

5



## Wunderkerzen: Die Zündmischung in ihre Bestandteile zerlegen und Wunderkerzen selbst herstellen

### 1. Die Zündmischung von Wunderkerzen untersuchen und trennen

**Materialien:** Wunderkerzen, zwei kleine Tellerchen (Unterteller), Korken (evtl. Mörser), Küchenrolle, Esslöffel, Teelöffel, zwei Trinkgläser, Magnet, Trichter, Filterpapier

**So geht's:**

**Info:** Die Zündmischung der Wunderkerze hat vier Bestandteile: Eisenpulver, Aluminiumpulver, Stärke oder Dextrin und Bariumnitrat. Welche Aufgabe diese Stoffe jeweils haben, das erfährst du in der Info weiter unten. Wir wollen jetzt versuchen, die Zündmischung in drei der vier Bestandteile aufzutrennen.



- Breche von drei Wunderkerzen die Zündmischung über einem Tellerchen auf.
- Zermahle mit der Unterseite eines Teelöffels und mit einem Korken die Zündmischung im Tellerchen zu einem feinen Pulver, das keine groben Körner mehr enthält. Wenn ein Mörser zur Verfügung steht, dann geht es damit noch einfacher.
- Umwicke mit einem Stück Papier von der Küchenrolle den Magneten und fahre damit über das Pulver. Entferne auf diese Weise das ganze Eisenpulver aus der Mischung. Wenn du das Papier vom Magneten über einem anderen Tellerchen abziehst, dann fällt das ganze Eisenpulver in den Teller.
- Den eisenfreien Rest der Zündmischung spülst du mit zwei Esslöffel Wasser in ein Trinkglas.

Was beobachtest du? \_\_\_\_\_

- Lege ein Filterpapier in den Trichter, stelle den Trichter in ein weiteres Trinkglas und filtriere den Inhalt des Trinkglases mit der eisenfreien Zündmischung.
- Gieße das Filtrat in ein Tellerchen und stelle dieses an einen warmen Ort (Backofen von 60 °C, auf die Heizung oder lass es bis zur nächsten Stunde stehen).

Was beobachtest du? \_\_\_\_\_

5



## Müll trennen – Wertstoffe sammeln und wieder verwerten

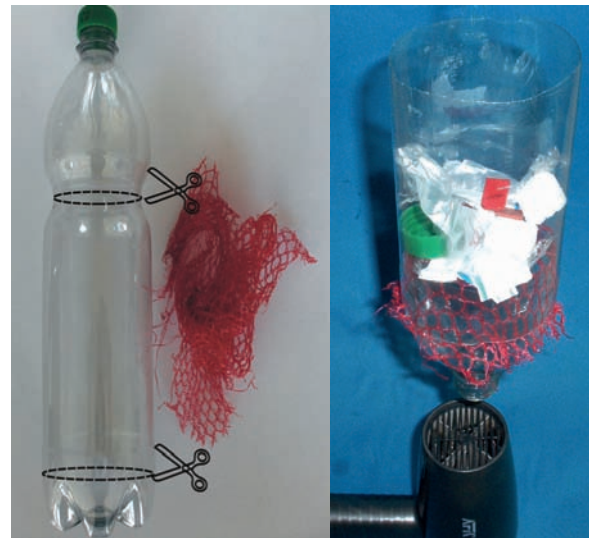
### 1. Mülltrennung mit dem Windsichter

**Materialien:** 1-l-PET-Flasche (mit Einbuchtung: siehe Abbildung), Schere, Kunststoffnetz (Obstverpackung), Föhn, Papier, Verpackungsfolie, Styroporabfall etc.

#### So geht's

**Info:** Der Windsichter funktioniert nach dem Prinzip „Die Spreu vom Weizen trennen“. Dabei wirft man Spreu und Korn in die Luft. Der Wind bläst die leichte Spreu weg, das schwerere Korn fällt zu Boden. Beim Windsichter werden schwebefähige Kunststoffe mitgerissen und vom übrigen Abfall getrennt. Der Vorteil dieser Methode ist: Sie verbraucht weder Wasser noch Reinigungsmittel.

- Baue dir den Windsichter. Dazu wird von der PET-Flasche (sie muss oben eine Taille haben) der Boden abgeschnitten. Der abgeschnittene Boden wird nicht benötigt.
- Schneide die Flasche dann an der Taille durch.
- Schneide das Kunststoffnetz auf ca. 10 cm x 10 cm zurecht. Ziehe es über die Schnittstelle im oberen Flaschenteil. Stecke den abgeschnittenen Flaschenhals wieder darauf, bis eine feste Verbindung entsteht.
- Auf das Netz wirfst du Abfallteile (Verpackungsfolie, Papier, PE-Teile, PC-Teile von einer zerbrochenen CD). Halte dann die Flasche mit dem Hals nach unten und nähere den Föhn auf einer niedrigen Stufe der Öffnung am Flaschenhals.
- Schalte stufenweise höher (komme nicht zu nahe an die Flasche, sie könnte sich verformen). Folien sollten zuerst wegfliegen. Das klappt nicht immer, weil sie sich statisch aufladen.



### 2. Mülltrennung mit dem Schwimm-Sink-Verfahren

**Materialien:** PE-Kunststoffteile klein geschnitten (aus Shampooflaschen), Polycarbonat-Kunststoffteile (von einer CD), PVC-Kunststoffteile (von Schläuchen, Abflussrohren), PS-Kunststoffteile (von Joghurtbechern), Salz, Esslöffel, Gabel, Schere

#### So geht's

- Wirf vier kleine Kunststoffstücke in ein halb volles Wasserglas: PE- (Shampooflasche), PVC- (Plastikschlauch), PS- (Joghurt- oder Trinkbecher) und PC-Kunststoff (CD).
- Nimm die Kunststoffe heraus, die auf dem Wasser schwimmen.
- Gib dann Salz in Portionen hinzu (bis zu zwei Esslöffel), rühre mit der Gabel um und entferne immer die auftauchenden Stücke.



**Welche Kunststoffe schwimmen in Wasser, welche in Salzwasser?**

---



---



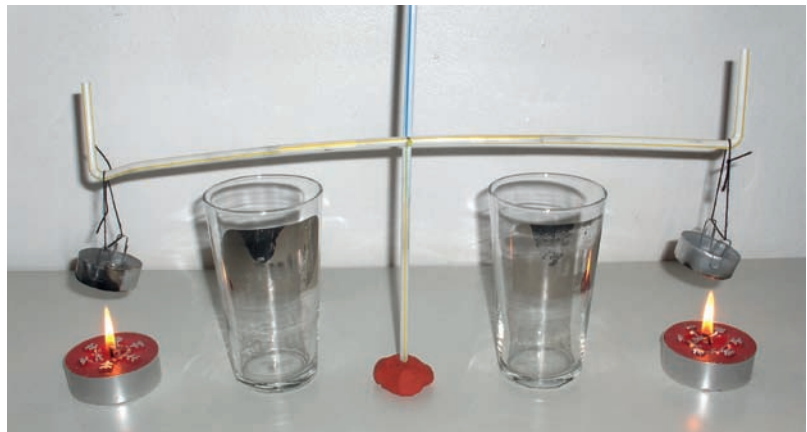
## Wasser in seinen drei Aggregatzuständen erleben

### 1. Eine Wasserdampfvippe

**Materialien:** fünf Trinkhalme, Schere, Lineal, Knete, zwei Teelichter, zwei Maxiteelichter, Anzünder, Filzstift, vier Büroklammern, Stecknadel, Faden (z. B. Stopfgarn), zwei Trinkgläser (Höhe = 12,5 cm)

#### So geht's

- Schneide von einem Trinkhalm das kurze Stück vor der Knickstelle ab. In zwei andere Trinkhalme machst du mit der Schere am Ende, das von der Knickstelle am weitesten entfernt ist, je einen Einschnitt von ca. 5 cm.
- Stecke die beiden eingeschnittenen Trinkhalme mit dem Einschnitt in die Enden des dritten Halms. So erhältst du einen Halm von ca. 40 cm Länge, der bei der Wasserdampfvippe als Balken eingesetzt wird. Biege noch die beiden Enden an den Knickstellen hoch.
- Messe die Mitte aus und mache dort mit dem Filzstift einen Punkt.
- Nimm aus zwei Teelichtern den Wachsblock heraus und stecke jeweils zwei Büroklammern in Gegenüberstellung auf die Wände des Teelichtbechers.
- Schneide dir zwei Stück Faden von ca. 20 cm Länge zurecht, fädle sie jeweils durch die Büroklammerösen an den beiden Teelichtbechern und verbinde die Fadenenden mit einem Knoten zu einer Schlaufe.
- Schneide von zwei weiteren Trinkhalmen die Knickstellen ab, schneide eines ein und stecke sie zu einem Halm von ca. 25 cm Länge zusammen. Stecke den langen Halm senkrecht in die Knete auf dem Tisch. Das ist der Pfosten für die Wasserdampfvippe. Mache mit dem Filzstift im Abstand von 16 cm von der Unterlage (Tisch) eine Markierung am Pfosten.
- Steche die Stecknadel am markierten Punkt durch den Trinkhalmbalken und dann mit dem herausschauenden Stück der Stecknadel an der Markierung durch den Pfosten.
- Hänge die beiden Teelichtbecher mit ihren Schlaufen jeweils an den Enden des Balkens auf und stelle jeweils ein Maxiteelicht darunter.
- Stelle zwei Trinkgläser von passender Höhe unter den Balken und verschiebe sie so, dass die Teelichtbecher, wenn sie sich auf ihre Seite neigen, sich ca. 3 cm über dem Maxiteelichtbecher befinden. Die Gläser sind die Stopper für den Balken.
- Fülle jetzt aus einem Glas Wasser die beiden Teelichtbecher mit je einer Pipette voll Wasser. Du kannst durch Zugabe einzelner Wassertropfen aus der Pipette den Balken so austarieren, dass eine Seite sich gerade ein bisschen nach unten neigt.
- Entzünde jetzt die Maxiteelichtbecher. Wenn du es gut gemacht hast, dann funktioniert die Wippe. Ansonsten muss man ein bisschen nachbessern.





6



## Wasser – eine Verbindung aus den Elementen Wasserstoff und Sauerstoff (4)

### Sauerstoff aus Oxireinigern und Kaliumnitrat (Salpeter)

**Materialien:** Oxireiniger (am besten Sodasan aus dem Bioladen), Reagenzglas, Wäscheklammer, Maxiteelicht, Anzünder, Glimmspan, Kaliumnitrat, Holzkohlestückchen

#### So geht's

- Gib in ein Reagenzglas zwei Spatel voll Oxireiniger.
- Entzünde das Maxiteelicht und halte den Glimmspan in die Flamme, bis er selbst entflammt. Die Glimmspanflamme soll weiter für ca. eine Minute erhalten werden. Sie wird gleich im nächsten Schritt des Experimentes benötigt.
- Klammere das Reagenzglas knapp unterhalb der Öffnung mit der Wäscheklammer und halte den Reagenzglasboden mit dem Oxireiniger knapp über die Teelichtflamme.
- Führe dann den brennenden Glimmspan in das Reagenzglas ein.



#### Beobachtungen:

---



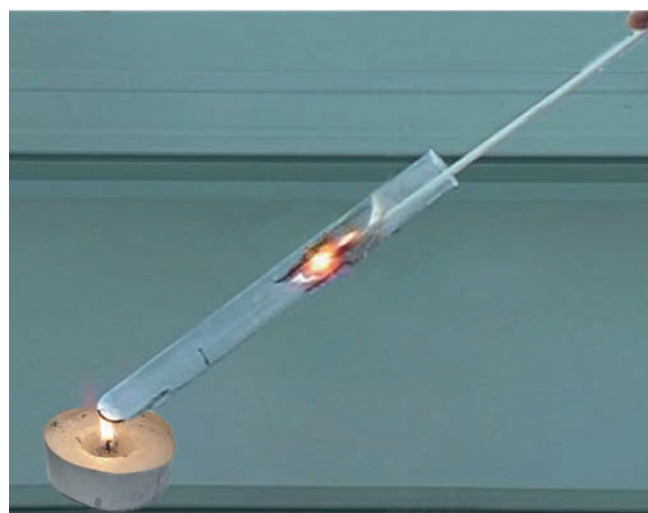
---



---



---



- Gib dann in ein Reagenzglas eine kleine Spatelspitze Kaliumnitrat und ein kleines Stückchen Holzkohle.
- Klammere das Reagenzglas und erhitze seinen Boden unmittelbar über der Kerzenflamme. Warte, bis das Kaliumnitrat schmilzt und die Kohle einen höllischen Tanz aufführt

#### Beobachtungen:

---



---



---



---



**Info:** Die Verbrennungen verlaufen jetzt wesentlich heftiger als in normaler Luft, weil Oxireiniger und Kaliumnitrat in der Hitze reinen Sauerstoff abgeben. Luft ist stark verdünnter Sauerstoff, weil sie viermal so viel Stickstoff wie Sauerstoff enthält. Kaliumnitrat ist auch als Sauerstoffspender in fast allen Feuerwerkskörpern enthalten. Die Glimmspanprobe ist in der Chemie der Nachweis für Sauerstoff. Oxireiniger enthalten Natriumpercarbonat. Das darin gebundene Wasserstoffperoxid zerfällt in der Hitze und liefert dabei reinen Sauerstoff.

5



## Stoffe rund um die Milch: Milch und Milchtüten

**Info „Kupfersulfat“:** Käufliches Kupfersulfat-Pentahydrat mit der Formel  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  enthält Kristallwasser. Es handelt sich um Wassermoleküle, die bei der Kristallisation aus wässriger Lösung in die Kristallstruktur des Kupfersulfats eingebaut werden. Dieses Kristallwasser ist im kristallinen Feststoff nur locker gebunden und kann durch Erhitzen leicht ausgetrieben werden. Dabei bricht die Kristallstruktur zusammen und das blaue Kupfersulfat verliert seine Farbe.

Von den fünf Molekülen Kristallwasser des Hydrats sind vier an das Kupfer, das fünfte an das Sulfation gebunden. Bei 100 °C verlieren die Kristalle pro Formeleinheit vier Wassermoleküle; das letzte Wassermolekül wird erst oberhalb von 200 °C abgegeben. Die wasserfreie Verbindung  $\text{CuSO}_4$  ist weiß und nimmt unter Blaufärbung leicht wieder Wasser auf.

Substanzen, die Kristallwasser enthalten, nennt man Hydrate. Kristallwasser ist Wasser, das im kristallinen Festkörper gebunden vorkommt.

**Info „Siedesteine“:** Siedesteine verhindern durch ihre raue Oberfläche die Bildung großer Gasblasen beim Siedevorgang. Gasblasen können zu explosionsartigen Siedeverzügen führen, entstehen durch lokale Überhitzungen und äußern sich dadurch, dass die siedende Flüssigkeit schlagartig aus dem Reagenzglas herausspritzt. An den rauen Stellen der Siedesteinchen setzt das Sieden in moderater Weise ein.

**Info „Casein“, „Milcheiweiß“:** Im Liter Kuhmilch sind ca. 26 g Casein enthalten. Das Casein macht etwa 80 % der Gesamtproteine der Milch aus. Die übrigen Eiweißstoffe verbleiben nach dem Ausfällen des Caseins in der Molke. Diese Molkenproteine lassen sich nicht durch Zugabe von Säuren ausfällen. Dies gelingt jedoch durch Kochen mit einer Natriumsulfatlösung und wird als „Aussalzen der Molkenproteine“ bezeichnet. Dabei kommt es zur Denaturierung der Molkenproteine, das heißt, die Quartärstrukturen der Eiweiße werden zerstört.

5



## Stoffe trennen – wir destillieren Branntwein



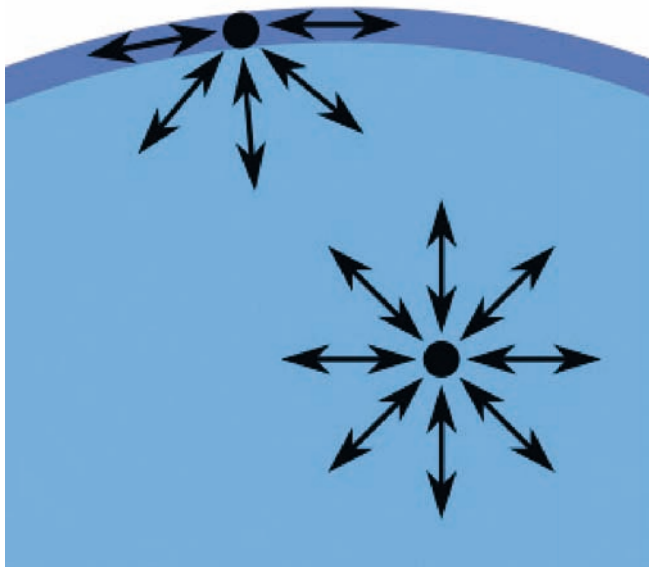
Vigreux-Kolonne

**Info „Destillation“:** Das Prinzip der Destillation beruht grundsätzlich auf den unterschiedlich hohen Siedepunkten der zu trennenden Komponenten, genauer gesagt auf ihrem unterschiedlichen Dampfdruck bei gleicher Temperatur. Nachdem das Ausgangsgemisch zum Sieden gebracht wurde, wird der entstehende Dampf, der sich aus den verschiedenen Komponenten der zu trennenden Lösung zusammensetzt, in einem Kondensator in den flüssigen Zustand zurückverwandelt. Als Kondensator wird in der Regel der Liebigkühler eingesetzt. An den Kondensator ist ein Behälter (Vorlage) angeschlossen, in dem das flüssige Kondensat aufgefangen wird.

Wenn eine Flüssigkeit in einem Kolben zum Sieden gebracht wird und der Dampf in einem Kühler (Kondensator) wieder als Destillat kondensiert, spricht man von einer einfachen **Gleichstromdestillation**. Daneben gibt es auch die **fraktionierte Destillation**. Bei ihr wird das Destillat nach steigenden Siedepunkten in mehreren Fraktionen gesammelt. Eine weitere Destillationsvariante ist die **Rektifikation**. Man kann sie auch als **Gegenstromdestillation** bezeichnen, weil ein Teil des kondensierten Dampfes in der Destillationskolonne zwischen Verdampfer und Kondensator dem aufsteigenden Dampf als Rücklauf entgegengeführt wird. Der Stoffaustausch zwischen der gasförmigen und der flüssigen Phase führt zu einer Anreicherung der leichter flüchtigen Komponenten im Dampf in Richtung des Kondensators. Die schwerer flüchtigen Komponenten konzentrieren sich im Rücklauf.

Bei Füllkörpersäulen sorgen sogenannte Schüttfüllungen (Füllkörper aus Keramik, Metall, Glas etc.) für eine entsprechend große Grenzfläche, über die sich ein Flüssigkeitsfilm ausbreiten kann. Je kleiner und gleichmäßiger die Füllkörper sind, desto besser

verstehen. Einfacher ist es, eine Erklärung mit dem Teilchenmodell zu versuchen. Sie geht davon aus, dass zwischen benachbarten Teilchen einer Flüssigkeit anziehende und abstoßende Kräfte wirken. Beim Wasser überwiegt aufgrund der besonderen Molekülform (gewinkelter Bau, Dipolmoleküle) die Anziehung. Die zwischenmolekularen Kräfte führen zu Bindungen, die immer noch Teilchenbewegungen in der Flüssigkeit gestatten.



Innerhalb der Flüssigkeit treten solche Wechselwirkungen nach allen Richtungen des Raumes auf. Wenn ein Molekül gleichzeitig von seinen linken und rechten und seinen oberen und unteren Nachbarn angezogen wird, dann gleichen sich die Kräfte aus. Alle Moleküle innerhalb der Flüssigkeit ziehen sich gleich stark an. Teilchen an der Oberfläche müssen aber mit weniger Nachbarn auskommen. Da die oberen Nachbarn fehlen, gleichen sich die Kräfte nicht aus. Deshalb wirkt auf sie eine resultierende Kraft, die in Richtung Flüssigkeitsinneres gerichtet ist und sie nach innen zieht. Deshalb hat der Wassertropfen auch immer eine kugelförmige Form, denn alle äußeren Moleküle werden gleich stark nach innen gezogen. Für die Wasseroberfläche resultiert daraus ein Verhalten, das an eine Gummihaut erinnert.

6

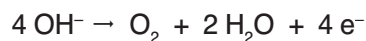
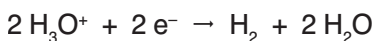


## Wasser – eine Verbindung aus den Elementen Wasserstoff und Sauerstoff (1, 2, 3 und 4)

**Info „Strom zersetzt Wasser – eine Minielektrolyse“:** Das hinzugesetzte Natriumsulfat dient nur dazu, die Leitfähigkeit des Wassers zu erhöhen. Es lässt sich nachweisen, dass es in dieser Lösung nicht zur Entladung der Natrium- und der Sulfationen an den Elektroden kommt. Grundlage für die Wasserzersetzung ist eigentlich die Autoprotolyse des Wassers, die dazu führt, dass sich auch in hoch gereinigtem Wasser von alleine und ohne äußeres Zutun gleiche (Stoff)mengen an  $\text{OH}^-$ -Ionen und  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen bilden:



Die  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen werden an der Kathode (Minuspole) zu Wasserstoff entladen und aus den  $\text{OH}^-$ -Ionen wird bei der Entladung an der Anode elementarer Sauerstoff. Es entspricht dem Wesen eines chemischen Gleichgewichtes, dass die so verbrauchten  $\text{OH}^-$ - und  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen immer wieder nachgebildet werden, weil ihre Konzentration immer konstant bleiben muss (Gleichgewicht).



Die Stecknadeln werden bis zum Köpfchen durch das Pipettenhütchen geschoben. So wird verhindert, dass die Krokodilklemmen beim Anschluss an die auf der anderen Seite herausstehende Stecknadel mit der jeweils anderen Stecknadelelektrode in Berührung kommen und einen Kurzschluss verursachen. Die Kabel mit Krokodilklemmen an beiden Enden gibt es in Elektronikläden, oft als Sonderangebote. Das ist eine günstige Gelegenheit, sich einen größeren Satz anzuschaffen. Da die Füllung des Pipettenhütchens mit Knallgas je nach Ladungszustand der Batterie u. U. eine halbe Stunde dauern kann, empfiehlt es sich, zwischenzeitlich mit dem nächsten Experiment fortzufahren. Das Knallgas enthält nur theoretisch eine 2:1-Mischung aus Wasserstoff und Sauerstoff, weil sich zu Beginn der Elektrolyse der frei werdende Sauerstoff bis zur Sauerstoffsättigung erst einmal im Wasser löst und dann erst unvermindert an den Speicher abgegeben werden kann. Beim Wasserstoff ist das nicht der Fall, weil er kaum in Wasser löslich ist.



**Info „Strom zersetzt Wasser – Elektrolyse im größeren Maßstab“:** Es ist ratsam, dass der Lehrer die Geräteteile im Schülersatz vorfertigt und den Schülern zum Zusammenbauen zur Verfügung stellt. Hinweise für den Lehrer: Zuerst bohren Sie zwei Löcher mit großem Abstand in den Schraubdeckel der Saftflasche. Das können Sie mit Nagel und Hammer erledigen. In ein Loch stecken Sie eine dicke Bleistiftmine, ins andere einen Kupferdraht und dichten die Löcher mit der Heißklebepistole ab. Schneiden Sie dann die Orangensaftflasche mit einem scharfen Messer unterhalb der Stelle, wo das schlanke Oberteil in das gerade Mittelteil übergeht, quer durch (kurz über dem Etikett: siehe Abbildung). Das Oberteil ist die eigentliche Elektrolysezelle, das Unterteil dient als Standfuß. In das Unterteil schneiden Sie in Gegenüberstellung noch zwei Fenster von ca. 7 cm x 7 cm hinein. Schrauben Sie den Deckel mit den Elektroden auf den Flaschenhals. Die positive Elektrode darf nicht aus Kupfer sein, weil der gebildete Sauerstoff in einer Oxidationsreaktion von ihr unter Bildung von schwarzem Kupferoxid verbraucht werden würde.



Es zeigt sich immer wieder, dass sich Schüler schwertun mit der Vorstellung, dass die Verbindung Wasser etwas ganz anderes ist, als ein Gemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff. Eine plausible Erklärung lässt sich nur über den Teilchenbegriff und die Erkenntnis entwickeln, dass es bei der Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser zu einem Umbau der Teilchen kommt. Die Atome bekommen neue Bindungspartner. Erschwerend kommt hinzu, dass sich bei der Elektrolyse zwei Gase aus einer Flüssigkeit entwickeln und der Schüler sich deshalb fragt, wo sich denn die Gase in der Flüssigkeit verstecken. Am plausibelsten ist die Erklärung, dass es im Umkehrverfahren wieder gelingt, aus Wasserstoff- und Sauerstoffgas Wasser zu machen. Das übersteigt in vielen Schulen die experimentellen Möglichkeiten. Dennoch sollen hier Wege aufgezeigt werden, die dies ermöglichen. Eine Knallgasreaktion in einem sauberen, trockenen Reagenzglas (Wasserstoff z. B. aus der Reaktion von Magnesiumband oder Zinkgranalien und ganz wenig Kupfersulfat mit verdünnter Salzsäure) führt immer zu einem hauchdünnen Wasserbelag an der Reagenzglasinnenwand, der aber meist schnell verdunstet. Zeigen lässt es sich auch mit einem lustigen Gerät, das man sich leicht selbst bauen kann. Hier wird der Gedanke verfolgt, dass bei der Reaktion von zwei Raumteilen Wasserstoff mit einem Raumteil Sauerstoff kein Gas mehr übrig bleibt, weil sie sich vollständig in Wasser umgesetzt haben, das kurze Zeit wegen der Reaktionshitze als Wasserdampf und danach schnell in Form von Wassertröpfchen vorliegt, die quasi keinen Raum mehr einnehmen. Hier ist die Beschreibung zum Selbstbau eines solchen „Lubalex“ (Luftballonexplosionseudiometers):

**Materialien „Lubalex“:** ca. 5 cm Vakuumschlauch, zwei handelsübliche, große Luftballons, Isolierband, zwei Kabelbinder, zwei Stecknadeln, 20-ml-Einwegspritze mit Kanüle, Piezozünder (billig im Elektronikhandel zu erwerben), zwei Experimentierkabel, zwei Krokodilklemmen, Vorräte von Wasserstoff und Sauerstoff (entweder in Stahlflaschen oder selbst hergestellt: dazu Anleitung unten)

**Durchführung „Lubalex“:** Stecken Sie die Stecknadeln im Abstand von ca. 0,5 cm so durch die Schlauchwand, dass die Nadelspitzen in der gegenüberliegenden Schlauchwand fixiert sind. Sie dürfen nicht die Schlauchwand durchdringen und auf der anderen Seite überstehen, weil sonst der später erforderliche Zünd-