne, Universalindikator

Stickoxide sind giftige Gase, daher sollte im Abzug gearbeitet werden.

Durchführung:

- Eine Apparatur zum pneumatischen Auffangen von Gasen aufbauen.
- In das Reagenzglas mit seitlichem Ansatz etwa 3 cm hoch Kupferspäne einfüllen.
- In dem Becherglas halbkonzentrierte Salpetersäure herstellen. Dazu 20 ml Wasser in dem Becherglas vorlegen und zu dem Wasser 20 ml konz. Salpetersäure geben.
- Die halbkonzentrierte Salpetersäure in den Tropftrichter einfüllen.
- Die Salpetersäure langsam auf die Kupferspäne tropfen lassen.
- Die Apparatur zunächst mit dem entstehenden Gas luftfrei spülen und dann einen Standzylinder pneumatisch mit dem entstehenden Gas füllen.
- Den gefüllten Standzylinder luftdicht mit einer Abdeckplatte verschließen.
- Auf den mit der Abdeckplatte verschlossenen Standzylinder einen mit Luft gefüllten Standzylinder, mit der Öffnung nach unten, stellen.
- Die Abdeckplatte entfernen und beobachten.
- Den Gasinhalt eines Standzylinders mit Wasser aufnehmen, welches mit Universalindikator versetzt ist. Indikatorfärbung beobachten.



Entsorgung:

Die Reste aus dem Gasentwickler im Behälter für nitrathaltige Abfälle sammeln. Die leicht saure Lösung aus dem Standzylinder verwerfen.

Quelle: (7)

Herstellen von Kohlenmonoxid – Untersuchen der Brennbarkeit



Geräte:

Reagenzglas mit seitlichem Ansatz (30 mm) und passendem Lochstopfen, Tropftrichter, Gaseinleitungsrohr, Schlauchstücke, Stativmaterial, pneumatische Wanne, Standzylinder mit Abdeckplatte, Holzspan, Zündflamme

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

konz. Methansäure [GHS02; GHS06; GHS05], konz. Schwefelsäure [GHS05], Calciumhydroxidlösung (ges.) [GHS05]

Kohlenmonoxid ist ein farb- und geruchloses giftiges Gas, das Arbeiten im Abzug ist erforderlich. Kohlenmonoxid erzeugt beim Einatmen keine Reizwirkung. Kohlenmonoxid ist zudem leichtentzündlich.

Durchführung:

- Eine Apparatur zum pneumatischen Auffangen von Gasen aufbauen. Die Gasentwicklung erfolgt mit einem Behelfsgasentwickler.
- In das Reagenzglas mit seitlichem Ansatz etwa 2 cm hoch Schwefelsäure vorlegen.
- Den Tropftrichter des Behelfsgasentwicklers etwa 2 cm hoch mit Methansäure füllen.
- Die Gasentwicklung durch vorsichtige Zugabe der Methansäure zu der Schwefelsäure starten.
- Die einsetzende Reaktion ist abzuwarten! Das kann ein paar Minuten dauern. Evtl. muss mit kleiner Flamme erwärmt werden.
- Nach einsetzender Gasentwicklung taucht man das Gaseinleitungsrohr in die pneumatische Wanne ein. Die ersten Gasblasen lässt man in den Abzug entweichen, bis die Luft aus der Apparatur verdrängt ist.
- Anschließend einen Standzylinder pneumatisch mit Gas füllen.
- Den Standzylinder mit einer Abdeckplatte verschließen.
- Die Gasentwicklung stoppen, indem man die Lösung in dem Reagenzglas vorsichtig mit Wasser verdünnt.
- In den Standzylinder etwa 1-2 cm hoch Calciumhydroxidlösung geben. Dazu die Abdeckplatte so kurz und wenig wie möglich entfernen.
- Umschwenken und die Lösung betrachten.
- Anschließend einen brennenden Holzspan an die Öffnung des Standzylinders halten.
- Nach Ablauf der Reaktion den Standzylinder mit der Abdeckplatte verschließen und umschwenken.
- Lösung betrachten.

Entsorgung:

Reste vorsichtig mit Wasser verdünnen und im Behälter für organische, mit Wasser mischbare Lösungen sammeln.










Quelle: (7)

Springbrunnenversuch – Löslichkeit von Ammoniak in Wasser



Geräte:

Reagenzglas mit seitlichem Ansatz (30 mm) und passendem Stopfen, Rundkolben (250 oder 500 ml) mit doppelt durchbohrtem Stopfen, kurzes Glasrohr, kurzes ausgezogenes Glasrohr, 2 Schlauchstücke (ca. 20 cm und ca. 4 cm), passender Stopfen für Schlauchstück, Aktivkohlefilter, Kristallisierschale (d= 23 cm), Stativmaterial

								
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Ammoniaklösung 25 %ig [GHS05; GHS07; GHS09], Natriumhydroxid-Plättchen [GHS05], Indikator: Phenolphthalein [GHS02; GHS08; GHS07] (ggf. auch Universalindikator McCrumb)

Ammoniak ist ein giftiges Gas, ein Austritt des Gases in die Umgebungsluft muss vermieden werden. Öffnungen der Apparatur werden daher sorgfältig mit einem Aktivkohlefilter verschlossen.

Im Verlauf des Experimentes bildet sich kurzfristig ein Unterdruck in dem mit Ammoniakgas gefüllten Gefäß. Daher darf der Ammoniak nur, in für Arbeiten mit Unterdruck geeigneten Gefäßen, wie beispielsweise einem Rundkolben abgefüllt werden. Der Rundkolben darf keine Beschädigungen aufweisen.

Phenolphthalein ist ein gesundheitsgefährdender Stoff. Nach der EUZ-GHS-Einstufung ist davon auszugehen, dass bei wiederholter Exposition irreversible Gesundheitsschäden auftreten können (Keimzellenmutagenität Kategorie 2, Karzinogenität Kategorie 1B und Reproduktionstoxizität Kategorie 2) Diese Einstufung gilt für den Reinstoff. Stoffgemische können hiervon abweichen, so ist die spezifische Konzentrationsgrenze für die Einstufung der Karzinogenität Kategorie 1B erst ab Gemischen mit einer Konzentration $C \geq 1\%$ gültig.

An Schulen ist die Verwendung von Phenolphthalein, mit Ausnahme zum Ansetzen von Indikatorlösungen, nicht gestattet.

Bei der von uns verwendeten Indikatorlösung handelt es sich um eine 0,1%ige Lösung (0,1 g Phenolphthalein in 100 ml 70%igem Ethanol). Eine Konzentration unterhalb der spezifischen Konzentrationsgrenze von Phenolphthalein. (In den Versuchsvorschriften ist die Einstufung der Phenolphthalein-Indikatorlösung dem Sicherheitsdatenblatt einer 1%igen Lösung in Ethanol entnommen, für geringer konzentrierte Lösungen sind keine Sicherheitsdatenblätter aufzufinden.)

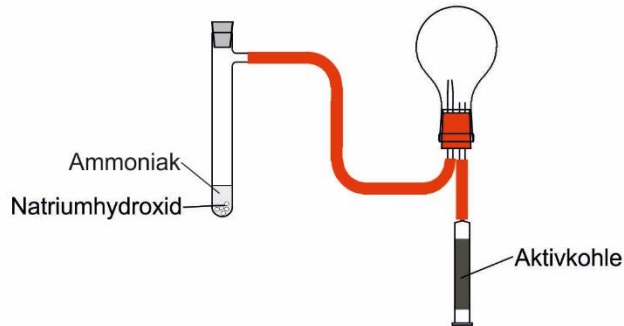
Quelle: (8) (9) (10)

Durchführung:

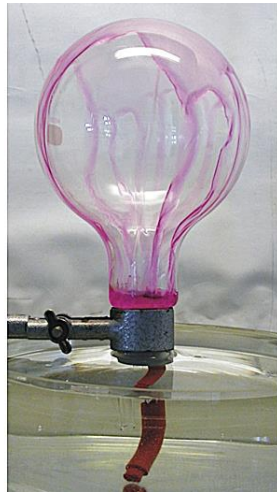
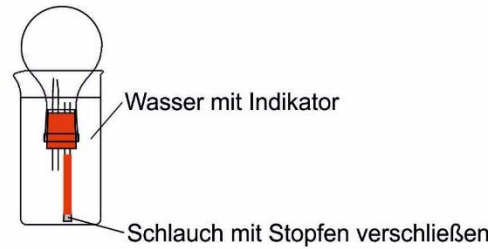
- Rundkolben und Einsatz müssen ganz trocken sein.
- Rundkolben über das Glasrohr mit der ausgezogenen Spitze des Stopfeneinsatzes gasdicht an den Gasentwickler anschließen.
- An das Glasrohr des Stopfeneinsatzes den Aktivkohlefilter montieren.
- 10 - 11 ml konz. Ammoniaklösung in das Reagenzglas mit Ansatz einfüllen.
- 6 Plättchen Natriumhydroxid zu dem Ammoniak geben und das Reagenzglas sofort verschließen.
- Der Kolben ist mit Ammoniak gefüllt, wenn sich die Aktivkohle in dem Filter leicht erwärmt. Wenn das nicht der Fall ist, etwas Natriumhydroxid in den Gasentwickler nachgegeben.

- Den Aktivkohlefilter von dem Stopfeinsatz lösen und das Schlauchstück mit einem Stopfen verschließen. Sofort danach den Gasentwickler von dem Stopfeinsatz lösen und den Aktivkohlefilter an den Gasentwickler anschließen (Siehe Skizze).
- Den Rundkolben umgekehrt in ein mit Wasser gefülltes Becherglas stellen, welches mit Indikator versetzt ist.
- Beobachten.

a)



b)



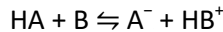
Entsorgung:

Lösungsreste aus dem Gasentwickler in dem Behälter für Laugen-Abfälle sammeln, den Rest verwerfen.

Quelle: (4)

Säure – Base – Reaktionen

Säure-Base-Reaktionen sind chemische Reaktionen, bei denen statt Elektronen wie bei den Redoxreaktionen, Wasserstoff-Kationen H^+ (Protonen) zwischen den Molekülen oder Molekül-Ionen übertragen werden. Nach Brønsted wird das Teilchen, das das Proton abgibt, als Brønsted-Säure oder Protonendonator bezeichnet. Das Teilchen, welches das Proton empfängt, heißt Brønsted-Base oder Protonenakzeptor. Stellt man eine Brønsted-Säure durch das Symbol HA dar und eine Brønsted-Base durch B, so lässt sich eine Säure-Base-Reaktion nach Brønsted wie folgt formulieren:



Die jeweilige Säure und Base steht im Gleichgewicht zur konjugierten (korrespondierten) Base und der konjugierten (korrespondierten) Säure.

Je stärker eine Säure ist, desto schwächer ist ihre korrespondierende Base. Damit ist die Tendenz zur Rückbildung der Säure nicht gegeben, wie z. B. bei der Salzsäure. Ihre korrespondierende Base ist so schwach, dass die Säure HCl vollständig dissoziiert ist und bleibt. Bei schwachen Säuren liegt das Gleichgewicht in Lösung stärker auf der Edukt Seite. Zu Bedenken ist, dass sich die Säurestärke immer auf die Säure in wässrigen Lösungen bezieht.

Reaktion von Magnesium mit verschiedenen Säuren- Temperaturverlauf mit

Cobra 4 erfassen



Geräte:

5 Reagenzgläser (16 mm) im Reagenzglasständer, 2 durchbohrten Stopfen für Reagenzgläser (16mm), Stativmaterial, Glasrohr (ca. 8 cm lang), 2 Reagenzgläser (10 mm), Spatel, (alternativ statt Thermofühler: Thermometer)

Geräte für die Messwerteerfassung:

Tablett mit Measure App, Wireless Link 2, Temperatur-Sensorunit, Temperaturfühler

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

verd. Salzsäure [GHS05], verd. Schwefelsäure [GHS05], verd. Essigsäure [GHS07], Ameisensäure (10 %ig) [GHS05], Magnesiumspäne [GHS02], Magnesium-Pulver [GHS02]

Durchführung I:

- Vorbereitung für die Messung treffen. (Siehe separate Anleitung zu Cobra 4, DC1)
- Je ein Reagenzglas mit Salzsäure, Schwefelsäure, Essigsäure bzw. Ameisensäure etwa 2 cm hoch füllen.
- Den Temperaturfühler mit Hilfe von Stativmaterial in das Reagenzglas eintauchen. Der Fühler sollte etwa einen halben Zentimeter Abstand vom Boden des Becherglases haben.
- Wenn die Temperatur konstant ist, Messung starten.
- In jedes der Reagenzglaser 3 - 4 Magnesiumspäne geben.
- Die Messung stoppen, wenn die Magnesiumspäne sich aufgelöst haben.
- Daten speichern.

Durchführung II:

- Das Glasrohr in den durchbohrten Stopfen montieren, so dass es als Gasableitungsrohr eingesetzt werden kann.
- In ein Reagenzglas (16 mm) einen Spatel Magnesiumpulver geben und mit etwa 3 ml Salzsäure versetzen.
- Sofort den durchbohrten Stopfen mit dem Gasableitungsrohr auf das Reagenzglas montieren und über das Gasableitungsrohr ein Reagenzglas stülpen.
- Nach einer Weile mit dem aufgefangenen Gas die Knallgasprobe durchführen (Knallgasprobe mehrmals wiederholen).

Entsorgung:

Metallreste abfiltrieren. Acetathaltige und Formiathaltige Lösung im Behälter für organische Lösungen (mit Wasser mischbar) sammeln. Die übrigen Lösungen im Behälter für wässrige Lösungen sammeln.

Quelle: (4)

Vergleich von konz. und verd. Essigsäure



Geräte:

2 Reagenzgläser

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Konz. Essigsäure [GHS02, GHS05], Magnesiumband [GHS02], Universalindikatorpapier

Durchführung:

- In 2 Reagenzgläser gibt man je ca. 2 ml Eisessig.
- Dann wird in das eine Reagenzglas ein Stück (trockenes) Universalindikatorpapier gegeben, in das andere ein Stück Magnesiumband und beobachtet vergleichend
- Nun verdünnt man die Essigsäure in beiden Reagenzgläsern mit gleich viel Wasser.
- Beobachten.

Entsorgung:

Acetathaltige Lösung im Behälter für organische Lösungen (mit Wasser mischbar) sammeln.

Quelle: (11)








Konzentrierte Essigsäure - Untersuchen der Leitfähigkeit beim Verdünnen mit Wasser

Geräte:

Becherglas (250 ml), Becherglas (400 ml), Messzylinder (10 ml), Magnetrührstäbchen (1 cm), Magnetrührer, Stativmaterial

Geräte für die Messwerterfassung:

Tablet mit Measure App, Wireless Link 2, Leitfähigkeits-Sensorunit

								
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Konz. Essigsäure [GHS02, GHS05], VE-Wasser

Durchführung:

- Vorbereitungen für die Messung mit Cobra 4 treffen (Siehe Anhang Skript Didaktik 1). Die Aufnahme der Messwerte erfolgt in diesem Fall per Tastendruck.
- In das Becherglas (250 ml) den Magnetrührstab geben und 10 ml Essigsäure einfüllen. Das Becherglas auf den Magnetrührer stellen.
- In dem anderen Becherglas VE Wasser bereitstellen.
- Die Leitfähigkeitssonde in die Essigsäure eintauchen. Die Sonde mit dem Stativmaterial stabilisieren, damit der Magnetrührstab die Sonde nicht berührt.
- Vor der Aufnahme des ersten Messwertes muss das Becherglas mit der Essigsäure leicht schräg gehalten werden, damit die Elektroden des Leitfähigkeitsprüfers vollständig in die Flüssigkeit eintauchen.
- Zu der Essigsäure 10 ml Wasser geben und gut durchmischen. Dazu den Magnetrührer anstellen. Vorsicht, die Drehzahl langsam erhöhen, damit der Magnetrührstab die Essigsäure nicht verspritzt.
- Nach sorgfältiger Durchmischung einen weiteren Messwert aufnehmen. (Möglicherweise muss auch hier das Becherglas noch einmal leicht schräg gehalten werden.)
- Die Essigsäure wird weiter in 10 ml Schritten mit Wasser verdünnt. Nach jeder Zugabe wird ein Messwert aufgenommen.
- Bei einem Gesamtvolumen von 250 ml wird die Messung gestoppt und gespeichert.

Entsorgung:

Die verdünnte Essigsäure kann im Abfluss entsorgt werden.










Quelle: (12)

Springbrunnenversuch: Löslichkeit von Hydrogenchlorid in Wasser



Geräte:

Reagenzglas mit seitlichem Ansatz (30 mm) und passendem Lochstopfen, Tropftrichter, Rundkolben (250 ml) mit doppelt durchbohrtem Stopfen, kurzes Glasrohr, kurzes ausgezogenes Glasrohr, 2 Schlauchstücke (ca. 20 cm und ca. 4 cm), passender Stopfen für Schlauchstück, Aktivkohlefilter, Becherglas (600 ml) (oder Kristallisierschale (d= 23 cm))

								
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

konz. Schwefelsäure [GHS05], Natriumchlorid, Universalindikator

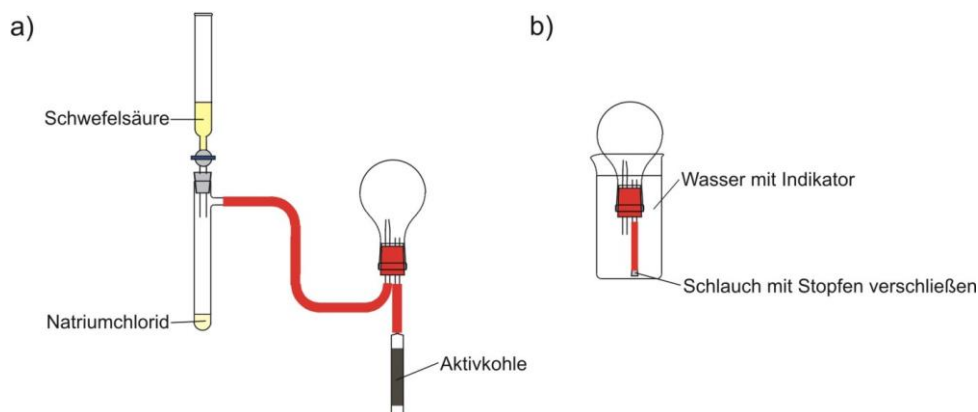
Konzentrierte Schwefelsäure ist eine stark ätzende Säure.

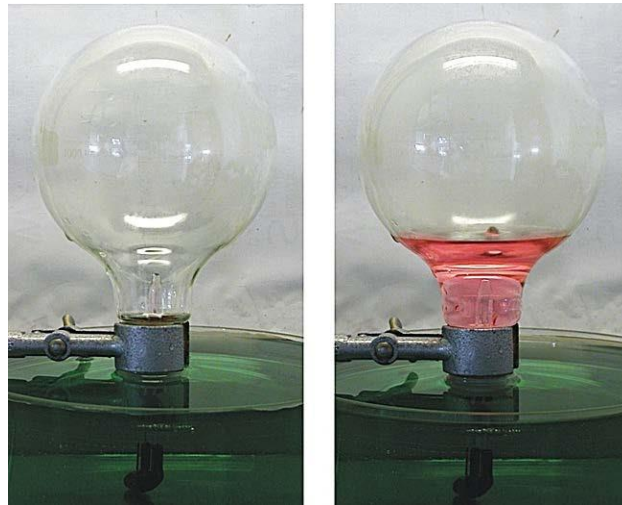
Chlorwasserstoff ist ein ätzend wirkendes Gas, überschüssiges Gas muss daher von dem Aktivkohlefilter adsorbiert werden.

Bei dem Versuch bildet sich ein Unterdruck. Es dürfen also nur Kolben verwendet werden, die für Arbeiten mit Unterdruck geeignet sind. Der Rundkolben darf keinerlei Beschädigungen aufweisen.

Durchführung:

- Gasentwickler aufbauen.
- In das Reagenzglas mit seitlichem Ansatz 2-3 Spatellöffel Natriumchlorid geben.
- Etwa 10 ml konz. Schwefelsäure in den Tropftrichter füllen.
- Rundkolben und Stopfeneinsatz müssen ganz trocken sein.
- Rundkolben an dem ausgezogenen Glasrohr des Stopfeneinsatzes gasdicht mit dem Gasentwickler verbinden.
- An das Glasrohr des Stopfeneinsatzes den Aktivkohlefilter montieren.
- Die Gasentwicklung starten, indem man die Schwefelsäure langsam auf das Natriumchlorid tropfen lässt.
- Der Kolben ist mit Chlorwasserstoff gefüllt, wenn sich das Aktivkohlerohr leicht erwärmt.
- Den Aktivkohlefilter von dem Stopfeneinsatz lösen und das Schlauchstück mit einem Stopfen verschließen. Sofort danach den Gasentwickler von dem Stopfeneinsatz lösen und den Aktivkohlefilter an den Gasentwickler anschließen (Siehe Skizze).
- den Rundkolben umgekehrt in ein mit Wasser gefülltes Becherglas (oder Kristallisierschale) stellen, welches mit Universalindikator versetzt ist.



**Entsorgung:**

Den Rückstand im Gasentwickler vorsichtig mit Wasser verdünnen und neutralisieren. Reste verwerfen.




Quelle: (4)

Reaktion von Natrium mit Wasser



Geräte:

Filterpapier

								
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Natrium [GHS02, GHS05], Ethanol [GHS02, GHS07], Phenolphthalein-Lösung [GHS02; GHS08; GHS07] (alternativ: Thymolphthalein-Lösung), Spülmittel

Sicherheitshinweise:

Natrium reagiert **heftig** mit zahlreichen anorganischen als auch organischen Substanzen.

Natrium wird unter einer Schutzflüssigkeit aufbewahrt, die aus einem wasser- und säurefreien Mineralöl besteht. In der Regel wird Natrium unter Paraffinöl aufbewahrt. Die Verwendung von Petroleum sollte wegen möglicherweise enthaltenen reaktiven Verunreinigungen vermieden werden. An der Luft überziehen sich frische Schnittflächen sehr schnell mit einer Schicht bestehend aus Natriumoxid, Natriumhydroxid und Natriumcarbonat.

In geschmolzenem Zustand entzündet sich Natrium an feuchter Luft oberhalb von 115 °C. Es verbrennt mit intensiv weiß-gelblicher Flamme zu Natriumoxid und Natriumperoxid. In Verbindung mit der Luftfeuchtigkeit setzen sich die Verbrennungsprodukte zu stark ätzendem Natriumhydroxid um.

In Verbindung mit Wasser zersetzt sich Natrium stark exotherm zu Natriumhydroxid und Wasserstoff. Durch die Reaktionswärme kann sich der entstehende Wasserstoff leicht entzünden. Zudem kann es durch die Anwesenheit des Luftsauerstoffs zu Knallgasexplosionen kommen.

Durch die frei werdende Wärme bei der Reaktion von Natrium mit Wasser, schmilzt das Natrium und bewegt sich in Form einer Kugel auf der Wasseroberfläche hin und her.

Dabei besteht die Gefahr, dass die Kugel an der Gefäßwand anhaftet. In diesem Fall kann es zu lokalen Wärmestauungen kommen, die zu einer Explosion führen können. Die Zugabe von Spülmittel zu dem Wasser und das Verwenden von runden Gefäßen kann die Wahrscheinlichkeit des Anhaftens an der Gefäßwand verringern.

Natrium darf nicht mit der Haut in Kontakt kommen, da dadurch starke Verätzungen und Verbrennungen hervorgerufen werden können.

Natriumreste werden in Ethanol umgesetzt. Ebenso werden alle Geräte, die mit Natrium kontaminiert sind in Ethanol gestellt. Natrium wird dabei in Alkoholat überführt. Der dabei frei werdende Wasserstoff kann zu Knallgasexplosionen führen. Am Arbeitsplatz muss für gute Be- und Entlüftung gesorgt werden. Zündquellen müssen beseitigt werden.

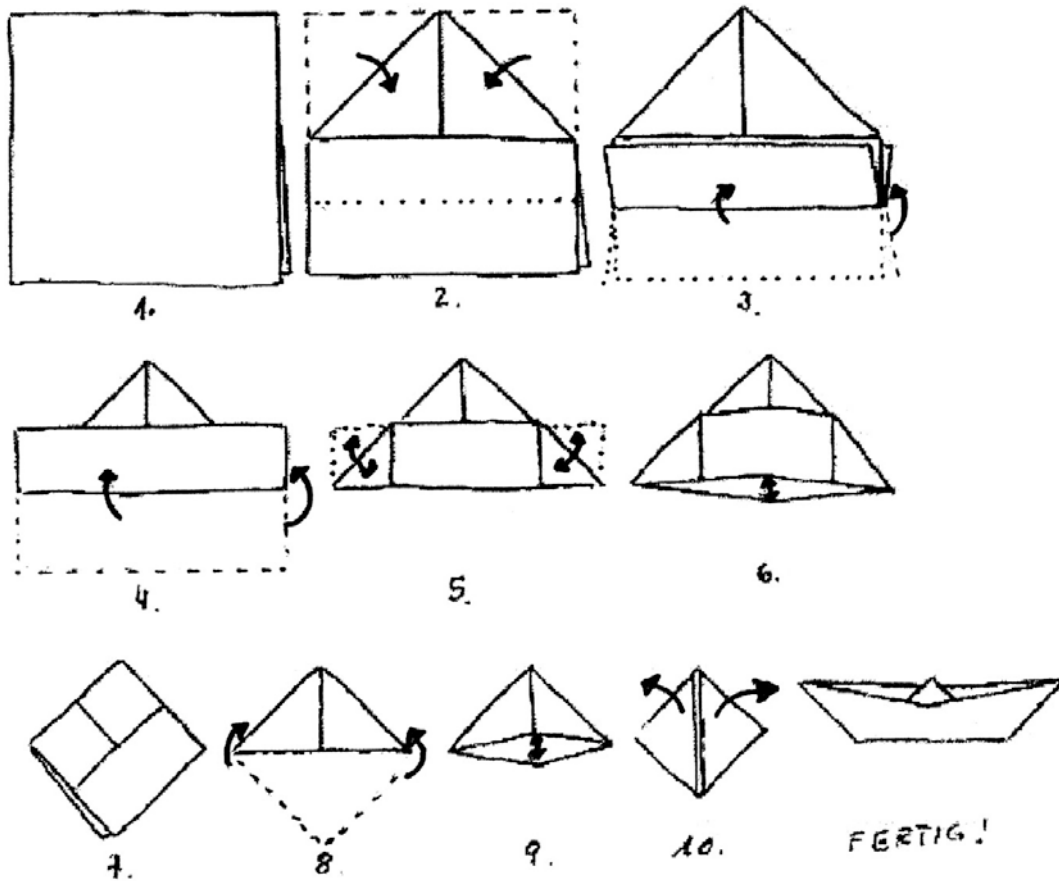
Durchführung:

- Die Kristallisierschale mit Wasser füllen und das Wasser mit Phenolphthalein-Lösung und Spülmittel versetzen.
- Ein Natriumstück auf einem Filterpapier mit Hilfe eines Messers entrinden.
- Die abgeschnittenen Rindenstücke sofort in Ethanol entsorgen. (Nicht zurück in die Vorratsflasche geben!)
- Von dem entrindeten Stück Natrium ein maximal erbsengroßes Stück abschneiden und in das Wasser geben.

- Beobachten.

Variante Papierschiff:

- Kristallisierschale mit Wasser füllen und etwas Phenolphthalein-Lösung zugeben.
- Aus einem saugfähigem Stück Papier (Filterpapier oder Papierserviette) ein Schiff falten.



- Ein Natriumstück auf einem Filterpapier mit Hilfe eines Messers entrinden.
- Die abgeschnittenen Rindenstücke sofort in Ethanol entsorgen. (Nicht zurück in die Vorratsflasche geben!)
- Von dem entrindeten Stück Natrium ein maximal erbsengroßes Stück abschneiden und in das gefaltete Papierschiff legen.
- Das Schiff auf die Wasseroberfläche aufsetzen.
- Beobachten.

Entsorgung:

Ethanolatlösung mit Wasser verdünnen, um auf eine vollständige Umsetzung des Natriums zu prüfen und im Behälter für organische Lösungsmittel mit Wasser mischbar sammeln. Die entstandene stark verdünnte Natronlauge verwerfen.

Quelle: (4) (8) (12)

Reaktionen der 7. Hauptgruppe - Salzbildung (Chemische Reaktion – Metalle / Nichtmetalle)

Reaktionen, die Salze zum Produkt haben, können vielfältig sein. Salze können u.a. als Produkt einer Neutralisationsreaktion einer Säure und einer Base oder als Produkt einer Reaktion eines Metalls oder eines Metalloxids mit einer Säure entstehen. Die folgenden Experimente zeigen die Salzbildung aus den Elementen, als Reaktion zwischen einem Metall und einem Nichtmetall. Dabei bilden sich die für die Salzbildung notwendigen Kationen und Anionen in einer Redoxreaktion. Diese Experimente können im Unterricht z.B. im Anschluss an das Bohr'sche Atommodell oder für den Aufbau von Salzen eingesetzt werden. Hieran lässt sich gut die Bildung der Ionen durch Elektronenübertragung thematisieren. Es besteht jedoch die Gefahr, dass Schülerinnen und Schüler die Salzbildung mit einer Redoxreaktion gleichsetzen, obwohl sich Mineralien und Salze in der Natur nicht aus den Elementen bilden, sondern durch Lösen und Umkristallisieren neu bilden.

Hinweise zum Umgang mit Brom:

Von Brom gehen akute, wie auch chronische Gesundheitsgefahren aus. Es ist ein starker Reiz- und Ätzstoff für Haut, Augen und Schleimhäute. Der Hauptaufnahmeweg von Brom erfolgt über den Atemtrakt, aber auch der direkte Kontakt mit flüssigem Brom ist möglich. Beides muss durch entsprechende Schutzmaßnahmen verhindert werden (siehe unten.) Das Einatmen von Bromdämpfen führt zu Verätzungen der Atemwege. Flüssiges Brom verursacht auf der Haut schmerzhaftes Nekrosen und bei längerer Einwirkung schlecht heilende Geschwüre.

Brom ist eine rotbraune Flüssigkeit mit erstaunlich hoher Dichte ($3,1 \text{ g/cm}^3$) und zudem leicht flüchtig. An Schulen dürfen nur Gebinde bis zu 125 ml aufbewahrt werden. Die Aufbewahrung muss zudem in geeigneten gut abgesaugten Schränken erfolgen.

Beim Umgang mit Brom müssen folgende Schutzmaßnahmen unbedingt beachtet werden:

1. Bromdämpfe nicht einatmen!
Das Arbeiten mit Brom sollte immer in geschlossenen Apparaturen bzw. im Abzug erfolgen.
2. Direkten Kontakt mit flüssigem Brom vermeiden!
Es müssen immer Schutzkleidung (Schutzkittel und Brille) und geeignete Schutzhandschuhe beim Arbeiten mit Brom getragen werden.
3. Lösungen zur Ersten Hilfe und Entsorgung müssen bereitstehen!
Neben der üblichen Erste Hilfe Ausstattung muss bei Arbeiten mit Brom immer eine ausreichende Menge einer 10%igen Natriumhydrogencarbonatlösung (etwa 1 L) bereit stehen.
Zur Entsorgung von überschüssigem Brom muss eine etwa 10%ige Natriumthiosulfat-Lösung bereitstehen.

Umzusetzende Maßnahmen bei Unfällen mit Brom:

1. Nach dem Einatmen größerer Mengen an Bromdämpfen sollte der Betroffene nach Möglichkeit mit Frischluftzufuhr versorgt werden und einen Arzt aufsuchen.
2. Nach Hautkontakt gründlich mit Wasser spülen. Sobald verfügbar mit 10%iger Natriumhydrogencarbonatlösung spülen. Anschließend weiter mit Wasser spülen mindestens 10 bis 20 Minuten lang. Arzt aufsuchen.
3. Sollte es zu einem unkontrollierten Austritt von Brom kommen, ist das Brom sofort mit einer Natriumthiosulfat-Lösung umzusetzen. Ebenso wird mit überschüssigem, bei der Reaktion nicht umgesetztem Brom verfahren.

Quelle: (8) (9)

Reaktion von Aluminium mit Brom



Geräte:

Reagenzglas (Duran, 16 mm), kleines Becherglas (ca. 25 ml) zum Abdecken, Stativmaterial, gut ziehende Pipette, Abdampfschale

								
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

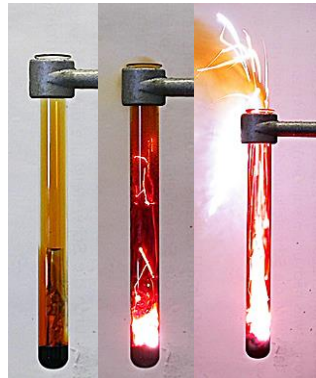
Chemikalien:

Aluminium-Folie, Brom [GHS06; GHS05;GHS09]

Bei der Reaktion besteht Spritzgefahr, es muss hinter einer Schutzscheibe gearbeitet werden. Spritzgefahr besteht auch bei der Entsorgung, da sich das Reaktionsprodukt stark exotherm in Wasser löst.

Durchführung:

- Das Reagenzglas am Stativ senkrecht mit der Öffnung nach oben fixieren. Darunter eine Abdampfschale stellen.
- Etwa 1 ml Brom in das Reagenzglas einfüllen.
- Mit Hilfe einer Pinzette eine Portion (etwa 10 x 5 cm) leicht gefaltete Aluminiumfolie zu dem Brom geben.
- Das Reagenzglas kann mit einem kleinen Becherglas abgedeckt werden, um Spritzer aufzufangen.
- Die Reaktion startet mit kurzer Zeitverzögerung.



Entsorgung:

Reste vorsichtig mit Wasser aufnehmen. Achtung, dies ist eine stark exotherme Reaktion! Lösung im Behälter für wässrige Lösungen entsorgen.

Quelle: (7)

Reaktion von Bromwasser mit Magnesium- und Eisenpulver



Geräte:

2 Reagenzgläser (16 mm) mit passenden Stopfen, Spatel

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Bromwasser (ges.) [GHS05; GHS07], Eisenpulver [GHS02], Magnesiumpulver [GHS02], Silbernitratlösung (0,1 mol/l) [GHS05; GHS09], Wasser

Eine gesättigte Lösung von Brom in Wasser, auch Bromwasser genannt, hat einen Massenanteil von knapp 5 % Brom und ist tiefrot gefärbt. Von Bromwasser gehen ähnliche Gefährdungen, wie von elementarem Brom aus. Aufgrund der geringeren Konzentration allerdings in etwas abgeschwächter Form. Über einer gesättigten Bromlösung befinden sich ausreichend Bromdämpfe, die nicht eingeatmet werden dürfen. Daher müssen Arbeiten mit gesättigter Bromlösung im Abzug durchgeführt werden.

Für den Einsatz im Experiment ist die gesättigte Bromlösung nochmals mit Wasser zu verdünnen, bis sie eine gelbe Farbe einnimmt. Mit dieser verdünnten Lösung kann außerhalb des Abzuges gearbeitet werden.

Bei Kontakt mit Bromwasser sind die betroffenen Stellen gründlich mit Wasser zu spülen.

Durchführung:

- Reagenzgläser 3 cm hoch mit Bromwasser füllen. (Das Bromwasser darf nur gelb gefärbt sein und muss daher gegebenenfalls mit Wasser verdünnt werden!)
- Jeweils 1 Spatelspitze Eisen- bzw. Magnesiumpulver zu dem Bromwasser geben.
- Reagenzgläser mit Stopfen verschließen und schütteln.
- Feststoff absetzen lassen und die Farbe der Lösung betrachten.
- Die Lösung abdekantieren und mit Silbernitratlösung versetzen.
- Beobachten.

Entsorgung:

Reste im Behälter für Schwermetallsalz-Lösungen sammeln.

Quelle: (14)

Hinweise zu Chlor:

Chlor darf in Schulen aufgrund seiner Giftigkeit nicht in Druckgasflaschen aufbewahrt werden. Um die Reaktionen dieses besonders reaktiven Elementes in der Schule demonstrieren zu können, muss es in geringen Mengen hergestellt werden. Dabei sollten die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen, die sich aus den Eigenschaften des Gases ergeben, immer ergriffen werden.

Bei Normalbedingungen ist Chlor ein gelbgrünes Gas mit stechendem Geruch, das etwa zweieinhalb Mal so schwer ist wie Luft. Es zählt zu den reaktionsfähigsten Elementen und wirkt stark oxidierend. Chlor löst sich in Wasser. Bei 20°C lösen sich 7,3 g/l, was in etwa einer Konzentration von 0,1 mol/l entspricht. Eine solche wässrige Lösung bezeichnet man als Chlorwasser.

Die Hauptaufnahme von Chlor erfolgt über den Atemtrakt. Der charakteristische stechende Geruch von Chlorgas ist selbst in starken Verdünnungen (0,02 bis 1 ppm) noch gut wahrnehmbar. Bei Kontakt mit Chlorgas kann es zu Reizungen in den Augen und dem Atemtrakt kommen. Die Aufnahme größerer Mengen (Konzentrationen von 5 bis 15 ppm) können zur Bildung eines Lungenödems führen. Mit Chlor darf daher nur in geschlossenen Apparaturen oder im Abzug gearbeitet werden. Sollte es zur Aufnahme größerer Mengen Chlor kommen muss dem Betroffenen ausreichend Frischluft zugeführt werden und ein Arzt hinzugezogen werden.

Chlor reagiert mit Natronlauge oder Kalkmilch exotherm zu Hypochloriten, Chloriden und Chloraten. Diese Eigenschaft kann zur Entsorgung von überschüssigem Chlorgas herangezogen werden, indem man es beispielsweise durch gesättigte Calciumhydroxidlösung leitet.

Quelle: (13) (8) (9)

Herstellen von Chlor



Geräte:

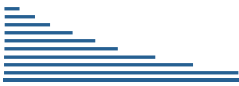
Reagenzglas mit seitlichem Ansatz (30 mm) und passendem Lochstopfen, Tropftrichter, Stativmaterial, Schlauchverbindungsstücke, ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr mit langem Schenkel, Pappdeckel (Bierdeckel), Holzbrett, Satz Stopfenbohrer, 2 Standzylinder (40 x 200 mm) mit passenden Abdeckplatten, Standzylinder (60 x 250 mm) mit passender Abdeckplatte, Aktivkohleadsorptionsrohr, Pipette oder kleines Becherglas, Spatellöffel, Glasstab

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Kaliumpermanganat [GHS03; GHS05; GHS07; GHS09], konz. Salzsäure [GHS05; GHS07], Natriumhydroxidlösung (10%)[GHS05], Sand, Universalindikatorpapier, Leitungswasser

Die Herstellung von Chlor muss im Abzug erfolgen. Überschüssiges Chlor in einem Aktivkohlerohr adsorbieren. Nach dem Abfüllen, der für die Experimente erforderlichen Menge Chlor, ist die Gasentwicklung unmittelbar zu stoppen.

**Durchführung:**

- Behelfsgasentwickler aufbauen.
- An das Ansatzrohr des Reagenzglases ein Winkelrohr so anschließen, dass der lange Schenkel bis fast auf den Boden der zu füllenden Standzylinder reicht.
- In die Mitte einer Pappscheibe (Bierdeckel) mit dem Korkbohrer ein ausreichend großes Loch bohren.
- Den Bierdeckel so auf das Gasableitungsrohr schieben, dass die zu füllenden Standzylinder gut mit dem Bierdeckel abgedeckt werden können.
- Standzylinder mit den passenden Abdeckplatten bereitstellen.
- Den Boden der Standzylinder etwa einen halben Zentimeter hoch mit Sand bedecken.
- Den Gasentwickler füllen:
In das Reagenzglas mit seitlichem Ansatz etwa 2 cm hoch Kaliumpermanganat geben und in den Tropftrichter darüber Salzsäure einfüllen.
- Chlorgas Entwicklung durch langsames Zutropfen der Salzsäure starten.
- Die Standzylinder mit Chlor füllen, beim Abfüllen den Standzylinder mit dem Bierdeckel abdecken, anschließend mit einer Abdeckplatte verschließen.
- Sind alle Standzylinder gefüllt, kann anschließend ggf. Chlorwasser hergestellt werden. (Siehe „Herstellen von Chlorwasser“)
- Danach ist die Gasentwicklung durch Zugabe von Natronlauge in den Gasentwickler zu stoppen. Der pH-Wert der Lösung im Gasentwickler muss > 7 sein.

Entsorgung:

Die Lösung aus dem Gasentwickler in dem Behälter für alkalische anorganische Abfälle sammeln.

Quelle: (7)

Reaktion von Chlor mit Eisenwolle



Geräte:

Standzylinder (60 x 250 mm) mit Abdeckplatte, Tiegelzange

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Chlor [GHS06; GHS03; GHS09], Eisenwolle

Durchführung:

- Den mit Chlorgas gefüllten Standzylinder bereitstellen.
- Eine Portion Eisenwolle (etwa die Größe eines Hühneris) mit Hilfe der Tiegelzange innerhalb einer schwach rauschenden Brennerflamme leicht zum Glühen bringen und anschließend zügig in den Standzylinder fallen lassen.
- Den Standzylinder sofort wieder mit der Abdeckplatte verschließen.
- Beobachten.

Entsorgung:

Den Inhalt des Standzylinders in einem Becherglas sammeln. Anschließend mit Wasser aufnehmen und gut waschen. Die Lösung abdekantieren und im Behälter für Schwermetallsalzlösungen sammeln. Sand im Hausmüll entsorgen oder für Sandbäder verwenden.








Quelle: (7)

Reaktion von Chlor mit Natrium



Geräte:

Reagenzglas (16 mm; Boro 5.6), passender Einlochstopfen mit Glasrohr, Standzylinder (40 x 200) mit Abdeckplatte, Gummihandgebläse, Reagenzglashalter, Messer, Pinzette, Filterpapier, Becherglas (250 ml), Brenner

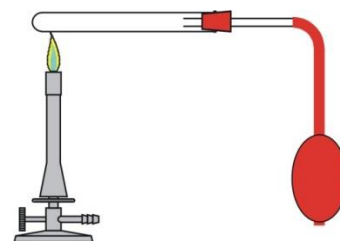
								
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Chlor [GHS06; GHS03; GHS09], Natrium [GHS02; GHS05], Ethanol [GHS02; GHS07]

Durchführung:

- Ein Reagenzglas (16 mm; Boro 5.6) für die Reaktion mit einem Loch im unteren Bereich präparieren. Dazu ein Gummihandgebläse mit Hilfe eines Lochstopfens an das Reagenzglas montieren. Den unteren Bereich des Reagenzglases in der rauschenden Brennerflamme punktförmig erhitzen. Wenn das Glas weich wird mit dem Gummihandgebläse einen Überdruck erzeugen, bis das Reagenzglas an der erweichten Stelle platzt. Achtung, hierbei wird häufig die Brennerflamme ausgeblasen, daher muss der Gashahn des Brenners sofort geschlossen werden.
- In das präparierte Reagenzglas ein erbsengroßes, entrindetes Stück Natrium geben. (Siehe auch „Reaktion von Natrium mit Wasser“, S. 28/29).
- Das Reagenzglas an der Öffnung mit einer Reagenzglasklammer fassen und das Natrium in einer schwach rauschenden Brennerflamme erhitzen bis es leicht anfängt zu glühen. Anschließend das Reagenzglas zügig in den mit Chlor gefüllten Standzylinder, mit Hilfe der Reagenzglasklammer einhängen.
- Beobachten.



Entsorgung:

Natriumreste und alle mit Natrium in Berührung gekommenen Geräte Ethanol geben. Nach abgeschlossener Reaktion die Ethanollösung im Abfall für organische Lösungen mit Wasser mischbar sammeln.

Vorsicht, Natrium wird bei der Reaktion häufig nicht komplett umgesetzt, weil es von dem entstandenen Salz bedeckt wird. Dieses Natrium kann nicht mit Ethanol abreagieren, da es von der Salzkruste abgeschirmt wird. Erst durch die Zugabe von Wasser wird das Salz aufgelöst und das Natrium reagiert. Diese Reaktion kann unter Umständen explosionsartig verlaufen. Daher sollte die Zugabe von Wasser hinter einer Schutzscheibe erfolgen.

Die bei der Reaktion verwendeten Reagenzgläser in einem Becherglas (1000 ml) sammeln. In das Becherglas so hoch Ethanol geben, bis es durch die Löcher auf das Reaktionsprodukt fließt. Abwarten bis die Reaktion abgeschlossen ist. Anschließend mit Wasser auffüllen und mehrere Stunden stehen lassen. Danach die Lösung und Reagenzgläser entsorgen.










Quelle: (12)

Vergleich des Redoxpotentials innerhalb der 7. Hauptgruppe



Geräte:

6 Reagenzgläser (16 mm) im Reagenzglasständer mit passendem Vollstopfen, Messzylinder (10 ml), evtl. Pipette

								
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Kaliumchloridlösung (0,1 mol/l), Kaliumbromidlösung (0,1 mol/l), Kaliumiodidlösung (0,1 mol/l), Chlorwasser [GHS06; GHS03; GHS09], Bromwasser [GHS05; GHS07], Pentan [GHS02; GHS08; GHS07; GHS09]

Durchführung:

- In jeweils ein Reagenzglas etwa 3 ml Kaliumchloridlösung, 3 ml Kaliumbromidlösung und 3 ml Kaliumiodidlösung füllen.
- Zu den Lösungen jeweils etwa 2 ml Chlorwasser geben.
- Reagenzgläser mit einem Vollstopfen verschließen und kräftig schütteln.
- Die Lösungen mit etwa 2 ml Octan-Fraktion oder Pentan überschichtet und erneut schütteln.
- Phasentrennung abwarten und beobachten.
- Den Versuch wiederholen, nur diesmal anstelle von Chlorwasser Bromwasser zugeben. Das Bromwasser muss ggf. mit Wasser verdünnt werden; Siehe S.32 .

Entsorgung:

Lösungen mit Natriumthiosulfat versetzen, um vorhandene Halogene zu reduzieren. Anschließend die organische Phase abtrennen und im Behälter für organische Lösungsmittel sammeln, wässrige Phase im Behälter für wässrige Lösungen sammeln.

Quelle: (4) (16)

Herstellen von Chlorwasser



Geräte:

Chlorgasentwickler, Gaseinleitungsrohr, Erlenmeyerkolben (250 ml), Braunglasflasche (250 ml)

								
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Chlor [GHS06; GHS03; GHS09], Wasser

Die Herstellung von Chlorwasser muss im Abzug erfolgen.

Durchführung:

- Den Erlenmeyerkolben mit etwa 200 ml Wasser füllen.
- An den Chlorgasentwickler das Gaseinleitungsrohr montieren und die Gasentwicklung starten.
- Das Gaseinleitungsrohr in den mit Wasser gefüllten Erlenmeyerkolben eintauchen und Chlorgas einleiten.
- Wenn das Wasser eine schwach grünliche Färbung angenommen an, das Gaseinleiten stoppen.
- Die Gasentwicklung im Chlorgasentwickler stoppen (Siehe „Herstellen von Chlor“, S. 33/34).
- Das Chlorwasser in die Braungasflasche füllen.

Entsorgung:

Siehe „Herstellen von Chlor“ (S. 33/34).

Quelle: (11)

Herstellen von Bromwasser aus Brom – Variante I



Geräte:

Erlenmeyerkolben (400ml), Braunglasflasche (250 ml) mit Stopfen

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Brom [GHS06; GHS03; GHS09], Wasser

Die Herstellung von Bromwasser muss im Abzug erfolgen. Die Lösung ist lichtempfindlich, so dass die Lösung in braunen Flaschen aufbewahrt werden muss

Durchführung:

- Den Erlenmeyerkolben mit etwa 200 ml Wasser füllen.
- Bromdampf aus einer Flasche mit elementarem (flüssigen) Brom in den Erlenmeyerkolben fließen lassen und umschütteln.
- Zur Erhöhung der Konzentration den Vorgang mehrmals wiederholen (nach dreimaligem Wiederholen wird eine Konzentration von 0,1 mol /L erreicht).

Entsorgung:

Zur Entsorgung von überschüssigem Brom muss eine etwa 10%ige Natriumthiosulfat-Lösung bereitstehen.

Quelle: (11) (17)

Herstellen von Bromwasser aus Bromat-Bromid-Lösung – Variante II



Geräte:

1L Messkolben, Vorratsflasche (1L), Braunglasflasche (250 ml) mit Stopfen

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Natriumbromat [GHS03; GHS07], Natriumbromid, konzentrierte Schwefelsäure [GHS05], Wasser

Durchführung:

- Herstellen der Lösung:
2,5 g Natriumbromat und 25 g Natriumbromid werden in einem 1-L-Messkolben mit destilliertem Wasser versetzt. Lösung in eine Vorratsflasche umfüllen. (Die Lösung ist haltbar)
- Herstellen von Bromwasser:
In einer Braunglasflasche 5 ml der Bromat-Bromid-Lösung mit 2 Tropfen konz. Schwefelsäure versetzen. 10 min warten.

Entsorgung:

s. oben

Quelle: (18) (19)

Salze

Den Schülerinnen und Schülern fällt beim Thema Salze immer das typische Kochsalz ein. Die Vielfalt der Salze, ihr Vorkommen und ihre Zusammensetzung, als auch die möglichen Reaktionen und Eigenschaften sind jedoch vielfältig. Die folgenden Versuche zeigen eine Reihe an Versuchen, mit denen sich Alltagsthemen behandeln lassen, wie z.B. Nitratbelastung durch Düngemittel oder die chemische Grundlage für Wärme- oder Kühlkissen. Hierbei lässt sich gut zeigen, dass beim Lösen von Salzen zwei Vorgänge beteiligt sind. Zum einen muss das Salzgitter aufgelöst werden. Dazu muss die elektrostatische Anziehung zwischen den Anionen und Kationen überwunden werden. Das benötigt Energie (Gitterenergie). Zum anderen lagern sich Wassermoleküle beim Lösevorgang um die Anionen und Kationen an. Bei diesem Vorgang wird Energie frei (Hydratationsenergie). Das Zusammenspiel beider Größen bestimmt die Enthalpie des Lösens und Kristallisierens. Eine Natriumacetat-Trihydrat Lösung ist damit ein Latentwärmespeicher, bei dem die Kristallisationswärme durch einen „Anstoß“ oder einen Impfkristall frei wird.

Die Bildung von Ammoniumchlorid aus Chlorwasserstoff und Ammoniak zeigt den Zusammenhang zwischen einer Säure-Base Reaktion und der Salzbildung. Das Phänomen ist chemisch komplex, eignet sich aber gut im Chemieunterricht um Teilchengrößen zu thematisieren.

Nachweis von Ammonium- und Nitrat-Ionen in Düngemitteln



Geräte:

3 Uhrgläser, Reagenzglas

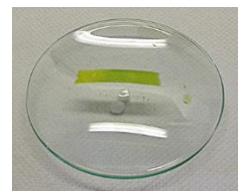
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Natriumhydroxid-Plättchen [GHS05], Test-Set zum Nitrat-Nachweis (z.B. Nitrat-Teststäbchen), Universalindikatorpapier, Flüssigdünger

Durchführung:

- Von dem Flüssigdünger eine Probe auf ein Uhrglas geben.
- Zu der Probe 2 Plättchen Natriumhydroxid geben und das Uhrglas mit einem weiteren Uhrglas abdecken, auf dessen Innenseite ein angefeuchteter Streifen Indikatorpapier angeheftet ist.
- Den Indikatorpapierstreifen betrachten und eventuell das Uhrglas abheben und eine Geruchsprobe durchführen.
- In einem Reagenzglas den Flüssigdünger mit Wasser etwa 1:10 verdünnen.
- Von der verdünnten Lösung etwas auf ein Uhrglas geben und die Probe mit einem Teststreifen auf den Nitrat-Gehalt prüfen. Dabei nach der Anleitung des Test-Sets verfahren.



Entsorgung:

Lösungsreste im Behälter für wässrige Lösungen sammeln. Den Entsorgungsratschlägen des Test-Sets folgen.

Thermisches Zersetzen von Ammoniumnitrat



Geräte:

Reagenzglas, Spatellöffel, Stativmaterial

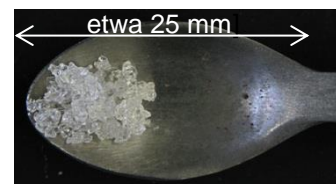
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Ammoniumnitrat [GHS03; GHS07]

Durchführung:

- In ein senkrecht eingespanntes Reagenzglas eine Löffelspatelspitze Ammoniumnitrat geben (siehe Abbildung rechts).
- Das Ammoniumnitrat mit dem Brenner stark erhitzen.
- Beobachten.
- Reagenzglasinhalt und Reagenzglaswand betrachten.



Entsorgung:

Die Reste mit Wasser aufnehmen und im Behälter für wässrige Lösungen sammeln.

Quelle: (11)

Schmelz- und Kristallisationswärme von Natriumthiosulfat



Geräte:

2 Reagenzgläser (16 x 125 mm), 2 Bechergläser (400 ml), Stativmaterial, Dreifuß mit Keramikdrahtnetz, Gasbrenner (oder Wasserkocher), Pinzette, Spatellöffel, Korkunterlagen

Geräte für die Messwerterfassung:

Tablet mit Measure App, Wireless Link 2, Temperatur Sensor Unit, 2 Temperaturfühler

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Natriumthiosulfat, Wasser

Durchführung:

- Vorbereitungen für die Messung mit Cobra 4 treffen (siehe Anhang Skript Didaktik 1).

- Ein Reagenzglas etwa 4 cm hoch mit Natriumthiosulfat und das zweite Reagenzglas etwa 4 cm hoch mit Wasser füllen. Die Füllhöhe sollte in beiden Reagenzgläsern gleich hoch sein.
- Die beiden Reagenzgläser auf gleicher Höhe an einem Stativ fixieren.
- Die Temperaturfühler so fixieren, dass sie in das Natriumthiosulfat bzw. in das Wasser eintauchen.
- In einem Becherglas (oder Wasserkocher) etwa 300 ml Wasser zum Sieden erhitzen.
- In dem anderen Becherglas 300 ml Wasser mit Zimmertemperatur bereitstellen.
- Messung starten.
- Beide Reagenzgläser in das heiße Wasser eintauchen und beobachten.
- Wenn sich die Temperaturen in beiden Reagenzgläsern angleichen (etwa bei 80 - 85 °C), das Becherglas mit dem heißen Wasser entfernen und durch das Becherglas mit dem kalten Wasser ersetzen.
- Bei einer Temperatur von etwa 30 °C in dem Reagenzglas mit Natriumthiosulfat einen Impfkristall zugeben.
- Die Messung stoppen, wenn die Temperatur in dem Natriumthiosulfat-Reagenzglas wieder ein Maximum durchlaufen hat.

Entsorgung:

Natriumthiosulfat in Wasser lösen und im Behälter für wässrige Lösungen sammeln.

Quelle: (17) (18)

Kristallisationswärme von Natriumacetat; Variante Eisberg



Geräte:

Erlenmeyerkolben (250 ml, Weithals), Uhrglas zum Abdecken, Spatellöffel, Petrischale (Ø 15 cm), Messzylinder 25 ml, Schale für Eisbad, Dreifuß mit Keramikdrahtnetz, Tesafilm

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Natriumacetat-Trihydrat

Durchführung:

- Vorbereitungen für die Messung mit Cobra 4 treffen (siehe Anhang Skript Didaktik 1).
- 100 g Natriumacetat in den Erlenmeyerkolben einwiegen und mit ca. 12 ml Wasser versetzen.
- Den Inhalt des Erlenmeyerkolbens auf dem Keramikdrahtnetz mit der Brennerflamme erhitzen. Den Erlenmeyerkolben dabei immer wieder anheben und umschwenken, damit es nicht zu lokalen Überhitzungen kommen kann.
- Wenn sich eine klare, farblose Schmelze gebildet hat, den Erlenmeyerkolben mit einem Uhrglas abdecken und mit seinem Inhalt abkühlen lassen.
- In der Zwischenzeit kann ein flexibler Temperaturfühler mittels eines Streifens Tesafilm in der Mitte auf der Außenseite einer Petrischalenhälfte montiert werden. Der Fühler wird um 90° gebogen, so dass er etwa 2-3 cm senkrecht nach oben steht.

- Die mittlerweile etwas abgekühlte Schmelze kann in einem kalten Wasserbad noch weiter auf Raumtemperatur abgekühlt werden.
- Messung starten.
- Die auf Raumtemperatur abgekühlte Schmelze über den nach oben abgeknickten Temperaturfühler langsam ausgießen und beobachten.
- Wenn der Erlenmeyerkolben leer ist, die Messung stoppen.

Entsorgung:

Das erstarrte Natriumacetat kann in den Erlenmeyerkolben zurückgegeben werden, wo es mit einem Spritzer Wasser (1-2 ml) versetzt erneut eingeschmolzen werden kann, um es erneut auszugießen.

Festes Natriumacetat im Behälter für Reaktionsrückstände sammeln.

Reaktion von Ammoniak mit Hydrogenchlorid



Geräte:

Becherglas (400 ml), 2 Bechergläser (25 ml), schwarze Unterlage, Spatel, 2 Uhrgläser, Reagenzglas

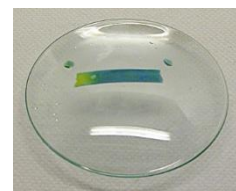
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

konz. Salzsäure [GHS05; GHS07], konz. Ammoniaklösung [GHS05; GHS07; GHS09], Natriumhydroxid-Plättchen [GHS05], Silbernitratlösung (0,1 M) [GHS05; GHS09], Universalindikatorpapier

Durchführung:

- In das eine Becherglas (25 ml) eine Portion Salzsäure geben und in das andere eine Portion Ammoniaklösung geben. Die Portionen nicht direkt nebeneinander abfüllen.
- Die beiden Bechergläser auf die schwarze Unterlage stellen und das Becherglas (400 ml) darüber stülpen.
- Betrachten und beobachten.
- Von dem Reaktionsprodukt etwas von der schwarzen Unterlage abkratzen. Einen Teil davon auf ein Uhrglas geben und einen weiteren Teil in ein Reagenzglas geben.
- Beide Proben mit etwas Wasser versetzen.
- Zu der Probe auf dem Uhrglas 2 Plättchen Natriumhydroxid geben und das Uhrglas mit einem weiteren Uhrglas abdecken, auf dessen Innenseite ein angefeuchteter Streifen Indikatorpapier angeheftet ist.
- Den Indikatorpapierstreifen betrachten und eventuell das Uhrglas abheben und eine Geruchsprobe durchführen.
- Zu der Probe in dem Reagenzglas etwas Silbernitratlösung geben und beobachten.



Entsorgung:

Ammoniumchlorid-Reste mit Wasser aufnehmen und verwerfen. Silberabfälle im Behälter für Schwermetallsalzlösungen sammeln, alkalische Lösung im Behälter für anorganische Laugen sammeln.

Vergleich der Wanderungsgeschwindigkeiten von Ammoniak und Hydrogenchlorid



Geräte:

Glasrohr (etwa 30 cm lang), 2 Vollstopfen mit 2 Stecknadeln, Watte, 2 Uhrgläser, 2 Pipetten, schwarzer Hintergrund

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

konz. Ammoniak-Lösung [GHS05; GHS07; GHS09], konz. Salzsäure [GHS05; GHS07]

Durchführung:

- Wattebäusche mit Stecknadeln an den Stopfen befestigen.
- Die Uhrgläser mindestens 1 m weit auseinander stellen und je einen montierten Wattebausch auflegen.
- Einen Wattebausch mit Ammoniak-Lösung, den anderen mit Salzsäure benetzen.
- Stopfen gleichzeitig in je ein Ende des Glasrohres stecken.
- Glasrohr auf dunklen Hintergrund legen und beobachten.
- Betrachten und erklären.

Entsorgung:

Gebrauchte Wattebäusche mit Wasser gründlich auswaschen. Küchensieb verwenden! Reste anschließend verwerfen.

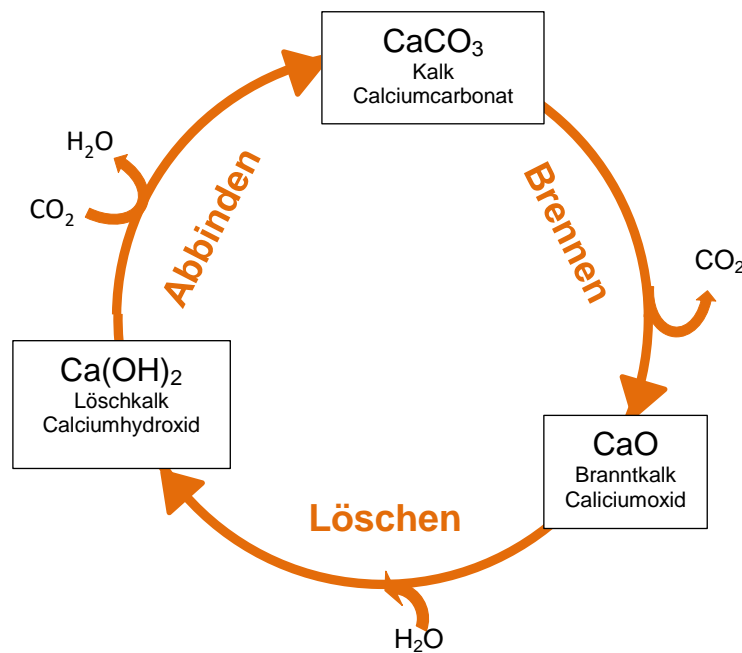
Quelle:(4)

Modellexperimente I

Häufig greifen wir im Chemieunterricht auf Modellexperimente zurück, wenn die Originale aufgrund der Zugänglichkeit, der Komplexität, der Gefährlichkeit oder aus Kostengründen nicht im Unterricht einzusetzen sind. Modellexperimente kann man folgenden Inhaltsfeldern zuordnen: den Stoff-Struktur-Eigenschaften, den großtechnischen Prozessen und Technologien (z.B. Funktionsweise einer Li-Luft-Batterie, der Arbeitssicherheit, z. B. Demonstration eine Mehlstaubexplosion, komplexen fächerübergreifenden Themen, z. B. Düngen) sowie den Fachmethoden, z .B. Nutzen von Teststäbchen in der Aquaristik. Wenn Modellexperimente im Unterricht wirksam eingesetzt werden und Lernprozesse fördern sollen, müssen die Schülerinnen und Schüler verschiedene Denkleistungen erbringen. Bei diesem Prozess ist das „analogical mapping“, der systematische Vergleich zwischen dem Modell und dem Original entscheidend für einen erfolgreichen Erkenntnisprozess. Dabei gilt es zu vergleichen welche Merkmale eines Originals durch Merkmal des Modells dargestellt werden.

Quelle: (3)

Der technische Kalkkreislauf



Modellexperiment zum Kalkkreislauf



Kalkbrennen und Kalklöschen

Geräte:

Tiegelzange, Uhrglas, 2 Reagenzgläser (16 mm) im Reagenzglasständer, Brenner

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

2 Marmorstücke, Phenolphthalein-Lösung [GHS08] Marmorstücke (sie müssen ins Reagenzglas passen!) herausuchen und betrachten.

Durchführung:

- Ein Marmorstückchen auf ein Uhrglas legen.
- Das andere Marmorstückchen in die Tiegelzange nehmen und in der rauschenden Brennerflamme ca. 1-2 Minuten gut durchglühen.
- Das gut abgekühlte Stückchen Marmor betrachten, mit dem Marmorstückchen auf dem Uhrglas vergleichen und beschreiben.
- Ein Reagenzglas nahezu vollständig mit Wasser füllen und etwa 7 Tropfen Phenolphthalein-Lösung zugeben.
- Die Lösung durch mehrmaliges Umgießen in ein weiteres Reagenzglas gut durchmischen und schließlich gleichmäßig auf beide Reagenzgläser verteilen.
- Das gebrannte und das ungebrannte Marmorstückchen in jeweils eines dieser Lösungsansätze geben und beobachten

Entsorgung: Reste verwerfen.

Quelle: (6)

Herstellen von Kalkmörtel

Geräte: Porzellanschale, Spatellöffel, 1 Blatt Papier

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Sand, Calciumoxid [GHS05; GHS07], Wasser

Bei der Zugabe von Wasser zu Calciumoxid („Löschen von Branntkalk“) kann sich das Gemisch stark erhitzen und spritzen.

Durchführung:

- 3 Raumteile Calciumoxid mit 1 Raumteil Sand in der Porzellanschale vermischen.
- Tropfenweise Wasser zu dem Gemisch geben und mit dem Spatellöffel verrühren, bis sich eine formbare Masse bildet.
- Den Kalkmörtel auf ein Blatt Papier geben und über Nacht aushärten lassen.

Entsorgung:

Kalkmörtel für spätere Versuche aufbewahren, z. B. für den Versuch „Wirkung von saurem Regen auf Bauwerke“.

Wirkung von saurem Regen auf Bauwerke


Geräte:

je Baustoffprobe 1 Uhrglasschälchen, Pipette

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Proben verschiedener Baustoffe (z. B. Marmor, Kalkstein, Kalkmörtel), 5 M Schwefelsäure [GHS05]

Vorbereitende Arbeiten:

Prüfstücke aus Kalkmörtel herstellen. Dazu etwa 3 Raumteile Calciumoxid (= Branntkalk) mit 1 Raumteil Sand vermengen. Tropfenweise Wasser zugeben, bis eine modellierfähige Masse entsteht. Daraus Prüfstücke formen, aushärten lassen und aufbewahren.

Durchführung:

- Die zu testenden Proben von Baustoffen (Marmor-, Kalkstein-, Mörtelstücke usw.) auf je ein Uhrglas bringen.
- Auf jede Probe 1 Pipette (= ca. 2 ml) Schwefelsäure („Saurer Regen“) geben.
- Gasentwicklung und Konsistenz der Baustoffe prüfen.
- Evtl. die eingesetzte Schwefelsäure mittels Unitestpapier als Säure identifizieren.

Hinweis:

Durch „Saurer Regen“ werden Baustoffe wie Marmor, Kalkstein, Mörtel usw. zersetzt. Es lässt sich für diesen Versuch auch eine verdünntere Schwefelsäure einsetzen. Aufgrund der geringeren Konzentration zeigen sich dann nur in einem Langzeitexperiment brauchbare Ergebnisse. Als Argument für den Einsatz einer hochkonzentrierten Säure bei diesem Versuch sollte die Notwendigkeit der Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit unter Laborbedingungen herangezogen werden.

Entsorgung:

Baustoffproben über Sieb mit Wasser waschen. Lösungsreste in den Behälter für wässrige Lösungen sammeln. Die gewaschenen Baustoffproben mit dem Hausmüll entsorgen.

Quelle: (21)

Modellexperiment „Saurer Regen“



I. Variante mit Indikatorlösung

Geräte:

Erlenmeyerkolben mit passendem Stopfen und daran montiertem Verbrennungslöffel, Spatellöffel

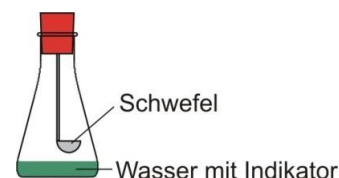
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Schwefel [GHS07], Universalindikator, Wasser

Durchführung:

- Den Erlenmeyerkolben etwa 1 cm hoch mit Leitungswasser füllen. (Der Verbrennungslöffel darf anschließend nicht in das Wassereintauchen.)
- Wasser mit Universalindikator versetzen. (Das Wasser muss eine deutliche Grünfärbung haben.)
- Verbrennungslöffel mit Schwefel füllen und den Schwefel in der Brennerflamme entzünden.
- Den Verbrennungslöffel mit dem brennenden Schwefel in den Erlenmeyerkolben eintauchen und den Kolben gasdicht verschließen.
- Beobachten.
- Kolben für die Entsorgung erst wieder im Abzug öffnen



Entsorgung:

Den Schwefel im Verbrennungslöffel abkühlen und erstarren lassen. Anschließend den Erlenmeyerkolben im Abzug öffnen und ausgasen lassen. Lösung verwerfen. Den Verbrennungslöffel mit den festen Schwefelresten geordnet ablegen und wieder verwenden.

II. Variante mit Blütenblättern

Geräte:

Erlenmeyerkolben mit passendem Stopfen und daran montiertem Verbrennungslöffel, Spatellöffel

Chemikalien:

Schwefel [GHS07], rote Blütenblätter (am besten Blütenblätter roter Rosen)

Durchführung:

- Den Boden des Erlenmeyerkolbens mit Blütenblättern bedecken.
- Verbrennungslöffel mit Schwefel füllen und den Schwefel in der Brennerflamme entzünden.
- Den Verbrennungslöffel mit dem brennenden Schwefel in den Erlenmeyerkolben eintauchen und den Kolben gasdicht verschließen.
- Beobachten. Die Blütenblätter nach etwa 10 Minuten nochmals betrachten.

Entsorgung:

Schwefel im Verbrennungslöffel abkühlen lassen. Erlenmeyerkolben im Abzug öffnen und ausgasen lassen. Blütenblätter verwerfen. Verbrennungslöffel ablegen und wieder verwenden.

Quelle: (22)

Simulation der Metallionenmobilisierung (im Boden) durch „sauren Regen“



Geräte:

Trichter, Rundfilter, Filtriergestell, 2 Erlenmeyerkolben (100 ml), Becherglas (250 ml)

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Eisen(III)-chlorid-Lösung (5 %ig) [GHS05; GHS07], Gartenerde, Ammoniumthiocyanat-Lösung (0,1 M), Schwefelsäure (0,1 M) [GHS05]

Durchführung:

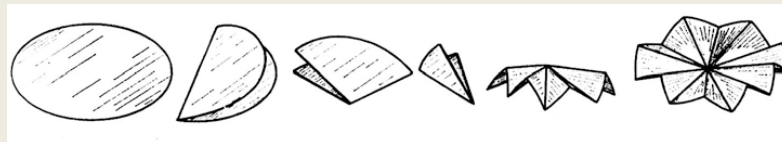
- Trichter mit Faltenfilter etwa zu $\frac{3}{4}$ mit Gartenerde füllen. Über die Erde Leitungswasser gießen (simuliert den Regen) und das Filtrat mit Ammoniumthiocyanat-Lösung prüfen.
- Die Erde mit etwa 1 ml Eisen(III)-chlorid-Lösung benetzen (simuliert das Düngen).
- Über die Erde erneut Leitungswasser gießen und das Filtrat mit Ammoniumthiocyanat-Lösung versetzen.
- Wenn der Nachweis „positiv“ ausfällt, ist die Erde überdüngt. In diesem Fall muss die Erde solange mit Leitungswasser gewaschen werden, bis die Nachweisreaktion mit Ammoniumthiocyanat-Lösung „negativ“ ist.
- Über die Erde Schwefelsäure gießen (simuliert den sauren Regen) und das Filtrat erneut mit Ammoniumthiocyanat-Lösung versetzen.

Methodische und fachliche Bemerkungen zum „Filtrieren“:

Zum Filtrieren werden Papierfilter in einen Trichter eingelegt. Es können glatte Rundfilter oder Faltenfilter eingesetzt werden. Beide lassen sich aus einem runden Filterpapier durch Falten herstellen.



Der glatte Rundfilter liegt an der Trichterwand vollständig an. Er ist etwas stabiler als der Faltenfilter, filtert allerdings etwas langsamer. Der Rundfilter wird vorwiegend eingesetzt, um den Filterkuchen zu gewinnen. Das Entnehmen aus dem Trichter und das Abkratzen des Filterkuchen ist so leichter.



Faltenfilter haben eine höhere Filtriergeschwindigkeit und eignen sich daher für größere Flüssigkeitsvolumen.

Unabhängig von der Filterart erreicht man eine höhere Filtriergeschwindigkeit wenn der Trichterstiel an der Wand des untergestellten Gefäßes anliegt. In dem Trichterstiel bildet sich beim Filtrieren eine Flüssigkeitssäule, die einen Sog und damit höhere Filtriergeschwindigkeiten bewirkt. Dieser Sog wird durch einen Flüssigkeitsfilm an der Wand des untergestellten Gefäßes noch verstärkt.

Entsorgung:

Lösungen im Behälter für wässrige Lösungen sammeln, Erde verwerfen.

Quelle: (25), (26)

Reaktion von Kohlendioxid mit Calciumhydroxidlösung



Geräte:

Becherglas (250 ml, hohe Form), Gaseinleitungsrohr, Stativmaterial, Cobra 4 Mobile Link, Sensor Unit Conductivity

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Calciumhydroxidlösung (ges.) [GHS05], Kohlendioxid [GHS04]

Durchführung:

- Sensor Unit Conductivity mit dem Mobile Link verbinden.
- Mobile Link anschalten.
- Im Menü Datenlogger folgende Einstellungen festlegen:
Messreihe: Messung alle 02 s
Einzelreihe: deaktivieren (preset)
X-Achse: X-Datensatz = Zeit (preset)
- Etwa 100 ml Calciumhydroxidlösung in das Becherglas geben.
- Das Gaseinleitungsrohr an den Druckminderer anschließen.
- Mobile Link für die Messung konfigurieren.
- Gaseinleitungsrohr und Leitfähigkeitsprüfer so fixieren, das sie in die Lösung eintauchen.
- Messung starten.
- Einleitung von Kohlendioxid starten. (Den Gasstrom so einregulieren, dass die aus dem Gaseinleitungsrohr entweichenden Gasblasen gerade noch sichtbar, aber nicht mehr zählbar sind.)
- Beobachten.
- Wenn wieder eine klare Lösung entstanden ist und die Leitfähigkeit konstant bleibt, die Messung stoppen.
- Gaseinleitungsrohr aus der Lösung entfernen und die Gaszufuhr abstellen.

Entsorgung:

Lösung im Behälter für wässrige Lösungen sammeln.










Quelle: (1)

Modellexperiment zum Treibhauseffekt



Geräte:

2 Bechergläser (400 ml hohe Form), 2 Messingscheiben (60 mm Durchmesser), Korkunterlagen oder Hehebühne, Lampe mit 100 Watt Birne, 2 Temperatureinstechfühler, Stativmaterial, Cobra 4 Mobile Link, Cobra 4 Sensor Unit 2x Temperature (oder Sensor Unit Chemistry)

								
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Kohlendioxid [GHS04],

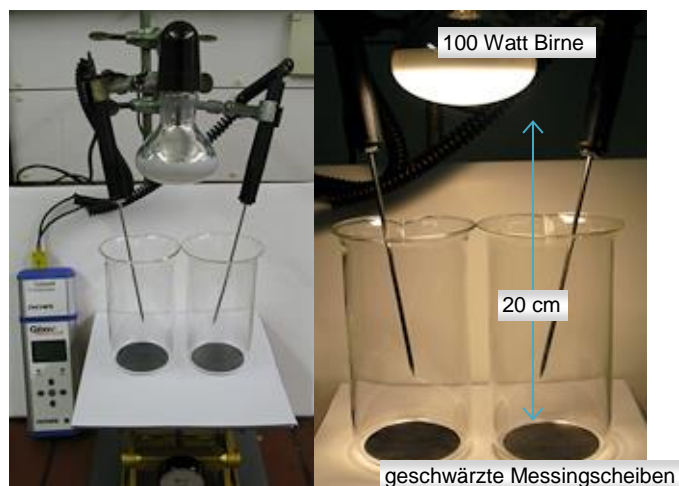
evtl. für Vorbereitung: Kaliumperoxodisulfat [GHS03; GHS08; GHS07], Natriumhydroxidlösung (10 %) [GHS05]

Vorbereitung zu dem Experiment:

Für das Experiment werden zwei geschwärzte Messingscheiben benötigt. Die Messingscheiben sollten einen Durchmesser von 60 mm und eine Dicke von 1 bis 2 mm haben. Zum Schwärzen legt man die Scheiben zwei Stunden in 250 ml einer 10 %igen Natriumhydroxidlösung, die etwa 2,5 g Kaliumperoxodisulfat ($K_2S_2O_8$) enthält.

Durchführung:

- Sensor Unit Chemistry (oder Sensor Unit 2x Temperatur) mit dem Mobile Link verbinden.
- Mobile Link anschalten.
- Im Menü Datenlogger folgende Einstellungen festlegen:
 Messreihe: Messung alle 500 ms
 Einzelreihe: deaktivieren (preset)
 X-Achse: X-Datensatz = Zeit (preset)
- In die beiden Bechergläser jeweils eine geschwärzte Messingscheibe auf den Boden legen.
- An einem Stativ die Temperatureinstechfühler und die Lampe gemäß der Abbildung fixieren.
- Die Bechergläser mit Hilfe der Korkunterlagen unter die Lampe stellen. Der Abstand der Lampe zum Boden der Bechergläser sollte 20 cm sein. Die Spitzen der Temperatureinstechfühler sollten einen Abstand von etwa 4 cm zum Becherglasboden haben.





- Mobile Link und Sensor Unit 2x Temperature verbinden und die Temperatureinstechfühler an den Sensor Unit anschließen.
- Eins der Bechergläser mit Kohlendioxid füllen.
- Messung starten.
- Lampe einschalten.
- Die Messung stoppen, wenn die Temperatur nicht mehr merklich ansteigt (etwa nach 4 Minuten) oder die Temperaturdifferenz zwischen beiden Messpunkten wieder kleiner wird.

Entsorgung:
Entfällt.

Quelle: (25)

Modellexperimente II

Experiment zum aluminothermischen Schweißen



Geräte:

Blumentopf aus Ton, Eisenschale, 2 Mörser mit Pistill, Pipette, Tiegelzange, 2 Stativringe, Blatt Papier, Hammer, Magnet

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Eisen(III)-oxid (rot), Aluminiumgrieß [GHS02],

für die Zünder-Variante 1: Aluminiumpulver [GHS02], Schwefel [GHS07], Kaliumpermanganat [GHS03; GHS05; GHS07; GHS09], Glycerin

für die Zünder-Variante 2: Bariumperoxid [GHS03;07], Magnesiumpulver, Magnesiumband, Brenner

Sicherheitshinweise:

Das Experiment verläuft sehr exotherm. Bei der Reaktion kommt es zu weitem Funkenflug, der Versuch darf daher nur im Freien durchgeführt werden.

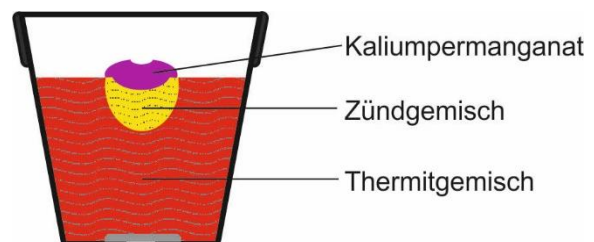
Die bei der Reaktion erreichten Temperaturen sind sehr hoch (Schmelzpunkt von Eisen: 1530 °C), es besteht Verbrennungsgefahr.

Für das Zündgemisch müssen Kaliumpermanganat und Schwefel in Pulverform vorliegen. Sollten die Stoffe zu grob sein müssen sie getrennt voneinander verrieben werden. Die beiden Stoffe dürfen auf keinen Fall zusammen in einer Reibschale verrieben werden, dabei besteht Explosionsgefahr.

Der verwendete Blumentopf darf nicht feucht sein. Feuchte Töpfe können bei der Reaktion explodieren. Gegebenenfalls muss der Topf vor der Reaktion im Trockenschrank getrocknet werden.

Durchführung:

- Thermitgemisch aus 81 g Eisen(III)-oxid und 27 g Aluminiumgrieß herstellen.
- Den Blumentopf sicher am Stativ fixieren. Dazu zwei Stativringe verwenden: Einen Stativring um den Topf und einen unter den Topf.
- Das Loch des Tontopfes mit Papier abdecken und das Thermitgemisch einfüllen.
- Die Zündmischung herstellen: Dazu auf ein Blatt Papier 2 Raumteile Schwefelpulver, 1 Raumteil Aluminiumpulver und ½ Raumteil Kaliumpermanganatpulver geben.
- Durch Abrollen mischen. VORSICHT! Explosionsgefahr! Stoß und Schlag ausschließen, Reibung minimieren!
- In das Thermitgemisch eine Vertiefung (evtl. mittels Pistill oder Spatellöffel) drehen und in diese das Zündgemisch gleiten lassen. Noch einmal 1 Raumteil Kaliumpermanganatpulver darauf geben.
- Oben auf das Kaliumpermanganatpulver eine kleine Vertiefung formen.



- Die Apparatur im Freien sicher abstellen. Bodenbeschaffenheit und Windrichtung beachten!
- Eine Eisenschale mit Sand füllen und eine kleine Vertiefung in den Sand drücken.
- Das Sandbad unter den Topf stellen.
- Eine Pipette etwa zur Hälfte mit Glycerin füllen, zügig in die Vertiefung im Kaliumpermanganatpulver entleeren und von der Apparatur zurücktreten.
- Beobachten.



Zugabe von Glycerin



Reaktionsverlauf



Glühender Regulus

- Nach dem Abkühlen das Reaktionsprodukt mit einem Hammer zerschlagen und mit einem Magneten die Eigenschaften prüfen.



Überprüfen der magnetischen Eigenschaften

Hinweis:

Als Zündgemisch kann auch eine Mischung aus Bariumperoxid und Magnesiumpulver (1:1) verwendet werden. Dieses Gemisch wird mit einem brennendem Stück Magnesiumband gezündet, welches vor dem Entzünden tief in das Zündgemisch gesteckt wird.

Entsorgung:

Das mit dem Zündgemisch behaftete Papier sowie Reste davon müssen sofort nach Beendigung des Experiments verbrannt werden! Den Reaktor im Abzug oder im Freien gut abkühlen und ausgasen lassen, anschließend mit dem Hausmüll entsorgen.

Quelle: (4) (22)

Modellexperiment zur Herstellung von Roheisen



Geräte:

Reagenzglas (16 mm, Duran), Stativmaterial, Porzellanschale, Reibschale mit Pistill, 1-2 Brenner, Magnet in ein Blatt Papier eingewickelt, Spatellöffel, Drahtnetz

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Gemisch aus Eisen(III)-oxid, Calciumchlorid (wasserfrei) [GHS07], Kaliumpermanganat [GHS03; GHS05; GHS07; GHS09], Holzkohlepulver, Sand

Vorbereitende Arbeiten:

Ein Gemisch aus 3 Raumteilen Eisen(III)-oxid und 1 Raumteil Calciumchlorid (wasserfrei) herstellen. (Das Gemisch kann über einen längeren Zeitraum gelagert werden.)

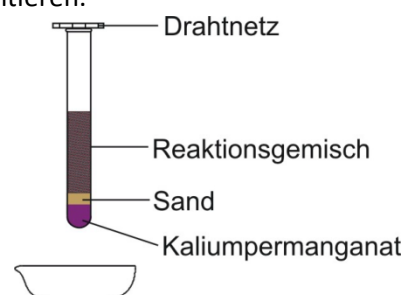
Sicherheitshinweise:

Der Versuch läuft bei sehr hohen Temperaturen ab. Evtl. zerspringt das Reagenzglas während des Versuches, daher ist eine Porzellanschale zur Sicherheit unterzustellen.

Die entweichenden Gase enthalten Kohlenmonoxid, es ist daher für eine gute Belüftung des Raumes zu sorgen.

Durchführung:

- Kaliumpermanganat fein pulvern und 3 cm hoch in das Reagenzglas füllen.
- 1 cm Sand überschichten.
- 3 Raumteile Holzkohlepulver mit 3 Raumteilen Eisen(III)-oxid- / Calciumchlorid-Gemisch sorgfältig mischen und davon etwa 2-3 cm hoch über den Sand aufschichten. Das obere Drittel des Reagenzglases muss leer bleiben.
- Das Reagenzglas senkrecht einspannen, eine Porzellanschale unterstellen und als Staubschutz ein Drahtnetz über die Reagenzglasöffnung montieren.
- Zunächst das Reaktionsgemisch von der Seite mit rauschender Flamme bis zur Rotglut erhitzen. Vorsicht, Gemisch wirbelt auf! Das Herauswirbeln vermeiden!
- Durch wiederholtes Schwenken mit der Brennerflamme auf das Kaliumpermanganat Sauerstoff austreiben und damit die Reaktion steuern. Das Reaktionsgemisch muss gleichmäßig durchglühen.
- Nach dem Abkühlen den Reagenzglasinhalt auf magnetisierbares Eisen untersuchen.



Entsorgung:

Kaliumpermanganat von dem übrigen Reagenzglasinhalt trennen und im Abfall für Kaliumpermanganatreste sammeln. Den Rest verwerfen.

Quelle: (1) (4)

Experimente in der Mikrowelle

Allgemeines:

Mikrowellen sind elektromagnetische Wellen mit einer Frequenz von 0,3 bis 300 GHz und einer entsprechenden Wellenlänge von 1m bis 1mm. Polare Substanzen, wie z.B. Wasser, können durch Mikrowellen angeregt werden. Wenn Mikrowellen auf flüssiges Wasser treffen, werden die Dipolmoleküle des Wassers zur Rotation angeregt, da sie sich laufend im elektromagnetischen Wechselfeld ausrichten, das durch die Mikrowellen erzeugt wird. Durch diese Bewegungen stoßen die Moleküle sich gegenseitig ab und aufgrund der dabei entstehenden Reibungswärme wird das Wasser erhitzt. Allerdings werden nur die Moleküle an der Oberfläche angeregt, da die Eindringtiefe der Mikrowellen sehr gering ist. Die restliche Flüssigkeit wird durch Wärmeübertragung ins Innere erwärmt.

„Für die Anregbarkeit eines Materials in der Mikrowelle [...] ist nicht nur der Stoff an sich maßgebend, sondern auch dessen Oberflächenbeschaffenheit, Oberflächen-Volumen-Verhältnis und Homogenität.“ „Stoffe wie z.B. Glas, Porzellan und bestimmte Kunststoffe, die keine leicht beweglichen Dipole oder Elektronen besitzen, sind für Mikrowellenstrahlung durchlässig und werden deshalb als Gefäßmaterial eingesetzt.“

Chemische Schulexperimente in der Mikrowelle:

Unter Berücksichtigung der speziellen Eigenschaften der Mikrowelle ergeben sich für die Schule interessante chemische Experimente.

Denn „Energieeffizienz und wirtschaftlicher Umgang mit Ressourcen werden immer wichtiger. Die Mikrowelle liefert hierzu einen wichtigen Beitrag, da sie viele chemische Reaktionen optimiert: die Reaktionszeit wird verkürzt, Produktverteilung und Ausbeute sind häufig besser, man kann mit wenig Substanz auf kleinem Raum arbeiten, das Arbeiten wird komfortabler und sicherer. Die Optimierung chemischer Reaktionen wird durch den andersartigen Energieeintrag ermöglicht: im Gegensatz zu herkömmlichen Energiequellen wie Bunsenbrenner oder Heizplatte, bei denen der Energieeintrag von außen erfolgt, findet bei der Mikrowelle der Energieeintrag im Gut selbst statt. Auf diesem Weg sind sogar völlig neue Synthesen, vor allem in der organischen Chemie, möglich.“

Weitere interessante Informationen zur Mikrowelle und in deren Einsatz in der Schulchemie liefert die Broschüre „Chemie in der Mikrowelle“ des Berufskollegs Institut Dr. Flad.



Quelle: (23)

Vorbereitende Arbeiten zur Durchführung von Mikrowellenexperimenten

I. Bestimmung des Hot-Spots

Hinweis:

Durch Reflexion der Mikrowellenstrahlung an den Innenwänden des Mikrowellenofens kommt es zu Interferenzen im Mikrowellenfeld. Dadurch entstehen Bereiche mit besonders hoher Strahlungsintensität, so genannte hot spots. An diesen hot spots innerhalb der Mikrowelle können die höchsten Temperaturen generiert werden. Um die Mikrowelle für die Experimente optimal nutzen zu können und möglichst hohe Temperaturen zu erreichen, werden die hot spots der Mikrowelle vorab mit Hilfe von Thermopapier bestimmt (die Verortung der hot spots variiert von Mikrowelle zu Mikrowelle).



Bestimmung des hot spots verschiedener Mikrowellen mittels Thermopapier

Geräte:

Mikrowelle, Styropor-Platten, Küchenkrepp, Thermopapier (in Form von Kassenquittungen oder Faxpapier), Sprühflasche mit Wasser

Sicherheitshinweise:

Es sollte auf keinen Fall die Grillfunktion der Mikrowelle eingestellt werden!
Achtung beim Öffnen der Mikrowelle, es entsteht heißer Wasserdampf!

Durchführung:

- Eine Styroporplatte rechteckig passend für den Mikrowellenofeninnenraum (Drehteller komplett entfernen) zuschneiden und mit einem Papiertuch bedecken.
- Das Papiertuch mit Wasser aus der Sprühflasche anfeuchten.
- Auf das feuchte Papiertuch Thermopapier mit der Thermoaktiven Seite nach oben möglichst glatt auflegen.
- Die Mikrowelle bei maximaler Leistung betreiben, bis eine Schwärzung des Papiers sichtbar wird (wenige Sekunden).
- Beobachten.

Entsorgung:

Benutztes Thermopapier kann im Hausmüll entsorgt werden.

II. Herstellung des AST-Elements

Einen Tag vor Beginn des eigentlich Experimentes sollte ein **AST**-Element hergestellt werden (s.u.).

Hinweis:

Das **AST**-Element oder auch Aktivkohle-Suszeptor-Tiegel-Element ist ein Behältnis, das speziell für hohe Temperaturen und den Einsatz in der Mikrowelle geeignet ist, da es nicht absorbierend ist (Ton). Zudem ist es kostengünstig in der Herstellung und durch die Kohlewandung bzw. Kohleschüttung zusätzlich Temperatursteigernd. Die delokalisierten Elektronen in der Aktivkohle bzw. im Kohlenstoff lassen sich durch die Mikrowellenstrahlung anregen, sodass sehr hohe Temperaturen erreicht werden (bis zu 1000 °C) und es sogar zum Funkenflug kommt.



Abb.: Aufbau AST-Element

Geräte:

Blumentopf (Ø 7 cm, h 6 cm), Tiegel/kleiner Blumentopf (Ø 4,5 cm, h 4 cm), Reaktionsgefäß Porzellantiegel 101/30 (Ø 3 cm, h 4 cm), Frischhaltefolie, Ofen

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Feuerfester Schamottemörtel (Baumarkt), Wasser, Aktivkohle

Durchführung:

- 140 g Mörtel nach Anleitung mit Wasser anrühren, dabei darf die Masse nicht flüssig sein.
- Die Mörtelmasse in den großen Blumentopf geben.
- Das Gefäß zur Formgebung (z.B. kleiner Blumentopf) mit Folie umwickeln und in den Mörtel drücken. Das Gefäß wieder herausziehen (falls der Mörtel zu flüssig ist kann das Gefäß zur Formgebung auch im Mörtel verbleiben)
- Blumentopf bei 100°C über Nacht im Ofen trocknen
- Zum Experimentieren in der Mikrowelle wird das **AST**-Element später noch vervollständigt, indem der Blumentopf mit Mörtelinsatz noch entsprechend mit Aktivkohle aufgefüllt (siehe dazu Durchführung „Herstellen von Roheisen in der Mikrowelle“)

Entsorgung:

Entfällt.

Quellen: (22) (23)

Herstellen von Roheisen/ Variante: Mikrowellenexperiment



Geräte:

AST-Element (Blumentopf mit Mörtel gefüllt, so dass der Tiegel genau reinpasst), Mikrowelle, Reaktions-Porzellantiegel 101/30 (D 3 cm/H 4 cm) mit Deckel, Schamottestein, Waage, Spatel, Tiegelzange, Hitze-Schutzhandschuhe, Mörser mit Pistill, feuerfeste Unterlage (Schamott), Magnet, Papier, 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Pipette, Porzellanschale

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Gekörnte Aktivkohle (0-2mm), Aktivkohlepulver, Eisen(III)-oxidpulver, Salzsäure c(HCl)= 2mol/L [GHS05; GHS07]

Sicherheitshinweise:

Der verwendete Blumentopf darf nicht feucht sein. Feuchte Töpfe können bei der Reaktion in der Mikrowelle explodieren. Gegebenenfalls muss der Topf vor der Reaktion im Trockenschrank getrocknet werden.

Durchführung:

- 5 g Eisen(III)-oxid und 1 g Aktivkohlepulver werden in einem Mörser sorgfältig homogenisiert.
- Gemisch mit einem Stabmagneten auf Magnetisierbarkeit untersuchen.
- ½ Spatellöffel des Gemischs in ein Reagenzglas geben und mit Salzsäure (ca. 2 ml) versetzen.
- In den Tiegel zuerst 0,5 g gekörnte Aktivkohle, dann die Eisenoxid-Aktivkohlemischung und abschließend 1 g gekörnte Aktivkohle geben. Der Tiegel wird mit einem Deckel bedeckt.
- Der Boden des **AST**-Elements wird mit gekörnter Aktivkohle bedeckt und der Porzellantiegel hineingestellt. Der Zwischenraum zwischen **AST**-Element und Porzellantiegel wird ebenfalls mit Aktivkohle (0-2mm) gefüllt.
- Das fertig befüllte **AST**-Element wird auf einem Schamottestein im Bereich des hot spots der Mikrowelle positioniert und für 10 Minuten bei höchster Leistung erhitzt.
- Nach Ablauf der Zeit nimmt man das **AST**-Element mit dem Tiegelzangenbauch und Handschuhen aus der Mikrowelle und stellt es auf eine feuerfeste Unterlage.
- Inhalt des Reaktionstiegels mit der Tiegelzange in eine feuerfeste Porzellanschale ausschütten.
- Nach dem Abkühlen den Tiegelinhalt erneut auf Magnetisierbarkeit untersuchen.
- Tiegelinhalt (½ Spatellöffel) in ein Reagenzglas geben und mit Salzsäure (ca. 2 ml) versetzen
- Beobachten.



Reaktionsgemisch



Reaktionsgemisch im **AST**-Element



Reaktionsverlauf in der Mikrowelle



Inhalt des Reaktionstiegels nach der Reaktion

Entsorgung:

Alles abkühlen lassen. Das **AST**-Element kann mehrfach verwendet werden. Die gekörnte Aktivkohle kann auch mehrfach verwendet werden und wird nach dem Abkühlen für weitere Experimente gesammelt. Eisen-Aktivkohle- Gemisch kann nach dem Abkühlen in den Hausmüll.

Quellen: (22) (23)

Herstellen von Glas im Mikrowellenexperiment


Geräte:

AST-Element (Blumentopf mit Mörtel gefüllt, so dass der Tiegel genau reinpasst), Mikrowelle, Porzellantiegel mit Deckel, Schamottestein, Waage, Spatel, Tiegelzange, Schutzhandschuhe, Mörser mit Pistill, feuerfeste Unterlage (Schamott)

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Gekörnte Aktivkohle (0,5 – 2 mm), Lithiumcarbonat [GHS07], Natriumcarbonat [GHS07], Calciumcarbonat, Quarz (SiO_2), 1 kleine Spatelspitze färbender Zusatz: Eisen (III)-oxid (gelb)

Durchführung:

- 4,2 g Lithiumcarbonat, 1,8 g Natriumcarbonat, 1,7 g Calciumcarbonat, 1 g Quarz (SiO_2) einwiegen und im Mörser sorgfältig zerreiben. Zu der Glasgrundmischung gibt man eine Spatelspitze der färbenden Chemikalie. Anschließend werden in den Tiegel 4 g der Glasgrundmischung eingefüllt.
- Der Boden des **AST**-Elements wird mit gekörnter Aktivkohle bedeckt, der Porzellantiegel hineingestellt und mit dem passenden Porzellandeckel abgedeckt.
- Der Zwischenraum zwischen **AST**-Element und Porzellantiegel wird ebenfalls mit Aktivkohle (0-2mm) gefüllt.
- Das fertig befüllte **AST**-Element wird auf einem Schamottestein im Bereich des hot spots der Mikrowelle positioniert und für 10 Minuten bei höchster Leistung erhitzt.
- Nach Ablauf der Zeit nimmt man das **AST**-Element mit der Tiegelzange (und Handschuhen) aus der Mikrowelle und stellt es auf eine feuerfeste Unterlage.
- Sofort den Inhalt des Tiegels mit der Tiegelzange vorsichtig auf eine Keramikplatte ausgießen.

Hinweis:

Die zuvor beschriebene Glasherstellung kann durch die Verwendung von Borsäure optimiert werden, d.h. es bilden sich schönere Glaskristalle aus. Allerdings ist die Verwendung von Borsäure in der Schule nicht erlaubt. Um andere Färbungen zu erhalten, können als färbender Zusatz auch Chrom(III)-oxid (grüne Färbung des Glases) oder Kupfersulfat (blaue Färbung des Glases) verwendet werden. Eine günstige Alternative zur Verwendung von reinem SiO_2 ist Bauquarzsand. Durch die organischen Anteile im Bauquarzsand, kann es zu einer starken Gasentwicklung (CO_2) kommen. Wodurch das Glas optisch ggf. nicht ganz so schön wird.

Quelle: (1)

Entsorgung:

Alles abkühlen lassen. Das **AST**-Element kann mehrfach verwendet werden. Die gekörnte Aktivkohle kann auch mehrfach verwendet werden und wird nach dem Abkühlen für weitere Experimente gesammelt. Das Glas-Gemisch in den anorganischen Feststoffabfall geben.

Quellen: (23) (24)

Cracken von Paraffinöl



Geräte:

Reagenzglas mit seitlichem Ansatz (16 mm) mit passendem Lochstopfen, Reagenzglas (16 mm; DURAN) mit passendem Lochstopfen, Einleitungsrohr, Becherglas (250 ml, hohe Form), Porzellanschale, Flammenfalle, Schlauchstück, Korkunterlagen

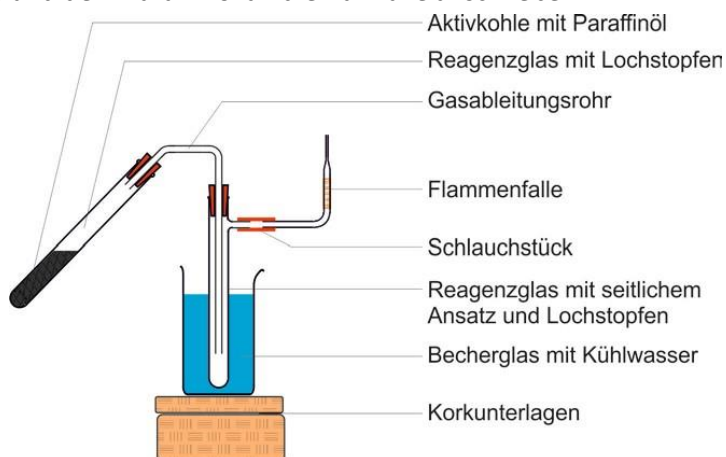
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Paraffinöl [GHS08], Aktivkohle (gekörnt)

Durchführung

- In das Reagenzglas ca. 4 cm hoch Aktivkohle (gekörnt) einfüllen und mit Paraffinöl tränken (nur so viel Paraffinöl zugeben, wie die Aktivkohle aufsaugen kann).
- Ans Reagenzglas mit seitlichem Ansatz und dem Einleitungsrohr eine Kühlfalle bauen.
- Das Reagenzglas mit der Aktivkohle und dem Paraffinöl an die Kühlfalle anschließen.
- An den Ausgang der Kühlfalle eine Flammenfalle montieren.
- Die Kühlfalle in ein Becherglas mit Kühlwasser absenken.
- Mit dem Brenner die getränkte Aktivkohle von oben her bis zur Rotglut erhitzen.
- Entstehende Gase an der Flammenfalle entzünden.
- Flüssige Crackprodukte in der Kühlfalle nach dem Experiment auf Brennbarkeit prüfen.



Entsorgung

Das gut abgekühlte Reagenzglas mit der getränkten Aktivkohle eventuell für spätere Versuche aufbewahren (an einem gut belüfteten Ort). Den Inhalt der Kühlfalle in den Behälter für organische Lösungsmittel geben. Kühlwasser verwerfen.

Quelle: (14)

Gesetzmäßigkeiten der Chemie

Gleichgewichtsreaktionen sind Kernbestandteil der Sekundarstufe II. Viele chemische Reaktionen sind meist Gleichgewichtsreaktionen und damit reversibel, es findet gleichzeitig eine Hin- und Rückreaktion statt. Wo genau der Gleichgewichtszustand liegt, d. h. ob mehr Edukt oder Produkt vorliegt, ist abhängig vom Verhältnis der beiden Reaktionsgeschwindigkeiten. Für jede Gleichgewichtsreaktion lässt sich das Massenwirkungsgesetz formulieren, in das die Konzentrationen bzw. Partialdrücke der Produkte und Edukte eingehen. Die resultierende Gleichgewichtskonstante K ist temperaturabhängig.

Nach dem Prinzip von Le Chatelier – Prinzip des kleinsten Zwanges – kann die Lage des Gleichgewichts durch die Faktoren Temperatur, Konzentration und Druck beeinflusst werden. Die folgenden Versuche thematisieren unterschiedliche Einflussmöglichkeiten auf chemische Gleichgewichte.

Modellexperiment zur Einstellung eines chemischen Gleichgewichts



(Heberexperiment)

Geräte:

3 Glasrohre (etwa $l_1 = 300$ mm: 2 x $d_1 = 8$ mm, 1 x $d_2 = 5$ mm), 2 Messzylinder (100 ml)

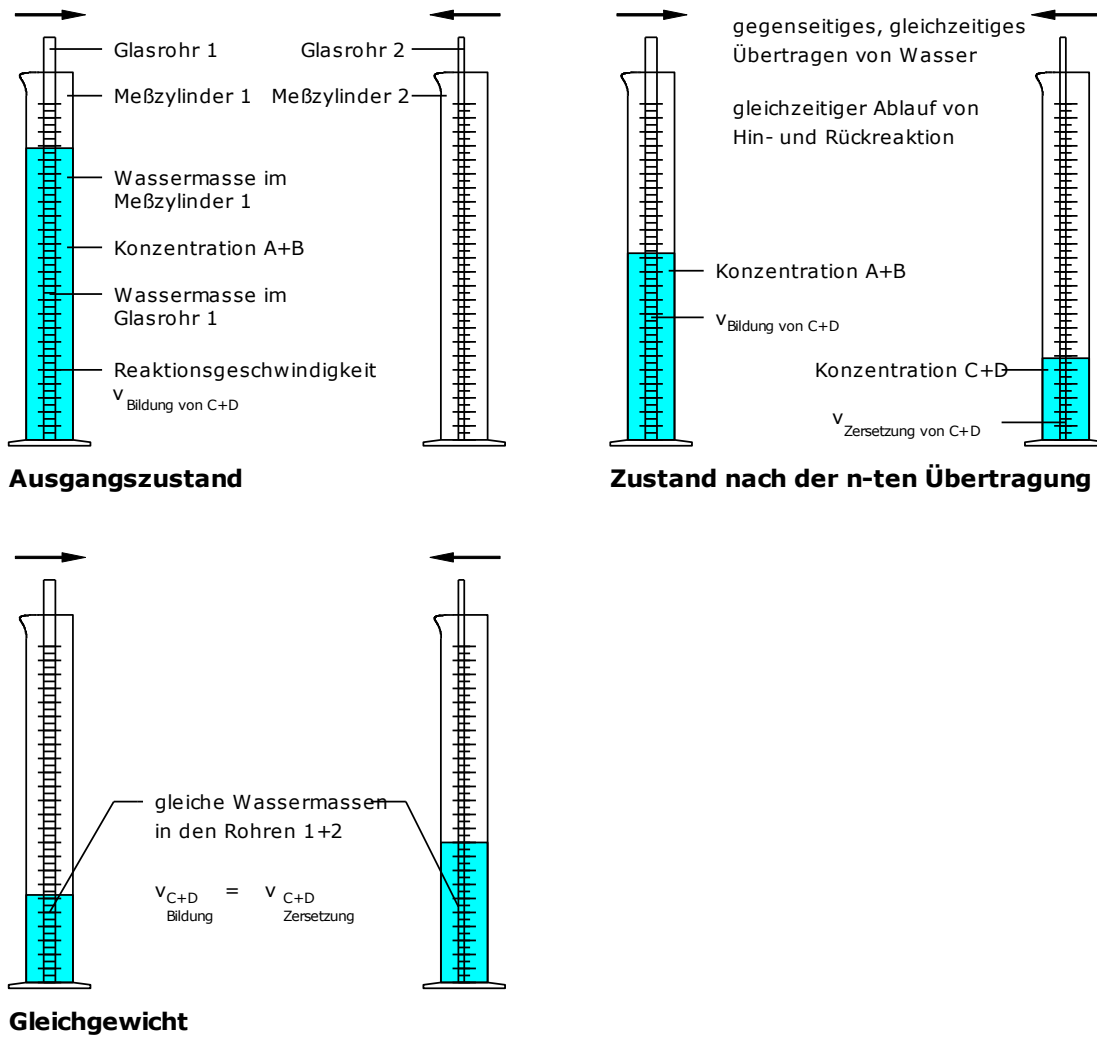
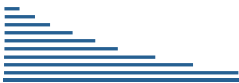
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Wasser, Farbstoff (Universalindikator)

Durchführung:

- 100 ml angefärbtes Wasser in einen Messzylinder füllen, der andere wird nicht befüllt.
- Den mit Wasser gefüllten Messzylinder mit „Ausgangsstoffe“ kennzeichnen, den anderen Messzylinder mit „Reaktionsprodukte“ kennzeichnen.
- Die Füllmengen der Messzylinder in einer Wertetabelle zum Zeitpunkt Null notieren.
- Ein Glasrohr ($d_1 = 8$ mm) in den Messzylinder 1 auf den Boden stellen.
- Das zweite Glasrohr ($d_2 = 5$ mm) in den Messzylinder 2 stellen.
- Sobald der Flüssigkeitspegel im Glasrohr zur Ruhe gekommen ist, beide Glasrohre mit dem Finger verschließen, herausnehmen und in den anderen Messzylinder ohne Eintauchen entleeren.
- Anschließend erneut Glasrohr 1 in Messzylinder 1 und Glasrohr 2 in Messzylinder 2 auf den Gefäßboden stellen, wenn der Flüssigkeitspegel in dem jeweiligen Glasrohr seinen Pegelstand erreicht hat, wieder mit dem Finger verschließen.
- Inhalt des Glasrohres 1 in den Messzylinder 2 und der Inhalt des Glasrohres 2 in Messzylinder 1 ohne Eintauchen entleeren.
- Nach jedem Hebevorgang die Wassermengen (Flüssigkeitspegel) in beiden Messzylindern ablesen, die Werte in einer Wertetabelle notieren und in einem Koordinatensystem abtragen. Auf der x-Achse die Anzahl der Hebevorgänge und auf der y-Achse die Wassermenge in Messzylinder 1 bzw. 2 abtragen. Die Hebevorgänge etwa 30 Mal wiederholen.
- Experiment wiederholen, diesmal zwei Glasrohre gleichen Durchmessers verwenden ($d_1 = 8$ mm).

**Entsorgung:**

Das angefärbte Wasser wird im Abfluss entsorgt.

Quelle:

Böhlend, H. (2002): *Chemische Schulexperimente, Allgemeine, physikalische und analytische Chemie*. 3. Auflage. Berlin : Volk und Wissen Volkseigener Verlag, 1986. Bd. 5. ISBN 3-06-032144-2.

Druckabhängigkeit mit Spritzentechnik (CO₂-Wasser Indikator)

**Geräte:**

Becherglas (100 ml), 2 Spritzen (60 ml, eine mit seitlich durchbohrtem Stempel), Dreiwegehahn mit Luer-Lock Anschlüssen, Eisennagel, CO₂-Spender

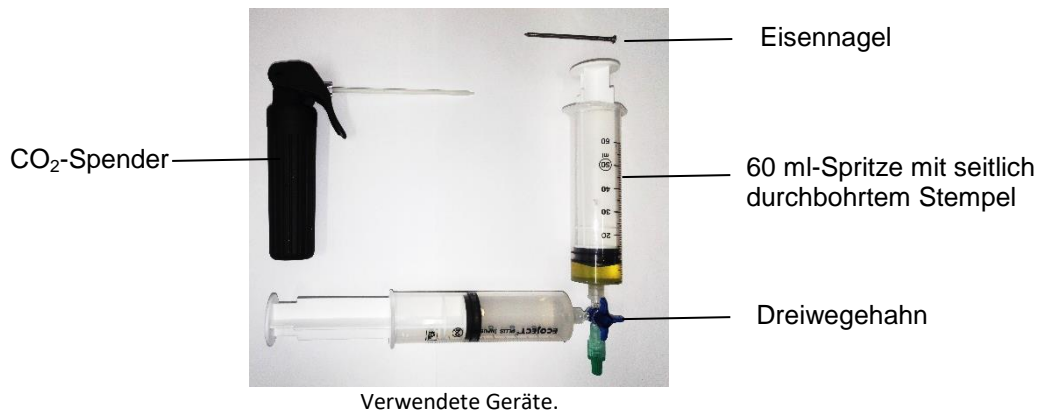
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Wasser, Universalindikator, Kohlenstoffdioxid [GHS04]

Durchführung:

- Etwa 20 ml Wasser in ein 100 ml Becherglas abfüllen.
- Wasser mit Universalindikator versetzen, sodass eine deutliche Färbung erkennbar ist.
- Maximal 50 ml Kohlenstoffdioxid aus dem CO₂-Spender in eine 60 ml Spritze einfüllen.
- Spritze mit Kohlenstoffdioxid an den Dreiwegehahn anschließen und diesen schließen.
- 10 ml angefärbtes Wasser in die zweite 60 ml Spritze einfüllen, die den seitlich durchbohrten Stempel besitzt.
- Spritze mit Wasser ebenso an den Dreiwegehahn anschließen.
- Dreiwegehahn öffnen, sodass das Kohlenstoffdioxid in die Spritze mit Wasser und Indikator gedrückt werden kann.
- Kohlenstoffdioxid in die Wasser-Indikator-Lösung drücken. Dreiwegehahn in Richtung der gefüllten Spritze schließen. Die entleerte Kohlenstoffdioxid-Spritze nun abdrehen.
- Spritze mit der Wasser-Indikator-Lösung schütteln.
- Beobachten.
- Gas, das sich in der Spritze befindet, über Dreiwegehahn entweichen lassen. Dreiwegehahn schließen.
- Stempel bis knapp vor dem Ende der Spritze herausziehen. Position ggf. arretieren, indem der Eisennagel durch das seitliche Loch im Stempel gesteckt wird.
- Spritze erneut schütteln.
- Beobachten.



Entsorgung:

Lösungen im Abguss verwerfen.

Quelle: (24)

Chemisches Gleichgewicht zwischen NO_2 und N_2O_4



Geräte:

Becherglas (600ml), Glasstab

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

2 Glasampullen gefüllt mit Stickstoffdioxid [GHS03; GHS06; GHS05], Viehsalz (Natriumchlorid)

Durchführung:

- In dem Becherglas mit Eis und Viehsalz eine Kältemischung herstellen.
- Eine der Stickstoffdioxidampullen in der Kältemischung versenken und die andere in der Hand erwärmen.
- Nach dem Abkühlen die Ampulle wieder aus der Kältemischung herausnehmen.
- Beide Ampullen vergleichen.

Entsorgung:

Die Kältemischung im Abfluss entsorgen. Die Ampullen können wiederverwendet werden.

Umkehrbare Reaktion - Bildung und Zerfall von Kohlensäure



Geräte:

Reagenzglas (16 mm), Becherglas (250 ml)

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Universalindikator, Kohlendioxid [GHS04]

Durchführung:

- In dem Becherglas ein Kältebad aus Eiswasser herstellen.
- Ein Reagenzglas mit Leitungswasser füllen und einige Tropfen Universalindikator zugeben.
- Das mit Indikator versetzte Leitungswasser auf zwei Reagenzgläser verteilen und eines davon als Rückstellprobe verwenden.
- In das andere Kohlendioxid einleiten, bis ein Farbumschlag des Indikators zu beobachten ist.
- Das Wasser bis zum Sieden erhitzen und erneut die Indikatorfärbung betrachten.
- Das Wasser auf Raumtemperatur abkühlen und erneut Kohlendioxid einleiten, bis ein Farbumschlag des Indikators zu beobachten ist.
- Die Vorgänge mehrmals wiederholen.

Entsorgung:

Reste verwerfen.

Quelle: (25)

Temperaturabhängigkeit der Iod-Stärke-Reaktion



Geräte:

Reagenzglas (16 mm), Pipette, Reagenzglasklammer, 2 Bechergläser (250 ml)

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Iodkaliumiodid-Lösung (Lugolsche Lösung), Stärke (wasserlöslich)

Durchführung:

- In einem Reagenzglas etwa 3 ml der Stärkelösung mit 4 Tropfen Iodkaliumiodid-Lösung versetzen und beobachten.
- Die mit Iodkaliumiodid-Lösung versetzte Stärkelösung in der Brennerflamme vorsichtig erwärmen und die Färbung der Lösung beobachten.
- Die warme Lösung in einem Eisbad oder unter kaltem Wasser abkühlen und die Färbung erneut beobachten.
- Den Vorgang mehrmals wiederholen.

Entsorgung:

Reste im Behälter für wässrige Lösungen sammeln.

Quelle: (14)

Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Temperatur



Geräte:

2 Petrischalen-Hälften, Folienschreiber, Overheadprojektor, Reagenzglas (16 mm), Reagenzglashalter, Thermometer, Schere, Schleifpapier, evtl. Stoppuhr

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Magnesiumband [GHS02], verd. Schwefelsäure (c=1mol/l) [GHS05]

Durchführung:

- Die Petrischalenhälften beschriften und auf den Projektor stellen.
- Das Magnesiumband blank schmirgeln und in gleich große Stücke schneiden (etwa 2 x 2 mm).
- In eine Petrischalenhälfte Schwefelsäure mit Zimmertemperatur einfüllen, bis mindestens der Boden vollständig bedeckt ist.
- Eine äquivalente Menge Schwefelsäure um 10-20 Grad im Wasserbad erwärmen, Temperatur dokumentieren und in die andere Petrischalenhälfte einfüllen.
- Die präparierten Magnesium-Band Stücke möglichst gleichzeitig in jeweils eine Petrischale mit Schwefelsäure geben.
- Die Zeit bis zum jeweiligen Ende der Reaktion ermitteln und notieren.

Entsorgung:

Schwefelsäurereste im Behälter für wässrige Lösungen sammeln.

Quelle: (14)

Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Konzentration



Geräte:

3 Petrischalen-Hälften, Folienschreiber, Overheadprojektor, Schleifpapier, Schere, evtl. Stoppuhr

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Magnesiumband [GHS02], Schwefelsäure unterschiedlicher Konzentration: $c=0,5\text{mol/l}$; $c=1\text{mol/l}$; $c=1,5\text{mol/l}$ [GHS05]

Durchführung:

- 3 Petrischalenhälften mit jeweils einer Schwefelsäurekonzentration beschriften, auf den Projektor stellen und die Schwefelsäure gemäß der Beschriftung einfüllen.
- Das Magnesiumband blank schmirgeln und in gleich große Stücke schneiden (etwa 2 x 2 mm).
- Die Magnesiumband Stücke möglichst gleichzeitig zu den Schwefelsäuren geben.
- Die Zeit bis zum jeweiligen Ende der Reaktion ermitteln.

Entsorgung:

Schwefelsäurereste im Behälter für wässrige Lösungen sammeln.

Quelle: (14)

Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von Katalysatoren



Geräte:

Porzellanschale, Tiegelzange, Feuerzeug

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Würfelsucker, Zigarrenasche (ersatzweise Zigarettenasche)

Durchführung:

- 1 Stück Würfelsucker in die Porzellanschale geben.
- Versuchen, den Würfelsucker mit dem Feuerzeug zu entzünden.
- Den Zuckerwürfel erkalten lassen und anschließend intensiv mit Zigarrenasche einreiben.
- Erneut versuchen, den Zucker zu entzünden.

Entsorgung:

Zuckerkohle in einem Gefäß sammeln und nach dem Abkühlen verwerfen.

Quelle: (14)

Reaktionsgeschwindigkeit und Zerteilungsgrad



Geräte:

2 Bechergläser (100 ml), 2 Uhrgläser (d=10cm), Messzylinder (25ml), Waage, Spatel, Stoppuhr

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Magnesium Pulver [GHS02], Magnesium Band [GHS02], Salzsäure (c=0,5 mol/l)

Durchführung:

- In beide Bechergläser jeweils 20 ml Salzsäure einfüllen. (ggf. die Salzsäure noch verdünnen.)
- Auf einem Uhrglas etwa 80 mg Magnesium-Band abwiegen. (Etwa 2 Streifen à 4 cm)
- Auf dem anderen Uhrglas eine vergleichbare Menge Magnesium-Pulver einwiegen.
- Beide Portionen Magnesium möglichst gleichzeitig in jeweils ein Becherglas mit Salzsäure geben.
- Die Zeit bis zur vollständigen Umsetzung des Magnesiumpulvers messen.

Entsorgung: Die Lösungen im Behälter für wässrige Lösungen sammeln.

Elektrochemie

Elektrolyse von Kupferchlorid



Geräte:

U-Rohr mit seitlichen Ansätzen und zwei passenden Lochstopfen, Trichter, 2 Graphitelektroden, Schlauchverbindungsstücke, Aktivkohlerohr (oder Luftballon), Stromleitungen, Krokodilklemmen, Labornetzgerät, Stativmaterial

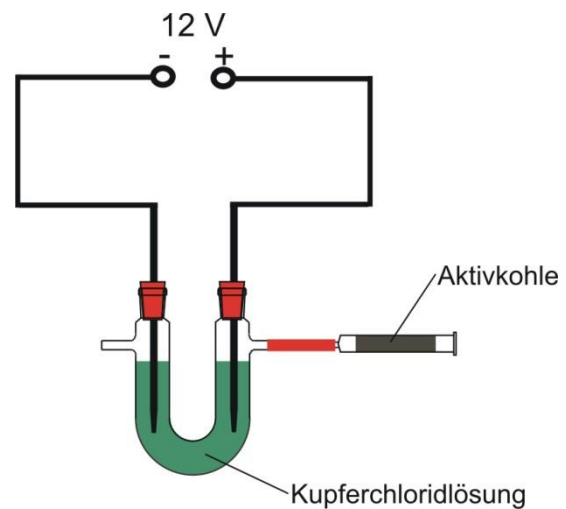
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Kupferchloridlösung (c = 0,5 mol/l) [GHS05, GHS07, GHS09]

Durchführung:

- Das U-Rohr etwa zu einem Drittel mit Kupferchloridlösung füllen (die Lösung darf nach dem Einsetzen der Elektroden nicht überlaufen!).
- Graphitelektroden in Lochstopfen montieren und gasdicht in das U-Rohr einsetzen.
- Stromkreis aufbauen.
- Den seitlichen Ansatz des U-Rohres auf der Seite des Plus-Poles mit einem Aktivkohlerohr oder Luftballon verschließen.
- Eine Spannung von etwa 12 Volt anlegen und solange elektrolysieren, bis Beobachtungen an beiden Elektroden gemacht werden können. Beschreiben und erklären.



Hinweis:

Für den Einsatz im Chemieunterricht ist auch die Elektrolyse von Iodiden empfehlenswert, die in gleicher Weise durchführbar ist. Da das Iod in Schlieren von der Elektrode herunterrinnt, kann dabei auf die Aktivkohle-Adsorptionseinrichtung verzichtet werden.

Entsorgung:

Die Apparatur im Abzug öffnen, um kein giftiges Chlorgas in den Raum entweichen zu lassen. Lösung im Behälter für Schwermetallsalzlösungen sammeln. Elektroden mit Schleifpapier reinigen.

Quelle: (11)

Wasserelektrolyse



Geräte:

Wasserzersetzungsapparat nach HOFFMANN (oder Küvette K 4 nach KUHNERT/LEGALL/KOMETZ), Stromkabel, Spannungsquelle, evtl. Krokodilklemmen, 2 Reagenzgläser (16 mm), Holzspan, Zündflamme, Stativmaterial

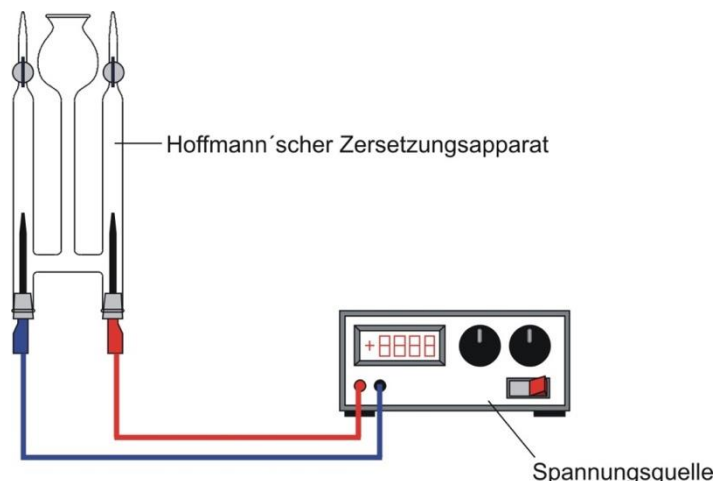
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Schwefelsäure (c = 0,5 mol/l) [GHS05]

Durchführung:

- Schwefelsäure in den Wasserzersetzungsapparat geben.
- Etwa 1 min mit einer Spannung von 6 Volt elektrolysieren, damit sich eine gasgesättigte Lösung in den beiden Schenkeln bildet.
- Beobachten.
- Die Gasportionen vollständig ablassen.
- Erneut elektrolysieren, bis sich etwa 5 ml Sauerstoff gebildet hat.
- Die Gasportionen in den beiden Schenkeln vergleichend betrachten.
- Gasportionen aus den beiden Schenkeln in Reagenzgläser abfüllen und mit der entsprechenden Demonstrationsmethode (Knallgasprobe, Glimmspanprobe) demonstrieren.



Hinweis:

In reinem Wasser liegen nur sehr wenige Ionen vor. Eine Elektrolyse von reinem Wasser wäre daher sehr langwierig. Aus diesem Grund elektrolysiert man hier eine verdünnte Schwefelsäure, um die Leitungseigenschaften und damit auch die Reaktionsgeschwindigkeit zu erhöhen.

Um in den beiden Schenkeln des Wasserzersetzungsapparates ein Volumenverhältnis der beiden Gase von 2 : 1 zu bekommen, müssen die entstandenen Gase zu Beginn mehrmals abgelassen werden. Sauerstoff löst sich in größeren Mengen in Wasser, als Wasserstoff. Die Flüssigkeit in den Schenkeln muss sich zunächst erst mit Gas sättigen.

Entsorgung:

Schwefelsäure für spätere Versuche aufbewahren.

Quelle: (11)

Zink-Luft-Element



Geräte:

Kohlelektrode (hydrophobiert), Zinkelektrode, Abstandshalter für Elektroden, Becherglas (100 ml), Stromkabel, Krokodilklemmen, Spannungsmessgerät (2V), evtl. 1 Kleinmotor, Stativmaterial

Vorbereitende Arbeiten:

Kohlelektrode hydrophobieren:

Dazu in einem Reagenzglas 10 Teile Toluol mit 1 Teil Paraffinöl mischen, die Kohlelektrode eintauchen und trocknen lassen. Den Vorgang 2-3 Mal wiederholen. (Die hydrophobierte Elektrode lässt sich mehrmals benutzen.)

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Kaliumhydroxidlösung (c = 5 mol/l) [GHS05, GHS07]

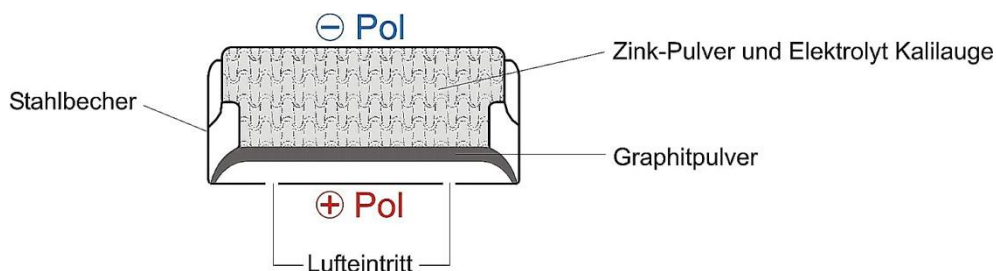
Durchführung:

- Das Becherglas mit etwa 40 ml Kaliumhydroxidlösung füllen.
- Die Elektroden mit dem Messgerät verbinden und in die Kalilauge eintauchen.
- Spannung messen und dokumentieren.
- Messgerät gegen Kleinmotor austauschen.
- Beobachten.

Entsorgung:

Kalilauge für spätere Versuche aufbewahren. Elektroden mit viel Wasser spülen und abtrocknen.

Beispiel für eine Zink-Luft-Batterie (Knopfzelle):



Hinweis:

Eine Obstbatterie lässt sich mit einfachen Mitteln bauen: mit einer Zitrone, zwei unterschiedlichen Metallblechstreifen (z.B. Kupfer und Zink), zwei Kabeln mit Krokodilklemmen und einem Spannungsmessgerät oder einem Verbraucher mit einem geringen Widerstand (z.B. digitale Uhr von Kosmos). Die chemischen Reaktionen in der Obstbatterie sind sehr komplex. Für den Chemieunterricht eignet sich die Obstbatterie als Problemstellung für den Einstieg: Warum ist zwischen zwei unterschiedlichen Metallblechen in einem Elektrolyten eine Spannung messbar?

Die Zinkiodid – Elektrolyse



Geräte:

Zwei Bleistiftminen, Objektträger, 4,5V Flachbatterie, Kabelmaterial, Krokodilklemmen, Pipette, Tesa-Film, Schere

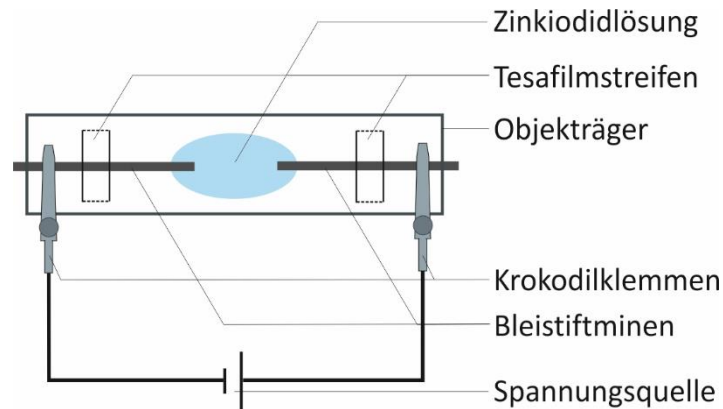
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Zinkiodid-Lösung (c = 0,1 mol/l) [GHS05, GHS09], Natriumthiosulfatlösung

Durchführung:

- Man gibt mit einer Pipette einen Tropfen Zinkiodid-Lösung mittig auf einen Objektträger.
- Zwei Bleistiftminen dienen als Elektroden und ragen ein wenig auf beiden Seiten des Tropfens in die Flüssigkeit. Die Bleistiftminen werden mit Tesa-Film fixiert.
- Die Bleistiftminen werden mit den Krokodilklemmen und dem Kabelmaterial mit der 4,5V Flachbatterie verbunden.
- Beobachten.



Entsorgung:

Den Tropfen mit etwas Thiosulfatlösung versetzen und anschließend in den Abfluss entsorgen

Quellen: (26) (27)

Ionenwanderung



Geräte:

2 runde Kohleelektroden ($l = 4 \text{ cm}$; $d = 0,5 \text{ cm}$), Gleichspannungsquelle, weißes Garn (es kann auch Garn aus vorangegangenen Experimenten verwendet werden), 2 Pinzetten, 2 Filterpapierstreifen (auf Objektträgergröße geschnitten), 2 Objektträger, 4 Handtuchklammen, 2 Uhrgläser ($d = 6 \text{ cm}$), Pipette, 4 Stromleitungen, 4 Krokodilklemmen, Stativmaterial, Zellstofftücher

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Cochenillerot-Lösung ($c = 0,0125 \text{ mol/l}$), Methylenblau-Lösung ($c = 0,025 \text{ mol/l}$) [GHS07], Natriumsulfat-Lösung ($c = 0,2 \text{ mol/l}$)

Hinweis: Die Farbstofflösungen färben alles intensiv ein. Versehentliche Spritzer und Tropfen sind sofort zu entfernen, bevor sie eintrocknen.

Durchführung:

- Auf dem Filterpapierstreifen mit einem Bleistift den Plus- und Minus-Pol beschriften. In der Mitte eine vertikale Linie ziehen.
- Auf ein Uhrglas etwas von der Farbstofflösung (Cochenillerot) geben. Nur so viel, um das Garn darin zu tränken. Ein etwa 4 cm langes Stück Garn mit der Pinzette in die Farbstofflösung legen.
- Einen Objektträger mit Filterpapier abdecken und an einer Seite mit einer Kohleelektrode das Filterpapier andrücken.
Die Kohleelektrode mit Hilfe der Handtuchklammer an dem Objektträger fixieren. (Die Kohleelektrode sollte an einer Seite des Objektträgers soweit überstehen, dass später problemlos eine Krokodilklemme angeschlossen werden kann.)
- Das Filterpapier von der Seite der montierten Elektrode aus mit Natriumsulfatlösung tränken.
- Mit der zweiten Elektrode die Luftblasen zwischen Filterpapier und Objektträger durch darüberstreichen entfernen.
- Die zweite Elektrode auf der anderen Seite ebenfalls montieren.
- Zwei Stative mit Stativklammern vorbereiten und jeweils ein Stromkabel mit Krokodilklemme montieren. Stromkabel an das ausgeschaltete Netzgerät anschließen. (Es ist auch möglich auf die Stative zu verzichten und die Stromkabel mit Krokodilklemmen auf dem Tisch abzulegen, so dass später die Kohleelektroden angeschlossen werden können.)
- Das in der Farbstofflösung getränkte Stück Garn mit einer Pinzette aus der Lösung heben und auf einem Zellstoff ablegen. Das Garn mehrmals auf dem Zellstoff abtupfen, bis das Garn fast nicht mehr abfärbt.
- Das abgetupfte Stück Garn mit den Pinzetten oder den Fingern stramm ziehen und auf der zuvor markierten Linie auf dem Filterpapierstreifen ablegen. Vorsicht es darf zu keinen Diffusionseffekten kommen.
- Das Garn vorsichtig mit dem Finger andrücken.

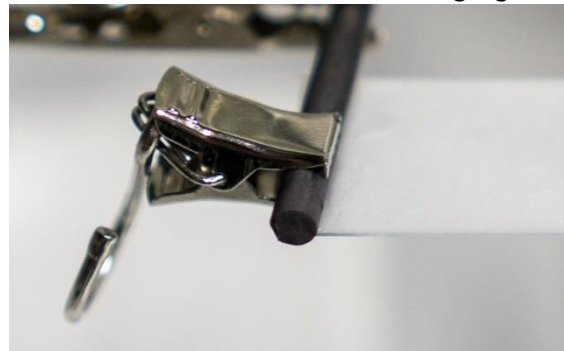


Abb. 1: Fixieren der Kohleelektrode (Foto: H. Barth 2017)

- Die Kohleelektroden mit den Krokodilklemmen verbinden und eine Spannung von 20-30 V anlegen.
- Beobachten.
- Nach etwa 15 Minuten kann das Experiment beendet werden. Im Falle von Methylenblau kann es auch bis zu 30 Minuten dauern, bis eindeutige Ergebnisse zu sehen sind.
- Wenn das Filterpapier zu stark abtrocknet, kann jeweils direkt neben den Kohleelektroden etwas Natriumsulfatlösung auf getropft werden.

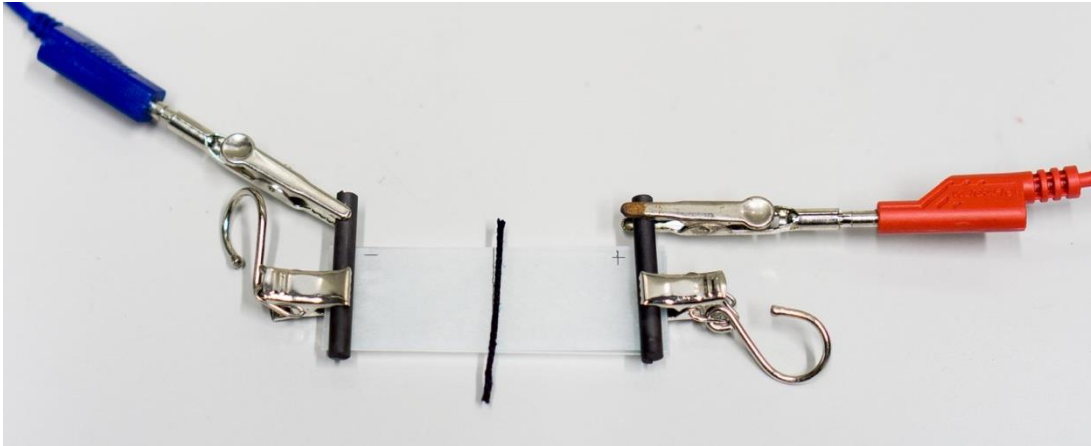


Abb.2: Aufbau auf dem Tisch liegend mit Methylenblau (Foto: H. Barth 2017)

- Diese Durchführung muss für beide Farbstoffe durchlaufen werden. Das kann nacheinander, parallel oder in Gruppenarbeit erfolgen.

Quelle: (28)

Das Daniell-Element



Geräte:

2 Bechergläser (50 ml), Kabelmaterial, Krokodilklemmen, Spannungsmessgerät, Filterpapier, Pipette, Stativmaterial

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Zinksulfatlösung ($c = 0,1 \text{ mol/l}$) [GHS05, GHS07, GHS09], Zinkblech, Kupfersulfatlösung ($c = 0,1 \text{ mol/l}$) [GHS05, GHS07, GHS09] Kupferblech, Kaliumnitratlösung ($c = 1 \text{ mol/l}$)

Durchführung:

- Die beiden Halbzellen werden in Bechergläsern (50 mL) vorbereitet:
Becherglas 1: Das Becherglas wird etwa zur Hälfte mit Zinksulfatlösung ($c = 0,1 \text{ mol/l}$) gefüllt. In die Lösung taucht ein Zinkblech.
Becherglas 2: Das Becherglas wird etwa zur Hälfte mit Kupfersulfatlösung ($c = 0,1 \text{ mol/l}$) gefüllt. In die Lösung taucht ein Kupferblech.
- Zwischen die Bleche wird mit Kabelmaterial/Krokodilklemmen ein Spannungsmessgerät geschaltet.
- Auf einen Streifen Filterpapier (etwa $10 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$) wird in der Mitte ein Tropfen Kaliumnitratlösung gegeben. Anschließend wird der Filterpapierstreifen in der Mitte geknickt und so über die Bechergläser gelegt, dass beide Enden in die Lösungen eintauchen.
- Das Spannungsmessgerät und das Filterpapier werden beobachtet.

Entsorgung:

Lösungen werden im Schwermetallabfall entsorgt.

Quelle: (29) (30)

Organische Chemie

Mit dem Einstieg in die organische Chemie öffnet sich eine unendliche Vielfalt und -zahl an Stoffen nur durch die unterschiedliche Anzahl und Kombination von hauptsächlich Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen. Die organischen Stoffe lassen sich durch charakteristische Strukturen oder Substituenten in Stoffklassen kategorisieren. Damit sind Stoffeigenschaften und Reaktionen voraussagbar.

Der erste Einstieg in die organischen Stoffe findet meist über Nachweisreaktionen der Bestandteile, wie z. B. Kohlenstoff und Wasserstoff im Unterricht statt. Das entdeckende-forschende Arbeiten durch experimentellen Vergleich anorganischer (z.B. Salze) und organischer Stoffe (Zucker, Mehl) bietet sich hier an.

Qualitative Nachweise unterschiedlicher Elemente in organischen Verbindungen

Nachweis von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff



Geräte:

2 Reagenzgläser, passender Lochstopfen, Gaseinleitungsrohr, Spatel, Bunsenbrenner, Stativmaterial, Watesmo Papier

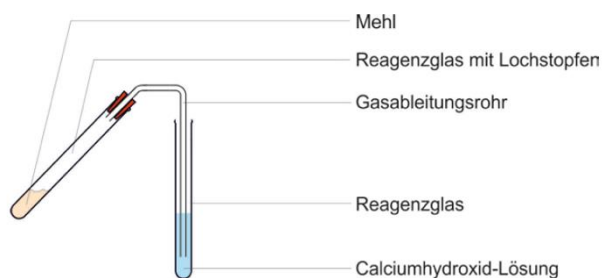
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Mehl (wahlweise auch Puddingpulver oder Zucker), Calciumhydroxid-Lösung (ges.) [GHS05]

Durchführung:

- In ein Reagenzglas etwa 1 cm hoch Mehl geben und das Gaseinleitungsrohr mit Hilfe des Lochstopfens montieren.
- Das Gaseinleitungsrohr in die gesättigte Calciumhydroxid-Lösung eintauchen.
- Das Mehl bis zur Verkohlung erhitzen.
- Das Kalkwasser beobachten.
- Reagenzglaswand im oberen Bereich betrachten. Einen Streifen Watesmo-Testpapier an die Innenseite des Reagenzglases halten.



Entsorgung:

Feststoffreste (trocken!) in einem Abfallgefäß sammeln und nach dem Abkühlen im Restmüll entsorgen. Das Reagenzglas in der Spülmaschine reinigen. Die Suspension der Nachweisreaktion im Abfluss entsorgen

Quelle: (11)

Nachweis von Schwefel in organischen Verbindungen



Bleiacetat ist als KMR Stoff der Kategorie 1A eingestuft (H360Df: Kann das Kind im Mutterleib schädigen. Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen.). Für Schüler, werdende oder stillende Mütter besteht ein Tätigkeitsverbot mit Bleiacetat. Eine Ausnahme stellt der Umgang mit Bleiacetat-Papier dar. Nach [RISU I – 3.6.1](#) ist der Stoff auf dem Nachweispapier nicht bioverfügbar, d. h. es erfolgt keine Exposition über die Haut, die Atemluft oder durch Verschlucken. Der Einsatz von Bleiacetat-Papier ist daher sogar im Schülerexperiment möglich. (Stand RISU 26.02.2016)

Bei dem Experiment werden geringe Mengen Schwefelwasserstoff freigesetzt. Dihydrogensulfid ist ein giftiges und brennbares Gas ([GHS02; GHS06; GHS09]). Es riecht intensiv nach faulen Eiern. Das Experiment sollte aus diesen Gründen im Abzug erfolgen.

Geräte:

Reagenzglas, Reagenzglasklammer, Pinzette, Brenner

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Wollstoff oder Bettfedern, Bleiacetat-Papier [GHS08; GHS09 (Siehe Sicherheitshinweis)]

Durchführung:

- In das Reagenzglas Bettfedern geben und mit dem Brenner erhitzen.
- An die Öffnung des Reagenzglases ein angefeuchtetes Stück Bleiacetat-Papier halten und betrachten.

Entsorgung:

Bleiacetatpapier und die Reste des untersuchten Stoffes in einem Gefäß sammeln und abschließend im Betriebsmittelabfall entsorgen. Das Reagenzglas in der Spülmaschine reinigen.

Quelle: (11)

Nachweis von Stickstoff in organischen Verbindungen



Bei dem Experiment werden geringe Mengen Ammoniak, ein giftiges und ätzendes Gas ([GHS06; GHS05; GHS09]), freigesetzt. Der MAK-Wert von $14\text{mg}/\text{m}^3$ wird dabei allerdings nicht überschritten, so dass ein Arbeiten im Abzug nicht zwingend erforderlich ist.

Geräte:

Reagenzglas, Spatel, Pipette, Brenner

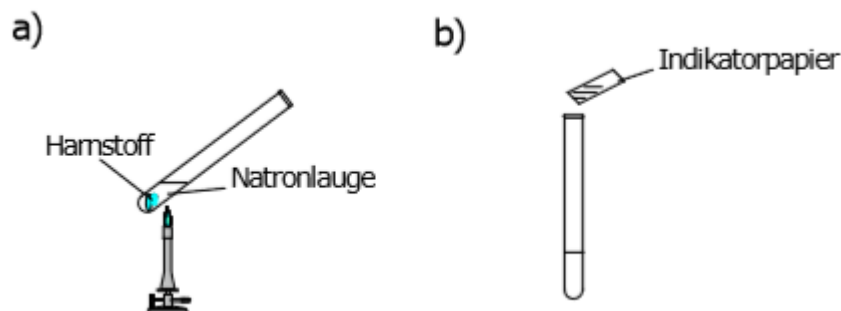
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Harnstoff, Natriumhydroxid-Lösung (30%) [GHS05], Universalindikatorpapier

Durchführung:

- 1 Löffelspatel Harnstoff in ein Reagenzglas geben und mit 2 ml Natriumhydroxid-Lösung versetzen. Beim Einfüllen darauf achten, dass der obere Rand des Reagenzglases weder mit Harnstoff, noch mit Natriumhydroxid-Lösung benetzt wird.
- Das Gemisch leicht erwärmen.
- Den Geruch der austretenden Gase aus dem Reagenzglas durch vorsichtiges Zufächeln prüfen.
- Ein angefeuchtetes Universalindikatorpapier über die Reagenzglasöffnung halten und beobachten.



Entsorgung:

Lösung im Behälter für wässrige organische Lösungen sammeln.

Quelle: (11)

Eigenschaften von organischen Verbindungen: Ermitteln des Flammpunktes von Paraffinöl



Bei diesem Versuch kann es zu offenem Feuer kommen. Die davon ausgehende Gefahr sollte so gering wie möglich gehalten werden. Alle sonstigen brennbaren Stoffe müssen von dem Experimentierfeld entfernt werden. Es muss immer etwas zum Löschen der Flammen bereitgehalten werden. In diesem Fall reicht ein Uhrglas oder ein Keramikdrahtnetz zum Abdecken des Becherglases aus. Grundsätzlich einen Feuerlöscher bereitstellen. Es besteht Verbrennungsgefahr an der heißen Herdplatte, sowie durch das erhitzte Paraffinöl, das Temperaturen weit über 200 °C erreicht. Das Becherglas mit heißem Paraffinöl darf nur mit Hitzhandschuhen transportiert werden.

Geräte:

Becherglas (250 ml), Magnetheizrührer, Magnetrührstab, Thermometer (bis 300 °C), Holzspan (oder Stabfeuerzeug), Uhrglas, Stativmaterial, Hitzhandschuhe

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Paraffinöl [GHS08]

Durchführung:

- In das Becherglas etwa 40-50 ml Paraffinöl einfüllen (bis knapp unterhalb der 50 ml Markierung des Becherglases).
- Becherglas mit Paraffinöl und Magnetrührstab auf den Magnetheizrührer stellen. Eine Stativklammer über dem Becherglas positionieren, damit der Temperaturfühler fixiert werden kann. Der Temperaturfühler muss in die Flüssigkeit eintauchen, sollte aber den Boden des Becherglases nicht berühren.
- Rührer und Heizung (max. Stufe) anschalten.
- Bei einer bestimmten Temperatur entweichen aus dem Paraffinöl Dämpfe, die man versucht mit einem Brennspan zu entzünden. (Der Flammpunkt ist erreicht, wenn sich die entweichenden Dämpfe entzünden lassen und anschließend sofort wieder erlöschen.)
- Sobald sich die ersten Dämpfe entzünden (lässt sich nur akustisch wahrnehmen), die Heizung ausschalten. Die Temperatur ablesen.
- Den Flammpunkt mehrmals demonstrieren.
- Wenn die Temperatur der Flüssigkeit wieder unterhalb des Flammpunktes gefallen ist, den Temperaturfühler entfernen.

Entsorgung:

Reste im Abzug gut auskühlen lassen und im Behälter für organische Lösungsmittel sammeln.

Eigenschaften von organischen Verbindungen

Fettbrand und Löschen eines Fettbrands



Bei diesem Versuch wird bewusst offenes Feuer in Form einer großen Stichflamme erzeugt, um die von einem Fettbrand ausgehenden Gefahren zu demonstrieren. Die damit verbundene Gefährdung muss beachtet werden.

Idealerweise führt man das Experiment im Freien durch, wobei ein ausreichend großer Sicherheitsabstand einzuhalten ist. Es besteht Verbrennungsgefahr hervorgerufen durch die Stichflamme und spritzendes Fett. Sollte kein ausreichender Sicherheitsabstand eingehalten werden können, muss das Experiment hinter einer Schutzscheibe durchgeführt werden. Alle brennbaren Stoffe müssen von dem Experimentierfeld entfernt werden. Löschmittel (Feuerlöscher, Löschdecke) müssen bereitgestellt werden. Zum endgültigen Löschen des Brandes muss eine feuerfeste Abdeckung (Metalldeckel oder Keramikdrahtnetz) für das Experimentiergefäß zur Hand sein.

Die Menge des in Brand gesetzten Fettes sollte 100 ml keinesfalls überschreiten.

Innerhalb geschlossener Räume sollte das Experiment nur in einer feuerfesten Box durchgeführt werden, aus der die Stichflamme in der dafür vorgesehenen Öffnung austreten kann.

Geräte:

Brenner, Eisentiegel, Stativring, Tondreieck, Metalldeckel, Spritzflasche mit Wasser, Stativmaterial, Tiegelzange

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Speiseöl

Durchführung:

- Den Tiegel bis maximal 1 cm unterhalb des Randes mit Speiseöl füllen und ihn mit Hilfe des Stativringes und des Tondreiecks über einem Brenner montieren.
- Das Speiseöl mit dem Brenner erhitzen, bis es sich entzünden lässt, oder sich von selbst entzündet.
- Brenner entfernen.
- In das brennende Speiseöl hinter einer Schutzscheibe(!) Wasser spritzen.
- Beobachten.
- Das noch brennende Öl in dem Tiegel durch Abdecken des Tiegels mit einem Metalldeckel löschen.

Entsorgung:

Reste nach dem Abkühlen verwerfen.

Quelle: (32)

Mehlstaubverpuffung



Bei diesem Versuch wird bewusst ein offenes Feuer erzeugt. Die davon ausgehende Gefahr sollte daher so gering wie möglich gehalten werden. Alle sonstigen brennbaren Stoffe müssen von dem Experimentierfeld entfernt werden. Es muss immer etwas zum Löschen der Flammen bereitgehalten werden. Grundsätzlich einen Feuerlöscher bereitstellen.

Geräte:

Becherglas (250 ml), Rezipientenglocke, Kerze auf einem Verbrennungslöffel, Trichter mit passendem durchbohrtem Stopfen, Gebläse, Gummischlauch, Holzspan, Stativmaterial

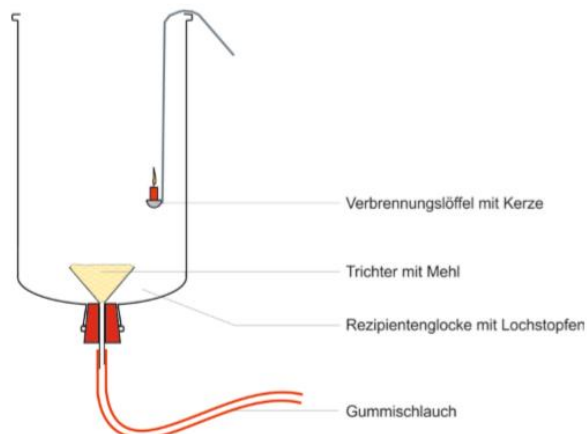
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Mehl, Bärlappsporen

Durchführung:

- Die Rezipientenglocke mit der Öffnung nach oben an einem Stativ fixieren. In der unteren Öffnung der Glocke einen Trichter mittels einem durchbohrtem Stopfen mit dem Auslauf nach außen hin montieren.
- An den Auslauf des Trichters einen Schlauch anschließen.
- Eine zum Füllen des Trichters ausreichende Portion Mehl in einem Becherglas mit 1-2 Spatellöffel Bärlappsporen vermischen.
- Das Gemisch mit einem brennenden Holzspan in dem Becherglas auf Entzündbarkeit untersuchen.
- Das Gemisch in den Trichter füllen, dabei den Schlauch nach oben halten.
- Kerze auf dem Verbrennungslöffel entzünden und in die Rezipientenglocke einhängen.
- Gemisch durch Blasen in den Gummischlauch aufwirbeln.



Entsorgung:

Gebrauchtes Mehl verwerfen.

Quelle: (32)

Flammenwerfer: Selbstentzündung von Wachsdämpfen



Bei diesem Versuch wird bewusst ein offenes Feuer erzeugt. Die davon ausgehende Gefahr sollte daher so gering wie möglich gehalten werden. Alle sonstigen brennbaren Stoffe müssen von dem Experimentierfeld entfernt werden. Grundsätzlich einen Feuerlöscher bereitstellen.

Bei diesem Versuch kommt es zu einer **Stichflamme** sowie zum **Verspritzen von heißem Wachs**. Daher sollte hinter einer **Schutzscheibe** gearbeitet werden. Auf das Tragen von persönlicher Schutzausrüstung (Schutzbrille!!!) kann keinesfalls verzichtet werden.

Geräte:

Kristallisierschale, Reagenzglas (16 mm/Fiolax), Reagenzglasklammer, Messer, Brenner

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Kerzenwachs

Durchführung:

- Das Reagenzglas etwa 4-5 cm hoch mit Kerzenwachs füllen, welches vorher mit dem Messer von einer Kerze abgeschält worden ist.
- Die Kristallisierschale mit Wasser füllen.
- Das Kerzenwachs in der Brennerflamme schmelzen und zum Sieden bringen. Das Wachs sollte solange erhitzt werden, bis es eine leicht gelbliche Färbung annimmt.
- Den Brenner löschen und das Reagenzglas in das Wasser eintauchen (Die Öffnung nicht auf Personen oder sich selbst richten).
- Beobachten.



Entsorgung:

Reste verwerfen. Mit Kerzenwachs verschmutzte Geräte lassen sich gut mit Spülmaschinenreiniger säubern.

Quelle: (33)

OC – Reaktionen der Kohlenwasserstoffe

Die organischen Stoffe lassen sich durch charakteristische Strukturen oder Substituenten in Stoffklassen kategorisieren. Damit sind Stoffeigenschaften und Reaktionen voraussagbar. Während in der anorganischen Chemie der Fokus auf den Edukten und den Produkten liegt, rückt der Reaktionsprozess bei Betrachtung organischer Reaktionen stärker in den Fokus. Reaktionssschritte organischer Mechanismen lassen sich dabei immer auf das Donator-Akzeptor Prinzip zurückführen, z. B. Elektrophile reagieren mit Nucleophilen. Wie in einem Baukastenprinzip, lassen sich funktionelle Gruppen so einsetzen, dass je nach Reaktionsbedingungen eine Vielzahl an unterschiedlichen Produkten oder Ausbeuten möglich ist. Diese Funktionalisierung organischer Stoffe und Steuerung von Prozessen ist für die chemische Industrie immens wichtig. Die folgenden Experimente lassen sich einsetzen, um die Stoffeigenschaften bzw. die Reaktivität bestimmter Stoffklassen durch Betrachten makroskopischer Veränderungen (Farbänderung, pH Änderungen, Nachweise) und über den Rückschluss auf den Mechanismus (submikroskopisch) zu demonstrieren.

Reaktion von Alkanen mit Brom



Brom ist ein starker Reiz- und Ätzstoff für Haut Augen und Schleimhäute. Das Einatmen von Bromdämpfen führt zur Verätzungen der Atemwege. Flüssiges Brom verursacht auf der Haut schmerzhaft Nekrosen und bei längerer Einwirkung schlecht heilende Geschwüre. Es ist daher im Abzug und mit Handschuhen zu arbeiten. Bei Hautkontakt mit Brom als Sofortmaßnahme die betroffene Stelle mit fließendem Wasser spülen und mit 10%iger Natriumhydrogencarbonat-Lösung abwaschen. (Weitere Hinweise zum Umgang mit Brom Siehe S. 30)

Geräte:

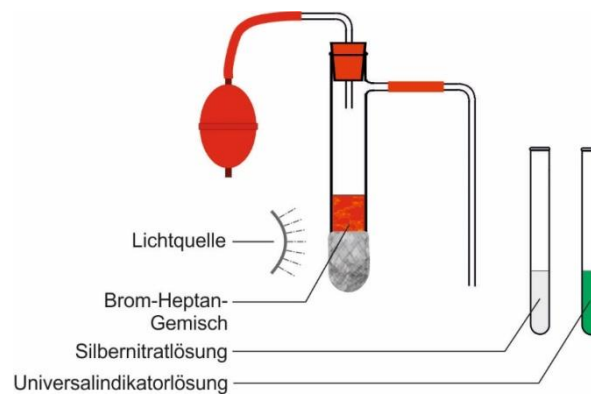
1 Reagenzglas mit seitlichem Ansatz (30 mm), 4 Reagenzgläser, 1 Handgebläse, 1 Lichtquelle (Fotolampe oder Diaprojektor), 1 Pipette, Hülse aus Aluminium, Schlauchstücke, Gaseinleitungsrohr, gewinkeltes Glasrohr, Stativmaterial

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Heptan [GHS02, GHS07, GHS08, GHS09], Brom [GHS05, GHS06, GHS09], Silbernitratlösung 0,1 M [GHS05, GHS09], Universalindikator, Natriumhydrogencarbonat-Lösung (10 %ig)

Durchführung:



- Das Reagenzglas mit seitlichem Ansatz etwa 9 cm hoch mit Heptan füllen und fixieren.
- Einen durchbohrten Stopfen mit gewinkelt Glasrohr, an dem ein Handgebläse montiert ist, auf das Reagenzglas mit Ansatz aufsetzen. (Das Glasrohr darf nicht in die Flüssigkeit eintauchen.)
- An den seitlichen Ansatz ein Gaseinleitungsrohr montieren.
- 2 Reagenzgläser mit Nachweisreagenzien (Silbernitrat-Lösung und Universalindikator-Lösung) bereitstellen. (In zwei weiteren Reagenzgläsern die entsprechenden Rückstellproben bereithalten.)
- Das Reagenzglas mit Aluminiumfolie so ummanteln, dass nur noch die Hälfte des Füllstandes zu sehen ist.
- 4-5 Tropfen Brom zu dem Heptan geben (Handschuhe!)
- Mit einer Lichtquelle das Gemisch solange belichten, bis eine deutliche Farbänderung eingetreten ist.
- Die Aluminiumhülle entfernen. Reagenzglasinhalt betrachten.
- Das Gemisch erneut belichten, bis keine Farbänderung mehr zu beobachten ist.
- Das Gaseinleitungsrohr in das Reagenzglas mit Silbernitratlösung eintauchen und vorsichtig mit dem Handgebläse die Gasphase über dem Reaktionsgemisch durch die Silbernitratlösung leiten.
- Beobachten.
- Das Reagenzglas mit Silbernitratlösung durch das mit Universalindikator-Lösung austauschen und den Rest der Gasphase durch die Indikator-Lösung leiten.
- Beobachten.
- Beide Nachweisproben mit den jeweiligen Rückstellproben vergleichen.

Entsorgung:

Das Reaktionsgemisch im Behälter für halogenhaltige organische Lösungen sammeln. Die Lösung darf nicht mehr gelblich gefärbt sein, Brom muss vor der Entsorgung vollständig umgesetzt sein.

Die Silbersalzlösung im Behälter für Silbersalzlösungen sammeln. Universalindikatorlösung im Behälter für wässrige Lösungen geben.

Quelle: (4)

Nachweis von ungesättigten Kohlenwasserstoffen



Zur Identifikation von ungesättigten organischen Verbindungen zieht man in der Schule deren Reaktion mit Bromwasser heran. Bromwasser wird von ungesättigten organischen Verbindungen entfärbt. Für eindeutige Resultate darf die Konzentration des Bromwassers nicht zu konzentriert sein. Das Bromwasser sollte eine gelbe Farbe haben.

Reaktionsprodukte dieser Nachweisreaktion sind halogenierte Kohlenwasserstoff-Verbindungen von denen Gesundheitsgefährdungen ausgehen können.

Namentlich sei hier 1,2-Dibromethan erwähnt, welches beim Nachweis von Ethen entsteht. Hierbei handelt es sich um einen cancerogenen Stoff der Kategorie 2. Da der Stoff bei der Nachweisreaktion allerdings nur in geringen Mengen entsteht ist laut [DGUV Regel 113-018](#) die Reaktion sogar im Schülerexperiment möglich.

Darstellen von Ethen



Geräte:

Reagenzglas (16 mm, DURAN) mit passendem Lochstopfen, Gaseinleitungsrohr, Reagenzglas mit seitlichem Ansatz (16 mm) mit passendem Lochstopfen, Flammenfalle, Schlauchrohrstücke, Spatel, 1 Pipette, Stativmaterial

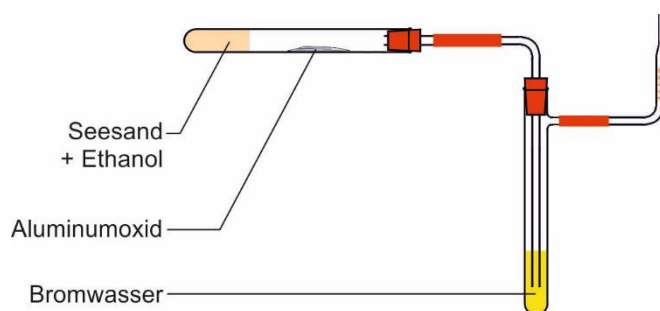
								
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Sand, Ethanol [GHS02, GHS07], Aluminiumoxid, Bromwasser [GHS05, GHS06, GHS09]

Durchführung:

- Das Reagenzglas etwa 3 cm hoch mit Sand füllen.
- Den Sand mittels Pipette mit Ethanol befeuchten. Dabei darauf achten, dass die Reagenzglaswände nicht mit Ethanol befeuchtet werden.
- Das Reagenzglas waagrecht einspannen und etwa in der Mitte eine 2-3 cm lange Spur aus Aluminiumoxid einbringen. Anschließend mit einem Stopfen und Gaseinleitungsrohr verschließen.
- Ein Reagenzglas mit seitlichem Ansatz etwa 3 cm hoch mit Bromwasser füllen. (Das Bromwasser sollte eine gelbe Farbe haben; Rückstellprobe bereitstellen.)
- Das Gaseinleitungsrohr in das Bromwasser eintauchen und das Reagenzglas mit seitlichem Ansatz gleichzeitig mit einem Lochstopfen verschließen.
- An den seitlichen Ansatz eine Flammenfalle montieren.
- Das Aluminiumoxid stark erhitzen.
- Anschließend vorsichtig den mit Ethanol getränkten Sand erhitzen, damit das Ethanol langsam verdampft.



- Farbe des Bromwassers betrachten.
- Das entweichende Gas an der Flammenfalle entzünden.
- Sollte das Gas an der Flammenfalle nicht beständig brennen, das Gaseinleitungsrohr nach Entfärbung des Bromwassers aus der Lösung ziehen und das Gas erneut an der Flammenfalle entzünden.
- Flamme betrachten.
- Das Bromwasser nach der Reaktion mit der Rückstellprobe vergleichen. Erklären.

Entsorgung:

Reste verwerfen. Das entfärbte Bromwasser im Behälter für halogenhaltige organische Lösungen sammeln.

Quelle: (4)

Darstellen von Ethin



Calciumcarbid ist herstellungsbedingt mit Calciumphosphid verunreinigt, welches bei der Hydrolyse Phosphan (Phosphorwasserstoff) freisetzt. Phosphan ist ein hochentzündliches, giftiges, nach Knoblauch riechendes Gas. Die Apparatur sollte daher im Abzug abgebaut werden.

Ethin bildet mit Schwermetallen wie z.B. Kupfer explosives Kupferacetylid. Es darf nicht durch kupferhaltige Armaturen geleitet werden. Idealerweise sollte die verwendete Flammenfalle daher aus Eisenwolle bestehen. In Anbetracht der geringen Menge Ethin, die in dem Experiment durch die Flammenfalle strömt, kann in diesem speziellen Fall auch Kupfer verwendet werden.

Geräte:

Reagenzglas mit seitlichem Ansatz (30 mm) und passendem Lochstopfen, Tropftrichter, Reagenzglas mit seitlichem Ansatz (16 mm) und passendem Lochstopfen, Gaseinleitungsrohr, Flammenfalle, Schlauchverbindungsstücke, Löffelspatel, Stativmaterial

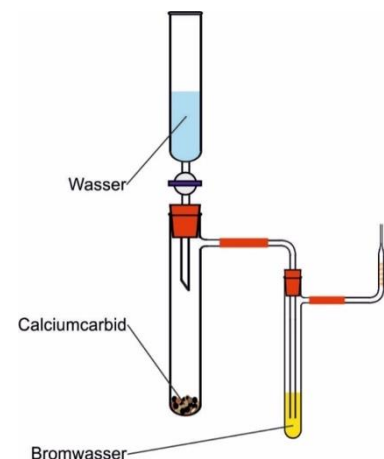
GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Calciumcarbid [GHS02, GHS05, GHS07], Bromwasser [GHS05, GHS06, GHS09], Wasser

Durchführung:

- In das Reagenzglas mit seitlichem Ansatz 2-3 Spatellöffel Calciumcarbid (keinen Staub!) einfüllen.
- Auf das Reagenzglas mittels Lochstopfen den Tropftrichter montieren.
- An den seitlichen Ansatz ein Gaseinleitungsrohr anschließen.
- Das Reagenzglas mit seitlichem Ansatz etwa 3 cm hoch mit Bromwasser füllen. (Das Bromwasser sollte gelb sein;



Rückstellprobe bereitstellen.)

- Das Gaseinleitungsrohr in das Bromwasser eintauchen und das Reagenzglas mit einem Lochstopfen verschließen.
- An den seitlichen Ansatz eine Flammenfalle montieren.
- Den Tropftrichter mit Wasser befüllen.
- Wasser langsam zutropfen lassen.
- Das entweichende Gas an der Flammenfalle entzünden.
- Bromwasser betrachten.
- Sollte das Gas an der Flammenfalle nicht beständig brennen, das Gaseinleitungsrohr aus der Lösung ziehen und das Gas erneut an der Flammenfalle entzünden.
- Flamme betrachten.
- Bromwasser mit der Rückstellprobe vergleichen.

Entsorgung:

Calciumcarbid im Abzug vollständig mit Wasser umsetzen und ausgasen lassen. Die entstandene Kalkmilch mit verd. Schwefelsäure neutralisieren. Das entstandene Calciumsulfat von der Lösung abtrennen und anschließend die Reste getrennt verwerfen. Die Reste des Bromwassers im Behälter für halogenhaltige organische Lösungen sammeln.

Quelle: (4) (8)

Unterscheidung primärer, sekundärer und tertiärer Alkohole



Geräte:

3 Reagenzgläser (16 mm), Becherglas (600 ml), Dreifuß mit Keramikdrahtnetz, Thermometer

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

n-Propanol [GHS02, GHS05, GHS07], Isopropanol [GHS02, GHS07], tertiäres Butanol [GHS02, GHS07], Kaliumpermanganat-Lösung (c = 0,001 mol/l) [GHS05, GHS09], Schwefelsäure (c = 5 mol/l) [GHS05]

Durchführung:

- Auf einem Dreifuß ein Wasserbad von etwa 60 °C in dem Becherglas (600 ml) bereiten.
- Von den Alkoholen gibt man etwa 5 ml in je ein Reagenzglas. Beschriften!
- In einem Becherglas (100 ml) werden 10 ml Kaliumpermanganat-Lösung (0,001 mol/l) mit etwa 1 ml Schwefelsäure (5 mol/l) angesäuert.
- Zu jeder Alkoholprobe werden 3 ml der angesäuerten Kaliumpermanganat-Lösung gegeben.
- Die Proben anschließend möglichst gleichzeitig in das Wasserbad stellen.
- Zeitdauer der Farbänderungen vergleichend beobachten. Erklären.

Entsorgung:

Reste im Behälter für organische Lösungen sammeln.

Quelle: (11)

Unterscheidung primärer, sekundärer und tertiärer Alkohole

Variante Petrischale



Geräte:

3 Petrischalen, Pipetten, eventuell Wasserbad und Reagenzglas, Overheadprojektor (OHP)

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

n-Propanol [GHS02, GHS05, GHS07], Isopropanol [GHS02, GHS07], tertiäres Butanol [GHS02, GHS07], Kaliumpermanganat-Lösung (c = 0,001 mol/l) [GHS05, GHS09], Schwefelsäure (c = 5 mol/l) [GHS05]

Durchführung:

- Eventuell das tert. Butanol (falls es fest ist, Smp 26°C) in ein Reagenzglas geben und im Wasserbad von etwa 60 °C schmelzen.
- Von den Alkoholen werden etwa 5 ml in je eine Petrischale gegeben. OHP! Beschriften!
- In einem Becherglas (100 ml) werden 10 ml Kaliumpermanganat-Lösung (0,001 mol/l) mit etwa 1 ml Schwefelsäure (5 mol/l) angesäuert.
- Zu jeder Alkoholprobe werden 3 ml der angesäuerten Kaliumpermanganat-Lösung gegeben. Bei dem primären Alkohol beginnen, dann den sekundären und zuletzt den tertiären mit der angesäuerten Kaliumpermanganat-Lösung versetzen!
- Zeitdauer der Farbänderungen vergleichend beobachten. Erklären.

Entsorgung:

Reste im Behälter für organische Lösungen sammeln.

Quelle: (11)

Oxidation von Ethanol



Geräte:

Reagenzglas (16 mm) mit passendem Stopfen, Stopfen, Reagenzglashalter

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Ethanol [GHS02, GHS07]; Schiffs Reagenz, Kupferdrahtwendel

Durchführung:

- Reagenzglas mit Ethanol füllen und das gesamte Ethanol wieder ausgießen. Der verbliebene Rest ist für die Reaktion ausreichend.
- Die Kupferdrahtwendel bis zum Glühen erhitzen.
- Kupferdraht aus der Brennerflamme nehmen und betrachten.
- Die noch warme Kupferdrahtwendel in das mit Ethanol gespülte Reagenzglas eintauchen und mit dem Stopfen verschließen.
- Kupferdraht betrachten.
- Den Vorgang mehrmals wiederholen (zügig arbeiten).
- Reagenzglas mit Vollstopfen verschließen.
- In das Reagenzglas mit den umgesetzten Ethanoldämpfen etwa 3 ml farbloses Schiffs-Reagenz geben und die Färbung der Lösung betrachten.

Entsorgung:

Lösung im Behälter für wässrige Lösungen sammeln.

Quelle: (4)

Organische Chemie

Alkansäuren und Kohlenhydrate

Redoxreaktionen, wie man sie aus der Anorganik kennt, spielen bei organischen Prozessen ebenso eine Rolle. Ob ein Kohlenstoffatom einer organischen Verbindung als Oxidations- oder Reduktionsmittel fungiert, hängt von der strukturellen Umgebung ab, sprich von den weiteren gebundenen Atomen. Im Methanol hat der Kohlenstoff beispielsweise eine Oxidationszahl von -II, während er im Aldehyd eine Oxidationszahl von +I besitzt. Durch das dadurch resultierende Reaktionsverhalten lassen sich Alkohole, Alkanale und Alkansäuren voneinander unterscheiden und nachweisen. Die strukturelle Umgebung am Kohlenstoff bestimmt aber nicht nur das Redoxverhalten, sondern auch die Stoffeigenschaften. Dies wird deutlich, wenn man die Acidität unterschiedlicher Alkohole oder Alkansäuren betrachtet.

Stellen Sie vorab von allen verwendeten Edukten die LEWIS-Formel auf und ermitteln Sie die Oxidationszahlen. Das erleichtert Ihnen die Beobachtungen zu deuten.

Vergleichbarkeit der Oxidierbarkeit von Essigsäure und Ameisensäure



Geräte:

2 Petrischalen, Overheadprojektor

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

konz. Essigsäure [GHS02], konz. Ameisensäure [GHS02, GHS06, GHS05], Schwefelsäure (c=5mol/L) [GHS05], Kaliumpermanganatlösung (c=0,01mol/L)

Durchführung:

- In die erste Petrischale 10 ml konz. Ameisensäure und 10 ml Schwefelsäure, in die zweite Petrischale 10 ml konz. Essigsäure und 10 ml Schwefelsäure geben.
- Die beiden Petrischalen auf den Overheadprojektor stellen.
- Zu jeder der beiden Proben gibt man jeweils 1 ml Kaliumpermanganatlösung.
- Vergleichend beobachten

Entsorgung:

Reste im Behälter für organische Lösungen (mit Wasser mischbar) sammeln.

Quelle: (34)

Acidität phenolischer OH-Gruppen



Phenolphthalein ist ein gesundheitsgefährdender Stoff. Nach der EUZ-GHS-Einstufung ist davon auszugehen, dass bei wiederholter Exposition irreversible Gesundheitsschäden auftreten können (Keimzellenmutagenität Kategorie 2, Karzinogenität Kategorie 1B und Reproduktionstoxizität Kategorie 2) Diese Einstufung gilt für den Reinstoff. Stoffgemische können hiervon abweichen, so ist die spezifische Konzentrationsgrenze für die Einstufung der Karzinogenität Kategorie 1B erst ab Gemischen mit einer Konzentration $C \geq 1\%$ gültig.

An Schulen ist die Verwendung von Phenolphthalein, mit Ausnahme zum Ansetzen von Indikatorlösungen, nicht gestattet.

Bei der von uns verwendeten Indikatorlösung handelt es sich um eine 0,1%ige Lösung (0,1 g Phenolphthalein in 100 ml 70%igem Ethanol). Eine Konzentration unterhalb der spezifischen Konzentrationsgrenze von Phenolphthalein. (In den Versuchsvorschriften ist die Einstufung der Phenolphthalein-Indikatorlösung dem Sicherheitsdatenblatt einer 1%igen Lösung in Ethanol entnommen, für geringer konzentrierte Lösungen sind keine Sicherheitsdatenblätter aufzufinden.)

Quelle: (8) (9) (10)

Geräte:

2 Reagenzgläser (16 mm), Spatel, Pipette, Handschuhe

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Natriumhydroxid-Lösung ($c=0,01\text{mol/L}$) [GHS05], Resorcin [GHS08, GHS07, GHS09], Ethanol [GHS02, GHS07], Phenolphthalein-Indikatorlösung [GHS08]

Durchführung:

- In die beiden Reagenzgläser werden jeweils etwa 3 ml Natronlauge eingefüllt und mit einigen Tropfen Phenolphthalein-Indikatorlösung versetzt.
- In eines der beiden Reagenzgläser eine Spatelspitze Resorcin geben. Schutzhandschuhe tragen.
- In das andere einige Tropfen Ethanol geben.
- Färbung der Lösungen vergleichend betrachten.

Entsorgung:

Lösungen im Behälter für organische Lösungen (mit Wasser mischbar) sammeln.

Quelle: (15) (13)

Reaktion von konzentrierter Schwefelsäure mit Kohlenhydraten



Schwefelsäure ist eine stark ätzende Säure, Augen- und Hautkontakt sind unbedingt zu vermeiden. Bei der Reaktion bilden sich stechend riechende Gase, ein Arbeiten im Abzug ist daher zu empfehlen.

Geräte:

Becherglas (250 ml, hohe Form), Glasstab, große Kristallisierschale

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

konz. Schwefelsäure [GHS05], Zucker (raffiniert), Wasser

Durchführung:

- Das Becherglas zu 1/3 mit Zucker füllen und in eine Kristallisierschale stellen.
- Den Zucker mit etwas Wasser befeuchten und gut durchrühren.
- Soviel konz. Schwefelsäure zugeben, bis alles gut benetzt ist und nochmals gut durchrühren.
- Die Reaktion setzt mit einer kurzen Zeitverzögerung ein.
- Beobachten.

(Der Versuch kann auch in einer anderen Variante durchgeführt werden. In dieser erfolgt die Durchführung in einem schräg eingespannten Reagenzglas (20 mm). Unter die Öffnung des Reagenzglases wird die Kristallisierschale zum Auffangen des Reaktionsproduktes gestellt. Ansonsten erfolgt die Durchführung wie oben beschrieben)

Entsorgung:

Das feste Reaktionsprodukt im Behälter für Reaktionsrückstände sammeln. Becherglas einmal mit Wasser ausspülen und die Lösung im Behälter für Organische Lösungen mit Wasser mischbar sammeln.

Quelle: (4)

Reduzierende Wirkung von Glucose Variante: Tollens Reagenz



„Gealtertes“ Tollens Reagenz ist durch die mögliche Bildung von Knallsilber (Silberfulminat) explosiv. Es darf daher nicht aufbewahrt werden. Das für den Versuch hergestellte Tollens Reagenz muss vollständig umgesetzt werden.

Geräte:

2 Reagenzgläser (16 mm), Becherglas

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Glucose, Silbernitratlösung (w=5%) [GHS05, GHS09], verd. Ammoniaklösung (c=2mol/L) [GHS05, GHS07]

Durchführung:

- In einem Reagenzglas aus etwa 2 ml Silbernitratlösung und verd. Ammoniaklösung Tollens Reagenz herstellen.
(Zu der Silbernitratlösung wird tropfenweise verd. Ammoniaklösung gegeben. Dabei fällt zunächst brauner Niederschlag aus. Es wird dann weiter tropfenweise Ammoniaklösung zugegeben, bis sich der Niederschlag gerade wieder auflöst.)
- In dem Becherglas ein heißes Wasserbad bereiten.
- In dem zweiten Reagenzglas etwa 2 ml Glucoselösung herstellen und das Tollens Reagenz zugeben. Die Mischung in das heiße Wasserbad stellen und beobachten.

Entsorgung:

Lösungsreste im Behälter für anorganische Lösungen (pH<7) sammeln. Das Reagenzglas ggf. mit konz. Salpetersäure reinigen oder verwerfen.

Quelle: (14) (35)

Untersuchen auf reduzierende Eigenschaften mittels Fehling-Probe



Geräte:

3 Reagenzgläser, Löffelspatel, Becherglas (600 mL), Thermometer

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Saccharose, Fructose, Glucose, Fehling I [GHS07; GHS09], Fehling II [GHS05]

Durchführung:

- Bei dem Versuch kommt es nicht auf den Einsatz bestimmter Konzentrationen an. Wichtig ist, dass vergleichbare Mengen verwendet werden.
- In drei Reagenzgläsern jeweils eine wässrige Lösung des zu untersuchenden Stoffes ansetzen. Dazu etwa eine Löffelspatelspitze des jeweiligen Stoffes (Saccharose, Fructose und Glucose) in 3-4 mL Wasser lösen.
- In einem weiteren Reagenzglas Fehling Reagenz herstellen, indem man die Lösungen Fehling I und Fehling II zu gleichen Teilen miteinander vermischt, bis eine tiefblaue, klare Lösung entsteht.
- Jeweils etwa 1-2 mL der Fehling-Reagenzlösung zu den hergestellten Probenlösungen geben.
- Die Proben anschließend in ein 40 – 45 °C warmes Wasserbad (kann aus der Warmwasserleitung entnommen werden) stellen (
- Beobachten und nach etwa 5 Minuten abschließend betrachten.

Entsorgung:

Die Lösungen, bzw. Suspensionen, im Behälter für organische Abfälle mit Wasser mischbar sammeln.

Nachweisen von Stärke in Nahrungsmitteln mit Iod-Kaliumiodid-Lösung



Geräte:

Uhrglas, Pipette

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Iodkaliumiodid-Lösung (Lugolsche Lösung), Weißbrot

Durchführung:

- Auf ein Uhrglas ein Stück Weißbrot mit 3-4 Tropfen Iodkaliumiodid-Lösung versetzen.
- Kontrollansatz mit einer Blindprobe vergleichen.

Entsorgung:

Reste im Hausmüll verwerfen. Lösungen im Behälter für wässrige Lösungen sammeln.

Quelle: (4)

OC – Ester / Farbstoffe / Kunststoffe

Ester finden wir in unserem Alltag in den unterschiedlichsten Bereichen: so kommen sie u.a. in Lebensmitteln in Form von Aromastoffen (Fruchtestern), Fetten und Ölen (Triglyceriden) und Emulgatoren, aber auch als Bestandteil der DNA, chemische Kampfstoffe (Sarin), Biodiesel, Kunststoffe (Polyester) usw. vor.

Die weltweite Kunststoffproduktion betrug im Jahr 2016 336 Millionen Tonnen, im Jahr 2018 waren es schon 348 Millionen Tonnen (I) bei einem Umsatz von 350 Milliarden Euro. Deutschland gehört dabei zu den Ländern mit der größten Nachfrage an Kunststoffen (I). Der Umsatz bei der Produktion von Farbstoffen ist mit 2, 3 Milliarden Euro nur in Deutschland ebenfalls nicht unerheblich (II).

Diese Zahlen belegen die Bedeutung dieser Stoffgebiete in der organischen Chemie.

(I) <https://www.plasticseurope.org/de/newsroom/press-releases/plastics-facts-2018-erschienen>; Zugriff: 03.01.2018, 18h

(II) <https://de.statista.com/prognosen/400185/herstellung-von-farbstoffen-und-pigmenten-in-deutschland---umsatzprognose>
Zugriff: 03.01.2018, 18h

Veresterung / Buttersäureethylester und Propansäurepropylester

Konzentrierte Schwefelsäure ist stark ätzend, deshalb unbedingt Schutzbrille tragen! Bei Hautkontakt sofort abwischen und mit viel Wasser spülen!

Die Stoffe dürfen nur im Wasserbad erhitzt werden, keine offenen Flammen benutzen!

Das Arbeiten im Abzug ist erforderlich (Geruch)!!!!

Geräte:

Heizplatte, Temperaturfühler, Thermometer, großes Becherglas, 4 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Reagenzglashalter, Filterpapier, Pipette, 2 Siedesteinchen.

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Buttersäure [GHS05, GHS07], Ethanol [GHS02, GHS07], Propansäure [GHS02, GHS05, GHS07], 1-Propanol [GHS02, GHS05, GHS07], Schwefelsäure (konz.) [GHS05]

Durchführung:

- 150 ml Wasser im Becherglas auf der Heizplatte erhitzen. Die Wassertemperatur mit Hilfe der Heizplatte konstant auf 90 °C halten. (Reagenzgläser auch schon bei niedrigen Temperaturen ins Wasser stellen).
- 1 ml Ethanol (bzw. 1-Propanol) und 1 ml Buttersäure (bzw. Propansäure) in ein Reagenzglas mit einem Siedestein füllen.
- 0,5 ml konzentrierte Schwefelsäure in das Reagenzglas geben.
- Beobachten.
- Das Reagenzglas mit dem Gemisch ca. 5 Minuten in das Wasserbad stellen und vorsichtig jede Minute schütteln.
- Beobachten.
- Den Geruch der Ausgangsstoffe überprüfen, indem mit Hilfe einer Pipette eine Stoffprobe auf ein Filterpapier gegeben wird.
- Beobachten.

- Ein weiteres Reagenzglas ca. 5 cm hoch mit Wasser füllen. Das Produkt in das Reagenzglas mit Wasser füllen und schütteln. Mit einer Pipette einige Tropfen des Produkts (obere Phase) entnehmen und auf ein Filterpapier geben.
- Beobachten.

Entsorgung:

Alle Reagenzglasinhalte in den organischen Abfall entsorgen.

Verseifung – Reaktion von Kokosfett mit Natriumhydroxid

Vorsichtig beim Erhitzen! Natronlauge kann spritzen oder sogar explosionsartig aufsieden. Natronlauge kann starke Verätzungen der Augen und der Haut verursachen. Bei Augenkontakt führt das zum Erblinden. Bei Kontakt mit der Natronlauge mit großen Mengen Wasser spülen (Augenspüldusche).

Geräte:

Bechergläser, Glas und Gummistopfen, Reagenzglasständer Heizplatte, Glasstab, Waage, Messzylinder (50 ml), Spatel

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Kokosfett (20 g), Natronlauge 10-15 % (50 ml) [GHS05], gesättigte NaCl-Lösung (50 ml), dest. Wasser

Durchführung:

- 20 g Kokosfett schmelzen, anschließend mit 50 ml Natronlauge versetzen.
- Das Gemisch auf der Heizplatte erhitzen.
- Eine kleine Probe des geschmolzenen Gemisches in ein Reagenzglas geben, das Reagenzglas mit einem Stopfen verschließen und schütteln.
- Beobachten.
- Das Fett-Natronlauge-Gemisch weitere 20 bis 25 Minuten unter leichtem Rühren kochen. Es sollte kein Fett mehr auf der wässrigen Phase schwimmen.
- Der heiße Seifenleim wird mit 50 ml NaCl-Lösung versetzt.
- Die Lösung abkühlen lassen, wobei sich ein fester Seifenkern bildet.
- Seifenkern abschöpfen und vorsichtig mit dest. Wasser spülen, um Reste der Lauge abzuwaschen.
- Eine Probe der hergestellten Kernseife wird in einem Reagenzglas mit etwas dest. Wasser versetzt und geschüttelt.
- Beobachten.

Entsorgung:

Restmüll

Quelle: (36) (37)

Darstellung von Fluorescein

Geräte:

Reagenzglas (16 mm), Becherglas (1000 ml), UV-Lampe, Spatel

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Phthalsäureanhydrid [GHS05, GHS08, GHS07], Resorcin [GHS08, GHS07, GHS09], wasserfreies Zinkchlorid [GHS05, GHS07, GHS09], Natronlauge (10 %ig) [GHS05]

Sicherheitshinweise:

Der Hautkontakt mit Resorcin sollte vermieden werden, es besteht Gefahr durch Hautresorption.

Durch Phthalsäureanhydrid besteht die Gefahr der Sensibilisierung (Allergisierung). Es wirkt gesundheitsschädlich beim Verschlucken.

Durchführung:

- In das Reagenzglas einen Spatel Phthalsäureanhydrid und die doppelte Menge Resorcin geben.
- Dazu werden 2 Spatel wasserfreies Zinkchlorid gegeben.
- Durch Drehen des Reagenzglases die Stoffe vermischen.
- Das Gemisch über der Brennerflamme vorsichtig erwärmen, bis eine blutrote Schmelze entsteht. (Nicht überhitzen!)
- Nach Abkühlen der Schmelze etwa 3 ml Natronlauge zugeben und gut schütteln.
- Betrachten.
- Das Becherglas mit Wasser füllen und seitlich mit UV-Licht bestrahlen.
- Die Lösung aus etwa einem halben Meter Höhe in das Wasser gießen und beobachten.

Entsorgung:

Die Lösung aus dem 1000 ml Becherglas im Behälter für wässrige Lösungen sammeln. Das Synthesereagenzglas gründlich mit Ethanol spülen und die Lösungsreste im Behälter für organische Lösungen (mit Wasser mischbar) sammeln. Anschließend das Reagenzglas im Behälter für kontaminierten Glasabfall sammeln.

Quelle: (11)

Herstellung einer Polyamidfaser (Grenzflächenkondensation)

Geräte:

Becherglas (250 ml), Glasstab mit passendem durchbohrtem Korkstopfen oder einer Spindel, Pinzette

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

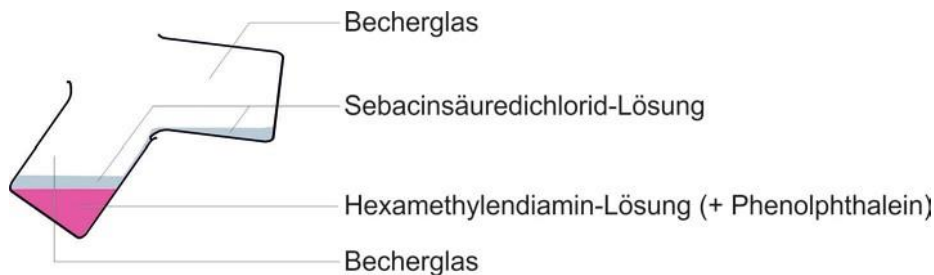
Chemikalien:

Sebacinsäuredichlorid-Lösung [GHS05, GHS07] (2 ml Sebacinsäuredichlorid in 50 ml Pentan[GHS02, GHS08, GHS07, GHS09]),

Hexamethyldiamin-Lösung [GHS05, GHS07] (2,2 g Hexamethyldiamin und 4 g Natriumcarbonat in 50 ml Wasser), Phenolphthalein-Lösung [GHS08]

Durchführung:

- In das Becherglas werden etwa 50 ml der Hexamethyldiamin-Lösung gegeben. Die Lösung kann mit einigen Tropfen Phenolphthalein-Lösung angefärbt werden.
- Die Lösung mit etwa 50 ml Sebacinsäuredichlorid-Lösung vorsichtig überschichten. Dazu das Becherglas leicht schräg halten.

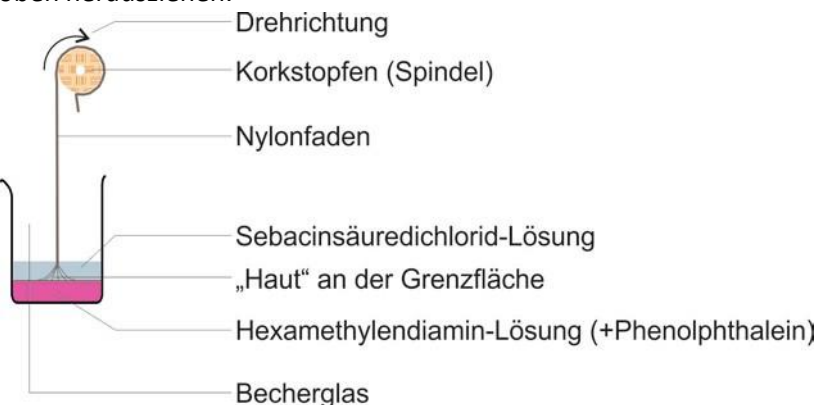


- Oberhalb des Becherglases fixiert man einen Glasstab an dem ein Korkstopfen oder eine Spindel montiert ist.
- Die dünne Haut, die an der Grenzfläche der beiden Lösungen entsteht, mit einer Pinzette vorsichtig fassen und nach oben herausziehen.

- Der sich dabei bildende Faden darf sich nicht an die Wand des Becherglases anlegen.

- Den Faden auf dem Korkstopfen auflegen und durch vorsichtiges Drehen komplett aufwickeln.

- Sollte der Faden dabei abreißen, muss mit der Pinzette erneut ein Faden von der Grenzfläche der beiden Lösungen herausgezogen werden.



Entsorgung:

Kunststoff trocknen lassen und verwerfen. Die Lösungen im Becherglas mit einem Glasstab umrühren, um die Komponenten vollständig umzusetzen. Lösungsreste im Behälter für organische Lösungsmittel sammeln.

Quelle: (11)

(38)

Herstellen eines Holzleims aus Casein

Geräte:

1 kleine Glas-, Porzellan- oder Kunststoffschüssel, 1 Teelöffel oder Löffelspatel, außerdem: flache Holzbrettchen zum Verleimen, Reagenzglashalter oder Wäscheklammer, evtl. Papier-Küchentücher

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Magerquark, Natronlauge 10%ig [GHS05]

Durchführung:

- In das Schüsselchen die Menge von 2-3 gehäuften Teelöffeln Magerquark geben.
- Den Quark durch Abdrücken mit Papiertaschentüchern oder Küchentüchern weitgehend von Feuchtigkeit befreien.
- Den Quark mit der Menge von 2-3 Teelöffeln Natronlauge zu einem dickflüssigen Brei rühren und 10-15 Minuten ruhen lassen.
- Klebproben durchführen, dazu 2 Holzstückchen auf der jeweils zu verklebenden Seite mit Leim bestreichen, aufeinander legen, mit einer Klammer fixieren und trocknen lassen.
- Klebkraft testen.

Hinweis:

Das Durchtrocknen der Verklebungen dauert mindestens 24 Stunden. Dabei müssen die Klebestellen durch die Wäscheklammern ständig unter Druck gehalten werden.

Entsorgung:

Leimreste mit Papier aufnehmen. Alle Reste im Hausmüll verwerfen.

Methodische und fachliche Bemerkungen: Es wird ein sog. Caseinleim hergestellt.

Das natürliche Makromolekül Casein ist in Form von Calciumcaseinat der wichtigste Eiweißbestandteil der Säugetiermilch. Bei Zimmertemperatur quillt Casein in verdünnter Natronlauge auf. Dabei entstehen um die Carboxylat-Ionen und die Hydroxygruppen in den Seitenketten Hydrathüllen, die durch ihre räumliche Ausdehnung die Caseinmoleküle auseinander drängen; in die entstehenden Hohlräume können weitere Wassermoleküle eingelagert werden.

Die Klebkraft des Caseinleims beruht auf den starken Bindungskräften zwischen den Wasserstoffbrücken und den schwächeren van-der-Waals-Kräften zwischen den unpolaren Kohlenwasserstoff-Abschnitten der beteiligten Stoffe.

Andere Arten von Bindungen ergeben sich in der Trocknungsphase der Verklebungen („Abbinden“ des Klebstoffs). Sie entstehen zum einen zwischen den einzelnen Caseinmolekülen; hier bewirken sie die für Klebstoffe charakteristische starke Kohäsion. Zum anderen werden sie zwischen den Caseinmolekülen und den Bestandteilen des zu verklebenden Holzes ausgebildet; dort sorgen sie für die ebenfalls charakteristisch große Adhäsion der Klebstoffe.

In der Praxis werden Caseinleime ausschließlich zum („umweltverträglichen“) Verkleben von Holz eingesetzt.

Caseinleim wurde bereits von den Ägyptern um 1300 v.Chr. zur Holzverleimung verwendet („Leim der alten Ägypter“).

Quelle: (38)

Herstellen eines Polyesters / Reaktion von Zitronensäure mit Glycerin

Geräte:

Reagenzglas, Reagenzglashalter, Reagenzglasständer, Gasbrenner, Spatel, Pipette, Holzstab

GHS01	GHS02	GHS03	GHS04	GHS05	GHS06	GHS07	GHS08	GHS09

Chemikalien:

Glycerin, Zitronensäure [GHS07]

Durchführung:

- Das Reagenzglas mit 1,9 g Zitronensäure füllen.
- 0,3 ml Glycerin dazu gegeben.
- Nach einer guten Durchmischung vorsichtig über der Brennerflamme erhitzen. Das Gemisch sollte etwa 2 min sieden (Achtung: das Gemisch darf sich nur leicht gelb färben).
- Das Reagenzglas abstellen und mit dem Holzstab Fäden ziehen.

Hinweis: Bei starker Rauchentwicklung oder Geruchsbelästigung den Versuch abbrechen.

Entsorgung:

Reagenzglas im Glasabfall entsorgen.

Quellenverzeichnis

1. **Meyendorf, Gerhard.** *Chemische Schulexperimente; Geräte, Chemikalien und Arbeitstechniken.* Frankfurt/M. : Verlag Harri Deutsch - Thun - Frankfurt/M., 1983. Bd. 1, Lizenzausgabe von Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin/DDR. ISBN 3-87144-485-5.
2. **Arbeitskreis Kappenberg Computer im Chemieunterricht.** Experimente & Literatur für den Chemieunterricht. [Online] [Zitat vom: 23. September 2018.] <http://www.teachershelfer.de/experimente-literatur>.
3. **K. Sommer et al.** *Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht.* Seelze : Aulis-Verlag in Friedrich Verlag GmbH,, 2018. S. 494-498.
4. **Obst, H., et al., et al.** Praktikum "Chemische Schulexperimente" Grundpraktikum. Halle/Köthen : Pädagogische Hochschule Halle/Köthen, September 1992. Bd. 1 und 2. Internes Arbeitsmaterial.
5. **Keune, Hans und Filbry, Wolfgang.** *Chemische Schulexperimente, Anorganische Chemie, erster Teil.* Frankfurt/M. : Verlag Harry Deutsch - Thun - Frankfurt/M., 1978. Bd. 2, Lizenzvergabe von Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin. ISBN 3 87144 355 7.
6. **Wiechoczek, Dagmar.** Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie. [Online] 08. Februar 2005. [Zitat vom: 09. November 2011.] <http://www.chemieunterricht.de/dc2/abgas/abgas03.htm>.
7. **Boeck, Helmut.** *Chemische Schulexperimente, Anorganische Chemie, zweiter Teil.* 2. Auflage. Frankfurt/M. : Verlag Harri Deutsch - Thun - Frankfurt/M., 1988. Bd. 3, Lizenzausgabe von Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin/DDR. ISBN 3 87144 356 5.
8. **IFA - Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung.** GESTIS-Stoffdatenbank. *Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung.* [Online] [Zitat vom: 18. 01 2012.] <http://www.dguv.de/ifa/stoffdatenbank>.
9. **DGUV.** Unterricht in Schulen mit gefährlichen Stoffen. [Online] 08 2010. [Zitat vom: 24. 09 2018.] http://publikationen.dguv.de/dguv/udt_dguv_main.aspx?FDOCUID=24126.
10. **Jander, Gerhard und Blasius, Ewald.** *Lehrbuch der analytischen und präparativen anorganischen Chemie.* 11., neubearb. Auflage. Stuttgart : Hirzel Verlag, 1979. ISBN - 3-7776-0353-8.
11. **Häusler, K., Rampf, H. und Reichelt, R.** *Experimente für den Chemieunterricht mit einer Einführung in die Labortechnik.* München : Oldenbourg Verlag GmbH, 1991.
12. **Arbeitskreis Kappenberg.** Materialien für den Chemieunterricht; Band II, Analytik Teil C. *Computer im Chemieunterricht.* 2002. 4. veränderte Auflage.
13. **Gesetzliche Unfallversicherung.** *Informationen für die Erste Hilfe bei Einwirken gefährlicher chemischer Stoffe, GUV 20.10.* [Hrsg.] Fockenstraße 1, 81539 München Bundesverband der Unfallkassen. August 1999. www.unfallkassen.de. GUV 20.10.
14. **Halle/Köthen, Pädagogische Hochschule.** *Praktikum "Chemische Schulexperimente" Grundpraktikum (in zwei Bänden).* Halle / Köthen : s.n., 1992.
15. **Häusler, Karl, Rampf, Heribert und Reichelt, Roland.** *Experimente für den Chemieunterricht.* 2., korrigierte und verbesserte Auflage 1995. München, Düsseldorf, Stuttgart : Oldenbourg Schulbuchverlag GmbH, 1991. ISBN 978-3-486-82841-2.
16. **Rinschen, Matthias.** deinchemielehrer.de. *Chemieklausuren, Arbeitsblätter und mehr.* [Online] [Zitat vom: 04. November 2018.] <http://www.deinchemielehrer.de/aufgaben-mit-loesung/elektrochemie/redoxpotential-halogene.htm>.
17. **H. Lohninger.** Anorganische Chemie. [Online] [Zitat vom: 04. November 2018.] <http://anorganik.chemie.vias.org/bromwasser.html>.
18. **Thum, Werner.** chemie-master.de. *Website für den Chemieunterricht.* [Online] [Zitat vom: 04. November 2018.] <http://www.chemie-master.de/FrameHandler.php?loc=http://www.chemie-master.de/lex/indikat/b21.html>.
19. **Wolfgang Flad.** Institut Dr. Flad. *Berufskolleg für Chemie, Pharmazie, Biotechnologie und Umwelt.* [Online] [Zitat vom: 04. November 2018.] https://www.chf.de/eduthek/wuchu/1994_6.pdf.
20. **Keune, Hans und Boeck, Helmut.** *Chemische Schulexperimente, Band 1 Anorganische Chemie.* s.l. : Volk und Wissen Verlag GmbH & Co, 1998. Bd. 1.
21. **Phywe Systeme GmbH & Co. KG.** Phywe Schriftenreihe. *Cobra4 - Computerunterstütztes Experimentieren: Schüler- und Demonstrationsversuche Physik, Chemie, Biologie, Alltagsphänomene.* 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. Art.Nr. 01330.01.
22. **Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung.** Sicherheit im chemischen Hochschulpraktikum. Oktober 2009 *DGUV Information 213-026.* 2009. Bisherige Nummer BGI/GUV-I 8553.
23. **Institut für Didaktik der Chemie, Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt.** *Hochtemperaturchemie in der Haushaltsmikrowelle.* Frankfurt/Main : s.n., 2005.

24. **Flad, Institut D.** Chemie in der Mikrowelle. [Online] [Zitat vom:] <https://www.chf.de/eduthek/mikrowelle.html>.
25. **von Borstel, Gregor.** Le Chatelier - Gleichgewichte einmal anders. *Chemie mit medizintechnischem Zubehör. Experimente mit ChemZ, Handbuch zu den Versuchen.* 2014. Version 2.2.
26. **Martin-Luther-Universität.** *Praktikum "Chemische Schulexperimente", Aufbaupraktikum.* Halle : s.n., 1993.
27. **Habelitz-Tkoz und et al.** Elektrolyse im Mikromaßstab. *Naturwissenschaft im Unterricht Chemie.* 20, 2009, Nr. 110.
28. **Zehmann, M.** Die Elektrolyse. [Online] [Zitat vom: 25.. 08. 2018.] http://www.ortenburg-gymnasium.de/wp-content/uploads/2016/07/Chemieversuche_Die-Elektrolyse-.pdf.
29. **Witt, Alexander.** Elektrochemie; 4. Der Mechanismus der Ionenleitung. [Online] [Zitat vom: 10.. 12. 2018.] https://www.didaktik.chemie.uni-rostock.de/fileadmin/uni-rostock/Alle_MNF/Chemie_Didaktik/Forschung/Elektrochemie/Elektrochemie1.pdf.
30. **Landesakademie für Fortbildung und Personalentwicklung an Schulen.** Bau eines DANIELL-Elements. [Online] [Zitat vom: 25.. 08. 2018.] https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/chemie/gym/bp2004/fb3/modul1/2_mat_2/e2_030/.
31. Unterrichtsmaterialien Chemie. *Daniell-Element.* [Online] [Zitat vom: 25.. 08. 2018.] <http://unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/7-8/V7-575.pdf>.
32. **Bardl, K., et al., et al.** Praktikum "Chemische Schulexperimente", Aufbaupraktikum CSE 2. Halle : s.n., Februar 1992. Internes Arbeitsmaterial.
33. **Prof.Blume, Rüdiger und Orth, Jean Marc.** Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie. *Prof. Blumes Tipp des Monats Juli 2011 (Tipp-Nr. 49) Der Chemische Flammenwerfer.* [Online] [Zitat vom: 11.. Oktober 2019.] http://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/07_01.htm.
34. **Just, Manfred und Hradetzky, Albert.** *Chemische Schulexperimente, Organische Chemie.* 1. Auflage. Frankfurt/M. : Verlag Harri Deutsch - Thun - Frankfurt/M, 1978. Bd. 4, Lizenzausgabe von Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin/DDR. ISBN 3-87144357-3.
35. **Roempp.** *Thieme Roempp Online.* Stuttgart : Georg Thieme Verlag KG, 2010. Version 3.6.
36. **Jena, Chemiedidaktik Universität.** Experimentiermappe zum Thema Seifen und Waschmittel. [Online] [Zitat vom: 27.. 08. 2018.] https://www.chemiedidaktik.uni-jena.de/chedidmedia/Seifen_Waschmittel.pdf.
37. **Experimentalchemie.de.** Herstellen von Seife (Kernseife). *Versuch des Monats 08/2001.* [Online] [Zitat vom: 11. 10 2019.] <http://www.experimentalchemie.de/versuch-024.htm>.
38. **Vollmer, G., Merschmcke, Ch. und Wacker Chemie GmbH.** *Chemie in Köln und Umgebung.* Köln-Niehl : s.n., 1997.
39. **Martin-Luther-Universität.** *Chemie und Umwelt im Chemieunterricht.* Halle : s.n., 1995.
40. **Bezler, Hans Joachim und Hildebrandt, Volker.** *D-GISS Deutsches-Gefahrstoff-Informationssystem Schule.* [CD] Update 2010/2011, Wiesbaden : Universum Verlag GmbH, 2010.
41. **Kuhnert, Rudi und Legall, Wolf-Dieter.** *Chemische Schulexperimente mit Küvetten.* 1. Auflage. Berlin : Verlag Volk und Wissen, 1990. ISBN 3-06-032161-2.
42. **Kometz, A., Krech, K. und Stiefel, R.** Küvettentchnik. s.l. : Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 1993. Bd. Teil: 2 Anorganische Chemie. Praktikumsanleitung für Schüler, Studenten und Lehrer.
43. **Wiskamp, Proske und Röder.** *Schülerversuche im Chemieunterricht.* 1. Auflage. Frankfurt am Main : Verlag Harri Deutsch, 2002. ISBN 3-8171-1666-7.
44. **Roesky, Herbert W. und Möckel, Klaus.** *Chemische Kabinettstücke.* Weinheim : VCH Verlagsgesellschaft mbH, 1994. ISBN 3-527-29220-9.
45. **Boeck, Helmut.** Experimente für den computerunterstützten Chemieunterricht. *Chemie in der Schule.* 1999, Bd. 2. 46. Jahrgang.
46. **Böhland, H.** *Chemische Schulexperimente, Allgemeine, physikalische und analytische Chemie.* 3. Auflage. Berlin : Volk und Wissen Volkseigener Verlag, 1986. Bd. 5. ISBN 3-06-032144-2.
47. **Meyendorf, Gerhard, et al., et al.** *Chemie; Stoffe - Reaktionen - Umwelt.* 1. Auflage. Berlin : Volk und Wissen Verlag GmbH, 1993. Lehrbuch für Sekundarstufe I. ISBN 3-06-030719-9.
48. **KMK.** Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht (KMK). [Online] <http://www.sinus-hessen.de/sicher/index.htm>.
49. **Keune, Hans und Just, Manfred.** *Chemische Schulexperimente, Band 2 Organische Chemie.* s.l. : Volk und Wissen, 1999.
50. **Obst, H., et al., et al.** Alltagschemie im Chemieunterricht. *Waschmittel - Körperpflege - Kosmetika.* Halle : Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 1995. Bd. Teil 2. Internes Arbeitsmaterial.