

# Dokumentierte Gefährdungsbeurteilung

Achtung: Die Beurteilung muss den jeweiligen Bedingungen angepasst werden!

## 1. Allgemeine Angaben und Vorprüfungen

Beurteilung Nr.:

Schule:

Fach (unterstreichen), Name: Chemie / Biologie / Physik

Stufe: Primarstufe / Sek I / Sek II

Durchführung: Schüler / Lehrkraft

Titel Experiment: *Demonstrationsexperimente mit Wasserstoff*

### Kurzbeschreibung:

1. Mit Wasserstoff aus der Gasflasche werden Seifenblasen hergestellt, die nach oben steigen.
2. Ein Luftballon wird mit reinem Wasserstoff gefüllt und mit einem langen Span gezündet.
3. Wasserstoff wird an einer Düse mit Rückschlagsicherung entzündet.
4. Durchführung der Knallgasprobe mit einem Reagenzglas  $d=18\text{mm}$ .
5. Die Wirkungsweise eines Wasserstoff-Luftgemisches wird in einer 1,5-Liter-Büchse demonstriert.
6. Knallgas-Reaktion mit 30ml Wasserstoff-Sauerstoff-Gemisch in Plastikdose oder Luftballon.


### Tätigkeitsbeschränkungen

	+	Generelle Erlaubnis für Schüler und Lehrer
	o L	Beschränkung (Ersatzstoffprüfung) für Lehrer
	-	Generelles Verbot an Schulen
	- w	Verbot für gebärfähige Frauen, werdende oder stillende Mütter
	- S	Verbot in Schülerexperimenten
	- S 4. Klasse	Verbot in Schülerexperimenten bis einschl. Klasse 4
X	- S 9. Klasse	Verbot in Schülerexperimenten bis einschl. Klasse 9 (H <sub>2</sub> Druckgasflaschen)
X	ESP	Ersatzstoffprüfung notwendig

### Ersatzstoffprüfung (bei Verzicht mit Begründung)

*Die Versuche mit Wasserstoff und die Knallgasprobe sind elementar und für die Schule nicht verzichtbar. Die sichere Vorführung führt die Schüler hin zu einem sicheren Umgang mit Wasserstoff in Laborpraktika. Experimente mit Wasserstoff aus Druckgasflaschen sind für Schüler erst ab Klasse 10 zugelassen (GUV-SR 2010, Tätigkeitbeschränkung Wasserstoff -S9). Das Arbeiten mit bei Versuchen entstehendem Wasserstoff ist durch Schüler ab Klasse 5 nach der RISU 2016, Seite 29, I-3 nicht ausdrücklich verboten. Es wird aber empfohlen, Knallgasexperimente - mit Ausnahme der Knallgasprobe im Reagenzglas - generell nur als Lehrerversuche durchzuführen.*

## 2. Gefahrstoffe (Ausgangsstoffe, mögliche Zwischenprodukte, Endprodukte)

Wasserstoff als Reaktions- produkt	 Gefahr		220, 280	210, 377, 381, 403 (für Flaschen)
--	---	--	----------	--------------------------------------

**Wasserstoff** H 220 Extrem entzündbares Gas; H280 (für Gasflaschen) Enthält Gas unter Druck; kann bei Erhitzen explodieren.

**Explosionsgrenzen** 4 - 77 Volumenprozent

### P-Sätze

P210 Von Hitze, Funken, offenen Flammen, heißen Oberflächen sowie anderen Zündquellen fernhalten. Nicht rauchen.

P377 Brand bei Gasleckage: Nicht löschen, bis Leckage gefahrlos gestoppt werden kann.

P381 Alle Zündquellen entfernen, falls gefahrlos möglich.

P403 An einem gut belüfteten Ort aufbewahren.

### Hinweise zur Entsorgung

Bei den geschilderten Versuchen entweichen geringe Mengen des Wasserstoffs in den Raum, die sich aber sehr stark verdünnen, so dass bei guter Lüftung keine Gefahr besteht, dass explosionsgefährliche Gemische mit Luft entstehen. Der meiste Wasserstoff bei den Versuchen wird verbrannt.

## 3. Beurteilung der Gefahren und Sicherheitsvorkehrungen

Gefährdungen	nein	ja
1. Gefahren für die Haut? >Verbrennungsgefahr		X
2. Gefahren für die Augen? >Schutzbrille immer tragen!		X
3. Gefahren durch Einatmen?	X	
4. Sind brennbare oder entzündbare Stoffe beteiligt?		X
5. Können sich explosionsgefährliche Gemische bilden?		X
6. Falls notwendig: Ist der Brandschutz in der Umgebung ausreichend?		

### Beurteilung der Gefährdungen (Stoffeigenschaften, gefährliche Reaktionen, Gerätegefahren) und Sicherheitsvorkehrungen

Allgemeiner Hinweis: Der Entnahmeschlauch darf nicht zu kurz sein, er wird regelmäßig überprüft. Die Flasche muss mit genügend Abstand zum jeweiligen Versuchsaufbau stehen. Für die Lagerung und Bereithaltung von Wasserstoff-Flaschen gelten die Regeln der RISU I-5.

#### 1. Seifenblasen mit Wasserstoff füllen

Die Vorschriften beim **Umgang mit Gasflaschen** müssen in einer extra Betriebsanweisung festgelegt werden! Die Lehrkraft muss mit dem Umgang mit Wasserstoff-Flaschen vertraut sein. Die Versuche dürfen nur in größeren Fach-Räumen mit **Abluftanlage** durchgeführt werden. Der **Arbeitsdruck** im Manometer muss so eingestellt werden, dass nur relativ wenig Wasserstoff ausströmt und die Seifenblasen langsam gefüllt werden können. So ist auch gewährleistet, dass die Menge des ausströmenden Wasserstoffs in den Raum auf eine ungefährliche Konzentration minimiert ist. Bei allen Arbeiten ist darauf zu achten, dass das Entnahmeventil bei Nichtgebrauch immer geschlossen ist und die Gasflasche mit genügend **Sicherheitsabstand** (zwei Meter) zum Experiment steht. Bei allen Arbeiten mit Wasserstoff ist von **allen Personen und Schüler im Raum** eine **Schutzbrille** zu tragen. Ein ausreichender **Brandschutz** im Raum ist unbedingt zu prüfen.

## 2. Luftballon mit reinem Wasserstoff füllen und zünden

Reiner Wasserstoff brennt relativ ruhig ab. Erst wenn Gemische mit Luft oder Sauerstoff vorliegen, kann es eine Explosion geben. Als Ballon wird ein üblicher Luftballon genommen, der nach der Füllung an einer dünnen Schnur gut schwebt. Beim Füllen des Ballons darf keine Luft in den Ballon gelangen, er ist vorher vollständig zusammengedrückt. Der Luftballon wird satt mit Wasserstoff gefüllt, mit einem Knoten verschlossen und an einer dünnen Nylonschnur befestigt. Die Schnur mit dem schwebenden Ballon in etwa einem Meter Höhe wird an einem brandsicheren Tisch befestigt. An der Decke oben oder seitlich dürfen sich keine entzündbaren Dämm-Materialien befinden! Danach wird der Brenner entzündet und man nähert sich vorsichtig von unten mit einem langen, brennenden Holzspan am ausgestreckten Arm. Dabei hält man den **Kopf fern** und trägt **Schutzhandschuhe aus Leder**. Alle im Raum **öffnen den Mund weit**. Der Ballon platzt mit einem "Wumm", und der brennende Wasserstoff bildet einen kleinen Feuerball.

## 3. Wasserstoff wird an einer Düse entzündet

Verwendet werden Glasrohre mit 6 bis 8mm Durchmesser, die zu einer Glasdüse ausgezogen sind. Als **Rückschlagsicherung** darf nur **feine und neue Eisenwolle ohne Rostansatz** verwendet werden, niemals Kupferwolle. Schlauch und Düse müssen fehlerfrei gearbeitet sein und werden regelmäßig kontrolliert. Die Düse wird an einem Stativ nach oben zeigend befestigt und mit dem Entnahmeschlauch der Wasserstoff-Flasche verbunden. Man stellt einen ganz schwachen Arbeitsdruck ein und entzündet nach negativer Knallgasprobe den ausströmenden Wasserstoff über der Düse mit dem Stabfeuerzeug. Die größte Gefahr besteht darin, dass eine relativ große und unsichtbare Flamme entsteht, die die Haare entzünden kann. **Kopf fernhalten!**

Alternativ kann gezeigt werden, wie ein in den Wasserstoff-Strom gehaltenes Platin-Katalysator-Kügelchen zu glühen beginnt. Dieser Versuch ist nur für erfahrene Lehrkräfte geeignet, weil hierbei bis zur Zündung Wasserstoff in den Raum strömt (**Raumlüftung maximal anschalten!**) und die Kugel mit einer langen Pinzette exakt in den Strom gehalten werden muss.

## 4. Knallgasprobe demonstrieren

Die Knallgasprobe wird vor dem Zünden an der Düse mehrmals durchgeführt. Es soll verhindert werden, dass sich im Schlauch noch ein Wasserstoff-Luft-Gemisch befindet. Die schwer schmelzbaren Reagenzgläser mit einem Durchmesser von 18mm halten auch den "Pfiff" des Wasserstoff-Luftgemischs gut aus. Allerdings darf **niemals das gleiche Reagenzglas** für eine zweite Knallgasprobe verwendet werden, weil sich noch unsichtbar brennender Wasserstoff im Reagenzglas befinden kann. Man erkennt das an einem Wasserbeschlag und der Wärme, die freigesetzt wird.

## 5. Böllerbüchse

Dieser Versuchsklassiker ist nicht ganz ungefährlich und muss von der Lehrkraft **gut vorbereitet** werden, da die Gefahr besteht, dass der Inhalt der Büchse schon direkt beim Zünden explodiert. Der Knall kann ein Knalltrauma auslösen, wenn man sich nicht an die Sicherheitsvorschriften hält. Es besteht besonders dann Gefahr, wenn kein Gehörschutz verwendet wird und eine Person zu nahe beim Experiment steht oder den Mund nicht weit öffnet. Beim Öffnen des Mundes erfolgt ein Druckausgleich vom Nasenrachenraum über die Eustachische Röhre in das Ohr, so dass sich im Innenohr kein Druck aufbauen kann. Besonders gefährdet ist man am Standort zwischen der Schallquelle und einem geöffneten Fenster, weil sich der Schall den Weg des kleinsten Widerstandes sucht. Bei einem Knalltrauma wirken Schallwellen mit hohem Schalldruck für kurze Zeit bis drei Millisekunden lang auf das Ohr und richten Schäden im Innenohr an. Ein Knalltrauma kann auch auftreten, wenn das Trommelfell intakt bleibt. Tinnitus oder ein Hörverlust sind mögliche Folgen. Ein Tinnitus verschwindet meist nach mehreren Wochen oder Monaten wieder, es kann aber eine Verringerung des Hörvermögens bestehen bleiben.

Die Blechbüchsen dürfen **maximal 1,5 Liter Volumeninhalt** haben. Büchsen mit scharfen Kanten dürfen nicht verwendet werden. Der Arbeitstisch muss ausreichend **Brandschutz** verfügen. Eine unten offene Blechbüchse mit etwa 1,5 Liter Inhalt wird oben mit einem 2mm großen Loch durchbohrt. Dann legt man alle benötigten Geräte auf den Tisch, wo die Demonstration vorgeführt werden soll: Die Büchse wird mit der weiten Öffnung nach unten mit einer Kante auf ein Streichholz gestellt, das Stabfeuerzeug liegt bereit.

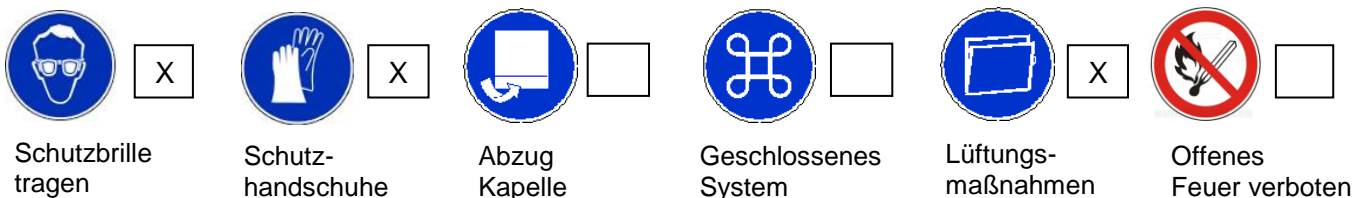
Die Gasflasche wird zur Wasserstoff-Entnahme vorbereitet. **Kopf fernhalten!** Die Büchse darf während des Füllens und auch danach niemals angehoben werden (sondern höchstens leicht gekippt), weil sonst Luft durch Verwirbelungen hineingelangt! Die Schüler sind vor einem Knall zu warnen und müssen sich während der Demonstration völlig ruhig verhalten. Alle Beteiligten im Raum inklusive Lehrkraft tragen **Schutzbrillen** und **öffnen den Mund weit**, sie halten genügend **Sicherheitsabstand**, sie halten sich am besten am anderen Ende des Raumes auf. **Schutzscheibe** verwenden! Für die Lehrkraft wird das Tragen eines **Gehörschutzes** empfohlen, weil eine Unbedachtsamkeit zu einem Knalltrauma führen kann, wenn sie zu nahe dabei steht.

Nun stellt man die Büchse ein wenig schräg und schiebt den Schlauch von der Gasflasche in die Büchse. Das Loch wird mit einem Finger verschlossen. Danach lässt man Wasserstoff in die Büchse strömen. Da dabei mit einem Übermaß an Wasserstoff gearbeitet wird - damit die Büchse auch wirklich voll ist - empfiehlt sich die **maximale Raumlüftung**. Nach dem Entfernen des Schlauchs wird die Gasflasche geschlossen, der Finger vom Loch der Büchse weggenommen, und der ausströmende Wasserstoff sofort mit dem Stabfeuerzeug gezündet. Die Lehrkraft begibt sich dann zügig zu den Schülern am hinteren Raume. Der Knall tritt bei sorgfältiger Durchführung nach einer halben bis einer Minute auf.

### 6. Knallgas-Reaktionen mit Wasserstoff-Sauerstoff-Gemischen

Schon 30 Milliliter eines Wasserstoff-Sauerstoff-Gemisches können das Gehör gefährden. Es ist zu beachten, dass Knallgas in offenem Seifenschaum viel lauter knallt, als wenn es in einer Vorrichtung gezündet wird. Eine Demonstration im Seifenschaum wird nicht empfohlen, stattdessen kann man kleine Plastikdöschen verwenden, in denen ein Kügelchen mit einem Platin-Palladium-Katalysator gelegt wird. Das Kügelchen beginnt zu glühen und entzündet das Gemisch. Oder man setzt einen Mini-Luftballon ein und zündet mit Hilfe eines Piezozünders. Es dürfen **maximal 30ml Knallgas** auf einmal gezündet werden! Bei Wasserstoff-Sauerstoff-Gemischen trägt die Lehrkraft immer einen **Gehörschutz**. Es ist eine **Schutzscheibe** notwendig. Dies kanalisiert die Schallwellen nach hinten und zur Seite. Immer befinden sich die Schüler am hinteren Raume und öffnen den Mund weit.

### Sicherheitsvorkehrungen (Schutzhandschuhe aus Leder bei Versuch 2)



Weitere Hinweise: **Schutzbrillen** auch für alle Zuschauer! Es ist ein **Gehörschutz** zu tragen oder es sind weitere Maßnahmen zum Schutz des Gehörs notwendig. Gelangen kritische Mengen Wasserstoff in den Raum, ist **offenes Feuer verboten**. (vgl. Explosionsgrenzen)

### Verhalten im Notfall

(separate Betriebsanweisung)

### Erste-Hilfe

(separate Betriebsanweisung)

Datum \_\_\_\_\_ Unterschrift \_\_\_\_\_

Nächster Prüfungstermin \_\_\_\_\_