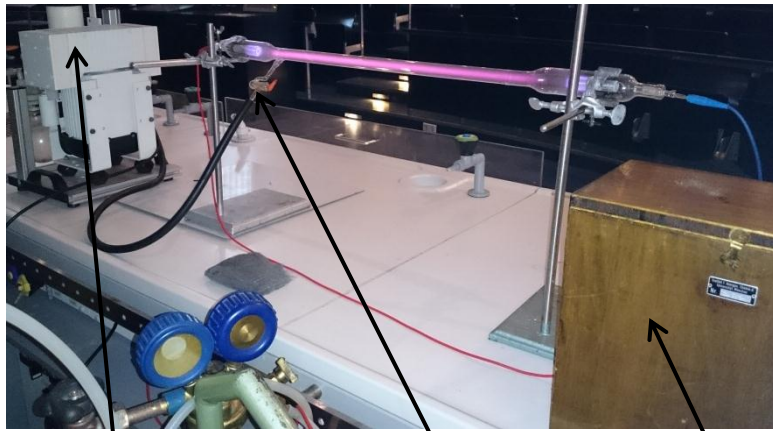


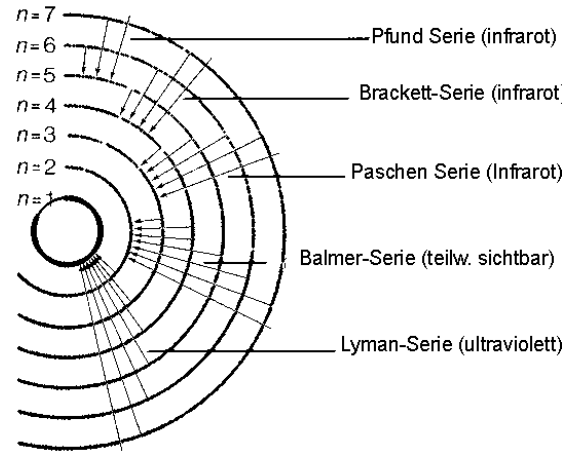
# Wasserstoff



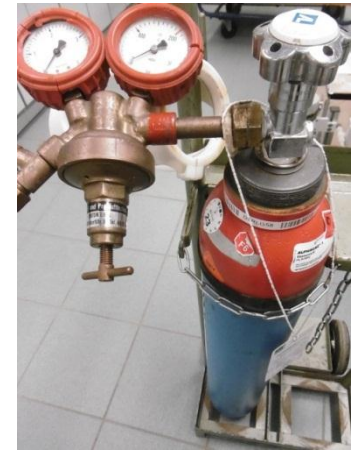
Vakuumpumpe

Anschlussahn für H<sub>2</sub>-Zufuhr bzw. Vakuum

Trafo



<http://www.svenwienstein.de/HTML/atommodell.html>



Wasserstoff-  
flaschen  
werden rot  
gekennzeichnet

Eine Gasentladungsröhre mit zwei Elektroden, die an einen Hochspannungstrafo angeschlossen sind, wird mithilfe einer Pumpe evakuiert. Dann wird ein Luftballon mit H<sub>2</sub> gefüllt und anschließend an den Anschlussahn der Röhre gehalten (H<sub>2</sub> direkt aus der Stahlflasche könnte mit einem zu hohen Druck hineinströmen und die Röhre bzw. den Hahn beschädigen). Wenn der Hahn geöffnet wird, strömt H<sub>2</sub> in die Röhre hinein. Dann wird wieder evakuiert und anschließend Spannung angelegt. Dadurch wird H<sub>2</sub>-Gas zum Leuchten angeregt und sendet Licht bestimmter Wellenlängen aus, das als eine zart violette Färbung beobachtet werden kann. Eine Serie von Spektrallinien im Sichtbaren, die Balmer-Serie, entsteht, wenn H-Atome aus einem höheren Energiezustand in einen tieferen Zustand mit der Hauptquantenzahl n=2 übergehen.

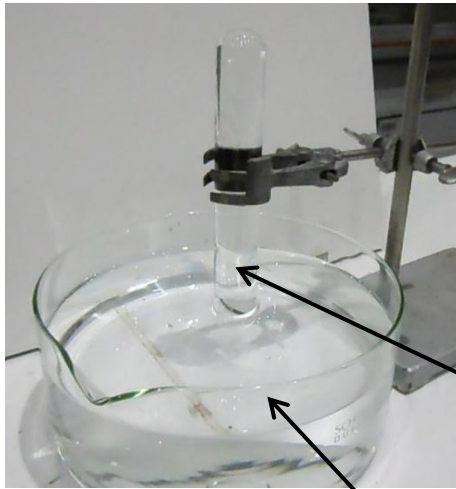
H<sub>2</sub> ist ein farbloses, geruchloses und brennbares Gas. H<sub>2</sub> wird in Stahlflaschen als komprimiertes Gas (ca. 200 bar) gelagert und wird über ein Druckminderventil entnommen.

# Wasserstoff

Wasserstoff: farbloses und geruchloses Gas

## Eigenschaften von Wasserstoff

### 1. Wasserstoff ist brennbar

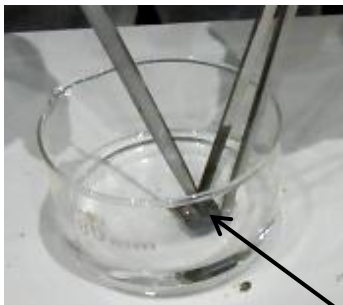


Ein Reagenzglas wird in einer Schale mit Wasser gefüllt, wobei darauf zu achten ist, dass das Reagenzglas **VOLLSTÄNDIG** mit Wasser gefüllt ist und sich keine Luft mehr darin befindet. Das mit Wasser befüllte Reagenzglas wird mit der Öffnung nach unten an ein Stativ befestigt, sodass sich die Öffnung des Reagenzglases ca. 1 cm unterhalb der Wasseroberfläche befindet.

→ Prinzip Pneumatische Wanne

Reagenzglas  
vollständig mit  
 $H_2O$  befüllt

Glasschale mit  $H_2O$  und Phenolphthalein als Indikator

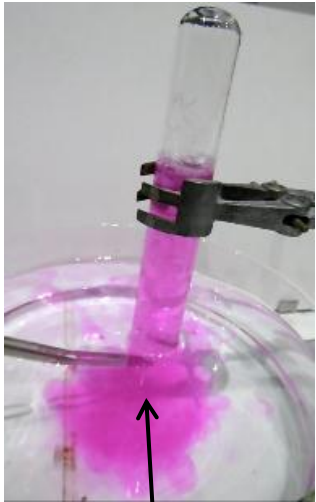


Anschließend wird ein erbsengroßes Stück Lithium unter Petrolether abgeschnitten. Es muss unbedingt Lithium sein, da Natrium in Wasser zu heftig reagieren und zu brennen Anfangen könnte.

elementares Lithium

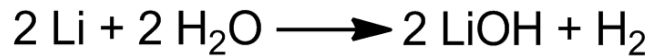
Dann wird das kleine Stück Lithium mit einer Pinzette ins Wasser eingetaucht und unter die Öffnung des Reagenzglases gehalten, wobei das entstandene  $H_2$ -Gas ins Reagenzglas „sprudelt“.

## Wasserstoff

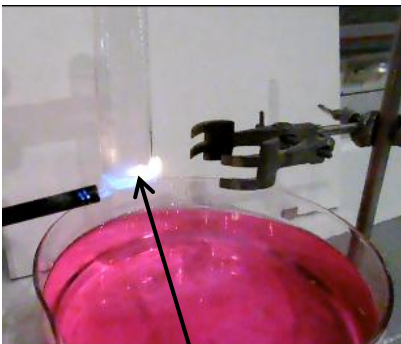


entstandenes LiOH  
färbt Indikator pink

Das entstandene Wasserstoffgas verdrängt das Wasser aus dem Reagenzglas und füllt dieses stattdessen aus. Das Stück Lithium wird solange unter das Reagenzglas gehalten, bis das Wasser vollständig aus dem Reagenzglas verdrängt wurde. Da sich im Wasser der Indikator Phenolphthalein befindet, kann ein Farbumschlag nach pink beobachtet werden, da Lithium mit Wasser zu Lithiumhydroxid und H<sub>2</sub> reagiert.



Reagenzglas ist nun  
vollständig mit H<sub>2</sub> befüllt



H<sub>2</sub> wird an der Öffnung  
angezündet

Das Reagenzglas wird vorsichtig aus dem Wasser herausgenommen und das H<sub>2</sub>-Gas wird an der Öffnung zügig angezündet. Der Wasserstoff fängt an zu brennen und beim Umdrehen des Reagenzglases brennt er mit einer schwach roten (Lithium) Flamme bis nach oben des Reagenzglases.



H<sub>2</sub> brennt mit schwach  
roter Flamme



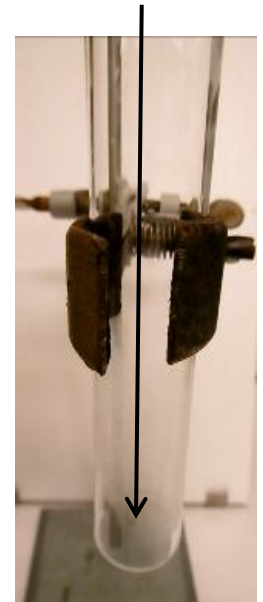
# Wasserstoff

## Eigenschaften von Wasserstoff

### 2. Wasserstoff unterhält die Verbrennung nicht



H<sub>2</sub>O-Niederschlag



In ein nach unten gedrehtes Reagenzglas (da H<sub>2</sub> leichter als Luft ist) wird mithilfe eines Schlauches von oben nach unten H<sub>2</sub>-Gas aus der Stahlflasche eingeleitet. Dabei ist zu achten, dass H<sub>2</sub> lange genug hineinströmt um die Luft aus dem Reagenzglas zu verdrängen. Anschließend wird das Reagenzglas schnell mit einem Gummistopfen verschlossen.

Nun wird eine brennende Kerze in das Reagenzglas hineingehalten und erlischt im Reagenzglas, wobei beim Einführen der Kerze ein „Blubb“ zu hören ist, da sich an der Grenzfläche zwischen Luft und H<sub>2</sub>-Gas ein Knallgasgemisch bildet, das durch die Kerze gezündet wird.

An der Öffnung ist ein Niederschlag zu beobachten, da sich durch die Knallgasreaktion Wasser gebildet hat.

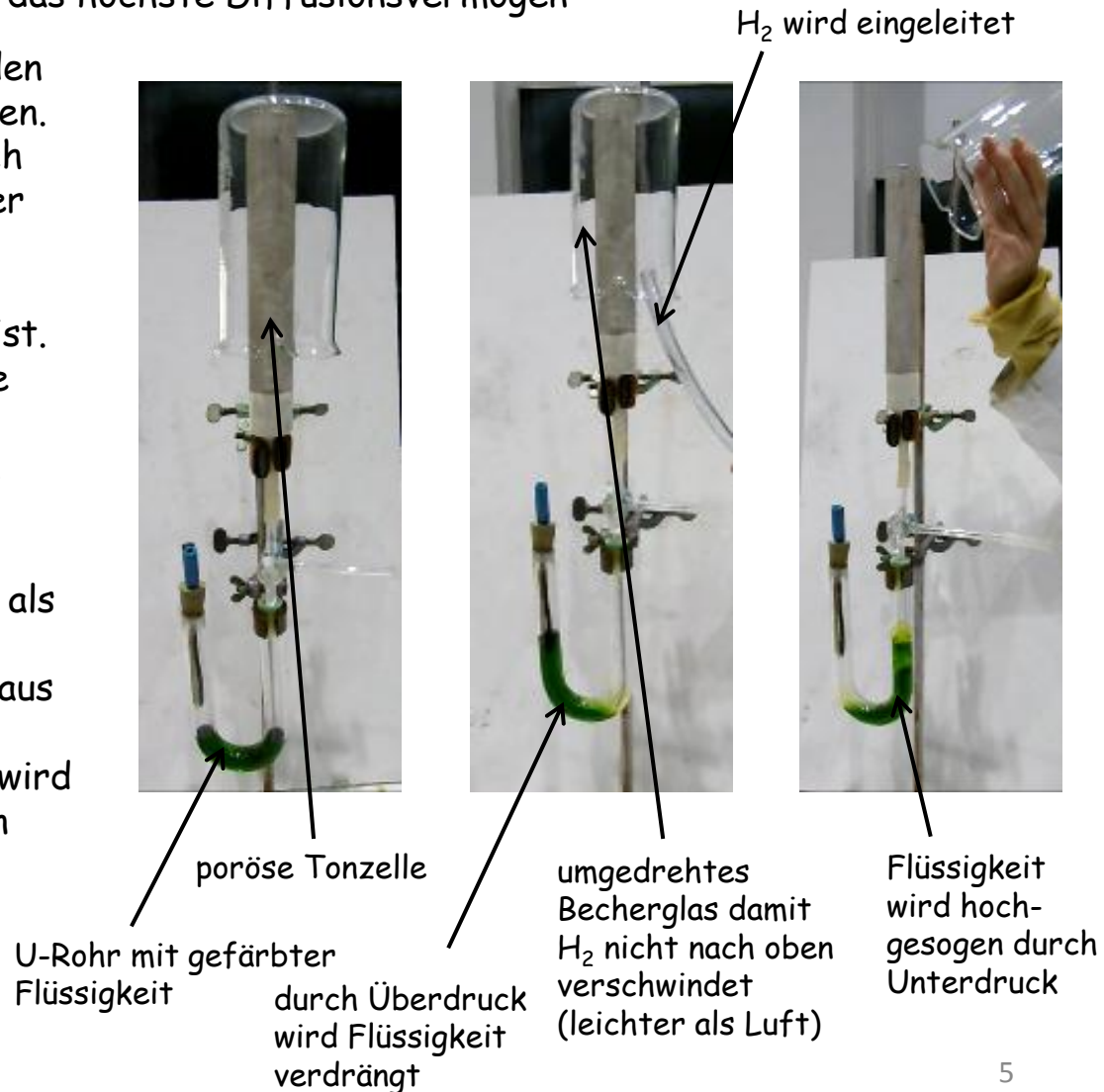
→ Knallgasprobe

# Wasserstoff

## Eigenschaften von Wasserstoff

### 3. Wasserstoff hat bei Raumtemperatur das höchste Diffusionsvermögen

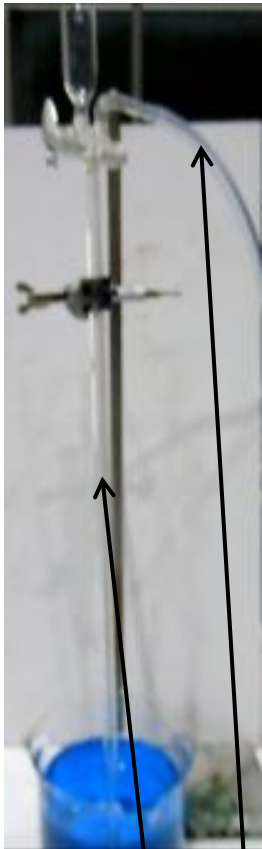
Ein U-Rohr mit einer sich darin befindenden Flüssigkeit ist mit einer Tonzelle verbunden. Die Tonzelle ist ein poröses Medium, durch das Teilchen diffundieren können. Auf der Tonzelle befindet sich ein umgedrehtes Becherglas. Außerdem ist am U-Rohr ein Hahn angebracht, der nach aussen offen ist. Wenn nun Wasserstoff von unten mithilfe eines Schlauches in das Becherglas eingeleitet wird, wird die Flüssigkeit nach oben auf die andere Seite des U-Rohrs verdrängt. Dies passiert, weil das Diffusionsvermögen von  $H_2$  viel größer ist als das von Luft ist, und dadurch  $H_2$  viel schneller hinein diffundieren als Luft heraus diffundieren kann. Dadurch entsteht ein Überdruck im U-Rohr und die Flüssigkeit wird verdrängt und steigt nach oben. Wenn nun das Becherglas weggenommen wird, diffundiert  $H_2$  wieder schneller heraus als Luft hinein diffundieren kann und es entsteht ein Unterdruck, sodass die Flüssigkeit nach oben gesogen wird.



# Wasserstoff

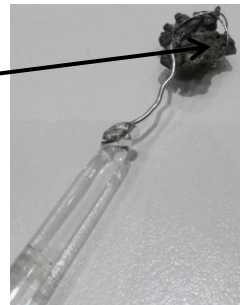
## Eigenschaften von Wasserstoff

### 4. Wasserstoff löst sich in Palladium



Ein Steigrohr taucht in blau gefärbtes Wasser. Das obere Ende des Steigrohres ist über einen Hahn mit einem Aufsatz verbunden. Der Hahn ist so konstruiert, dass durch einen Schlauch  $H_2$ -Gas in das Rohr eingeleitet werden kann, ohne in den oberen Aufsatz zu gelangen. Durch das Einleiten von  $H_2$  befindet sich nun im Rohr  $H_2$ . Dann wird in den Aufsatz ein Palladiumschwamm hineingebracht und mit einem Stopfen verschlossen.

Palladiumschwamm



Dann wird der Hahn aufgemacht, sodass  $H_2$  in den oberen Aufsatz (aber nicht heraus) strömen kann. Nach kurzer Zeit fängt das Wasser an im Rohr hochzusteigen, da sich  $H_2$  im Palladium löst und dadurch im Rohr ein Unterdruck entsteht.

$H_2$  wird eingeleitet

$H_2$  befindet sich im Rohr

# Wasserstoff

## Knallgasreaktion - Explosionsgrenze

Ein Gemisch aus dem brennbaren Wasserstoff und Luft bzw. dem Sauerstoff aus der Luft bildet bei bestimmten Mischungsverhältnissen explosionsfähige Gasgemische.

Das Mischungsverhältnis ist durch die Explosionsgrenzen - der oberen und der unteren Explosionsgrenze - bestimmt, innerhalb deren sich eine explosionsfähige Atmosphäre bildet.

### Explosionsgrenzen Luft/H<sub>2</sub>-Gemisch:

untere Explosionsgrenze: Vol.% in Luft: 4.0

obere Explosionsgrenze: Vol.% in Luft: 75.6



H<sub>2</sub>-Gas aus der  
Stahlflasche

Nun wird das Loch mit dem Finger zugehalten und H<sub>2</sub>-Gas durch den Schlauch, der durch die kleine Öffnung unten in die Dose (bis ganz oben) gesteckt wird, eingeleitet. Während das Gas eingeleitet wird, wird der Schlauch von oben nach unten geführt, sodass sich die Dose vollständig mit H<sub>2</sub> füllt. Die Dose **MUSS** vollständig mit H<sub>2</sub> gefüllt sein, da es ansonsten schon beim anzünden zur Knallgasreaktion kommt.



In eine Metalldose (ohne Deckel) wird ein kleines Loch (Durchmesser 2 mm) hineingebohrt und unten eine kleine Öffnung zugeschnitten.

Loch mit ca. 2 mm Durchmesser

kleine Öffnung hineingeschnitten



Wenn die Dose vollständig mit H<sub>2</sub>-Gas gefüllt ist (manchmal ist ein Pfeifen beim Gaseinleiten zu hören und wenn das Pfeifgeräusch nicht mehr höher wird, ist die Dose voll. Zur Sicherheit aber lieber einen Moment länger einleiten). Dann wird der Finger vom Loch weggenommen und ganz schnell direkt an der Öffnung angezündet.

# Wasserstoff

## Knallgasreaktion

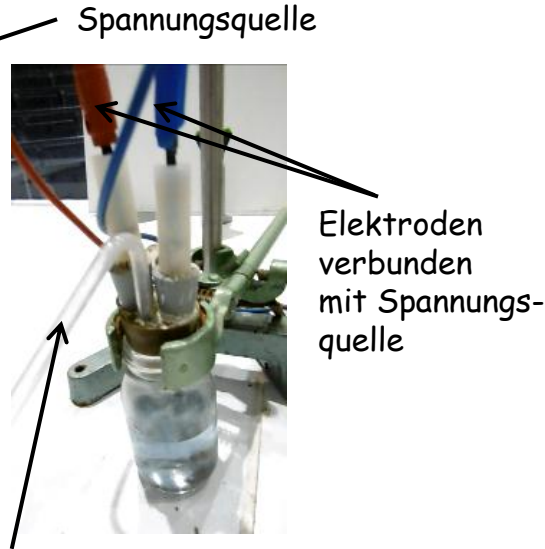


Aus dem kleinen Loch oben strömt  $H_2$ -Gas heraus, da es leichter als Luft ist und wird schnell angezündet. Das  $H_2$ -Gas brennt dann weiter in der Dose und wird nach und nach verbraucht, sodass von unten durch die Öffnung Luft nachgesogen wird. Sobald genug Luft bzw. Sauerstoff in die Dose eingesogen wurde um ein explosionsfähiges Gasgemisch zu bilden, wird es durch die Flamme, die durch den Abbrand des  $H_2$ -Gases von oben vorhanden ist, gezündet und die Dose fliegt mit einem lauten Knall nach oben.

### Knallgasentwickler:



Seifenblasenlösung „Pustefix“



Spannungsquelle

Elektroden verbunden mit Spannungsquelle

Glasrohr durch das das Knallgas in die Seifenblasenlösung geleitet wird



Platin-elektroden mit Glas ummantelt, damit sie nicht in Kontakt kommen können

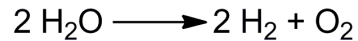
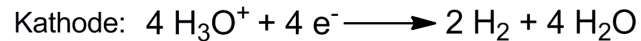
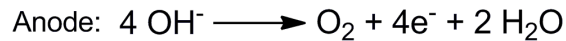
Wasser mit etwas Schwefelsäure (10%ig)



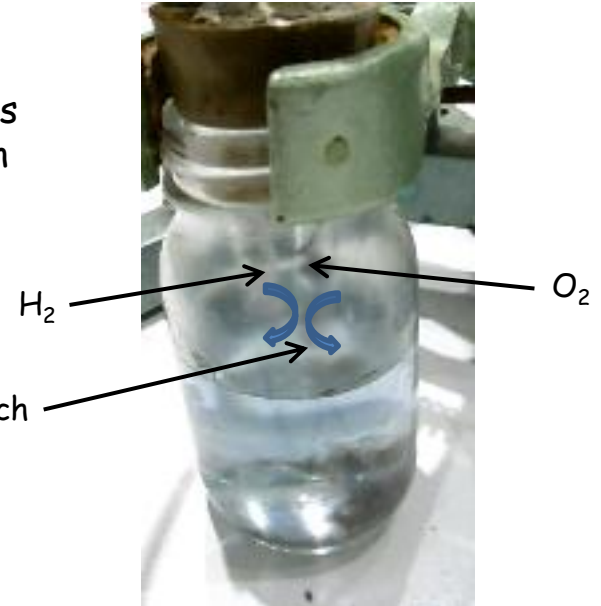
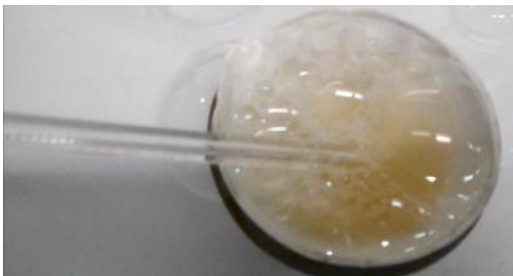
# Wasserstoff

## Knallgasreaktion

In einem Knallgasentwickler wird Knallgas - eine Mischung aus Wasserstoffgas und Sauerstoffgas im Verhältnis von 2 zu 1 - mittels der Elektrolyse hergestellt und durch ein gebogenes Glasröhrchen in eine Schale mit Seifenlösung „gepustet“.



Das Knallgas erzeugt in der Seifenblasenlösung Luftbläschen, die das  $\text{H}_2/\text{O}_2$ -Gemisch enthalten.



Dann werden die Seifenblasen vorsichtig mit einem Löffel abgeschöpft und angezündet. Das Knallgas reagiert und ein „Knall“-Geräusch ist zu hören.



# Wasserstoff

## Knallgasreaktion

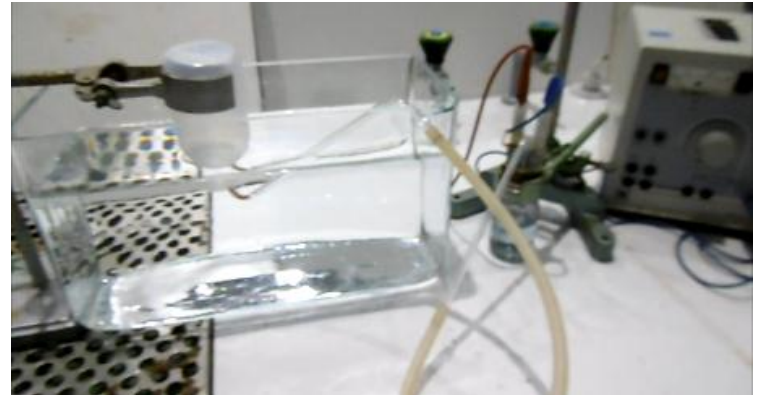
In diesem Versuch wird Knallgas in einer größeren Menge erzeugt und zeigt die Brisanz dieses Gasgemisches.



Für diesen Versuch wird ein Kunststoffgefäß mit Deckel verwendet, um die Gefahr herumfliegender Glassplitter zu vermeiden. Im Schraubdeckel sind zwei Drähte befestigt, die ins Innere ragen, um so den Zündfunken zu erzeugen. Die nach aussen ragenden Drähte sind über zwei Kontakte und zwei lange Kabel mit dem piezoelektrischen Zünder verbunden.



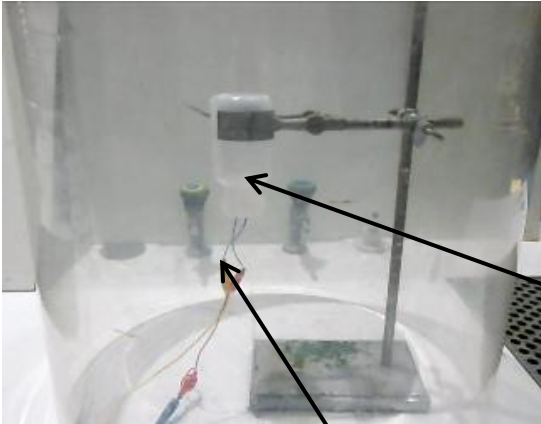
Der piezoelektrische Zünder ist in einem Kunststoffrohr befestigt und mit zwei langen Kabeln versehen, um in sicherer Entfernung bedient werden zu können.



Das Kunststoffgefäß wird in einer pneumatischen Wanne mit Wasser gefüllt und umgedreht mit einer Klammer befestigt. Dabei befindet sich die Öffnung unter Wasser. Im Knallgasentwickler wird Knallgas erzeugt und mithilfe eines gebogenen Glasrohrs, das im Wasser unter das Kunststoffgefäß gehalten wird, in das Gefäß geleitet. Dabei wird das Wasser aus dem Gefäß verdrängt und mit dem Knallgas gefüllt.

# Wasserstoff

## Knallgasreaktion



Anschließend wird das mit Knallgas gefüllte Gefäß mit dem Schraubdeckel, in dem sich die Drähte befinden verschlossen und vorsichtig auf ein Stativ befestigt und mit einer Plexiglasscheibe gesichert.

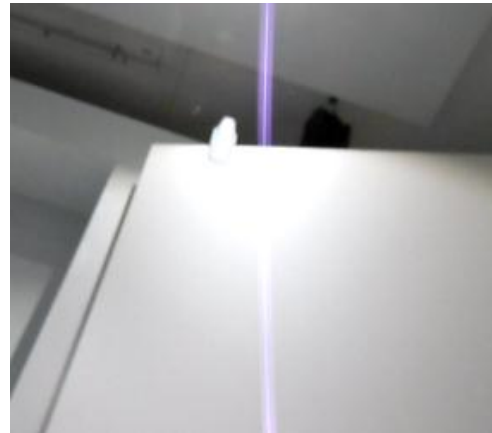
Kunststoffgefäß mit Knallgas

Drähte werden mit dem piezoelektrischen Zünder verbunden

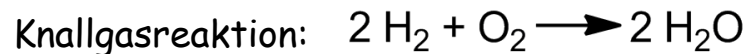


Dann wird der Zünder gedrückt, wobei sich durch den mechanischen Druck die Polarisation im Piezoelement ändert und eine Spannung erzeugt wird.

→ piezoelektrischer Effekt



Durch die Spannung entsteht ein Funke zwischen den beiden Drähten, die sich in dem Gefäß befinden und zündet das Knallgas. Ein lauter Knall ist zu hören und das Kunststoffgefäß fliegt aus der Befestigung hoch zur Decke.



*Bei dieser Reaktion wird viel Energie frei*