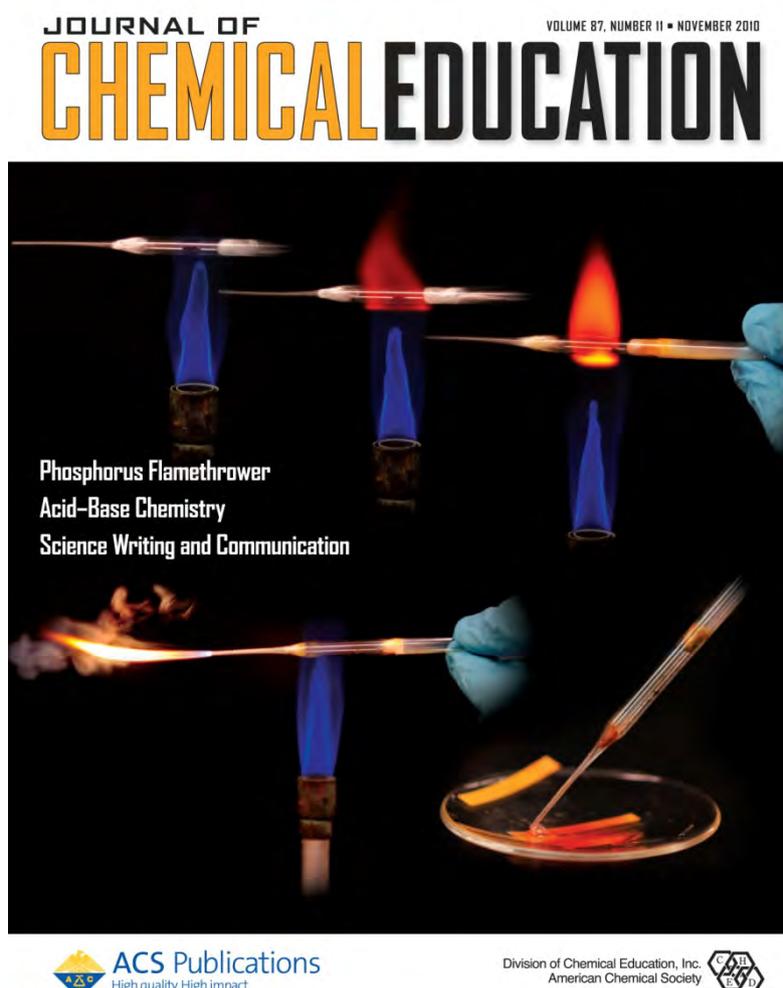


# Motivierende Experimente im Rahmen der RISU



Pelham 2015



## Motivierende Experimente im Rahmen der RISU



[www.fachreferent-chemie.de](http://www.fachreferent-chemie.de)



Unfall im Luisengymnasium, Bergedorf, 19.12.14



<http://www.bergedorfer-zeitung.de/bergedorf/article1135588849/Flammen-im-Chemieraum-Schulschluss.html>



### FREISPRUCH FÜR CHEMIELEHRER

Hilfe, die Schule brennt! Es ist der 19. Dezember 2014 – Chemieunterricht in der achten Klasse des Luisengymnasiums in Bergedorf. Lehrer Bernd L. (46) führt einen Versuch mit Zink und Natronlauge durch – eine Stunde später steht der Chemieraum in Flammen. Was war geschehen?

.....  
Er habe die Zinkreste nach dem Unterricht mit Säure neutralisiert, sagt der Angeklagte, sie dann mit Wasser abgespült und in einem Kunststoffmülleimer entsorgt. Laut einer Liste der Deutschen Gesellschaft für Unfallversicherung ist das die korrekte Art und Weise der Entsorgung, stellt der Amtsrichter fest.

Die Staatsanwältin hat Zweifel, immerhin sei der Brand im Mülleimer entstanden. Allerdings: Welche Reaktion da genau abließ? Keiner der Juristen weiß es so genau. Freispruch aus Mangel an Beweisen.

Hamburger Morgenpost, 09.07.2015



### V1: Versilbern – Vergolden einer Kupfermünze



Bildquelle [http://www.chemieunterricht.de/dc2/tp/11\\_98.htm](http://www.chemieunterricht.de/dc2/tp/11_98.htm)

Zinkchloridlösung ist ätzend, zeigt aber keinen Siedeverzug im Gegensatz zu Natronlauge.  
Zinkgranalien sind nicht selbstentzündend, im Gegensatz zu Zinkpulver.



### Toxikologie kennt keinen Stillstand

**Benzol puriss.** (krystallisierbar) thiophenfrei.  
(K. 80–84°C.), F. U.  
(Benzol; aus Steinkohlentheer.) C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>. Farbl. Fl. D.=0,883–0,885 K.=80–81°C., l. in A., Ac., Aceton und Eisessig, schm. bei 6°C. Das ungereinigte Produkt wird in der Theerfarbenindustrie, als Lösungsmittel, in der Elektrotechnik und in der Photographie sowie Gummiindustrie angewandt. In der Medizin spärlich gebr. als Antisepticum und gegen Catarrhe, Husten, etc. Dosis: 2–10 Tropfen 3–1 mal tägl. Max.-Dosis 45 Tropfen pro dosi, 180 Tropfen pro die.

Aus: Merck's Index, 2. Auflage, Darmstadt, 1902

**Aktualität als Verpflichtung**



### Wie bleibe ich aktuell?

Wichtige Veränderungen werden (stark zeitverzögert) per KMS bekanntgegeben.

Die Liste GUVV SR-2004 ist im Moment (noch) nicht aktuell.

Aktuelle Entwicklungen finden sich in D-GISS am schnellsten dokumentiert (jährliches Update, Aktualisierungen auf der Homepage).





### Negativliste verbietet Stoffe

- Stoffe dürfen nicht mehr in der Schule aufbewahrt und verwendet werden
- Für Außenstehende nicht einsichtig, warum welche Stoffe auf der Negativliste stehen
- CMR-Stoffe bevorzugt auf der Abschlusliste
- Formaldehyd verboten, Chromate, Blei- und Bleisalze erlaubt

#### Formaldehyd-Lösung

Methanol, w. 27%

Besondere Gefahren TRGS 905

Krebserzeugend (Kat. K2),  
Erregend (Kat. M3),  
Gefahr der Erregung (Allergisierung).

#### Kaliumdichromat

kristallin

Besondere Gefahren TRGS 905  
Krebserzeugend (Kat. K2),  
Erregend (Kat. M2),  
Fortpflanzungsgefährdend (Kat. RF2),  
Fluchtgefährdend (Kat. RE2),  
Gefahr der Hautresorption.

- Aber auch besonders akut toxische Stoffe sind betroffen (Phosphor, weiß)

Verbote als Schutz von Schülern und Lehrern, keine Schikane



### Platinnetz statt Platinasbest



Platinnetz als teure, aber gesundheitlich unbedenklicher Ersatz von Platinasbest



### Ersatz von Platinasbest: Katalysierte Knallgasreaktion

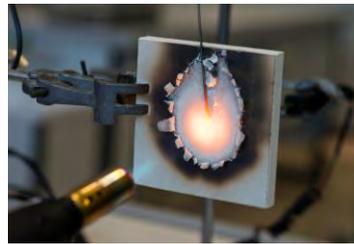


Bildrechte und Bezugsquelle: www.microscale-and-more.de

Trickreiche Transportbeutel für Wasserstoff und Sauerstoff



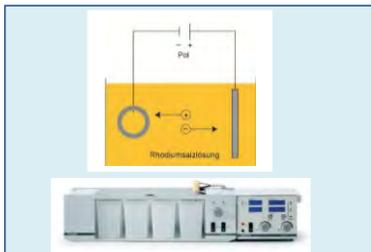
### Statt Asbest: Gipsplatten als einfacher Hitzeschutz



Stoffchemie über die Hintertüre: Dihydrat wird zu Halbhydrat



### V 2: Rhodium statt Nickel: Galvanisierung ohne Gefahr



Profianwendung statt Modellversuch ([www.wieland-dental.de](http://www.wieland-dental.de))  
Käufliche Lösungen statt Selbstansatz



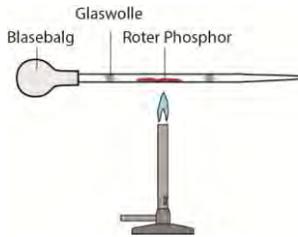
### Rhodium – Objekt der Spekulation



**Rhodium**  
by Melissa Read-Devine  
<http://www.periodictableprints.com>



### V 3: Weißer Phosphor als Zwischenprodukt



Alltagschemie vermitteln: Roter Phosphor aus Reibflächen von Streichhölzern



### Negativliste verbietet Stoffe, nicht Versuche!



Ausnahme: Dichromatvulkan ist verboten, echte Vulkane sind aber noch erlaubt



### Schwimmen gegen den Strom



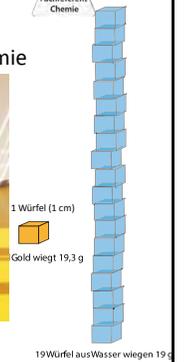
Blei, Quecksilber und Co: Erlaubt – aber bessere Alternativen vorhanden



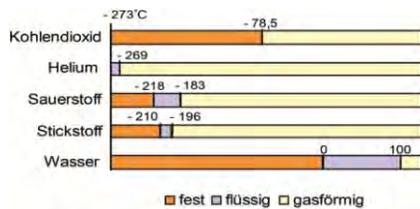
### Dichte – wieder ein Thema für die Chemie



Zwei mal 25 kg



### V 4: Messwerterfassung anstelle von Hg -Thermometern



Vorteil: Großer Temperaturbereich von – 200 bis 1200 °C (NiCr-Ni-Element)



### V 5: Synthese und Analyse von Silbersulfid



Einsatz der Mikrowelle zur Erzeugung von hohen Temperaturen



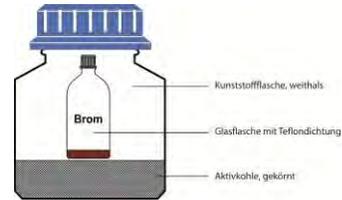
### V 6: Braucht man noch flüssiges Brom?



Erlichterung: Lösung kaufen nicht selber ansetzen!



### Die Brombox



Kleine Mengen sicher im Klassenzimmer handeln.



### Verdünnung senkt das Risiko

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% T, R 45: w >= 1%
Phenolphthalein	Säure/Base-Indikator	T, roter Punkt	T, R 45: w >= 1%

Angaben aus D-GISS, Version 14/15

Manche Substanzen können weiter im Schülerübungsversuch eingesetzt werden



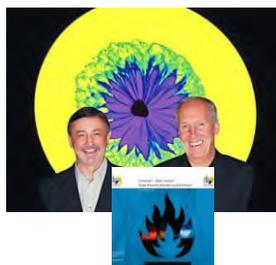
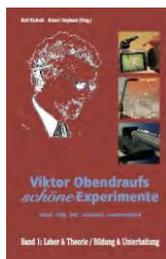
### Schülerübung: Natrium nicht möglich



Reaktion von Natrium mit Chlor ist auch wegen Chlor problematisch



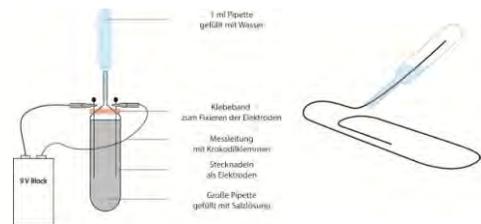
### Die neue Versuchskultur hat viele Väter



Einsatz von Medizintechnik, Petrischalen und Tüpfeltechnik.



### V 7: Knallgasrakete – Microscale



Zündung mit Handteslaspule – Schülermotivator



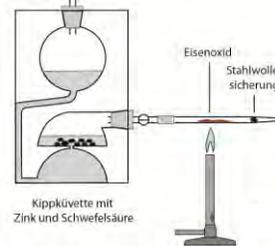
### V 8: Ein billiger Piezozünder



Bauanleitung für Explosionsdose



### Reduktion mit Wasserstoff



Kippkivette mit Zink und Schwefelsäure

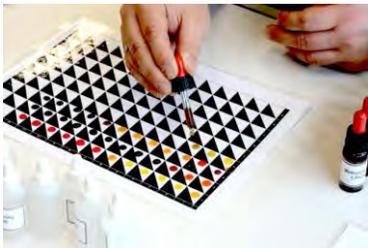
Eisenoxid

Stahlwolle-sicherung

Bezugsquelle: Hedinger (Neuaufgabe der alten DDR-Küvetten)



### Tüpfelanalytik



Noch keine Anbieter im Lehrmittelbereich



### V 10: Chlorknallgas – Ein Top-Ten-Versuch



<https://www.youtube.com/watch?v=NN82GoBG98s>



Appell:

- Keine unnötigen Einschränkungen
- Verantwortungsvolles Handeln der Lehrer
- Vom Lehrer nichts unmögliches verlangen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Martin Schwab

[www.fachreferent-chemie.de](http://www.fachreferent-chemie.de)

bcschwab@web.de

## Versuch 1

# „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  $\gamma$ -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  $\gamma$ -Messing überzogen hat.

Wird die „silberne“ Münze nun in die Flamme gehalten, so bildet sich das bekannte, goldfarbene  $\alpha$ -Messing. Durch die hohe Temperatur der Flamme diffundieren die Zinkatome schneller zwischen die Kupferatome. Die Zinkatome verteilen sich somit stärker.  $\alpha$ -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.

## 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

<b>Temperatur</b>	15 - 30°C
<b>Spannung</b>	6 - 8 Volt
<b>Stromdichte</b>	5 - 15 A/dm <sup>2</sup>
<b>Expositionszeit</b>	30 - 180 Sekunden (Buntmetalle max. 60 s)
<b>Anoden</b>	Edelstahl
<b>Wannenmaterial</b>	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

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

#### Niederschlagsdaten

<b>Dichte</b>	11,2 g/cm <sup>2</sup>
<b>Härte</b>	ca. 800 HV
<b>Schichtstärke</b>	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.

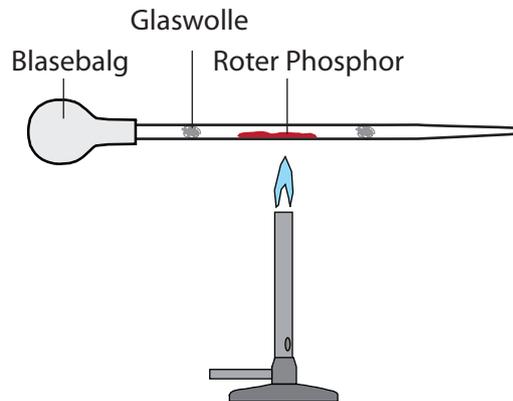
Die ausgeschnittene Reibfläche wird mit Aceton überschichtet. Dadurch wird das Bindemittel herausgelöst. Nach 5 - 10 min wird die rötliche Masse vom Papier mit einem Spatel abgekratzt, das Aceton lässt man im Trockenschrank verdunsten (etwa 30 min).

# 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

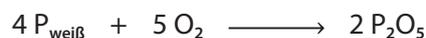
Roter Phosphor wandelt sich in eine weiße Masse um. Bläst man Luft darüber, entsteht eine Stichflamme und weißer Rauch (Phosphorpentoxid). Mit Wasser entsteht eine saure Lösung.

## 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

# Einführung zu CASSY - Temperaturmessung

Als Einführung in die Arbeit mit CASSY soll eine einfache Temperaturmessung durchgeführt werden. Das modular aufgebaute Messsystem besteht aus einem Analog-Digitalwandler, hier das Pocket- CASSY, und einer Messbox, hier der Temperaturadapter mit einem Messfühler.

## Hintergrund

Das Pocket - CASSY hat sich im Chemieschülerversuch bewährt. Es kann zwar nur eine Sensorbox angeschlossen werden, dieses wird aber über den USB-Port mit Strom versorgt, so dass kein Netzgerät wie beim Sensor-CASSY nötig ist.

## CASSY-Materialien

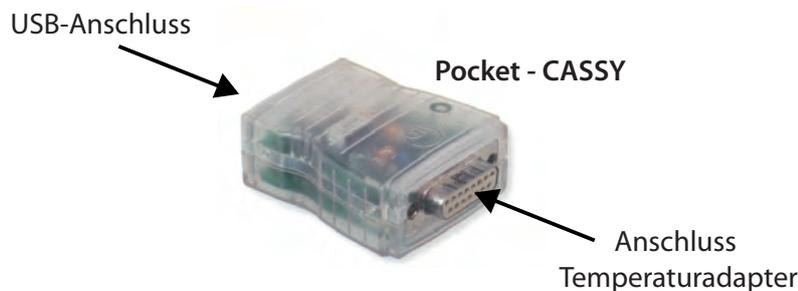
- Computer mit CASSY Lab 2
- Pocket-CASSY (oder andere Wandler der CASSY - Familie)
- Temperaturadapter, NiCr-Ni-Adapter S, Typ K (Sensorbox)
- Temperaturfühler NiCr-Ni mit Flachstecker

## Durchführung

Nach dem Hochfahren des Computers wird zuerst die Messhardware zusammgebaut und angeschlossen, dann das Programm gestartet.

### 1. Schritt: Messhardware anschließen

Pocket-CASSY mit USB-Kabel an die USB-Schnittstelle des Computers anschließen.



Den NiCr-Ni-Adapter S (Temperaturadapter) mit dem Pocket-CASSY zusammenstecken und den Temperaturfühler mit dem gelben Stecker in die linken zwei Schlitze vom Pocket-CASSY stecken (Anschlussmöglichkeit für einen zweiten Fühler vorhanden).



# Einführung zu CASSY - Temperaturmessung

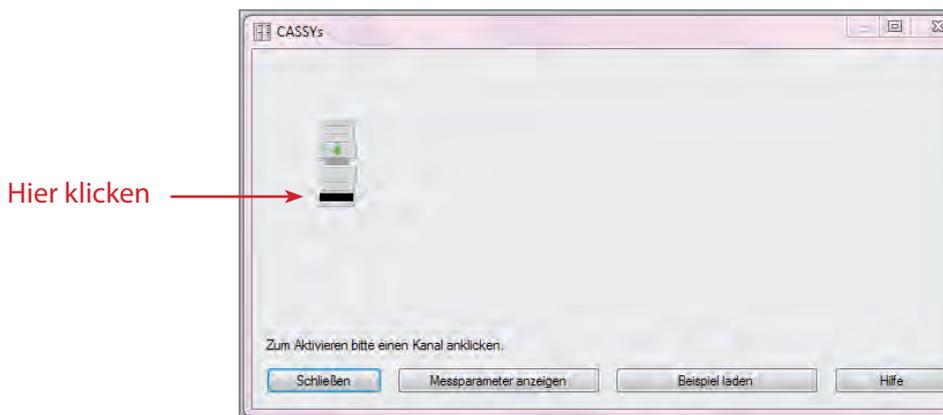
## 2. Schritt: Starten und aktivieren des Programms

### Starten des Programms

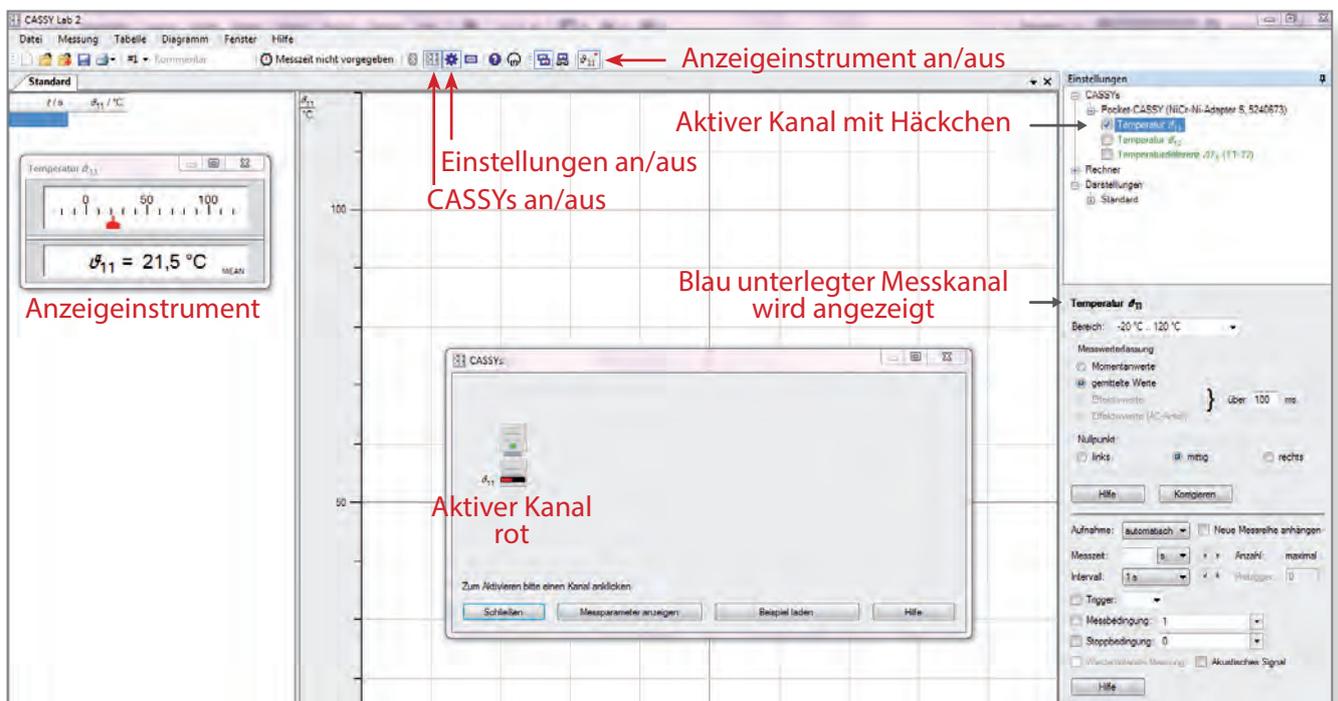
- » Das Programm CASSY Lab 2 starten.
- » Es erscheinen zwei überlagerte Fenster, wovon das Fenster **CASSY Lab 2** (Information über die Softwareversion) im Vordergrund gleich wieder geschlossen werden kann.
- » Nun muss der Messkanal aktiviert werden.

### Aktivierung des Messkanals

Erst wenn man beim Symbolbild der Sensorbox auf den (Temperatur-)Eingang klickt, wird die Messanordnung aktiviert.



Jetzt wird das aktive Messfenster geöffnet und ein Temperaturwert angezeigt.



Wenn im Anzeigeeinstrument kein Messwert erscheint, wurde der falsche Kanal der zwei Messkanäle angeklickt. Im Fenster **Einstellungen** (im CASSY -Baum) können die Messkanäle an- oder ausgeschaltet werden. Das Fenster **CASSYs** kann nun geschlossen werden.

# Einführung zu CASSY - Temperaturmessung

## Einstelle des Messbereichs für den Temperatursensor

- » Der Messbereich steht beim Temperaturadapter S zunächst auf  $-20^{\circ}\text{C}.. 120^{\circ}\text{C}$  und muss je nach Verwendung umgestellt werden.
- » Um die Flammentemperatur des Bunsenbrenners zu messen, wird auf  $0^{\circ}\text{C}.. 1200^{\circ}\text{C}$  eingestellt. Wird nicht umgestellt, wird bei  $> 120^{\circ}\text{C}$  kein Wert mehr angezeigt, das Fenster bleibt leer.

## 3. Schritt: Aufnahme einer Messung

### Starten der Messung

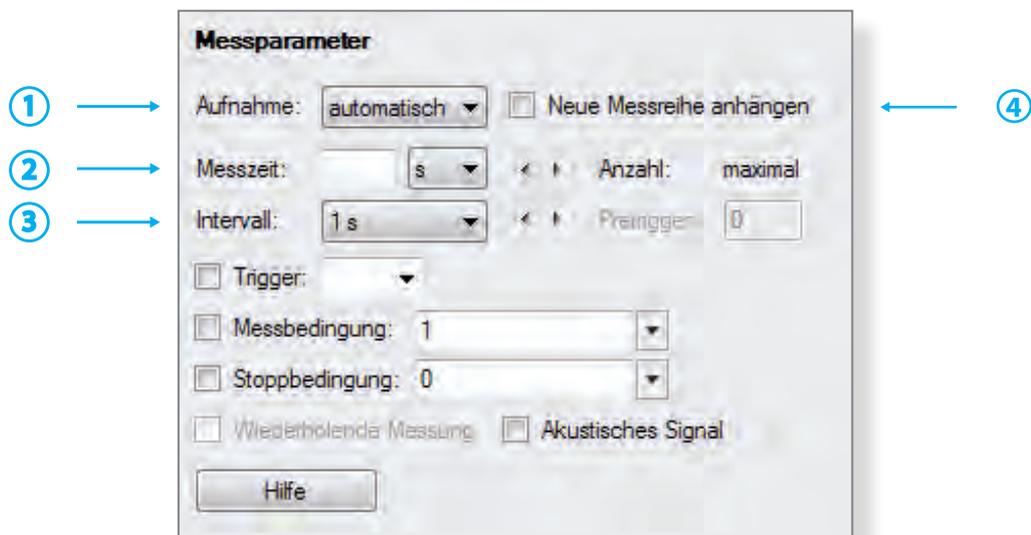
Für Messungen kann einfach auf die Uhr oder mit F 9 die Messung gestartet werden. Die Werte sind so vor-eingestellt, dass ein vernünftiges Ergebnis herauskommt.



Nun wird jede Sekunde eine Messung aufgenommen, die Messdaten in die Tabelle geschrieben und in einem Diagramm in Linienform dargestellt (Voreinstellung).

### Messparameter vor der Messung ändern

Die Messbedingungen können vor der Messung im Fenster **Einstellungen**, verändert werden. Wenn keine Messgröße (Kanal) aktiv ist, kann über die Programtleiste über *Fenster/Messparameter* das Fenster **Messparameter** angezeigt werden.



- 1 Aufnahme: Man kann zwischen *automatisch* oder *manuell* wählen. Bei *manuell* wird immer nur ein Wert aufgenommen, wenn man auf die Uhr klickt.
- 2 Messzeit: Kann, muss nicht vorgegeben werden. In den meisten Fällen wird die Messung ohne vorgegebene Messzeit gestartet und mit einem Klick auf die Uhr beendet.
- 3 Intervall: Gibt die Anzahl der Messungen pro Zeiteinheit an. Für die Chemie ist eine Messung pro Sekunde ausreichend, beim Temperaturadapter S voreingestellt.
- 4 Messkurve anhängen: Wenn man eine weitere Messkurve unter den gleichen Messbedingungen in das bestehende Koordinatensystem anhängen möchte, wird diese Option angeklickt.

Die übrigen Einstellungen im Fenster **Messparameter** sind nur für den fortgeschrittenen Nutzer interessant.

# Einführung zu CASSY - Temperaturmessung

## Kurvendarstellung

Vor oder während der Messung kann die Kurvendarstellung verändert werden. Die Darstellung kann als Linie (Voreinstellung) oder in Form von Balken, oder beides, gewählt werden.

- » Am schnellsten kommt man im CASSY-Baum auf die Darstellung Kurve, wenn man in das Diagramm mit der Rechten Maustaste klickt und Achsenbelegung ändern auswählt.
- » Wenn mehrere Kurven aktiv sind, kann man auch nur auf das Symbol für die Kurve oberhalb der y-Achse klicken, um zu dem Fenster Kurve zu gelangen.

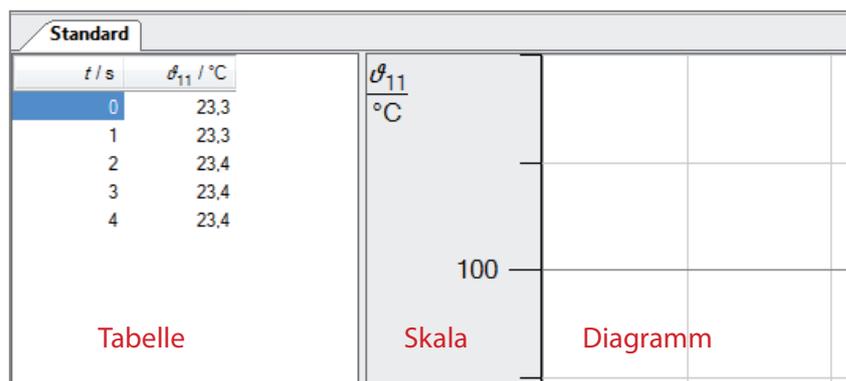
Im Fenster Kurve lässt sich auch noch die Achsenbelegung bzw. die Farbe der Kurve ändern.



## 4. Schritt: Bearbeitungsfunktionen während oder nach der Messung

### Funktion rechte Maustaste - Klick auf die Skala

Die Skalierung der y-Achse wird durch den Messbereich vorgegeben, die Skalierung kann während oder nach der Messung verändert werden. Dazu klickt man mit der rechten Maustast auf die Skala und verändert im erscheinenden Fenster die Werte.



# Einführung zu CASSY - Temperaturmessung

## Funktion rechte Maustaste - Klick ins Diagramm

Klickt man im Diagramm auf die rechte Maustaste, stehen umfangreiche Funktionen zur Verfügung, z. B.

- » Achsenbelegung ändern  
Neben der Achsenbelegung kann hier auch die Farbe der Kurven bzw. die Darstellung (z. B. Linie oder Balken) ausgewählt werden.
- » Zommen → Alt Z  
Linke Maustaste drücken und einen Rahmen aufziehen. Der Inhalt des Rahmens wird vergrößert dargestellt. Mit Alt A wird das Zoomen wieder ausgeschaltet.
- » Markierung setzen/Text → Alt T  
Hier kann Beschriftungstext eingefügt werden.

Eine Beschriftung oder Markierung kann schon während der Messung erfolgen.

Neben Funktionen, welche die Darstellung (Schriftgröße, Raster einblenden) verändern, stehen auch mathematische Auswertoptionen zur Verfügung.

Eine besonders praktische Funktion für das Erstellen von Protokollen ist die Möglichkeit, das Diagrammfenster in die Zwischenablage zu kopieren. Dies erfolgt ebenfalls über die rechte Maustaste:

- » Diagramm kopieren/Als Metafile

Metafile - Dateien ergeben schönere Ergebnisse als Bitmap-Dateien, wenn Sie z. B. in ein Textverarbeitungsprogramm eingefügt werden.

## Fenster Messparameter

Während einer Messung darf man im Fenster **Messparameter** nur die Einheit bei ② Messzeit verändern.

Möchte man die Zeitachse in einer anderen Einheit z. B. statt Sekunden lieber Minuten oder Stunden (bei Langzeitmessungen sinnvoll) ist dies jederzeit möglich.

Ändert man das ③ Intervall (z.B. von einer Sekunde auf 5 Sekunden), wird die Messung sofort gestoppt. Um weiter zu messen muss eine neue Messung gestartet werden.

## Änderung von Messwerten (Ausreißer)

Messwerte können während oder nach der Messung verändert werden, indem man mit dem Cursor den entsprechenden Wert anklickt.

Standard		$\vartheta_{11}$ °C
t / s	$\vartheta_{11}$ / °C	
0	23,0	100
1	23,0	
2	23,0	
3	23,0	
4	23,0	
5	23,0	
6	23,0	

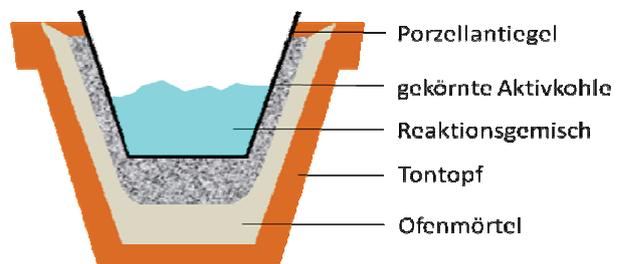
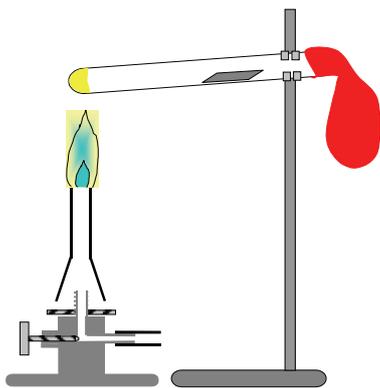
Es muss durch Doppelklick mit der linken Maustaste der Cursor in den Wert gesetzt werden, erst dann kann der Wert neu eingetippt werden.

## Literatur

LD-Didactic: Handbuch zu CASSY Lab 2, <http://www.ld-didactic.de/software/524221de.pdf>

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><b>Chemikalien</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frisch hergestelltes Silbersulfid (aus Silberblech)</li> <li>• Vorversuch:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schwefelpulver</li> <li>- 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</li> </ul> </li> <li>• Hauptversuch:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Silbersulfid aus dem Vorversuch</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Geräte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorversuch: Stativ, Muffe und Klemme, Bunsenbrenner, schwer schmelzbares Reagenzglas, Luftballon</li> <li>• 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.</li> <li>• Tiegelzange</li> <li>• Spatel</li> <li>• Hitzebeständige Kachel</li> <li>• Haushaltsmikrowelle 800 W ohne Drehteller!</li> <li>• Gasbetonstein ca. 6 cm x 6 cm x 3 cm</li> </ul>			
<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!

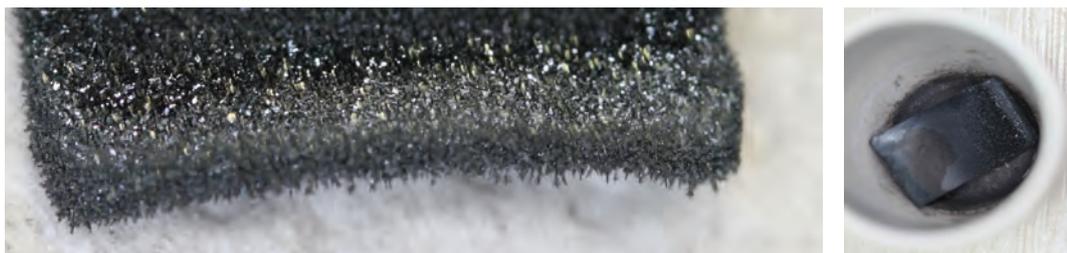


V

**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 ( $\text{Ag}_2\text{S}$ )

Rechts: Silbersulfid in Porzellantiegel vor der Behandlung mit der Mikrowelle

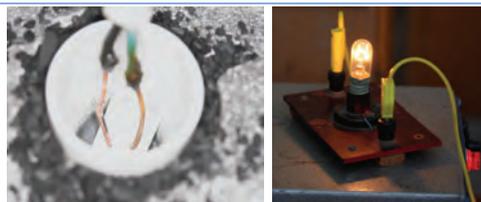
- Anschließend wird mit der Pinzette das Silbersulfid heraus genommen.
- Erst nach etwa 2 Minuten hat das Silber vollständig reagiert, die grauen Silbersulfidnadeln sind deutlich zu erkennen. Nach dem Abkühlen kann eine Massenzunahme festgestellt werden. Die Prüfung der elektrischen Leitfähigkeit fällt (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  
 $2 \text{Ag} (\text{s}) + \text{S} (\text{s}) \rightarrow \text{Ag}_2\text{S} (\text{s})$   
*(duktil, leitfähig)* *(brüchig, nicht leitfähig)*

Analyse: Silber(I)-sulfid → Silber + Schwefel  
 $\text{Ag}_2\text{S} (\text{s}) \rightarrow 2 \text{Ag} (\text{s}) + \text{S} (\text{g})$   
*(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 $\text{Ag}_2\text{S}$ ableiten. Alternative: Zersetzung von Kupferiodid ( <a href="http://netexperimente.de/chemie/64.html">http://netexperimente.de/chemie/64.html</a> [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

# Bromierung von Heptan

Die Bromierung von Heptan lässt sich mit Regenbogen-LEDs in Abhängigkeit von der Lichtqualität zeigen. Nur blaues oder violetttes Licht ermöglicht die Reaktion.

Der Versuch wird im Halbmikromaßstab ausgeführt.

## Hintergrund

Bromwasser wird aus einer käuflichen Bromid/Bromat-Lösung durch Ansäuern mit Kaliumhydrogensulfat hergestellt. Die Ausgangslösung ist nicht als Gefahrstoff eingestuft. Durch einen Aktivkohlestopfen bleibt die Geruchsbelästigung gering. Der Versuch ist daher ein Versuch, der sehr Verantwortungsvoll mit Brom umgeht, da elementares Brom nicht gelagert werden muss.

Regenbogen-LEDs sind seit kurzem billig erhältlich. Die Einbeziehung der Lichtqualität gibt für die mechanistische Betrachtung der Bromierung einen schönen Impuls (zuerst werden die Brommoleküle gespalten).

## Gefahren



## Signalwort: Gefahr

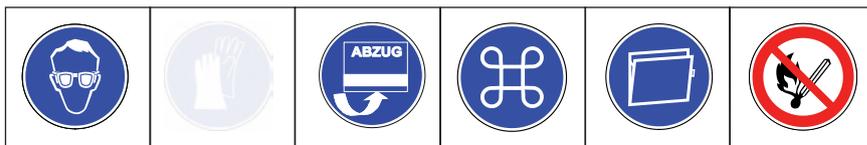
Kaliumhydrogensulfat verursacht schwere Verätzungen der Haut, Augenschäden und kann die Atemwege reizen. Kaliumbromat wird in einer wässrigen Lösung von 0,1 % verwendet, daher entfällt die Einstufung als Gefahrstoff.

Das entstehende Bromwasser (Konz. von 1 - 5%) verursacht Hautreizungen, schwere Augenreizung und kann Krebs verursachen. Es ist für Schülerübungen ab der 5. Klasse zugelassen.

Vor Gebrauch von Bromwasser besondere Anweisungen einholen. BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen. BEI EXPOSITION oder falls betroffen: Ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.

Flüssigkeit und Dampf von Heptan sind leicht entzündbar. Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein. Verursacht Hautreizungen. Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen. Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.

Beim Arbeiten Hitze, Funken, offene Flamme und heißen Oberflächen von Heptan fernhalten. BEI VERSCHLUCKEN: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen. KEIN Erbrechen herbeiführen. BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen. Kühl an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.



Schutzbrille tragen. Im geschlossenen System (Schnappdeckelgläschen) bzw. mit Aktivkohlestopfen arbeiten. Gut lüften. Alternativ im Abzug arbeiten.

# Bromierung von Heptan

## Chemikalien

Bromid/Bromat-Lösung, (Lieferant Windaus), ohne Einstufung

Heptan H225 H304 H315 H336 H410  P210 P273 P301+P310 P331 P302+P352  
P403+P235

Kaliumhydrogensulfat H225 H304  H315 H336 H410

## Materialien

Regenbogen (RGB) - LED-Strahler mit passender Lichtleiste (Sockel und Trafo)

Schnappdeckelgläschen, 3 Stück

Erlenmeyerkolben, 50 ml, mit passendem Gummistopfen

Aktivkohlestopfen zum Verschluss des Erlenmeyerkolbens

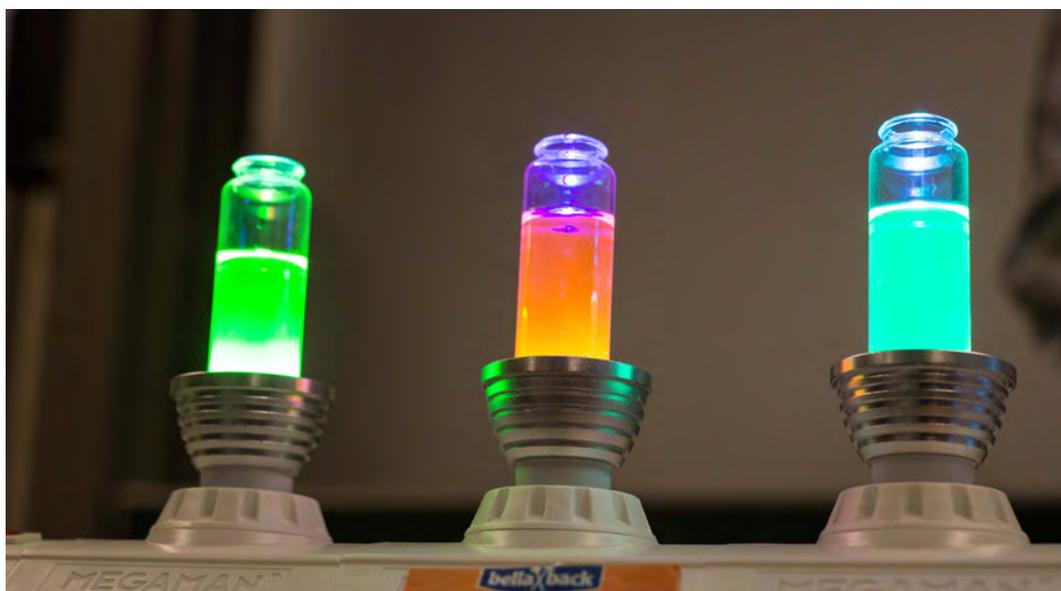
Scheidetrichter, 50 ml

Universalindikatorpapier

## Versuchsdurchführung

1. Im Erlenmeyerkolben wird 25 ml der Bromid-Bromatlösung mit einem Spatel Kaliumhydrogensulfat versetzt. Man lässt 5 Minuten einwirken.
2. Das Bromwasser wird im Scheidetrichter mit etwa 20 ml Heptan ausgeschüttelt, die dann entfärbte Wasserphase abgelassen.
3. Die nun braune Heptanphase wird auf drei Schnappdeckelgläschen verteilt (mit Schnappdeckel verschließen) und auf einen roten, gelben und blauen LED-Strahler gestellt.
4. Man wartet ab, bis eine Entfärbung in einem der Gefäße eintritt, dort wird der Deckel geöffnet und die Gasphase mit einem feuchten Universalindikatorpapier getestet.

## Versuchsaufbau



# Bromierung von Heptan

---

## Beobachtung

Das Brom-Heptan-Gemenge wird nur auf dem blauen LED-Strahler komplett entfärbt. Beim Öffnen des Schnappdeckelgläschens sieht man einen dichten Nebel, das Universalindikatorpapier wird rot gefärbt.

## Erklärung

Das blaue Licht ist am energiereichsten. Damit eine Bromierung von Alkanen nach dem Mechanismus der Radikalischen Substitution ablaufen kann, muss zuerst das Brommolekül homolytisch gespalten werden. Dies erfolgt nur durch die energiereichen blauen Lichtquanten.

Die Bromierung wird über das Entfärben der Bromlösung belegt, nicht über das bromierte Produkt nachgewiesen. Als Bromierungsprodukt entsteht ein undefinierbares Gemenge aus ein- und mehrfachsubstituierten Heptanderivaten.

Bei der Substitution wird ein Wasserstoffatom durch ein Bromatom ersetzt. Der Wasserstoff wird als Bromwasserstoff freigesetzt, dieser wird über das Indikatorpapier nachgewiesen.

## Entsorgung

Die bromierte Heptanlösung wird im Organischen Lösungsmittelabfall entsorgt.

## Bezugsquellen

**Regenbogen-LED-Strahler:** E27 5W RGB LED 16 Farben IR-Fernbedienung, diverse Anbieter im Internet

**Lichtleiste Megaman:** z.B. <http://stores.ebay.de/gluehbirne-de-shop>

Notwendig sind ein Anfangsbauteil (Trafo), E 27 Baustein (3 x) und ein Endbauteil.

**Bromid-Bromat-Lösung:** [www.winlab.de](http://www.winlab.de)

## Literatur

Der Versuch wurde von Martin Ratermann, Liebfrauenschule Vechta, auf der MNU-Regionaltagung in Bremerhaven 2014 in seinem Vortrag *Von rosa Lachsen und bunten CDs – Projektideen für Chemieunterricht, AG und Seminarfach* vorgeführt.

# 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

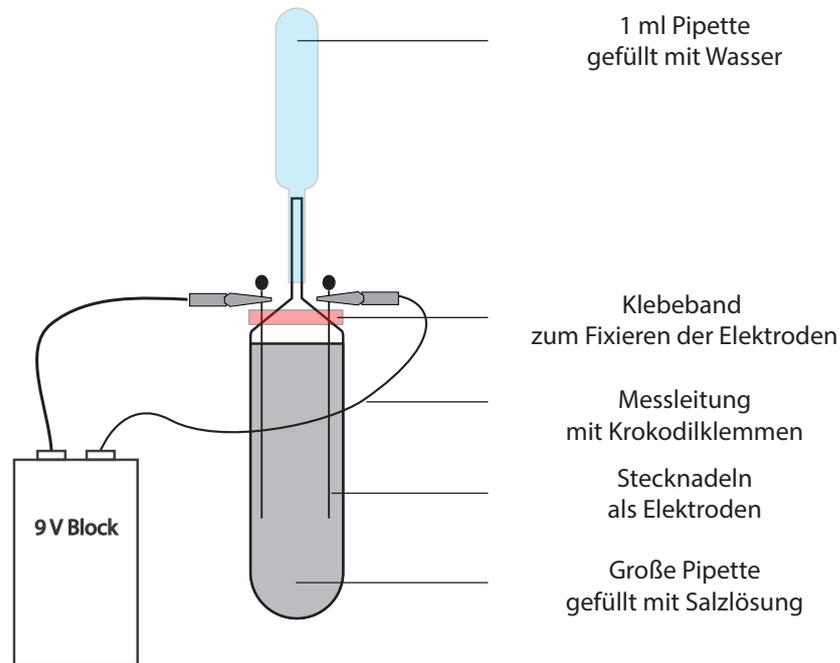
- Natriumsulfat- Lsg, gesättigt, nach GHS kein Gefahrenstoff

## 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

## Versuchsaufbau 1 - Elektrolyse



## Durchführung 1- Elektrolyse (nach Lit. 2)

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

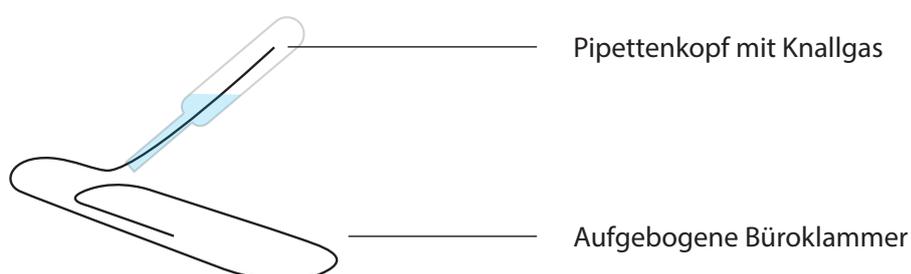
### Zusammenbau der Apparatur

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 9 V 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.

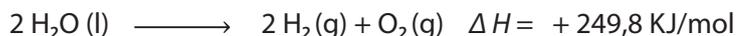
## Beobachtung

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

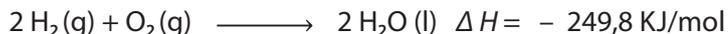
Wasser wird durch elektrischen Strom in einer stark endothermen Reaktion in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt:



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.

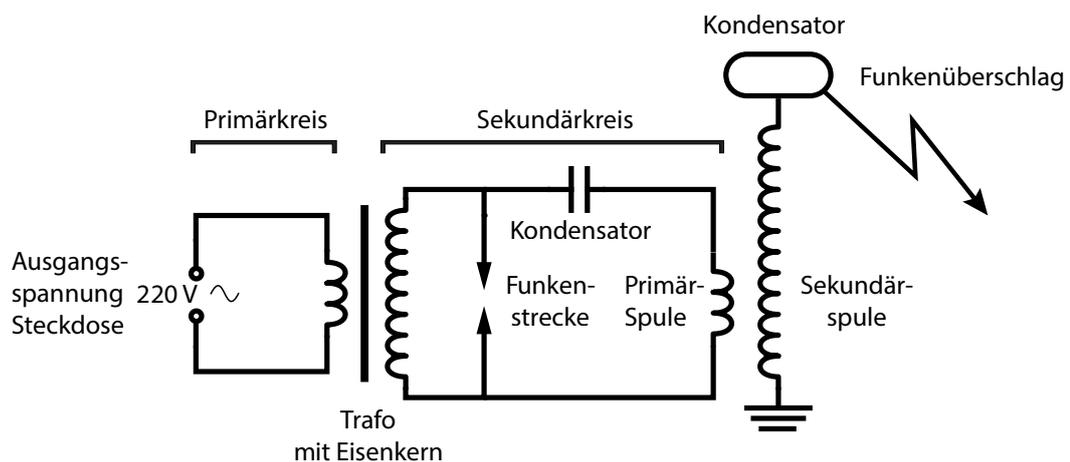


### Technische Daten

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](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

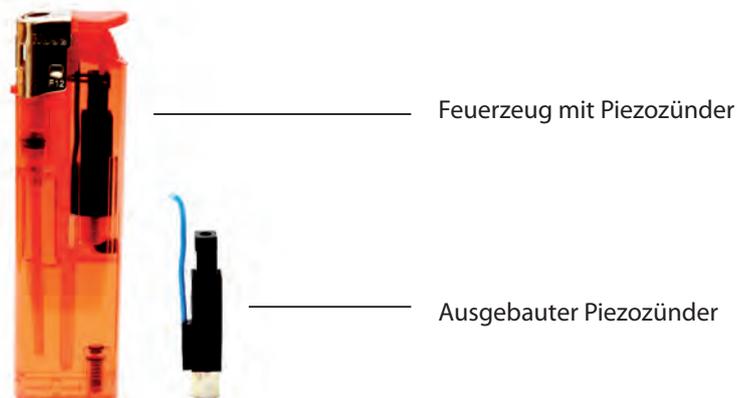
■ Benzin H 225, H 304, H 315, H 336, H 336f, H 373, H 411

## 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.



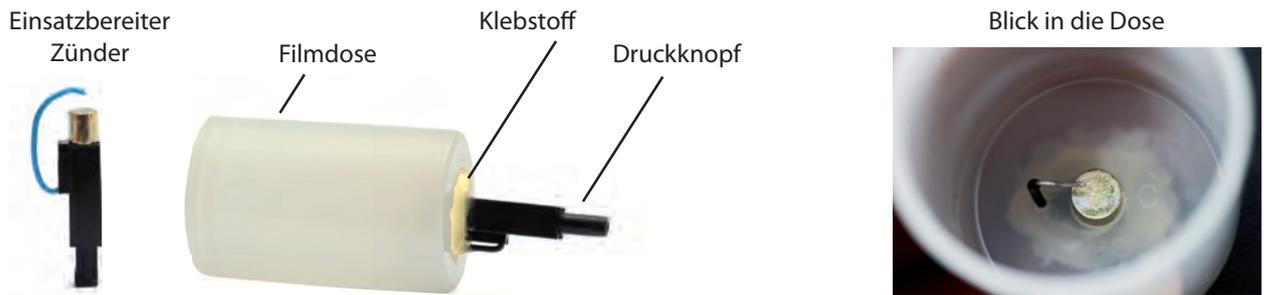
# Low-Cost-Benzinkanone

## 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.



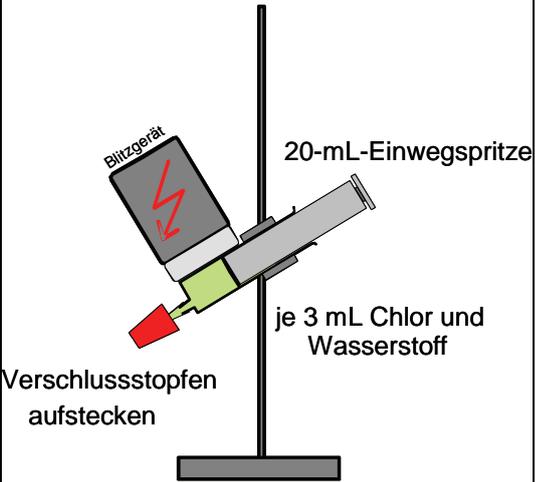
Die Reaktion ist stark exotherm und kann als Modellversuch für die chemischen Vorgänge im Automotor verwendet werden.

## 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/](http://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/chemie/gym/fb2/modul4/2_prak/)

<b>Chlorknallgas (Microscale) qualitativ und quantitativ</b>							<b>Quantitative Aspekte</b>
Klasse	5	8	9	10	11	12	
NTG		X					<b>Chemikalien</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Wasserstoff aus der Stahlflasche oder dem Microscale-Gasentwickler</li> <li>1 gehäufte Spatel Kaliumpermanganat</li> <li>2 ml konzentrierte Salzsäure</li> <li>Angefeuchtetes Indikatorpapier und / oder</li> <li>Konzentrierte Ammoniak-Lösung</li> <li>Silikonöl (Heizbadqualität, zum Schmieren der Dichtung der 20 mL Spritzen)</li> <li>Evtl. Gefäß mit verdünnter Natronlauge zur Chlor-Absorption</li> <li>Aktivkohle-Adsorptionsröhrchen aus 10 mL Spritze, Stopfen und Kanüle gefüllt mit sehr dünner Glaswollschicht und gekörnter Aktivkohle</li> <li>Zellstoffpapier (Küchenrolle oder WC-Papier)</li> </ul>
SG, ...			X				
Schülerübung geeignet <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein							<b>Geräte</b> bei qualitativer Durchführung <ul style="list-style-type: none"> <li>Luftballonvorratsbehälter für Wasserstoff (siehe Kap. 2 Arbeitstechniken: Gastransportbehälter)</li> <li>Microscale-Chlorgasentwickler (siehe Kap. 2 Arbeitstechniken: Gasherstellung Microscale-Variante)</li> <li>Aktivkohle-Adsorptionsröhrchen</li> <li>Kanüle</li> <li>Kombiverschlussstopfen für Spritzen (oder großer Gummistopfen)</li> <li>Blitzlichtgerät mit <b>hoher</b> Leitzahl (mindestens 24)!</li> <li>Schutzscheibe</li> <li>Stativ, Klemme, Muffe</li> </ul> bei quantitativer Durchführung: <ul style="list-style-type: none"> <li>Schaumstoffblock (Schwamm)</li> <li>20 mL Spritze (Luer-lock) mit Dichtung, z.B. eine ONCE-Spritze mit einfacher Dichtung</li> <li>Kombiverschlussstopfen</li> </ul>
<div style="display: flex; align-items: center;">  </div> <div style="margin-top: 10px;">  </div>							

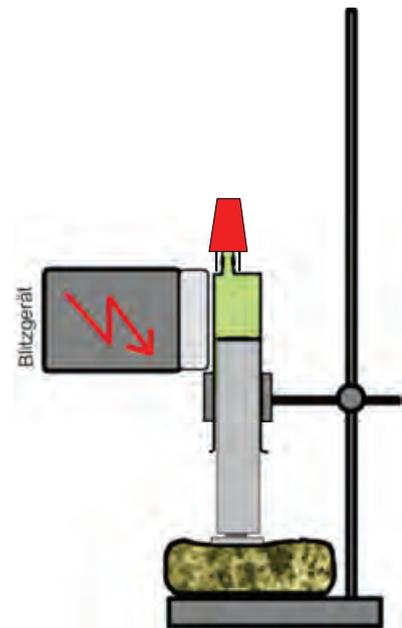
**Sicherheitshinweise:** Höchste Vorsicht im Umgang mit dem toxischen Chlor!! Darauf achten, dass der Arbeitsbereich nicht im starken Sonnenlicht liegt! Schutzscheibe!

V

a) Qualitative Chlor-Knallgas-Reaktion:

- Aus dem Microscale-Gasentwickler werden 3 mL Chlor (g) aufgezogen.
- Spritze abnehmen und Aktivkohle-Adsorptionsröhrchen auf Gasentwickler aufsetzen.
- Kanüle auf chlorefüllte Spritze aufsetzen
- 3 mL Wasserstoff aus Luftballontransportbehälter aufziehen.
- Die mit Chlor-Knallgas gefüllte Spritze rasch mit einem Kombiverschlussstopfen verschließen.

- Präparierte Spritze locker (unterhalb des Stempels) und schräg in ein Stativ einspannen (Spritzenstempel in Richtung Decke und Klassenzimmerseitenwand; Verschlussstopfen nach unten und zum Lehrer; freie „Schussbahn“, keine Deckenbeleuchtungskörper in der Nähe!). (siehe Abbildung Titelseite)
- Schutzscheibe hochziehen
- Fenster des Blitzgerätes direkt an das Spritzengehäuse halten und Blitz auslösen (Einstellung manuell, da bei Automatik Lichtintensität evtl. zu schwach)
- Nachdem der Spritzenstempel herausgeschossen wurde, zum Nachweis von Wasserstoffchlorid (g) feuchtes Indikatorpapier in den offenen Spritzenzylinder einführen.



b) Quantitative Chlor-Knallgas-Reaktion:

- Eine mit Silikonöl geschmierte gut laufende 10 ml Einwegspritze (Luer-lock, mit Dichtung) wird wie bei a) beschrieben mit maximal 3 ml Chlor (g) und 3 ml Wasserstoff (g) befüllt und sofort mit einem Kombiverschlussstopfen (oder einem Luer-Zündkerzenaufsatz) verschlossen

(Anleitung zum Bau des Luer-Zündkerzenaufsatzes siehe Kapitel 10 "Spritzenueidiometer")

- Die Spritze wird exakt senkrecht mit dem Kanülenanschluss zur Decke so in eine Stativklemme eingespannt, dass der ausgezogene Spritzenstempel gerade in das Schaumstoffkissen auf der Stativplatte eintaucht (Klemme nicht zu fest anziehen, damit der Kolben gut läuft und sich beim Zurückziehen nicht im Zylinder verkantet.)

Siehe Abbildung rechts!

- Das Blitzgerät (Einstellung Maximum) wird mit dem Fenster möglichst nahe an den Spritzenkolben herangeführt und das Chlor-Knallgas-Gemisch gezündet. Alternativ kann ein Piezozünder über Krokodilklemmen mit der Luer-Zündkerze verbunden und anschließend gezündet werden.

Siehe Abbildung oben und rechts!

- Das gebildete Volumen an Wasserstoffchlorid (g) wird nach der Reaktion abgelesen.
- Die Spritze wird mehrfach mit Luft gespült und das Experiment mit anderen Mischungsverhältnissen wiederholt.

