

RISU zum Trotz - Wir experimentieren noch

... und wir experimentieren gar nicht schlecht

1. Negativliste

Die Negativliste ist eine Aufzählung von Substanzen, die nicht mehr in der Schule gelagert und verwendet werden dürfen.

Substanz	Verwendung	Ersatz	Skript
Asbest	Platinasbest als Katalysator für die Zündung von Knallgas bzw. Wasserstoff	Platinnetz Platin auf Aluminiumoxid	Versuch 1.1 Versuch 1.2, Lit. 1 (Anlage 1/2)
	Asbestplatten als Hitzeschutz	Schamotteplatte Gipsplatte	Versuch 1.3, Lit. 2 (Skript: MWE)
Benzol	Grundstoffe einer Substanzklasse	-	-
Cadmium	Bestandteil von niedrig schmelzenden Legierungen, z.B. Wood-Metall	Legierung aus Zinn, Wismut und Indium	Versuch 1.4
Cobalt-Salze	Cobaltchlorid als Geheimtinte Wettersubstanz Hydrate	Viele andere Geheimtinten Hydrate: Gips, Kupfersulfat	Nur Hinweis
Formaldehyd	Grundstoffe einer Substanzklasse	-	-
Nickelsalze	Galvanik	Rhodinierung	Versuch 1.5, Lit. 3 (Anlage 1/5)
Sudan III	Lipophiler, roter Farbstoff	Paprikaextrakt in Speiseöl Carotin (Roth)	Versuch 1.6
Phosphor, weiß	Bsp. für eine Modifikation, zusammen mit Phosphor, rot Stoff mit hoher Reaktivität	Kurzfristig erzeugen und wieder vernichten	Versuch 1.7, Lit. 2 (Anlage 1/7)

Stoffe, wo man vermuten könnte, sie stünden auf der Negativliste, sind weiter erlaubt, wie z.B. Brom, Quecksilber und Quecksilbersalze.

Eine Negativliste für Versuche gibt es nicht. Versteckt in einer Tabelle, die cancerogene Stoffe für den Lehrerversuch zulässt, wird der Ammoniumdichromatvulkan in der RISU verboten.

Auch der Bromvulkan, eigentlich nur eine Brompanscherei, sollte nicht mehr durchgeführt werden. Es besteht leicht die Gefahr, dass durch ein solches uneinsichtiges Experimentieren Brom verboten wird und dann auch nicht mehr in kleinen Mengen zur Verfügung steht (siehe Brombox).

Versuch 1.1 : Entzündung von Wasserstoff am Platinnetz (Demo)

Das Platinnetz muss vorher ausgeglüht sein. Dies kann man geschickt vor den Augen der Klasse vorführen, und noch einmal auf die Unterscheidung physikalischer Vorgang und chemische Reaktion eingehen. Mit dem kalten Netz kann nun der Wasserstoffstrom entzündet werden (Netz doppelt nehmen).

Versuch 1.4: Niedrigschmelzende Legierung (Demo)

Die Legierung (Eutektikum aus Bi 57% In 26% Sn 17%) beeindruckt durch ihren niedrigen Schmelzpunkt (Smp: 79,0 °C).

Damit liegt der Schmelzpunkt der Legierung deutlich unter dem der Einzelbestandteile (Bi 271,4 °C; In 156,6 °C; Sn 231,9 °C).

Durch den Einsatz von Messwerterfassung lässt sich der Schmelzpunkt bestimmen.

Versuch 1.6: Paprikaextrakt

Mit einem hellen Pflanzenöl lässt sich aus Paprikapulver, edelsüß, der rote Farbstoff extrahieren. Dies Farbextrakt kann anstelle des verbotenen Farbstoffes Sudan III eingesetzt werden. Ebenso kann Carotin verwendet werden, das bei Roth, Karlsruhe, bezogen werden kann (Warnung: Bildung von Peroxiden möglich, wie bei allen Stoffen mit Doppelbindungen).

2. Risikoärmere Varianten für den Lehrer

Oft gibt es Stoffe, die für den Lehrer noch immer erlaubt sind, wo es aber schon längst bessere und risikoärmere Varianten gibt.

Versuchsübersicht

Substanz	Verwendung	Ersatz	Versuch
Blei	Metall mit hoher Dichte 11,3 g/cm ³	Wolfram Dichte 19,3 g/cm ³	Versuch 2.1, Lit. 4 (Skript: MWE)
Bleinitrat	Nachweisreagenz für Sulfid	Silbernitrat	Nur Hinweis
Quecksilber	Thermometer	Elektronische Thermometer	Versuch 2.2, Lit. 4 (Skript: MWE)
Quecksilberoxid	Einführungsversuch für eine Synthese/Analyse	Silber/Silbersulfid	Versuch 2.3, Lit. 1 (Anlage 2/3)
Natronlauge, konz.	Vergolden eines 5-Cent - Geldstücks	Zinkchloridlösung, konz.	Versuch 2.4, Lit. 2 (Anlage 2/4)
Schwefelsäure, konz.	z.B. Landolt	Gleiche Stoff- menge von verd. Schwefelsäure	Nur Hinweis
Brom, flüssig	Brom zur Herstellung von Bromwasser, verwendet z.B. für Bromierung in org. Chemie	Bromwasser bei Bedarf erzeugen, Ansäuern von Bromid/Bromat- Lsg.	Versuch 2.5, Lit. 5
Aromatische Amine	Herstellung von Azofarbstoffen	Einsatz von aromatischen Aminosäuren	Versuch 2.6, Lit. 6

Versuch 2.1 Dichte von Wolfram

Bestimmung der Dichte über die Bestimmung der Masse bei bekanntem Volumen. Die 1 ccm Würfel haben sich bewährt. Ein Handstück (2 kg) macht das Phänomen Dichte noch begreifbarer.

Eine Waage, über CASSY-Lab 2 an den Computer angeschlossen, erlaubt über Beamer die Wäageergebnis für alle sichtbar mitzuverfolgen.

Versuch 2.2 Elektronisches Thermometer

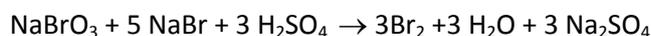
Messwerterfassung als sinnvoller Beitrag zur Sicherheit.

Versuch 2.5 Bromwasser nach Bedarf aus Bromid/Bromat-Lösung

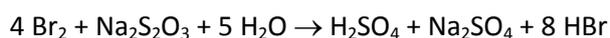
Viele Experimente sind mit Bromwasser möglich. Da Bromwasser nicht haltbar ist, sollte das Bromwasser frisch durch Ansäuern einer Bromat - Bromidlösung hergestellt werden. Nicht benötigte Reste sollten unmittelbar nach Beendigung des Experimentes mit gesättigter Natriumthiosulfatlösung reduziert werden (Lösung entfärbt sich) und sofort in den Ausguß gegeben werden. Natriumthiosulfat wird zum Natriumsulfat oxidiert. Wenn die reduzierte Lösung stehen bleibt, entsteht eine Trübung von Schwefel aus noch vorhandener Säure und nicht umgesetzten Natriumthiosulfat. Aus Bromwasser entweichen aus nicht absolut dicht verschlossenen Flaschen aggressive Bromdämpfe, welche zu Korrosionserscheinungen in den Chemikalienschränken führen.

Durch Ansäuern einer wäßrigen Bromat- Bromidlösung kann man Bromwasser erhalten. Diese Lösung ist unbeschränkt haltbar und gibt keine ätzenden Bromdämpfe ab.

Theorie:



Nicht benötigte Reste kann man mit Natriumthiosulfatlösung reduzieren (Lösung ist farblos) und über das Abwasser entsorgen.



Durch den Einsatz der Bromat – Bromidlösung der angegebenen Konzentration resultiert ein Bromgehalt von 0,05 mol/l. Diese Lösung ist gesundheitsschädlich und reizend.

Lösungen, Hilfsmittel:

Bromat- Bromidlösung 2,5 g Natriumbromat und 25 g Natriumbromid in dest. Wasser lösen und zu 1l auffüllen, Tropfflaschen mit konz. Schwefelsäure und gesättigter $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ - Lsg.

Schott – Duran Protect Laborflasche mit rotem Schraubverschluß

Durchführung:

Die benötigte Menge Bromat- Bromidlösung wird in einer Duranlaborflasche vorgelegt und mit konz. Schwefelsäure versetzt. Auf 5 ml Lösung werden 2 Tropfen Schwefelsäure gegeben. Die Duranflasche mit Schraubverschluß verschlossen und man wartet eine Reaktionszeit von 10 min ab.

Tipp:

Die Lösungen gibt es bei Windaus oder Rutka fertig zu beziehen.

Versuch 2.6 Herstellung von Azofarbstoffen mit aromatischen Aminosäuren als Aminkomponente

(Die Probe nach Pauly auf Histidin und Tyrosin)

Geräte und Chemikalien:

Reagenzgläser, Tyrosin, Histidin, Diazo I (Sulfanilsäure-Lösung), Diazo II (Natriumnitrit-Lösung), Ammoniak-Lösung 10 %

Herstellung der Reagenzien:

- Diazo I (Sulfanilsäure-Lösung):
0,5g Sulfanilsäure werden in 50 ml Wasser gelöst, mit 5 ml 25 %iger oder 3,5 ml 37 %iger Salzsäure versetzt und mit Wasser zu 100 ml aufgefüllt.
- Diazo II (Natriumnitrit-Lösung):
0,5 g Natriumnitrit werden in Wasser gelöst und zu 100 ml aufgefüllt.

Durchführung:

- Herstellung der Diazo-Lösung: 10 ml Diazo I werden mit 0,3 ml (6 Tropfen) Diazo II gemischt.
- Diese Mischung muss frisch vorbereitet werden
- Es werden jeweils eine Spatelspitze Histidin bzw. Tyrosin in Wasser gelöst bzw. suspendiert. Es werden 5 ml Diazo-Lösung zugegeben, gut gemischt und danach Ammoniak-Lösung

Beobachtung:

Nach Zusatz von Ammoniak-Lsg. bildet sich bei Tyrosin eine rote, bei Histidin eine gelbe Färbung.

Auswertung:

Sulfanilsäure reagiert mit salpetriger Säure, es entsteht Diazobenzolsulfonsäure, diese kuppelt mit aromatischen Verbindungen, es entstehen Azofarbstoffe.

3. Verdünnung senkt das Risiko

Viele Stoffe dürfen in Schülerübungen verwendet werden, wenn sie eine bestimmte Konzentration nicht überschreiten, dazu zählen Phenolphthalein, Borax, Borsäure oder Bariumsalze.

Die Information erhält man aus D-GISS, bisher nur auf dem Datenblatt der jeweiligen Substanz, unter der Einstufung nach GefStoffV. Am Bsp. von Natriumtetraborat/Borax soll dies aufgezeigt werden.

Fallbeispiel: Natriumtetraborat (Borax)

Aufgrund der R-Sätze 60-61 (Kann die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen. Kann das Kind im Mutterleib schädigen) ist eine Verwendung von Borax im Schülerversuch ausgeschlossen.

Das Gefahrenpotential wird aber durch eine Lösung unter einer best. Konzentration minimiert. Dies wird unter **Konzentrationsgrenzen** angegeben:

R 60/61: > 4,5 %

Dadurch ist eine Borax- Lösung mit 4% für den Schulversuch erlaubt (z.B. Schleimherstellung). Die Lösung muss aber den Schülern fertig zur Verfügung gestellt werden.

Die Boraxperle ist somit nicht mehr möglich, da hier mit fester Substanz gearbeitet wird.

Fallbeispiel: Phenolphthalein:

R: 45-62-68 (Kann Krebs erzeugen. Kann möglicherweise die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen. Irreversibler Schaden möglich).

Besondere Gefahren TRGS 905: Krebserzeugend Kat. K 2, Erbgutverändernd Kat. M3, Fortpflanzungsgefährdend Kat. RF3.

CMR Stoffe (cancerogen, mutagen und reproduktionstoxisch) werden für Schüler verboten, wenn sie die Kategorie 2 haben, Kategorie 3 sind erlaubt (Kat. 1 sind auch für Lehrer verboten).

Fallbeispiel: Natriumnitrit

Am Beispiel von Natriumnitrit soll der Sachverhalt einer Verreibung erklärt werden. Die Konzentration wird auch von einem Feststoff verringert, wenn man den Gefahrenstoff mit einem anderen vermischt. Damit dies innig erfolgt, wird dies in der Pharmazie im Mörser miteinander verrieben, daher der Begriff Verreibung. Es entsteht ein Feststoffgemenge.

Natriumnitrit hat die Einstufung O, T, N, mit R: 8-25-50 (Feuerefahr bei Berührung mit brennbaren Stoffen. Giftig beim Verschlucken. Sehr giftig für Wasserorganismen).

Eine Minderung des Gefahrenpotentials ist möglich : Xn R 22: $1\% < w < 5\%$.

Das bedeutet, dass unter 1% gar kein Gefahrstoffgemenge vorliegt, und unter 5% nur die Einstufung mit Xn vorliegt.

Pökelsalz ist ein Feststoffgemenge, es ist im Lebensmittelhandel erhältlich und enthält 0,4 - 0,5 % Natrium- oder Kaliumnitrit (E249, Kaliumnitrit, E250 Natriumnitrit). Die Hauptmasse des Pökelsalzes ist Kochsalz. Es ist somit kein Gefahrstoff.

Eine Übersicht von Stoffen mit ihren Konzentrationsgrenzen, die im Unterricht wichtig sind, gibt folgende Tabelle:

Substanz	Verwendung	Einstufung	Konzentrationsgrenzen
Borax	Vernetzer bei Schleimherstellung Schmelzsatz Boraxperle	T , roter Punkt	R 60/61: > 4,5 %
Borsäure	Unterscheidung Methanol/Ethanol über den Ester	T, roter Punkt	R 60/61: > 5,5 %
Bariumchlorid	Nachweisreagenz für Sulfationen	T, gelber Punkt	T: w > 25%
Natriumnitrit	Azofarbstoffherstellung	T, gelber Punkt	Xn R 22: $1\% < w < 5\%$.
Phenolphthalein	Säure/Base-Indikator	T,roter Punkt	T, R 45: w $\geq 1\%$

Leider kennt die RISU für Natrium kein Erbarmen, elementares Natrium ist für den Einsatz in der Schülerübung verboten. Damit steht ein wesentlicher Motivationsfaktor, der den Autor dieses Textes nach verschiedenen, enttäuschenden Ausflügen mit Chemiekästen in seiner Schulzeit wieder an die Faszination der Chemie herangeführt hat, nicht mehr zur Verfügung.

4. Sicherheit durch Miniaturisierung und Einsatz von Kunststoffgeräten

In den letzten Jahren gab es verschiedene Trends in der Experimentiertechnik, die zur Sicherheit beigetragen haben

- Kunststoffgeräte (Pipetten, Petrischalen, Wellplates, aber auch Spezialhersteller wie Vitlab)
- Projektion - und Petrischalenversuche
- Medizintechnik /Spritzentechnik z.B. Obendrauf, oft kombiniert mit der Magnettafel (Brand)
- Küvettentechnik (Legall, Kometz, heute wieder bei Hedinger kommerziell vertrieben)
- Miniaturisierung der Glasgeräte mit Normgewinde (HMTC, Zinser Minilabor)
- Tüpfeltechnik (Proske)

Aus diesem Bereich gibt es viele Ausarbeitungen, die die ganze Schulchemie abdecken bzw. ganze Arbeitskästen mit ausgearbeiteten Versuchen zur Verfügung stellen. Es sollen hier nur einige wenige Versuche vorgestellt werden. Für weitere Versuche sei auf die Literatur verwiesen.

Laborgeräte aus Kunststoff - Firma Vitlab

Vitlab bietet eine Reihe von Kunststoffgeräten, die Glasgeräte in manchen Bereichen ersetzen können und somit die Bruch- und Versetzungsgefahr minimieren, z.B. Messkolben, Messzylinder und z. T. Bechergläser. Natürlich können Kunststoffgefäße nicht erhitzt werden.

Die Glasbürette, mit Kunststoff überzogen und auswechselbarem Kunststoffhahn, ist sehr zu empfehlen.

Allgemein gilt: hohe Anfangsinvestition, aber langfristig sinnvoll. Ein Einsparaspekt ist von der Anfangsinvestition nicht zu erwarten.

Versuchsübersicht

Versuch	Technik	Vorteil	Skript
Diffusionsgleichgewichte Säure-Base Chemie	Projektionschemie mit Petrischalen	Schönheit, gute Sichtbarkeit (Sicherheit spielt untergeordnete Rolle)	Versuch 4.1, Lit. 7 (Anlage 4/1)
Knallgasrakete, Indoor	Kunststoffgeräte	Gefahrloses Experimentieren, kein spezieller Raum nötig.	Versuch 4.2, Lit. 2 (Anlage 4/2)
Low-Cost-Benzinkanone	Kunststoffgeräte	Gefahrloses Experimentieren, kein spezieller Raum nötig. Gleicher Effekt.	Versuch 4.3, Lit. 2 (Anlage 4/3)
Chlorknallgas	Spritzentechnik	Dieser Versuch kann ohne Chlorbombe nur so vorgeführt werden	Versuch 4.4, Lit. 2 (Anlage 4/4)
Methanexplosion	Spritzentechnik	Sichere Durchführung in 10 mL Spritzen anstelle von 500 mL Standzylindern. Gleicher Effekt.	Nur Hinweis

Wasserstoffproduktion	Kippkuvette	Regelbare Gasentwicklung	Versuch 4.6, Lit. 2 (Anlage 4/6)
Wasserzersetzung	Glasgeräte	Gleiches Teil wie im Demo-Unterricht, nur klein und aus dickwandigem Glas, sehr hochwertig. Daher auch nicht billig.	Versuch 4.7 Lit. 8
Tüpfeltechnik	Tropfflaschen		Versuch 4.8 Lit. 9

Versuch 4.7 Wasserzersetzung

Der Versuch steht stellvertretend für das hochwertige HMTG-System (Duranglas mit GLC-Verschraubungen), das in Schülerübungen genutzt werden kann. Das Gerät zur Wasserzersetzung ist dem Hofmannschen Wasserzersetzungsapparat, der im Demonstrationsunterricht verwendet wird. Auch werden hochwertige Platinelektroden eingesetzt.

Als Elektrolyt wird Natriumsulfatlösung empfohlen.

Versuch 4.8 Tüpfeltechnik

Die Tüpfeltechnik, eine bekannte Technik aus der qualitativen Analytik, hat Wolfgang Proske, Zahna, stark weiterentwickelt und für den Schuleinsatz aufbereitet. Eigene Skripte zur Tüpfeltechnik sind im Internet verfügbar.

<http://www.fachreferent-chemie.de/experimente/tupfelanalytik/>

Auch hier gibt es schon weitere Entwicklungen, wie z.B. Lab in a drop

<http://www.katholischeschuleharburg.de/Informationen/labinadrop-katho.html>

Muss man jetzt schon wieder gegensteuern?

Mit der Medizintechnik ist auch eine Entwicklung vorhanden, die weg geht, vom klassischen Chemieexperimentiergerät und vom Großversuch. In der Schulchemie sollte die Medizintechnik nicht das einzige Experimentierwerkzeug sein, und so den Eindruck erwecken, dass die Chemie mit Einwegspritzen und Kanülen betrieben wird. Ebenso darf man den Eindruck, den eine Apparatur durch ihre Größe hinterlässt, als Motivationsfaktor nicht vergessen.

5. Sichere Lagerung, Aufbewahrung und Handling

Gerät	Technik	Vorteil
Brombox, Lit. 5	Kleine Flasche mit Teflon-dichtung für Brom in Schachtel mit Aktivkohle	Bromunfall im Unterricht ausgeschlossen, nur Kleinstmengen gelangen in den Unterrichtsraum
Duranflaschen mit Teflon-dichtung (rote Kappe)	Dickwandiges Glas mit Teflondichtung	Kein Austreten von Gasen.
Duranflasche Protect	Dickwandiges Duranglas mit Kunststoffmantel	Flasche zersplittert nicht. Ideal zur Aufbewahrung von Quecksilber oder anderen kritischen Stoffen.
Tropfflaschen	Kunststoffflaschen mit Tropfer	Kleine Mengen können entnommen werden. Kein Umschütten und Ausfließen mehr möglich. Keine Pipette mehr nötig.
Lösungsmittelsicherheits-Behälter	Metallgefäß mit Flammenrückschlagsperre	Hoher Sicherheitsstandart beim Umgang mit Lösungsmitteln.

6. Druckgasflaschen in der Schule - Sicherer Umgang

6.1 Mietflaschen anstelle von Eigentumsflaschen

Mietflaschen sind Eigentumsflaschen vorzuziehen.

Mietflaschen werden für 6 oder 12 Jahre gemietet, der Mietvertrag umfasst 10 oder 20 Liter Flaschen, man kann auch die Gasart wechseln, da die Miete für eine Flasche, und nicht für den Inhalt gilt. Bei einer Mietflasche ist man nicht für den TÜV verantwortlich.

Der größte Vorteil ist aber die Schnelligkeit, wieder eine volle Flasche zu erhalten. Die leere Flasche wird abgegeben, man bekommt dafür eine gefüllte Flasche.

Eigentumsflaschen können eingepoolt werden, d.h. die Flaschen werden in das Mietsystem eingegliedert, als Gegenleistung bekommt man eine Mietflasche für einige Jahre mietfrei.

6.2 Sicherer Transport von Gasflaschen

Ein Transport von einzelnen Gasflaschen im eigenen PKW für private Zwecke ist grundsätzlich möglich.

Anlage zu 6.2 Merkblatt Sicherer Transport von Gasflaschen Lit. 10

6.3 Typen von Gasen

- Verdichtete Gase z.B. Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff sind stark komprimierte Gase, der Füllgehalt der Flasche wird durch den Flaschendruck angezeigt.
- Verflüssigte Gase, z.B. Kohlendioxid, Propan und Butan sind Stoffe, die als Flüssigkeit vorliegen, die mit einer Gasphase im Gleichgewicht stehen. Der Druck einer solchen Flasche ist immer gleich groß, sie scheint nicht leer zu werden, ist dann aber ganz plötzlich leer.
Bei verflüssigten Gasen kann der Inhalt der Flasche nur durch Wägung bestimmt werden. Dazu ist das Leergewicht der Flasche in diese eingestanz.
- Gelöste Gase, z.B. Ethin in Aceton gelöst.

6.4 Umgang mit der Gasflasche

Größte Gefahr ist eine undichte Flasche oder eine Flasche, die zum Torpedo wird, da das Hauptventil abgeschlagen wurde. Dies kann unbeabsichtigt durch unglückliches Umfallen der Flasche erfolgen.

Film: Gasflasche wird zur Rakete. Nicht nachmachen
(<https://www.youtube.com/watch?v=jabrpB6LvFk>)

- Auf sicheren Stand achten, Flaschenwaagen
- Nicht überhitzen
- Entnahme von Gasen - Bedienung des Druckmindereres
- Druckminderer bei Sauerstoff nicht fetten oder ölen.

Anlage zu 6.4 Druckgasflaschen, aus Lit. 1

6.5 Spezialfall Kohlendioxid: Steigrohrflasche

Kohlendioxidflaschen gibt es in zwei Ausführungen

- Steigrohrflaschen
- Flaschen ohne Steigrohr

Bei Steigrohrflaschen tritt beim Öffnen konstruktionsbedingt flüssige Kohlensäure aus, bei Flaschen ohne Steigrohr tritt, wenn die Flasche senkrecht steht, gasförmiges Kohlendioxid aus.

Steigrohrflaschen dienen der Herstellung von Trockeneis. Wenn man eine Flasche ohne Steigrohr so legt, dass das Hauptventil tiefer liegt als der Flaschenboden, kann man auch auf diese Weise Trockeneis gewinnen.

Steigrohrflaschen dürfen nicht mit Druckminderern betrieben werden.

- Versuch: Herstellung von Trockeneis, Sublimation von Kohlendioxid
- Versuch: Verflüssigung von Kohlendioxid
- (Versuch: Schwebende Seifenblasen)

Anlage zu 6.5 Versuche

6.6 Wasserstoff

Brennender Wasserstoff - Rückschlagsicherung nötig.

- Versuch: Entzünden von Wasserstoff mit Funken
- Versuch: Entzündung von Wasserstoff am Platinnetz

Eine Wasserstoffflasche ist heute immer noch unverzichtbar. Allerdings werden schon Metallhydrid-Speicher auf dem Lehrmittelmarkt angeboten. Vor allem in Kombination mit einer Brennstoffzelle zeigt sich eine neue Einsatzmöglichkeit auf:

<http://www.leybold-shop.de/set-hydrostik-pro-cps-6664795p.html>

6.7 Sauerstoff

Es kann eine 20 Liter Sauerstoff-Flasche empfohlen werden. Druckminderer nicht fetten oder ölen - Entzündungsgefahr.

- Versuch: Druckluftfeuerzeug
- Versuch: Glasbläserbrenner
- (Versuch: Verflüssigung von Sauerstoff - Skript Messwerterfassung)

6.8 Propangas

Propangas besitzt einen höheren Heizwert im Vergleich zu Methan.

(Versuch: Schmelzofen)

7. Literatur

- (1) Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung: Chemie? - Aber sicher! Experimente kennen und können. Akademiebericht 475, Dillingen 2014
- (2) www.fachreferent-chemie.de/experimente
- (3) http://www.wieland-edelmetalle.de/uploads/tx_pxwdownloads/Elektrolytische_Entfettung_spezial.pdf
http://www.wieland-edelmetalle.de/uploads/tx_pxwdownloads/Blancadur_Ti.pdf
- (4) <http://www.fachreferent-chemie.de/experimente/computerunterstuetztes-experimentieren/grundoperationen-mit-cassy-lab/>
- (5) Proske, Wolfgang: So gehts auch. Aufzurufen auf:
<http://www.fachreferent-chemie.de/sicherheit/alternative-versuche-ersatzstoffe/>
- (6) Proske, Wolfgang: So gehts auch. Supplement 1. Aufzurufen auf:
<http://www.fachreferent-chemie.de/fortbildung/mnu-bremerhaven-2014/>
- (7) R.G. Weißenhorn, Verteilungs- und Säure-Base-Gleichgewichte- Lernprozesse an einem Chemischen Kabinettstück. Praxis (Chemie), 43, Heft1, 2 – 5, (1994)
- (8) <http://www.halbmikrotechnik.de/service/chemie/elektrolyse/hofmann-elektrolyse/Hofmann-Elektrolyse.doc>
<http://www.halbmikrotechnik.de/web/index.htm>
- (9) <http://www.fachreferent-chemie.de/experimente/tupfelanalytik/>
- (10) http://www.gase-partner.de/dokumente/igv-info_umgang.pdf

8. Bezugsquellen

www.haines-maassen-metallhandel.de (Legierungen auf der Basis von Indium, Wismut und Zinn)

www.halbmikrotechnik.de (Hofmann-Apparat in Halbmikrotechnik)

www.hedinger.de (Kipp-Küvette)

www.herez.de (Tropfflaschen für die Tüpfelanalytik, Packungsgrößen 1000 Stück)

www.ld-didactic.de (Messwerterfassung CASSY, Metallhydridspeicher)

www.microscale-and-more.de (Experimentierset zu Versuch 1.2)

www.roth.de (Carotin, Duranflasche Protect, Sicherheitsbehälter)

www.vitlab.com (hochwertige Kunststoffgefäße, Duranbürette mit Protectüberzug)

www.wieland-edelmetalle.de (Rhodinierungslösung, Tagespreise!, Entfettung)

www.winlab.de (Bromid-Bromat-Lösung)

„Hüpfender Schnapsbecher“ Zündung eines Knallgasgemisches mit einem Katalysator

Chemische Reaktion
und Energetik
Reaktionsgeschwindigkeit

Klasse	5	8	9	10	11	12
NTG		X			X	
SG, ...			X			



Schülerübung geeignet ja nein



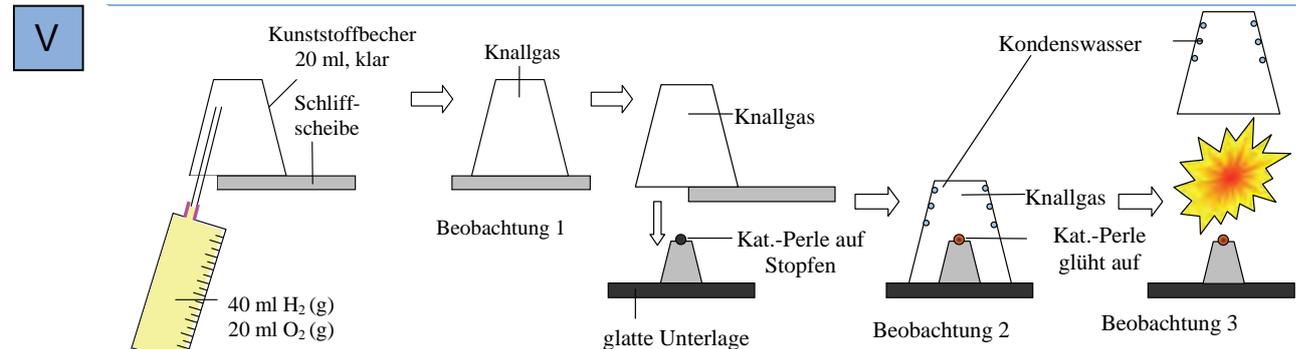
Chemikalien

- Wasserstoff
- Sauerstoff
- Pt/Pd-Katalysatorperlen (Hedinger)
- Evtl. Schliff fett

Geräte

- Luftballontransportbehälter mit Wasserstoff
- Luftballontransportbehälter mit Sauerstoff
- 50 mL Spritze (Vmax = 60 mL) mit abgestumpfter Kanüle
- 2 cL Einweg-Schnapsglas aus PS
- Stopfen (18 D) mit Vertiefung (Ø 3 mm, Tiefe 2 mm)
- Schliffscheibe (Ø 6 cm) o.ä.
- glatte Unterlage (z.B. Tisch)

Sicherheitshinweise: Das Experiment darf nur mit den vorgeschriebenen Mengen durchgeführt werden. Ohren zuhalten, Mund öffnen
Knallgasgemisch niemals direkt unter das Einwegschnapsglas dösen, wenn sich eine Katalysatorperle darunter befindet!



Befüllen des Einweg-Schnapsglases:

- Eine 50 mL Spritze (ohne Kanüle) wird am Med.-tech.-Dreiwegehahn des Luftballontransportbehälters mit 60 ml Knallgasgemisch (erst 20 mL Sauerstoff aufziehen, dann 40 mL Wasserstoff) gefüllt. (siehe Gastransport (Microscale): 02_AT_Gastransport_Microscale_JW)
- Ein 2 cL Einwegschnapsglas aus durchsichtigem Polystyrol wird so auf eine Schliffplatte gestellt, dass es etwa 1/3 übersteht.
- Abgestumpfte Kanüle aufsetzen (funktioniert fast genauso gut auch ohne Kanüle) und Knallgasgemisch von unten in das fast komplett abgedeckte Kunststoff-Schnapsglas eindösen und so die Luft verdrängen, danach sofort das Schnapsglas verschließen. ⇒ Beobachtung 1

Chemische Reaktion:

- Eine möglichst große Pt-Pd-Katalysatorperle wird in die Mulde eines Stopfens gelegt und der Stopfen auf eine glatte Unterlage (Keramikplatte / Glasscheibe) gestellt
- Das Einwegschnapsglas wird mit Hilfe der Platte ca. 1-2 cm **direkt über** dem Stopfen mit der Katalysatorperle positioniert. Das Einwegschnapsglas wird festgehalten, die Platte zur Seite geschoben und der Behälter zügig über den Stopfen mit der Katalysatorperle gesenkt. Man entfernt sich ca. 1 m vom Versuchsaufbau, schützt die Ohren und beobachtet aus sicherer Entfernung. ⇒ Beobachtung 2 + 3

B

Beobachtung 1: Keine Reaktion erkennbar.

Beobachtung 2: Platin-Katalysatorperle glüht auf, Wasserdampf kondensiert auf der Innenwand des Kunststoffbechers

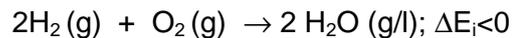
Beobachtung 3: Becher wird durch heftige Explosion in die Höhe geschleudert.

E

Deutung 1: Aktivierungsenergie ist zu hoch, Reaktion kann nicht ausgelöst werden

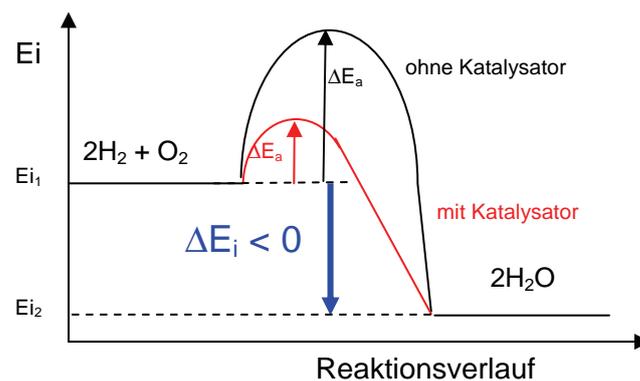
Deutung 2: Durch den Katalysator wird die Aktivierungsenergie herabgesetzt, so dass die Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff bei Raumtemperatur beginnt. Wasser bildet sich. Die exotherm verlaufende Reaktion an der Katalysatoroberfläche führt zur Erhitzung des Katalysators.

Deutung 3: Durch die heiße Katalysator-Perle wird die für die Zündung nötige Aktivierungsenergie aufgebracht: das noch nicht reagierte Knallgas - Gemisch wird gezündet ⇒ **Explosion**



Der Katalysator erniedrigt die Aktivierungsenergie

Ein Katalysator ist ein Stoff, der eine chemische Reaktion beschleunigt, indem er die Aktivierungsenergie ΔE_a herabsetzt. Die Reaktionsenergie ΔE_i ändert sich dadurch nicht. Der Katalysator wird bei der Reaktion nicht verbraucht.



Tipps und Tricks	<p>Falls beim ersten Mal keine Explosion auftritt, Experiment mit gleicher Pt-Pd-Perle wiederholen.</p> <p>Den Rand des Schnapsbechers hauchdünn mit Schliiffett bestreichen – mindert die Diffusion.</p> <p>Beim Umsetzen des Bechers auf die Unterlage mit dem Stopfen entweicht – je nach Geschick des Experimentators – ein Teil des Knallgasgemisches, wenn der Becher fälschlicherweise angehoben wird. Deshalb kommt es manchmal vor, dass keine Explosion auftritt. Das Aufglühen der Katalysatorperle, sowie die Kondensation von Wasserdampf, kann aber in fast allen Fällen schon beim ersten Versuch beobachtet werden.</p> <p>Wird das Experiment mit einer noch warmen Platin-Katalysatorperle wiederholt, kommt es mit einer größeren Wahrscheinlichkeit zu einer Knallgasexplosion. Tritt auch nach mehr als drei Versuchen keine Explosion auf, empfiehlt es sich die Katalysatorperle auszutauschen</p> <p>Das Auswahl einer möglichst großen Katalysatorperle sowie evtl. kurzes Ausglühen der Katalysatorperlen vor dem Versuch ist zu empfehlen.</p>
Entsorgung	-
Literatur	<p>Filmsequenz zum Experiment bei http://www.seilnacht.com/versuche/katal2.html [26. August 2013]</p>



WILAPLAT Vorbehandlungsbäder

elektrolytische Entfettung spezial

Art.-Nr. 3040400302

Art.-Nr. 3040400303 (Ansatzsalz)

Beschreibung

WILAPLAT elektrolytische Entfettung spezial ist ein stark alkalisches, cyanidhaltiges Entfettungsmittel zur kathodischen Reinigung von sämtlichen Edel- und Nichtedelmetalllegierungen. Das Bad entfernt auch hartnäckige Oxide und Rückstände von Polierpasten.

Verarbeitung

Die zu behandelnden Teile werden zunächst im Ultraschallbad gereinigt, gespült und dann an der Kathodenstange der Galvanoanlage kontaktiert. Nach Ablauf der Expositionszeit werden die Teile entnommen und mit Wasser gut abgespült. Eine Verschleppung der Entfettungslösung in andere Bäder ist unbedingt zu vermeiden.

Betriebsdaten

Temperatur	15 - 30°C
Spannung	6 - 8 Volt
Stromdichte	5 - 15 A/dm ²
Expositionszeit	30 - 180 Sekunden (Buntmetalle max. 60 s)
Anoden	Edelstahl
Wannenmaterial	Edelstahl, Kunststoff (PA, PE, PTFE, ABS)

Lieferformen

Ansatzsalz oder gebrauchsfertige Lösung

Regenerierung

nicht empfehlenswert

Achtung!

Chemikalien und Materialien für die Galvanotechnik sind teilweise ätzend oder giftig. Beim Gebrauch, bei der Lagerung, beim Transport und der Entsorgung sind deshalb die einschlägigen Vorschriften zu beachten.

Weitere Angaben finden Sie in den EWG - Sicherheitsdatenblättern.

WILAPLAT Platinmetallbäder

Blancadur Ti Rhodiumbad

Art.-Nr. 3110200102

Art.-Nr. 3110200101 mit 20 g Rh / l, Ansatzkonzentrat

Beschreibung

Blancadur Ti Rhodiumbad dient der dekorativen Oberflächenbeschichtung. Es erzeugt einen brillanten, hochweißen, äußerst abriebbeständigen Niederschlag. Blancadur Ti Rhodiumbad eignet sich besonders für die Oberflächenveredelung von Waren aus Palladium-, Mangan- und Nickelweißgold sowie der Beschichtung von Teilen aus Silber oder Silberlegierungen (als Korrosionsschutz), aber auch für Teile aus Buntmetalllegierungen, sofern diese mit einer Palladiumschicht anstatt der üblichen Unternickelung versehen wurden (z. B. Brillengestelle, Modeschmuck).

Verarbeitung

Blancadur Ti Rhodiumbad wird in einer herkömmlichen Galvanoanlage wie z. B. dem WILAPLAT-System eingesetzt. Der freie Säuregehalt beträgt bei einem neuen Bad 20 g/l.

Betriebsdaten

Rhodiumgehalt	2,0 g/l
Temperatur	20 - 35°C (optimal 25 – 30 °C)
Expositionszeit	2 Minuten (1 - 10 Minuten)
Spannung	2,3 Volt (2,1 – 2,5 Volt)
Stromdichte	0,75 A/dm ² (0,5 - 1,0 A/dm ²)
Abscheidung	6 mg/Amin
pH-Wert	< 1
Bewegung	Elektrolyt- oder Warenbewegung
Anoden	Titan, platiniiert
Wannenmaterial	Glas, säurebest. Kunststoff (PP, PVC, u.a.)

Niederschlagsdaten

Dichte	11,2 g/cm ²
Härte	ca. 800 HV
Schichtstärke	Bis 1,0µm

Lieferformen

Gebrauchsfertig oder Ansatzkonzentrat mit 20 g Rh/l

Regenerierung

Nach längerer Anwendungsdauer ist eine Reinigung des Bades über Aktivkohle empfehlenswert. Anschließend muss das Bad mit Glanzzusatz (Art. Nr. 3110400102) ergänzt werden.

Die Regenerierung erfolgt auf Basis einer Badanalyse zur Ermittlung des Rhodium- und Säuregehaltes. Die Regenerierung wird mit dem Blancadur Rhodium-Regenerierkonzentrat (Art. Nr. 311020104 mit 20 g Rh/l) ausgeführt.

Achtung!

Chemikalien und Materialien für die Galvanotechnik sind teilweise ätzend oder giftig. Beim Gebrauch, bei der Lagerung, beim Transport und der Entsorgung sind deshalb die einschlägigen Vorschriften zu beachten.

Weitere Angaben finden Sie in den EWG - Sicherheitsdatenblättern.

Phosphor-Flammenwerfer

Eine geringe Menge roter Phosphor wird in einer Pipette erhitzt. Der entstehende weiße Phosphor wird sofort zu Phosphorpentoxid umgesetzt, indem Luft darüber geblasen wird. Dabei entsteht an der Pipettenspitze eine Stichflamme. Phosphorpentoxid reagiert mit Wasser unter Bildung einer sauren Lösung.

Hintergrund

Weißer Phosphor darf an Schulen nicht mehr aufbewahrt werden. Durch diesen Versuch ist weißer Phosphor mit seinen faszinierenden Eigenschaften für die Schulchemie nicht verloren. Weißer Phosphor wird erzeugt und gleich wieder vernichtet. Damit ist der Gefahrstoffverordnung genüge getan.

Gefahren



Signalwort: Gefahr

Schutzbrille tragen. Roter Phosphor ist ein entzündbarer Feststoff, der für Wasserorganismen schädlich ist, mit langfristiger Wirkung. Aceton ist leicht entzündbar, es verursacht schwere Augenreizung und kann Schläfrigkeit und Benommenheit auslösen.

Chemikalien

Roter Phosphor H 228, H 412
Aceton H 225, H 319, H 336

Materialien

Pasteurpipette aus Glas
Gummigebläse oder großes Gummihütchen
Glaswolle
Mikrospatel, Spatel und Pinzette
Uhrglas, Becherglas
Universalindikatorpapier
Reibfläche einer Streichholzschachtel
Trockenschrank
Bunsenbrenner

Gewinnung von rotem Phosphor

Roter Phosphor kann aus der Reibfläche von Streichholzschachteln gewonnen werden. Eine Reibfläche reicht für einen Versuch. Neben Phosphor ist auch noch Glasmehl in der Reibfläche vorhanden.

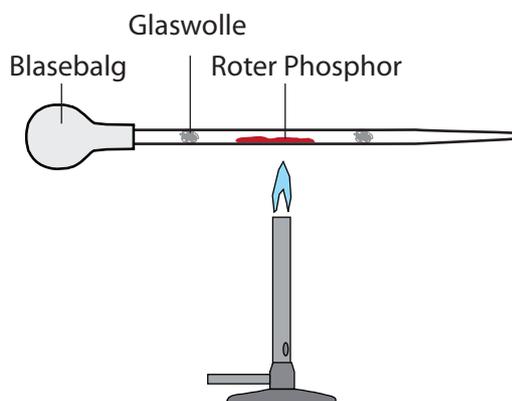
Die ausgeschnittene Reibfläche wird mit Aceton überschichtet. Dadurch wird das Bindemittel herausgelöst. Nach 5 - 10 min wird die rötliche Masse vom Papier mit einem Spatel abgekratzt, das Aceton lässt man im Trockenschrank verdunsten (etwa 30 min).

Phosphor-Flammenwerfer

Versuchsdurchführung

Die getrocknete Masse aus einer Reibfläche oder eine kleine Menge roter Phosphor wird zwischen zwei Glaswollpfropfen in die Pipette eingebracht.

Die Pipette wird mit dem Blasebalg verbunden und vorsichtig erhitzt.



Wenn die Umwandlung zu weißem Phosphor abgeschlossen ist (Farbe!), wird mit dem Blasebalg Luft durch die Pipette geblasen (die Pipette auf keine Person richten, Stichflamme!)

Danach Indikatorlösung (Indikatorpapierstreifen in wenig Wasser einlegen) aufsaugen und wieder ausdrücken.

Beobachtung

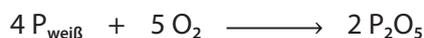
Roter Phosphor wandelt sich in eine weiße Masse um. Bläst man Luft darüber, entsteht eine Stichflamme und weißer Rauch (Phosphorpentoxid). Mit Wasser entsteht eine saure Lösung.

Erklärung

Beim Erhitzen wandelt sich Phosphor in seine weiße Modifikation um:



Weißer Phosphor reagiert mit dem Sauerstoff der Luft in einer stark exothermen Reaktion:



Phosphorpentoxid reagiert mit Wasser unter Bildung einer sauren Lösung (Phosphorsäure):



Entsorgung

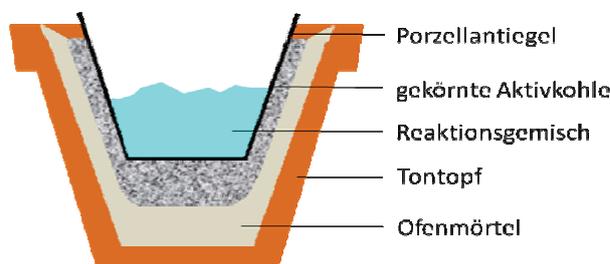
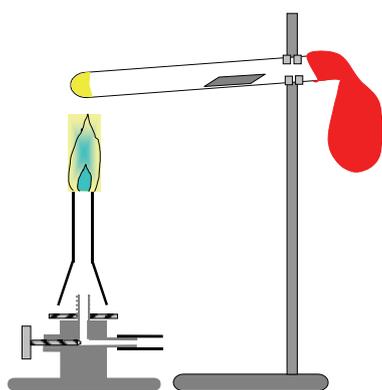
Die Pipette wird im Abfallbehälter für Feststoffabfall entsorgt.

Literatur

Golden, L. Melissa, et. al.: Phosphorus Flamethrower: A Demonstration Using Red and White Allotropes of Phosphorus. J. Chem. Educ., 2010, 87 (11), pp 1154–1158

Bildung und Zersetzung von Silbersulfid							Arbeitstechniken
Klasse	5	8	9	10	11	12	
NTG		X					
SG, ...			X				
Schülerübung geeignet <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein							
<p>AST-Element in der Mikrowelle</p>				<p>Chemikalien</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frisch hergestelltes Silbersulfid (aus Silberblech) • Vorversuch: <ul style="list-style-type: none"> - Schwefelpulver - Feinsilberblech (möglichst 999er Silber, ca. 8x13x0,2 mm), Bezugsquelle: z.B. Mauer, Lehr- und Forschungsmittel 40x40x0,2 mm, für 9,79 € o. MwSt. oder Silberrest vom Goldschmied • Hauptversuch: <ul style="list-style-type: none"> - Silbersulfid aus dem Vorversuch <p>Geräte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vorversuch: Stativ, Muffe und Klemme, Bunsenbrenner, schwer schmelzbares Reagenzglas, Luftballon • AST-Element: Die Herstellung eines AST-Elementes wird auf den Seiten "Herstellung eines AST-Elementes" in Kapitel 2 genau erklärt. Ebenso die Ermittlung der "hot spots" der Mikrowelle. • Tiegelzange • Spatel • Hitzebeständige Kachel • Haushaltsmikrowelle 800 W ohne Drehteller! • Gasbetonstein ca. 6 cm x 6 cm x 3 cm 			
<p>Porzellantiegel mit dem Reaktionsprodukt der Zersetzung von Silbersulfid</p>							

Sicherheitshinweise: Bei der Synthese wegen des entstehenden giftigen Schwefeldioxids unbedingt einen Luftballon über das Reagenzglas stülpen bzw. im Abzug arbeiten!



V

Versuch 1: Bildung von Silbersulfid

- Der Schwefel (1 g) wird ca. 1 cm hoch in das Reagenzglas eingefüllt.
- Das Reagenzglas wird leicht abfallend eingespannt.
- In das vordere Drittel wird das Silberblech gelegt.
- Das Reagenzglas wird mit dem Luftballon verschlossen.
- Der Schwefel wird kräftig erhitzt, so dass Schwefeldämpfe aufsteigen.
- Diese werden immer wieder mit der Brennerflamme bis zum Silberblech getrieben.
- Das Silberblech wird erhitzt, allerdings sollte darauf geachtet werden, das Silbersulfid

nicht zu stark zu erhitzen, da sich sonst an der Oberfläche Silber abscheidet, was den optischen Eindruck stört und das quantitative Versuchsergebnis stört.



Links: Silbersulfidkristalle in starker Vergrößerung (Ag_2S)

Rechts: Silbersulfid in Porzellantiegel vor der Behandlung mit der Mikrowelle

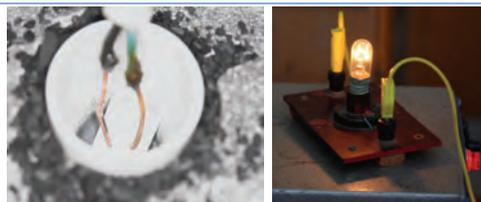
- Anschließend wird mit der Pinzette das Silbersulfid heraus genommen.
- Erst nach etwa 2 Minuten hat das Silber vollständig reagiert, die grauen Silbersulfidnadeln sind deutlich zu erkennen. Nach dem Abkühlen kann eine Massenzunahme festgestellt werden. Die Prüfung der elektrischen Leitfähigkeit fällt (im Idealfall) negativ aus. Das Produkt ist brüchig.

Versuch 2: Zersetzung von Silbersulfid

- In den Porzellantiegel eines gebrauchsfertigen AST-Elementes wird das Silbersulfid gegeben.
- Anschließend wird das Silbersulfid im Porzellantiegel (mit AST-Element) in der Haushalts-Mikrowelle bei 700-800 W auf dem Gasbetonstein im Hot spot zwei Minuten erhitzt.

B

Nach ca. 30 Sekunden beginnt der Tiegelinhalt aufzuglühen. Nach der Entnahme des AST-Elementes sind rotglühendes, geschmolzenes Silber und zeitweise Schwefelränder an der Tiegelwand zu sehen. Das Silber kühlt rasch ab und gewinnt den metallischen Glanz (ggfs. Polieren) bzw. seine Leitfähigkeit und Duktilität zurück.



Prüfen der elektrischen Leitfähigkeit des Reaktionsproduktes

E

Synthese: Silber + Schwefel → Silber(I)-sulfid
 $2 \text{Ag (s)} + \text{S (s)} \rightarrow \text{Ag}_2\text{S (s)}$
(duktil, leitfähig) *(brüchig, nicht leitfähig)*

Analyse: Silber(I)-sulfid → Silber + Schwefel
 $\text{Ag}_2\text{S (s)} \rightarrow 2 \text{Ag (s)} + \text{S (g)}$
(brüchig, nicht leitfähig) *(duktil, leitfähig)*

Tipps und Tricks	Falls keine Mikrowelle vorhanden ist, der Versuch aber durchgeführt werden soll, kann der Tiegel auch längere Zeit im Tondreieck über einem Bunsenbrenner erhitzt werden. Das Experiment liefert auch sehr gut Ergebnisse bei der quantitativen Durchführung. Massenzunahme bei der Bildung von Silbersulfid und Massenabnahme bei der Zersetzung sind gleich. Aus dem Massenverhältnis $m(\text{Ag}) : m(\text{S}) = 6,5 : 1$ lässt sich die Verhältnisformel Ag_2S ableiten. Alternative: Zersetzung von Kupferiodid (http://netexperimente.de/chemie/64.html [26. August 2013])
Entsorgung	Silber ist wieder verwendbar.
Literatur	Großmann, Irina, Schwab, Martin: Silber - Silbersulfid und zurück – In Naturwissenschaft im Unterricht – Chemie in der Schule (2008) Nr. 104, S.50-53 Lühken, Arnim; Bader, Hans-Joachim: Hochtemperaturchemie im Haushaltsmikrowellenofen – In Chemkon 8. Jg. (2001) Nr. 1, S. 7f

„Vergolden“ einer Kupfermünze

Zunächst wird auf Kupfer eine silberfarbene Schicht abgeschieden („Versilbern“), was bereits eine Zink-Kupferlegierung darstellt. Durch Erhitzen wandelt sich die silber- in eine goldfarbene Legierung (Messing) um („Vergolden“).

Hintergrund

Der Versuch ist ein Klassiker der Experimentalchemie und wird häufig im Anfangsunterricht verwendet, wo man für die Zinkabscheidung die Erklärung offen lässt. Bekannt ist der Versuch mit konz. Natronlauge, die mit Zinkpulver erhitzt werden muss. Es besteht die Gefahr von Siedeverzügen, was schwere Verätzungen durch die heiße Natronlauge zur Folge haben kann. Hier wird eine Variante vorgestellt, wo die Gefahr von Siedeverzügen deutlich geringer ist.

Gefahren



Signalwort: Gefahr

Schutzbrille tragen. Zinkchlorid und seine Lösungen sind stark ätzend, und kann die Haut und Augen schädigen. Zink und seine Salze sind sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.

Chemikalien

Zinkchlorid-Lsg., konz. H 302, H 314, H 335, H 410
Zink, Granalien H 410

Materialien

Becherglas, 100 ml, hohe Form
Scheuermittel zum Säubern der Münzen
Kupfermünze, z.B. 5 Cent
Bunsenbrenner
Dreifuß und Drahtnetz
Tiegelzange

„Versilbern“

Ein Becherglas wird zur Hälfte mit konz. Zinkchloridlsg. gefüllt, der Boden wird etwa 1 cm hoch mit Zinkgranalien bedeckt.

Es wird zum Sieden erhitzt.

Die gereinigte Kupfermünze wird für einige Minuten in die Lösung gelegt.

Wenn die Münze versilbert ist, wird sie herausgenommen und mit Wasser abgespült und abgetrocknet.

„Vergolden“ einer Kupfermünze

„Vergolden“

Die versilberte Münze wird vorsichtig in der entleuchteten Bunsenbrennerflamme erhitzt.

Beobachtung:

Zuerst wird die Kupfermünze mit einer silberglänzenden Schicht (Zink-Kupferlegierung) überzogen, in der Flamme wird die Münze goldfarben (Zink-Kupfer-Hochtemperaturlegierung: Messing).

Erklärung (nach Lit. 1)

Zunächst ist es unverständlich, warum sich das unedlere Zink auf dem edleren Kupfer niederschlägt. Die Reaktion



findet nicht statt! Die Lösung müsste sich sonst mit der Zeit blau färben, auch ist für diese Reaktion das Potential negativ.

Die treibende Kraft für diese Reaktion ist die Bildung einer Legierung, zuerst das silberfarbene γ -Messing (mit einem Zink-Gehalt größer als 45%). Diese Reaktion kann man folgendermaßen formulieren



Das Zink der Zinkelektrode löst sich auf und gibt die Elektronen an die Zinkionen aus der Lösung ab. Diese scheiden sich auf der Kupferoberfläche nieder. Wird dieser Versuch in zwei Halbzellen aufgebaut, kann man ein Potential von 0,7 V messen, das zusammenbricht, wenn sich die Münze mit γ -Messing überzogen hat.

Wird die „silberne“ Münze nun in die Flamme gehalten, so bildet sich das bekannte, goldfarbene α -Messing. Durch die hohe Temperatur der Flamme diffundieren die Zinkatome schneller zwischen die Kupferatome. Die Zinkatome verteilen sich somit stärker. α -Messing hat einen Zinkgehalt von kleiner 35%.

Aus diesem Grund bleibt die „versilberte“ Münze nicht dauerhaft silbern. Nach mehreren Tagen ist das Zink auch bei Raumtemperatur weiter zwischen die Kupferatome diffundiert.

Die Erklärung ist so kompliziert, dass man mit gutem Grund die Erklärung den Schülern im Anfangsunterricht verschweigt und zurecht als Alchemie verkauft.

Entsorgung

Die Zinkchloridlösung darf auf keinen Fall in das Abwasser entsorgt werden. Sie kann aufgehoben und wiederverwendet werden. Ebenso können die Zinkgranalien mit Wasser abgespült, getrocknet und wiederverwendet werden.

Literatur

- (1) Szczepankiewicz, Joseph F. et. al.: The „Golden Penny“ Demonstration: An Explanation of the Old Experiment and the Rational Design of the New and Simpler Demonstration. J. Chem. Educ., 1995, 72 (5), p 386
- (2) Haupt, P.: Praktikum Experimentelle Schulchemie Sek.I. Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Didaktisches Zentrum, 2001.

Säure-Base-Reaktion (Fraktale)

4.1 Materialien

a) Geräte

- Overhead-Projektor
- 2 Glasschalen, Durchmesser: 10 cm; Höhe: 1,5 cm
- 2 Uhrgläser, passend zu den Glasschalen;
- 2 Filterpapiere (12,5 cm)
- 1 Becherglas, $V=250$ ml
- 1 Meßzylinder, $V=50$ ml
- 1 Meß-Pipette, $V=5$ ml
- Schutzbrille
- Schutzhandschuhe

b) Chemikalien

- Bromthymolblau-Indikator, $w=1\%$
- Salzsäure, $w=38\%$, ätzend, C
- Natronlauge, $c(\text{NaOH})=0,002$ mol/l und $0,05$ mol/l.

4.2 Durchführung¹⁾

(a) In ein 250-ml-Becherglas werden ca. 100 ml Natronlauge, $c=0,002$ mol/l gegeben. Diese Lösung wird mit ca. 1 ml Indikator versetzt, so daß die Lösung (kräftig) blau erscheint. Davon werden ca. 50 ml in die auf dem Overhead-Projektor stehende Glasschale gegeben. An der Wand erscheint ein blau ausgefüllter Kreis.

(b) Ca. 50 ml konz. Salzsäure werden in die bereitstehende zweite Glasschale gegeben, so daß diese etwa halb voll ist. Über diese Glasschale wird das Filterpapier gelegt und mit dem passenden Uhrglas (mit der konvexen Seite nach oben) abgedeckt. Man läßt ca. 5 Minuten stehen.

(c) Das Filterpapier wird vorsichtig von der Glasschale abgehoben, die Glasschale wieder mit dem Uhrglas bedeckt. (Das Filter soll bei dieser Prozedur nicht mit der flüssigen Salzsäure in Berührung kommen.) Das Filterpapier wird auf die auf dem Overhead-Projektor befindliche Glasschale gelegt und mit dem passenden Uhrglas analog b) abgedeckt. Nach geraumer Zeit werden erste gelbe „Spots“ beobachtet. Wenn dies der Fall ist: Filterpapier vorsichtig entfernen (nicht wackeln, Filter nicht mit der wäßrigen Lösung in Berührung bringen!) und Uhrglas auf der Glasschale liegen lassen.

Dieser Versuch kann beliebig oft wiederholt werden, wenn von Zeit zu Zeit die stark verdünnte Natronlauge mit 1–2 Tropfen Natronlauge, $c=0,05$ mol/l regeneriert wird.

Lit.:

R.G. Weißenhorn, Verteilungs- und Säure-Base-Gleichgewichte- Lernprozesse an einem „Chemischen Kabinettstück. Praxis (Chemie), 43, Heft1, 2 – 5, (1994)



Knallgasrakete - Microscalevariante

Wasser wird in einer größeren Plastikpipette elektrolysiert, das entstehende Knallgas wird im Kopf einer kleineren Pipette aufgefangen. Zum Zünden wird der Pipettenkopf auf eine aufgebogene Büroklammer gesteckt und mit einem Funkenüberschlag gezündet.

Hintergrund

Dieser Versuch greift die Knallgasrakete auf, und macht Sie als Schülerübung zugänglich. Die gefahrlose, aber effektive Zündung durch eine Handteslaspule macht dieses Experiment äußerst attraktiv.

Gefahren



Signalwort: - - -

Bei dem Versuch entstehen Wasserstoff und Sauerstoff in so kleinen Mengen, dass keine Gefahr davon ausgeht.



Schutzbrille tragen. Die Mengenangaben einhalten. Die Handteslaspule nicht auf Menschen richten. Vorsicht Hochspannung. Nicht mit der Rakete auf Menschen zielen.

Die Handteslaspule ist nicht für den Dauerbetrieb gedacht. Nach 10 Minuten in Betrieb muss die Spule 10 Minuten ausgeschaltet bleiben.

Chemikalien

- Natriumsulfat- Lsg, gesättigt, nach GHS kein Gefahrenstoff

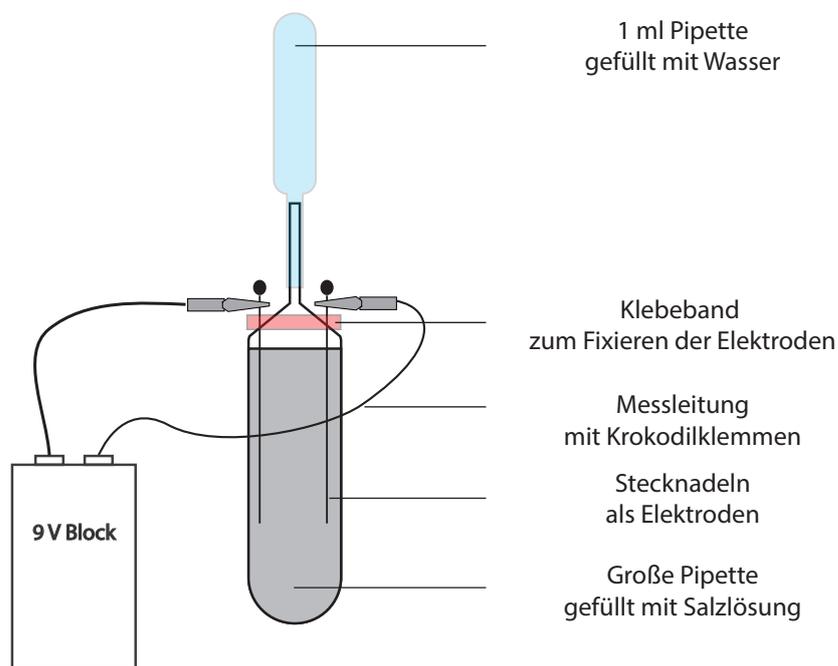
Materialien

- Pipette, groß, Bezugsquelle Roth 303.1
- Pipette, 1 ml
- Schere
- Große Stecknadeln als Elektroden
- Gewebeklebeband von Tesa zum Fixieren der Elektroden
- 9 V-Block als Stromversorgung mit Messleitungen, klein, 2 Stück
- Große Büroklammer als Abschussrampe
- Handteslaspule (Bezugsquelle Lit. 1), 220 V Netzspannung (möglichst keine Spule mit 120 V)
- 250 ml Becherglas als Ständer
- Erlenmeyerkolben zum Herstellen der Lösung

Knallgasrakete - Microscalevariante

Versuch

Versuchsaufbau 1 - Elektrolyse



Durchführung 1- Elektrolyse (nach Lit. 2)

Der Versuchsaufbau wird jedesmal neu zusammgebaut und kann nach dem Versuch entsorgt werden.

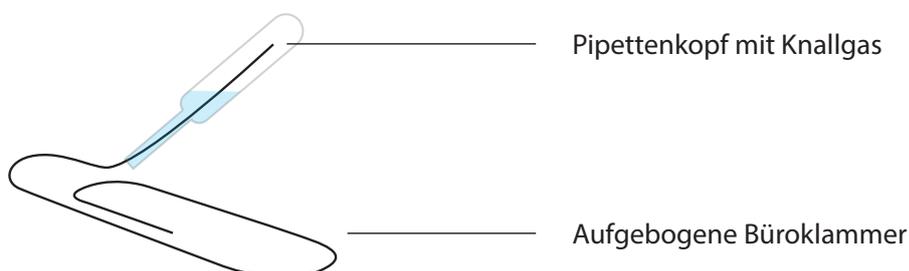
Zusammenbau der Apparatur

1. Pipetten wie auf der Abbildung mit der Schere kürzen.
2. Große Pipette mit gesättigter Natriumsulfat- Lsg. füllen.
3. Elektroden durchstechen, mit Klebeband fixieren, darauf achten, dass Krokodilklemmen noch angebracht werden können.
4. Kleinen Pipettenkopf mit Wasser füllen, über die große Pipette stülpen.
5. Die Anordnung in ein Becherglas stellen.

Elektrolyse

1. Die Pole der 9V Batterie mit den Elektroden verbinden.
2. Wenn es schneller gehen soll, kann man zwei Batterien in Reihe schalten.
3. Solange elektrolysieren, bis das Wasser im Kopf der Pipette noch 5 mm hoch steht.

Versuchsaufbau 2 - Abschuss der Rakete



Knallgasrakete - Microscalevariante

Durchführung 2 - Abschuss der Knallgasrakete (nach Lit. 2)

1. Vorsichtig den kleinen Pipettenkopf von der großen Pipette nehmen, Öffnung nach unten halten.
2. Vorsichtig auf die aufgebogene Büroklammer stecken.
3. Die Büroklammer so ausrichten, dass sich niemand in der Schussbahn befindet.
4. Mit der Handteslaspule auf den gasgefüllten Teil der Pipette zielen, Funkenüberschlag auslösen.
5. Die Rakete muss sofort zünden.

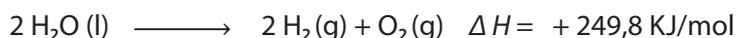
Beobachtung

Durch die Elektrolyse entstehen Gase an beiden Elektroden, die nach oben in den kleinen Pipettenkopf steigen, und dort das Wasser verdrängen. Dadurch tropft Wasser aus der oberen Pipette.

Es gibt einen Funken von der Handteslaspule bis zum Metalldraht der Büroklammer durch die Pipettenwand hindurch. Die Rakete zündet mit dumpfen Knall. Die Rakete fliegt je nach Steigung der Startrampe steil nach oben bis an die Decke oder im flachen Bogen viele Meter weit.

Erklärung

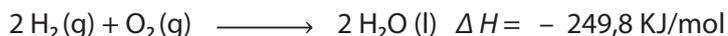
Wasser wird durch elektrischen Strom in einer stark endothermen Reaktion in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt:



Um die Leitfähigkeit zu erhöhen, wird eine Natriumsulfatlösung elektrolysiert.

Die Gase steigen nach oben und verdrängen das Wasser aus dem aufgesteckten Pipettenkopf. Daher tropft das Wasser aus der Pipette heraus.

Wasserstoff und Sauerstoff liegen in der Pipette nebeneinander vor, ohne miteinander zu reagieren, sie sind metastabil. Im stöchiometrischen Verhältnis 2 : 1 bezeichnet man die Mischung als Knallgas. Erst durch einen Zündfunken reagiert die Mischung unter Explosion in einer exothermen Reaktion zu Wasser.



Da das entstehende Wasser durch die starke Wärmeentwicklung sich stark ausdehnt, wird das restliche Wasser aus dem Pipettenkopf gepresst. Nach dem physikalischen Grundsatz *Actio = Reactio* erfährt der Pipettenkopf eine Gegenkraft, die ihn in die Gegenrichtung des ausströmenden Wassers wegschießt.

Ohne flüssiges Restwasser im Kopf kommt es nur zu einem Knall, ohne dass der Pipettenkopf weggeschossen wird.

Der Knall ist durch die Pipette und das Restwasser schallgedämmt, und damit viel leiser als im Vergleich zu Knallgas im Seifenschaum.

Entsorgung

Die Salzlösung kann im Abfluss, die Pipette im Restmüll entsorgt werden. Die Stahlnadeln können wiederverwendet werden, ebenso kann man die Batterie mehrmals nutzen.

Knallgasrakete - Microscalevariante

Hinweise zur Handteslaspule BD-10AS von ETP

Die Spule kann direkt in der USA bestellt werden.

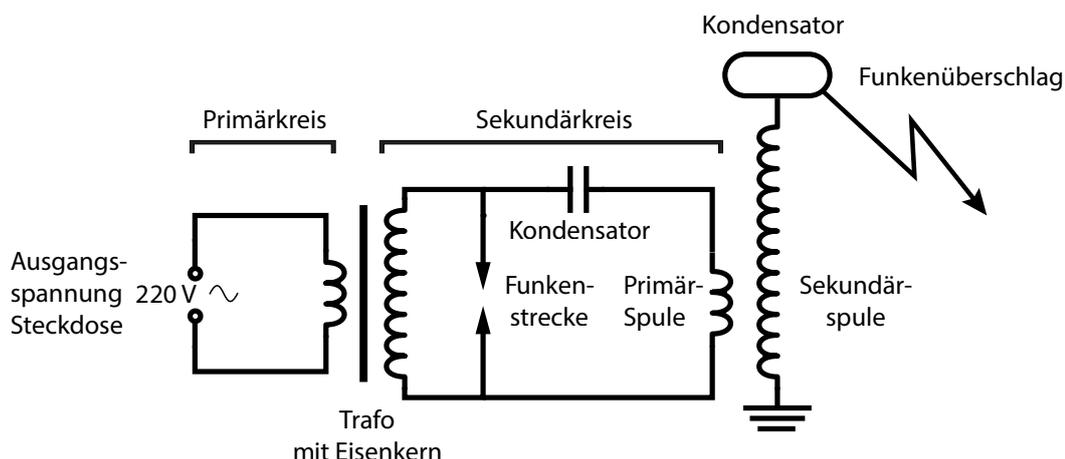


Technische Daten

Die Teslaspule arbeitet mit 220 V bzw. 120 V und 50 Hz bzw. 60 Hz. Sie transformiert die Spannung aus der Steckdose auf etwa 20 000 bis 45 000 V. Die Frequenz beträgt dann etwa 500 kHz, die Stromstärke des Funkenüberschlags liegt etwa bei 1 mA.

Funktionsweise der Spule (nach Lit. 3)

Den Aufbau einer Teslaspule zeigt das folgende Schaubild (verändert nach Lit. 4)



Im Trafo wird die Netzspannung auf 1,2 kV hochtransformiert und der Kondensator im Sekundärkreis aufgeladen. Ist dieser genügend aufgeladen, springt ein Funke in der Funkenstrecke über. Diese ist wie ein Schalter, der den Strom an- und ausschaltet. Ist der „Schalter“ geschlossen, fließt Strom durch die Primärspule.

Dadurch entsteht ein Magnetfeld, welches wieder zusammenbricht, wenn der Kondensator entladen ist und kein Funkenüberschlag mehr stattfindet. Danach lädt sich der Kondensator wieder auf und der Zyklus aus Bildung und Zusammenbruch des Magnetfelds findet immer wieder und wieder statt.

Jedesmal, wenn sich ein Magnetfeld ausbildet, wird dadurch in der Sekundärspule eine hochfrequente Spannung induziert (500 kHz). Die Spannung liegt aufgrund der hohen Windungszahl der Sekundärspule zwischen 20 000 bis 50 000 V (vereinfacht dargestellt).

Wiederum wird ein Kondensator aufgeladen, der sich bei entsprechender Aufladung in die Umgebung als sichtbarer Funkenüberschlag entlädt.

Literatur

- (1) <http://www.electrotechnicproducts.com/bd-10as-high-frequency-generator/>
- (2) Flinn Scientific: Simple Elektrolysis (auf Youtube abrufbar, Film ab 10:00 min Knallgasrakete)
- (3) <http://mindtrekkers.mtu.edu/docs/Lessons%202012/Mini%20Tesla%20Coil.pdf>
- (4) http://de.wikipedia.org/wiki/Tesla-Transformator#mediaviewer/File:Tesla_coil_3.svg

Low-Cost-Benzinkanone

Aus einem Piezozünder und einer Filmdose kann man sich für unter einem Euro eine Benzinkanone bauen. Der Piezozünder wird aus einem Feuerzeug entnommen. Mit nur einem Tropfen Benzin gibt es einen lauten Knall, der Deckel wird mehrere Meter weit geschleudert.

Hintergrund

Der Versuch kann gefahrlos schon von jüngeren Schülern durchgeführt werden. Es zeigt die Energie, die in nur einem Tropfen Benzin steckt.

Gefahren



Signalwort: Gefahr

Schutzbrille tragen. Benzin ist leicht entzündlich und kann Dämmrigkeit und Benommenheit verursachen. Beim Verschlucken kann es tödlich sein, wenn es in die Atemwege eindringt. Nicht mit offenen Flammen arbeiten. Sicher in der Verwendung sind die für den Haushalt käuflichen Benzinflaschen mit Tropfer.

Chemikalien

■ Benzin H 225, H 304, H 315, H 336, H 336f, H 373, H 411

Materialien

■ Einwegfeuerzeug mit Piezozünder
 Filmdöschen (Marke Fuji)
 Zweikomponentenkleber
 Bohrmaschine und Bohrer

Wie erkennt man ein Piezofeuzeug

Die Feuerzeuge mit Piezozünder werden als „elektronischer“ Zündung angeboten. Man erkennt den Piezozünder, wenn man das Feuerzeug gegen das Licht hält oder an der Tatsache, dass ein Rad für den Feuerstein fehlt.



Feuerzeug mit Piezozünder



Ausgebauter Piezozünder

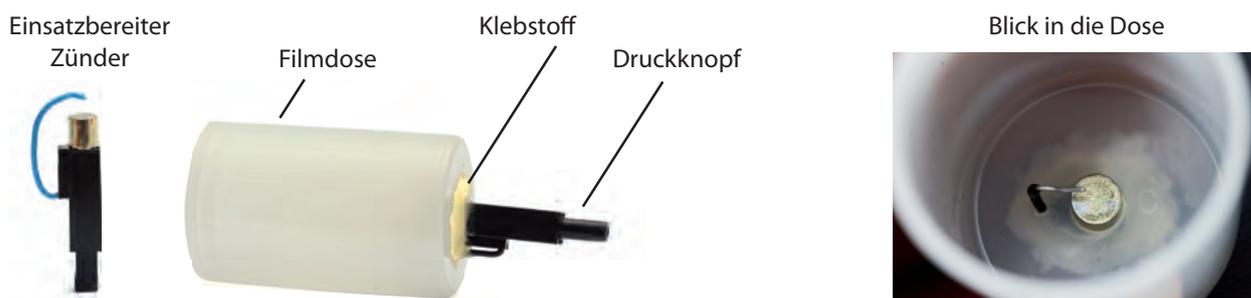
Low-Cost-Benzinkanone

Ausbau des Piezozünders

Mit einem Schraubenzieher wird das Metallteil weggebrochen, ebenso der Druckknopf aus Kunststoff. Danach stößt man das Feuerzeug mit dem jetzt offenen Ende auf den Tisch. Der Piezozünder fällt heraus.

Zusammenbau

Der abstehende Draht muss so gebogen werden, dass er dem Metallstift gegenüber steht. Der Draht kann etwas abisoliert werden.



In den Boden der Filmdose werden zwei Löcher (\varnothing 5 mm zentrisch, 1 mm etwas daneben) gebohrt, so dass der Metallstift und der Draht getrennt in die Dose hineingesteckt werden können. Der Zünder wird noch mit Zweikomponentenkleber befestigt. Ist die Kanone erst einmal gebaut, ist sie für den Einsatz im Unterricht oder Übung schnell bereit.

Einsatz als Benzinkanone

Ein Tropfen Benzin wird in die präparierte Filmdose gegeben und mit dem Deckel verschlossen. Mit der Hand wird etwas angewärmt, danach noch geschüttelt.

Die Dose wird mit der Faust umfasst, jetzt kann gezündet werden. Auf freie Schussbahn achten.

Bevor erneut gezündet werden kann, muss frische Luft in das Filmdöschen gebracht werden

Erklärung

Wenn das Benzin verdampft, entsteht eine explosionsfähige Mischung. Ein Funke genügt, um das Benzin-Luft-Gemenge zu zünden.



Die Reaktion ist stark exotherm und kann als Modellversuch für die chemischen Vorgänge im Automotor verwendet werden.

Entsorgung

Das Feuerzeug kann im Restmüll entsorgt werden. Es entweicht kein Gas. Beim Betrieb der Benzinkanone fällt kein Abfall an.

Literatur

http://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/chemie/gym/fb2/modul4/2_prak/

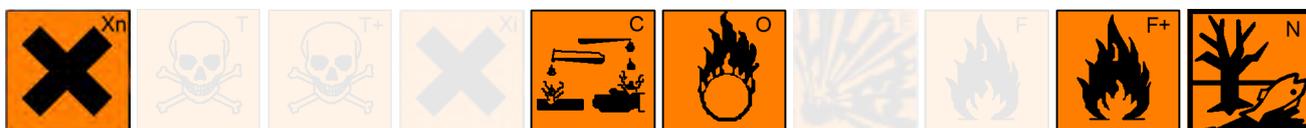
Chlorknallgas-Reaktion

Chlorknallgas wird durch Lichtenergie zur Reaktion gebracht. Das Chlorknallgas befindet sich in einer Plastikspritze, gezündet wird mit einem Elektronenblitz.

Hintergrund

Licht als Form der Aktivierungsenergie kann im Anfangsunterricht besonders beeindruckend an diesem Beispiel gezeigt werden. Bei der radikalischen Substitution von Alkanen mit Brom oder bei der Kunststoffherstellung, wo Radikale aus dem Radikalstarter durch Bestrahlung mit UV-Licht gebildet werden, begegnen Schüler wieder diesem Phänomen.

Gefahren



Handschuhe und Schutzbrille tragen. Kaliumpermanganat wirkt brandfördernd, mit organischen Stoffen besteht Entzündungsgefahr. Nach Anweisung entsorgen. Konz. Salzsäure ist ätzend und reizt die Atemorgane, daher im Abzug arbeiten. Wasserstoff ist hochentzündlich, an gut belüfteten Orten arbeiten. Offenes Feuer vermeiden.

Materialien

Filmdöschen oder Reagenzglas
 Passender Silikonstopfen bzw. Gummistopfen
 Kanüle
 Plastikspritze, 2 ml und 20 ml
 Korkring
 Elektronenblitz
 Schutzscheibe
 Universalindikatorpapier

Chemikalien

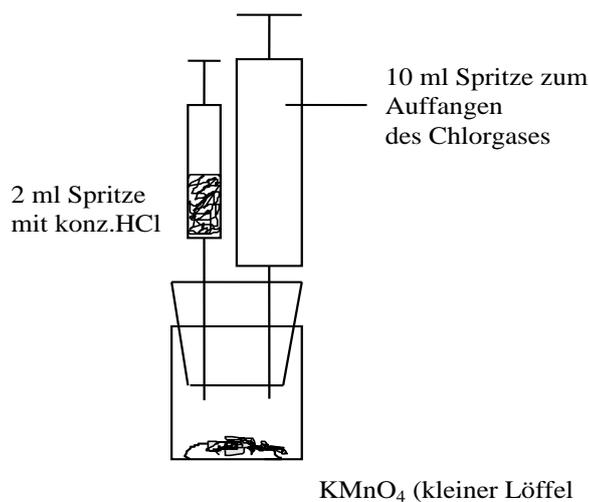
Kaliumpermanganat, O, Xn, N
 Salzsäure, konc., C
 Wasserstoff aus der Stahlflasche, F+
 Silikonöl

Herstellung von Chlorgas und Befüllen der Spritze

- Kanüle nach dem durchstechen durchblasen
- Kolben der 20 ml Spritze mit Silikonöl schmieren
- Konz. HCl langsam einspritzen, es entwickelt sich sofort Chlorgas, das den Kolben der Spritze hochdrückt
- Die ersten zwei Spritzen mit Chlorgas verwerfen (Chlor muß absolut sauerstofffrei sein!)
- 10 ml Chlor aufziehen

Chlorknallgas-Reaktion

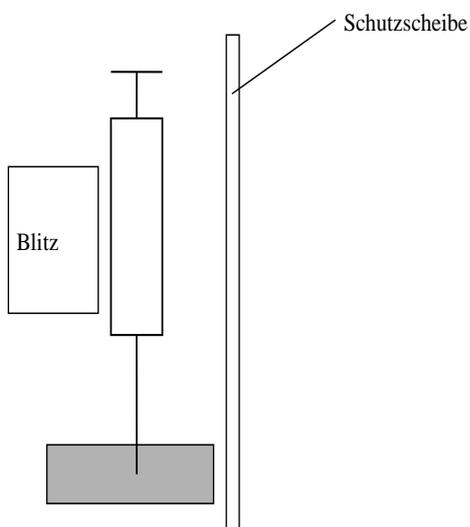
Versuch



Befüllen der Spritze mit Wasserstoff

- Wasserstoffschlauch mit Wasserstoff spülen (unter Wasser einleiten). Schlauch wird sauerstofffrei.
- Mit der Kanüle in den Schlauch einstecken und zu den 10 ml Chlor noch 10 ml Wasserstoff aufziehen.

Versuchsdurchführung



- Spritze mit Kanüle in Korkring stechen
- Schutzscheibe zum Publikum
- Elektionenblitz auf manuel
- mit dem Blitz ganz nah an die Spritze heran gehen
- die Explosion erfolgt in dem Moment, in dem der Blitz ausgelöst wird
- mit feuchtem Indikatorpapier lässt sich HCl nachweisen

Entsorgung

Kaliumpermanganatreste nicht in den Abguss geben, es ist als Schwermetall wasser-gefährdent. Zuerst mit Wasser verdünnen, dann mit Natriumthiosulfatlösung umsetzen. Produkt in den Behälter für Schwermetalle geben.

Literatur

Full, R.: Die quantitative Chlorwasserstoff -Synthese in der Einwegspritze, PdN-CH. 8/44 S. 20ff

Reduktion von Eisenoxid mit Wasserstoff

In einer Pipette wird rotes Eisenoxid erhitzt und ein Wasserstoffstrom darübergeleitet. Der Wasserstoff wird in einem regulierbaren Minigasentwickler hergestellt. Als Rückschlagsicherung dient ein kleiner Stahlwollpropfen in der Pipette. Der Versuch ist als Schülerversuch geeignet.

Hintergrund

Die Reduktion mit Wasserstoff ist ein Grundversuch. Die Reduktion von rotem Eisenoxid zu fein verteiltem, schwarzem Eisen lässt sich nicht nur an der Farbe, sondern auch durch die magnetischen Eigenschaften des Eisens erkennen.

Gefahren



Signalwort Gefahr

Schutzbrille tragen. Wasserstoff wird nur in kleinen Mengen hergestellt, so dass auf eine Knallgasprobe verzichtet werden kann. Zink, (die entstehenden) Zinksalze und Kupfersulfat sind als Schwermetall-Salze sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung, daher nicht ins Abwasser entsorgen.

Chemikalien

Zink-Granalien H 410
 Schwefelsäure, 1 molar, nach GHS keine Einstufung
 Kupfersulfatlösung, 1 molar, H 302, H 319, H 315, H 410
 Eisen (III)-oxid

Materialien

Kipp-Küvette als Wasserstoffgasentwickler (Bezugsquelle: Hedinger)
 Gummistopfen mit einer Bohrung, dazu passender Zweiwegehahn
 Pasteurpipette aus Glas mit passendem Schlauchstück
 Mikrospatel, Metalldraht zum Einschieben der Rückschlagsicherung
 Stahlwolle 000 für die Rückschlagsicherung,
 Bunsenbrenner

Vorbereitung der Kippküvette

Zinkgranalien werden durch die seitliche Öffnung in den mittleren Hohlraum (Reaktionsraum) eingefüllt. Schwefelsäure (zur Beschleunigung der Reaktion mit wenig Kupfersulfatlösung versetzt) wird durch die obere Öffnung eingefüllt, so dass die Zinkgranalien bedeckt sind. Jetzt kann der Stopfen mit dem Zweiwegehahn in die seitliche Öffnung hineingesteckt werden (Abb. 1). Ist der Hahn geschlossen, wird die Flüssigkeit in den oberen Vorratsbehälter zurückgedrängt.

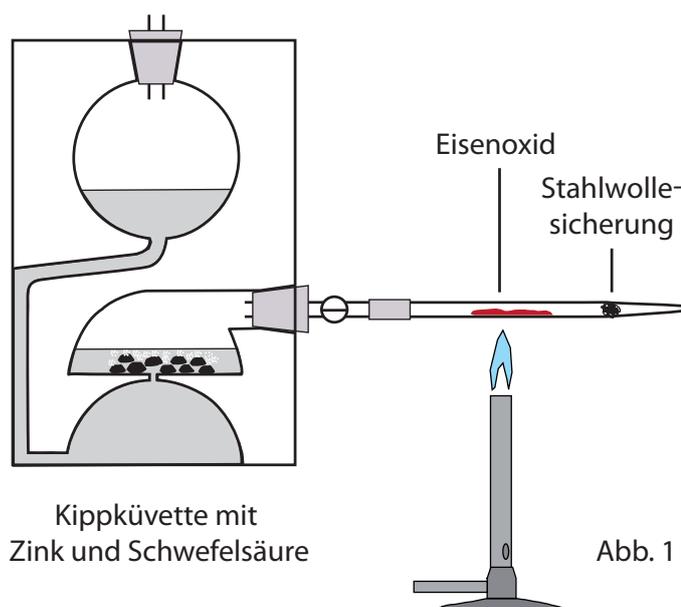
Reduktion von Eisenoxid mit Wasserstoff

Versuch

Vorbereitung der Pipette und Versuchsdurchführung

Ein kleiner Stahlwollepfropfen wird mit einem Metalldraht in die Glaspipette eingeschoben, dann das Eisenoxid eingefüllt (Abb. 1). Die Pipette wird jetzt über das Schlauchstück mit dem Zweiwegehahn verbunden.

Der Zweiwegehahn wird geöffnet, so dass die Schwefelsäure in den Reaktionsraum zurückfließt. Wenn eine kräftige Gasentwicklung eingesetzt hat, wird das Eisenoxid bis zum Farbumschlag nach schwarz erhitzt (Abb. 1).



Nach dem Schließen des Zweiwegehahns wird der Brenner abgestellt und die magnetischen Eigenschaften des Reaktionsproduktes getestet.

Versuchsergebnis

Die rote Eisenoxid wird zu einem schwarzen Pulver, das magnetisch ist.

Erklärung

Aus Zink und Schwefelsäure wird Wasserstoff in einer exothermen Reaktion entwickelt:



Wasserstoff reduziert das Eisenoxid zu Eisen in einer endothermen Reaktion:



Entsorgung

Kippkuvette mit Füllung kann wiederverwendet werden. Sonst Entsorgung der Lsg. im Schwermetallabfall.

Literatur:

<http://mattson.creighton.edu/PipetteRxn/index.html>

Schriftenreihe: Sicherheit im Umgang mit Industriegasen
SICHERHEITSHINWEISE
*Transport von Gasflaschen in kleinen Mengen *)*

Auch der Transport einzelner voller oder leerer Gasflaschen unterliegt der Gefahrgutverordnung Straße/Eisenbahn/Binnenschifffahrt- GGVSEB. Diese Sicherheitshinweise sollen möglichen Schäden vorbeugen und die Einhaltung der Gefahrgut-Transportvorschriften erleichtern.

Anforderungen an volle und leere Flaschen

- Die Flaschenventile müssen dicht geschlossen sein.
- Druckminderer müssen entfernt sein.
- Vom Gaslieferanten mitgelieferte Verschlussmutter, z.B. bei giftigen und selbstentzündlichen Gasen, müssen auf den Ventilanschluss aufgeschraubt sein.
- Das Flaschenventil muss während des Transports durch Flaschenkappen, Kragen oder Schutzkisten geschützt sein.
- Die Gasflaschen müssen mit vollständigen, gut lesbaren Flaschenaufklebern, die der Gaslieferant auf den Flaschen angebracht hat, versehen sein. Die darin integrierten Gefahrzettel haben folgende Bedeutung:



*) Gasflaschen in kleinen Mengen heißt hier: Nicht mehr als 6 große Flaschen (max. 50 l Rauminhalt), sofern es sich nicht um giftige Gase handelt. Weiterhin wird vorausgesetzt, dass keine anderen Gefahrgüter geladen sind, wie z. B. Lacke, Lösemittel, Säuren, Laugen.



Anforderungen an das Fahrzeug

- Der Transport in PKW's und geschlossenen Fahrzeugen sollte nur in Ausnahmefällen und unter Beachtung besonderer Vorsichtsmaßnahmen erfolgen. Der Transport in Anhängern ist vorzuziehen.
- Beim Transport in geschlossenen Fahrzeugen muss ausreichende Belüftung sichergestellt sein, z. B. offenes Fenster, eingeschaltetes Gebläse, Kofferraumbelüftung.
- Die Flaschen müssen gegen Verrutschen, Umfallen oder Umherrollen gesichert sein, z. B. durch Verzurren. Die Verstauung sollte dabei möglichst getrennt vom Fahrgastraum erfolgen. Das zulässige Gesamtgewicht des Fahrzeuges darf nicht überschritten werden.
- Wenn der Transport nicht von Privatpersonen für den häuslichen Gebrauch oder für Freizeit und Sport durchgeführt wird, muss mindestens ein Feuerlöscher (Brandklasse A, B, C) mit einem Mindestfassungsvermögen von 2 kg mitgeführt werden.

Anforderungen an die Beförderungsdokumente

- Ein Beförderungspapier ist bei Beförderungen für eigene Zwecke in Deutschland nicht erforderlich.
- Schriftliche Weisungen sind nicht erforderlich.

Anforderungen an die Fahrzeugbesatzung

- Ein Gefahrgutführerschein ist nicht erforderlich.
- Bei Transporten, die nicht von Privatpersonen durchgeführt werden, müssen die beteiligten Personen unterwiesen werden.

Anforderungen an die Transportdurchführung

- Das Rauchen ist in der Nähe des Fahrzeuges und in dem Fahrzeug verboten.
- Das Fahrzeug sollte auf direktem Wege zum Bestimmungsort gefahren werden und ist dort unverzüglich zu entladen.
- Die Mitnahme von Personen ist zulässig.

Ihr Gaselieferant erteilt Ihnen gern weitere Auskünfte

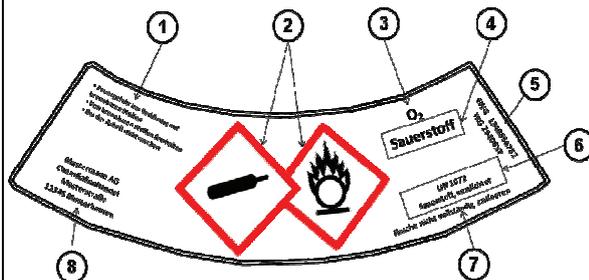
Diese Veröffentlichung entspricht dem Stand des technischen Wissens zum Zeitpunkt der Herausgabe (Juni 2010). Der Verwender muss die Anwendbarkeit auf seinen speziellen Fall und die Aktualität der ihm vorliegenden Fassung in eigener Verantwortlichkeit prüfen. Eine Haftung des IGV und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.



Industriegaseverband e.V. – Komödienstr. 48 – 50667 Köln
Telefon: 0221-9125750 – Telefax: 0221-912575-15 – e-mail: Kontakt@Industriegaseverband.de
Internet: www.Industriegaseverband.de

Druckgasflaschen

Sicherheit



Gase, die an der Schule verwendet werden

- Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff als Pressgas
- Kohlenstoffdioxid als Flüssiggas
- Methan, Ethan, Propan, Butan, Ethen in Einwegdosen

Ammoniak, Chlor, Wasserstoffchlorid und andere sehr giftige bzw. ätzende Gase sollten im Mikromaßstab frisch hergestellt werden und nicht aus Druckgasflaschen verwendet werden.

Angaben auf den Druckgasflaschen:

- 1: H- und P-Sätze bzw. Risiko- und Sicherheitssätze
 2: Gefahrensymbole
 3: Inhalt
 4: Produktbezeichnung des Herstellers
 5: EWG Nummer bei Einzelstoffen oder das Wort Gasgemisch
 6: Vollständige Gasbenennung nach GGVS
 7: Herstellerhinweis
 8: Name, Anschrift und Telefonnummer des Herstellers



- (1) **Flaschenventil**
 (2) **Stellschlüssel** für Reduzierventil: Es wird geöffnet, indem man den Schlüssel hineindreht, geschlossen, indem man ihn herausdreht
 (3) **Entnahmeventil**
 (4) Manometer für den Flaschendruck
 (5) Manometer für Gebrauchsdruck
 (6) Anschluss des Reduzierventils an die Stahlflasche
 (7) Gasabnahme
 (8) Stahlflasche

Regeln (ausführlicher in „Umgang mit Druckgasflaschen; RISU vgl. Literatur):

1. Stahlflaschen gegen Umstürzen sichern (⇒im Unterricht anketten!)
2. Druckgasflaschen vor starker Erwärmung schützen!
3. Gasflaschen für Wasserstoff und Sauerstoff am Besten nicht im gleichen Raum aufbewahren!
4. Keine Bereitstellung zusammen mit brennbaren Flüssigkeiten, deren Menge über den Handgebrauch hinaus geht.
5. Räume, in denen Gasflaschen aufbewahrt werden, ausreichend be- und entlüften!
6. Die Flaschen müssen außerhalb der Unterrichtsräume aufbewahrt werden und dürfen nur zum Gebrauch – d.h. zu Stundenbeginn – in die Unterrichtsräume gebracht werden. Nach Unterrichtsende müssen die Stahlflaschen sofort wieder in die Sammlung zurück!
7. Gasschläuche müssen am Flaschenventil und an der Versuchsapparatur sicher befestigt sein.
8. Nach Gebrauch alle Ventile schließen! (vgl. „Reihenfolge“!)
9. Alle mit oxidierend wirkenden Gasen (SAUERSTOFF) in Berührung kommenden Teile von Druckgasflaschen und ihrer Ausrüstung (Armaturen, Manometern, Dichtungen usw.) müssen frei von Fett, Öl und Glycerin gehalten werden. Keine Berührung mit öligen Putzlappen oder fettigen Fingern! Ausschließlich speziell für Sauerstoff zugelassene Druckminderer verwenden!
10. Die Gasentnahme bei Einwegdruckdosen erfolgt mit einem Universal-Gasentnahmeventil, das zu allen Druckdosen passt und direkt vor der Verwendung gerade auf das Gewinde der Apparatur aufgeschraubt wird. Nach der Benutzung wird das Gewinde wieder entfernt, da eine 100%ige Dichtheit oft nicht gewährleistet ist.

V

Zum Üben im Umgang mit den Druckgasflaschen aus Stahl ist gemäß folgender Anleitung mehrfach Gas zu entnehmen (Schutzbrille verwenden!):

- a) Befüllen eines Microscale-Gastransportbehälters (s. Arbeitstechnik)
- b) Umspülen einer Elektrode in einem mit Wasser gefüllten U-Rohr
- c) Knallbüchse

Reihenfolge der Handgriffe zur Gasabnahme:

1. Kontrolle, ob Reduzierventil geschlossen ist (Stellschlüssel herausgedreht)
2. Kontrolle, ob Entnahmeventil geschlossen ist
3. **Flaschenventil (1)** langsam öffnen \Rightarrow Manometer zeigt den Flaschendruck an.
4. **Stellschlüssel (2)** in Reduzierventil hineindrehe und den Gebrauchsdruck (max. 0,5 bar) laut Manometeranzeige **(5)** einstellen
5. **Entnahmeventil (3)** öffnen und nach Bedarf Gas entnehmen

TIPP: Vor Anschluss an die Versuchsanordnung kann die tatsächliche Höhe des Gebrauchsdrucks getestet werden \Rightarrow Entnahmeventil öffnen und ungiftiges Gas z.B. an die Handoberfläche strömen lassen („sensorische“ Prüfung).

WICHTIG:

Vor Öffnen des Flaschenventils (1) muss man sich überzeugen, dass sowohl Stellschraube (2) als auch Entnahmeventil (3) geschlossen sind, da sonst die Gefahr besteht, dass die Versuchsanordnung auseinandergerissen wird!

Reihenfolge der Handgriffe nach Gebrauch:

1. **Entnahmeventil** schließen
2. **Flaschenventil (1)** kräftig zudrehen (aber nicht zu fest!)
3. Den Druck aus dem Reduzierventil ablassen:
 - \triangleright Schlauchverbindung zur Versuchsanordnung lösen
 - \triangleright **Entnahmeventil (3)** öffnen
4. **Stellschlüssel (2)** des Reduzierventils herausdrehen \Rightarrow d.h. das Ventil schließen
5. **Entnahmeventil (3)** schließen.

WICHTIG:

Es genügt **nicht**, nur das Flaschenventil (1) und das Entnahmeventil (3) zu schließen. Bleibt der Stellschlüssel (2) eingedreht, d.h. das Reduzierventil geöffnet, strömt evtl. viel Gas aus. Dies ist nicht nur teuer, sondern bei Wasserstoff auch extrem explosionsgefährlich!

Zusammenfassung

Öffnen: 1. Flaschenventil \Rightarrow 2. Reduzierventil \Rightarrow 3. Entnahmeventil

Schließen (zw. 2 Versuchen.): 1. Entnahmeventil \Rightarrow 2. Reduzierventil \Rightarrow 3. Flaschenventil

Schließen mit Entlüften (nach Gebrauch):

1. Entnahmeventil schließen \Rightarrow 2. Flaschenventil \Rightarrow
3. Entnahmeventil öffnen \Rightarrow 4. Reduzierventil schließen \Rightarrow
5. Entnahmeventil schließen

Tipps und Tricks	Die Armaturen dürfen nur vom Sammlungsleiter gewechselt werden.
Entsorgung	-
Literatur	Armeth, G.; Bezler, H.; Domke, W.; Eisenbarth, O.; Ellrott, H.; Hohenberger, L.; Dr. Kellner, R.; Weiß, H.: „Richtlinien zur Sicherheit im naturwissenschaftlichen Unterricht“, vgl. S. 25 (31) f. (Bundesverband der Unfallkassen, München Bestell-Nr. GUV-SI 8070) Häusler, Karl; Rampf, Heribert; Reichelt, Roland: Experimente für den Chemieunterricht mit einer Einführung in die Labortechnik – München: R. Oldenbourg Verlag GmbH, 1991, 1. Auflage

Kohlendioxid: Herstellung von Trockeneis

Versuch

Ein Trockeneisgerät wird auf eine CO₂-Steigrohrflasche geschraubt. Das Gerät wird verschlossen und der Haupthahn der Gasflasche aufgedreht. Nach kurzer Zeit sammelt sich im Gerät festes Kohlendioxid (Trockeneis) an.

Hintergrund

Kleine Mengen, wie sie für die Demonstration des Phänomens der Sublimation im Unterricht benötigt werden, können auf diese Art und Weise schnell und unproblematisch vor den Augen der Schüler hergestellt werden. Mit einer Temperatur von - 78°C wird Trockeneis zum Kühlen verwendet. Da es sublimiert, kann es z.B. als Kühlmittel in Postsendungen von temperaturempfindlichen Materialien verwendet werden.

Gefahren



Vorsicht im Umgang mit Druckgasflaschen. Auf sicheren Stand achten. Eine Steigrohrflasche darf nie mit Druckminderer betrieben werden. Beim Umgang mit Trockeneis Schutzhandschuhe gegen Kälte benutzen. Schutzbrille tragen. An gut belüfteten Orten arbeiten.

Chemikalien

■ Kohlendioxid (Steigrohrflasche 20 l)

Materialien

■ Trockeneisgerät Snowpack¹
 Demonstrations-Thermometer
 Schutzhandschuhe gegen Kälte
 Schraubenschlüssel Größe ...

Durchführung

Das Trockeneisgerät, das häufig auch als Pralldüse bezeichnet wird, direkt auf das Gewinde der Steigrohrflasche aufschrauben.

Je nach Ausführung der Pralldüse wird ein Säckchen oder ein Klettverschluss verwendet, um das entstehende Trockeneis aufzufangen. Daher wird entweder das Säckchen über die Düse gestülpt und zugebunden oder der Klettverschluss verschlossen.

Der Haupthahn der Gasflasche wird für etwa 30 Sekunden aufgedreht. Das Trockeneis kann entnommen werden.



Bildquelle:
LD-Didactic

Kohlendioxid: Herstellung von Trockeneis

Versuch

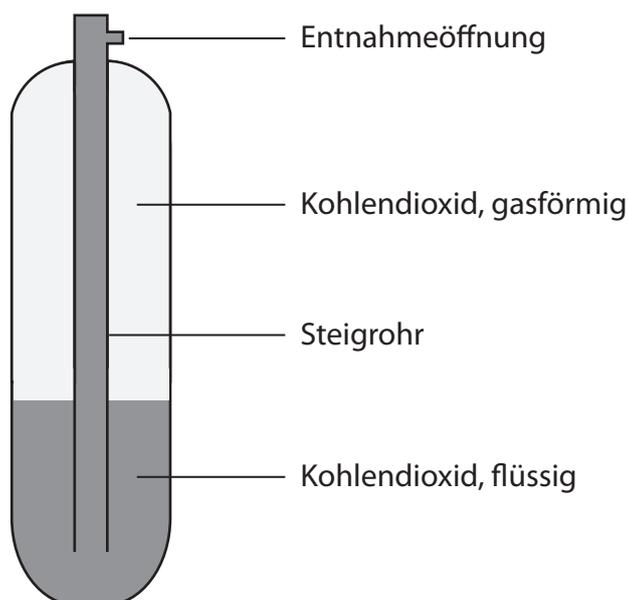
Erklärung

In jeder Kohlendioxidflasche liegt neben der flüssigen auch eine gasförmige Phase vor. Öffnet man eine Druckflasche ohne Steigrohr, tritt gasförmiges Kohlendioxid aus. Die Besonderheit der Steigrohrflasche liegt darin, dass durch das Steigrohr flüssiges und nicht gasförmiges Kohlendioxid aus der Flasche austritt.

Bei 20°C befindet sich das flüssige Kohlendioxid unter einem Druck von 57,5 bar in der Druckflasche. Öffnet man nun den Haupthahn tritt flüssiges Kohlendioxid aus. Durch den plötzlichen Druckverlust dehnt sich das Gas aus, die dazu nötige Energie wird aus der Bewegungsenergie der Kohlendioxidteilchen genommen, dadurch kommt es zur Abkühlung. Diese Abkühlung reicht aus, das Kohlendioxid zu resublimieren, also zu verfestigen.

Wenn man keine Steigrohrflasche zur Verfügung hat, erreicht man den gleichen Effekt dadurch, indem man die Druckgasflasche auf den Kopf stellt. Das leichtere Gas befindet sich wie immer oben, aber am Ventil steht jetzt flüssiges Kohlendioxid an.

Längsschnitt durch eine Steigrohrflasche (ohne Ventil dargestellt)



Das gasförmige Kohlendioxid drückt die flüssige Kohlensäure über das Steigrohr zur Entnahmeöffnung

Entsorgung

Das Trockeneis lässt man bei Raumtemperatur sublimieren.

¹Bezugsquelle

LD-Didactic, Hürth: Trockeneisgerät Snowpack