

# Das Element Wasserstoff – ein besonderer Stoff im Fokus

Ein Beitrag von Karin Keller, Bad Salzuflen

Mit Illustrationen von Dr. Wolfgang Zettlmeier, Barbing und Julia Lenzmann, Stuttgart

Immer intensiver müssen wir uns mit alternativen Energiequellen auseinandersetzen, da die fossilen Rohstoffe zur Neige gehen. Ideal sind alternative Energieträger, wenn sie ressourcenschonend und praktisch unendlich sind. Bei Wasser, Luft und Sonne ist dies der Fall. Kann man also aus Wasser Wasserstoff gewinnen und die Sonne dazu als Energiequelle nutzen, wäre dies ein idealer Lösungsansatz. Mit der Entwicklung der Brennstoffzelle, die mit Wasserstoff als Brennstoff arbeitet, kann der Traum Wirklichkeit werden.

Es werden zurzeit immer mehr Anwendungen für die Brennstoffzelle entwickelt, sowohl im stationären wie im mobilen Bereich, im Kleinen wie im Großen. Es ist interessant, mit den Schülern die Voraussetzungen zum Verständnis dieser Technologien zu schaffen.



Foto: Thinkstock/Stock

Zu Beginn der Zeppelin-Ära wurden die Luftschiffe noch mit Wasserstoff gefüllt.

Wasserstoff-Modellauto

## Das Wichtigste auf einen Blick

**Klasse:** 9/10

**Dauer:** 9 Stunden (Minimalplan: 6)

**Kompetenzen:** Die Schüler ...

- finden einfache Erklärungen für die Elektrolyse von Wasser und stellen sie in einer chemischen Gleichung dar.
- erklären die Knallgasexplosion von Wasserstoff und Sauerstoff
- recherchieren Informationen zur Geschichte des Wasserstoffs und fassen sie sinnvoll zusammen.
- verwenden Fachbegriffe wie Analyse, Synthese, Elektrolyse und PEM-Brennstoffzelle angemessen und fachlich richtig.

**Versuche:**

- Elektrolyse von Wasser im Hofmannschen Zersetzungsapparat (LV)
- Knallgasexplosion im Eudiometerrohr (LV)
- Explosion eines Wasserstoffballons (LV)
- Elektrolyse und kalte Verbrennung mit dem Modellauto (SV)

**Übungsmaterial:**

- Wasserstoff in der Geschichte – vom Heißluftballon zum Luftschiff
- Projektarbeit zur Wasserstofftechnologie und Brennstoffzelle
- Funktion der PEM-Brennstoffzelle
- Jetzt weiß ich's – Rund um den Wasserstoff

## Die Einheit im Überblick

- ⌚ V = Vorbereitung                      FO = Folie                      AB = Arbeitsblatt  
 ⌚ D = Durchführung                    SV = Schülerversuch            LEK = Lernerfolgskontrolle  
 = Zusatzmaterial auf CD    LV = Lehrerversuch            VP = Versuchsprotokoll

Stunde 1: Elektrolyse von Wasser	
<b>M 1 (FO)</b>	<b>Die Energie von morgen</b>
<b>LV</b> ⌚ V: 20 min ⌚ D: 20 min	<b>Elektrolyse von Wasser im Hofmannschen Zersetzungsapparat</b> <input type="checkbox"/> 1 Schutzbrille <input type="checkbox"/> ca. 200 ml destilliertes Wasser, das mit ca. 20 ml Schwefelsäure  angesäuert wurde <input type="checkbox"/> 1 Hofmannscher Zersetzungsapparat <input type="checkbox"/> 2 Kabel <input type="checkbox"/> 1 Netzgerät bzw. Transformator <input type="checkbox"/> Stativmaterial <input type="checkbox"/> 2 Reagenzgläser <input type="checkbox"/> 1 Glimmspan <input type="checkbox"/> 1 Bunsenbrenner
<b>M 2 (VP/AB)</b>	<b>Elektrolyse von Wasser im Hofmannschen Zersetzungsapparat</b>

Stunde 2: Knallgasexplosion im Eudiometerrohr	
<b>LV</b> ⌚ V: 10 min ⌚ D: 10 min	<b>Knallgasexplosion im Eudiometerrohr</b> <input type="checkbox"/> 1 Schutzbrille <input type="checkbox"/> Wasser <input type="checkbox"/> 1 Gasflasche mit Wasserstoff  <input type="checkbox"/> 1 Gasflasche mit Sauerstoff  <input type="checkbox"/> Kabel <input type="checkbox"/> Stativmaterial <input type="checkbox"/> 1 Eudiometerrohr <input type="checkbox"/> 1 Zündfunkengeber <input type="checkbox"/> 1 Plastik- oder Blechbecher
<b>M 3 (VP/AB)</b>	<b>Knallgasexplosion im Eudiometerrohr</b>

Stunde 3–5: Knallgas – eine explosive Energie	
<b>LV</b> ⌚ V: 10 min ⌚ D: 10 min	<b>Knallgasexplosion im Luftballon</b> <input type="checkbox"/> 1 Schutzbrille <input type="checkbox"/> 1 Gasflasche mit Wasserstoff  <input type="checkbox"/> 1 Luftballon <input type="checkbox"/> 1 Baumwollfaden <input type="checkbox"/> 1 Teleskopstange mit Kerze <input type="checkbox"/> 1 Klebestreifen
<b>M 4 (AB)</b>	<b>Wasserstoff in der Geschichte – vom Heißluftballon zum Luftschiff</b>
<b>M 1 (FO)</b>	<b>Wasserstoff damals und heute</b>

<b>Stunde 6–8: Projektarbeit zur Brennstoffzelle</b>	
<b>M 5 (AB)</b>	<b>Wasserstofftechnologie und Brennstoffzelle – eine Projektarbeit</b>
<b>M 6 (AB)</b>	<b>Funktion der PEM-Brennstoffzelle</b>
<b>M 7 (SV/AB)</b>	<b>Elektrolyse und kalte Verbrennung mit dem Modellauto</b>
⌚ V: 30 min	<input type="checkbox"/> 1 Schutzbrille pro Schüler <input type="checkbox"/> ggf. 1 Lampe
⌚ D: 20min	<input type="checkbox"/> 1 Baukasten mit Wasserstoff-Solar-Auto <input type="checkbox"/> ggf. Blockbatterien
	<input type="checkbox"/> destilliertes Wasser
<b>Stunde 9</b>	<b>Quiz</b>
<b>M 8 (LEK)</b>	<b>Jetzt weiß ich's! – Rund um den Wasserstoff</b>
 (LEK)	<b>Rund um den Wasserstoff – zusätzliche Quizkarten</b>

Die Gefährdungsbeurteilungen zu den Versuchen finden Sie auf CD 23 .

## Minimalplan

Bei Zeitmangel können Sie die Stunden zur Geschichte über Ballon und Zeppelin weglassen. Außerdem kann bei der Projektarbeit zur Brennstoffzelle auf den Versuch mit dem Modellauto verzichtet werden. Die Einheit verkürzt sich so auf **sechs Unterrichtsstunden**.

VORANSICHT

## Elektrolyse von Wasser im Hofmannschen Zersetzungsapparat

Protokoll von: \_\_\_\_\_ Klasse: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_



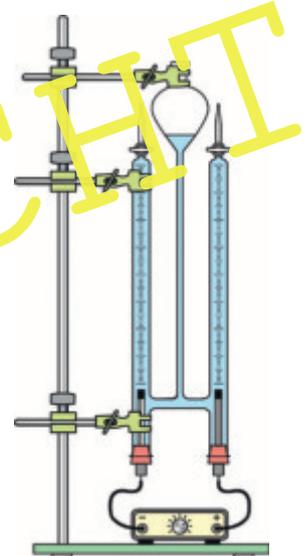
### Materialien und Chemikalien

<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____
<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____
<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____



### Versuchsdurchführung

Der Hofmannsche Zersetzungsapparat wird mit \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ befüllt und mithilfe  
 eines Netzgeräts wird \_\_\_\_\_ Gleichspannung auf den Apparat  
 gegeben. Dadurch wird das \_\_\_\_\_ zersetzt. Anschließend werden  
 die \_\_\_\_\_ probe und die \_\_\_\_\_ probe durchgeführt.



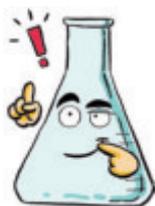
### Beobachtung

In welchem Volumenverhältnis werden die beiden Gase gebildet?



### Auswertung

1. Bilde für die Reaktion eine Wortgleichung und eine Formelgleichung.
2. Zeichne für die Reaktion das Formelbild.
3. Fülle die Lücken im Text.



### Merke

Die Elektrolyse ist eine Analyse mithilfe des elektrischen Stroms. Hier wird die Verbindung \_\_\_\_\_ in ihre beiden Bestandteile zerlegt: An der Kathode entsteht \_\_\_\_\_. Dies lässt sich mit der Knallgasprobe nachweisen. An der Anode entsteht \_\_\_\_\_, was sich durch die Glimmspanprobe nachweisen lässt.

## Hinweise 2. Stunde (M 3)

### So bereiten Sie die Stunden vor

Kopieren Sie das **Versuchsprotokoll und Arbeitsblatt M 3** im Klassensatz und stellen Sie alle für den **Lehrerversuch** benötigten Materialien bereit. Sie können das **Arbeitsblatt M 3** zur leichteren Besprechung ebenfalls auf **Folie** kopieren.

### So gelingt die Durchführung des Versuchs

Steigen Sie mit dem **Lehrerversuch** zur Knallgasexplosion in die Stunde ein. Teilen Sie Ihren Schülern zuvor das **Arbeitsblatt M 3** aus und teilen Sie ihnen mit, dass Sie den Versuch auf dem Versuchsprotokoll dokumentieren sollen. Bei diesem Versuch sollen unterschiedliche Volumenverhältnisse verglichen werden. Beginnen Sie mit dem Volumenverhältnis von Wasserstoff zu Sauerstoff von 1:2. Lassen Sie nach jedem Versuchsvorgang ein neues Verhältnis von Wasserstoff und Sauerstoff von ihren Schülern vorschlagen. Ziel ist es, dass beide Gase miteinander vollständig zu Wasser reagieren.

### Lehrerversuch – Knallgasexplosion mit dem Eudiometerrohr



#### Das benötigen Sie für den Lehrerversuch

- |   |  |  |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> 1 Schutzbrille   | <input type="checkbox"/> Kabel             | <input type="checkbox"/> 1 Plastik- oder Blechbecher |
| <input type="checkbox"/> Wasser   | <input type="checkbox"/> Stativmaterial    |  |
| <input type="checkbox"/> 1 Gasflasche mit Wasserstoff  | <input type="checkbox"/> 1 Eudiometerrohr  |  |
| <input type="checkbox"/> 1 Gasflasche mit Sauerstoff   | <input type="checkbox"/> 1 Zündfunkengeber |  |



#### So führen Sie den Lehrerversuch durch

1. Füllen Sie den Blech- oder Plastikbecher zu 2/3 mit Wasser, stellen Sie das Eudiometerrohr hinein und ziehen Sie Wasser in das Rohr, damit sich kein Gas mehr darin befindet.
2. Nun füllen Sie die beiden Gase in unterschiedlichen Volumenverhältnissen ein. Wichtig ist, vorher die Luft aus den Schläuchen zu entfernen.
3. Um mit dem Volumenverhältnis von Wasserstoff zu Sauerstoff von 1:2 zu beginnen, füllen Sie z. B. 3 ml Wasserstoff und 6 ml Sauerstoff in das Eudiometerrohr.
4. Entzünden Sie anschließend das Gasgemisch mit dem Zündfunkengeber.

#### Tipp

Oft ist das Restgas nicht gut erkennbar, da es so starke Rückschläge gibt, dass Luft über den Wasservorrat im Becher eingesaugt wird. Thematisieren Sie dies gegebenenfalls mit Ihren Schülern.

### So werten Sie den Lehrerversuch aus

Am besten explodiert Wasserstoff zu Sauerstoff im Verhältnis 2:1. Dabei knallt es sehr laut, im Idealfall gibt es kein Restgas und es ist ein Feuerschein zu sehen. In diesem Volumenverhältnis reagiert Wasserstoff und Sauerstoff vollständig miteinander zu Wasser. Im Anschluss an den Versuch, sollen die Lernenden die weiteren Aufgaben auf **Arbeitsblatt M 3** in Einzel- oder Partnerarbeit bearbeiten.

## M 6

## Funktion der PEM-Brennstoffzelle

Lerne hier einiges zur Funktion einer Protonenaustauschmembran-Brennstoffzelle.

## Aufgabe 1

Lies dir den folgenden Info-Text durch und ergänze die Lücken.

Die **Protonenaustauschmembran-Brennstoffzelle** (PEM-Brennstoffzelle) besteht aus einer Anode (\_\_\_\_\_ -Pol), einer Kathode (\_\_\_\_\_ -Pol) und einer Elektrolytmembran.

Die Brennstoffzelle funktioniert in zwei Richtungen: entweder als **Elektrolyseur** oder für die **kalte Verbrennung**.

Bei einer **Elektrolyse** wird Wasser in seine Elemente zerlegt und die dafür nötige elektrische Energie wird in chemische Energie umgewandelt. Wenn Wasserstoff und Sauerstoff ohne Explosion zu Wasser reagieren, spricht man von einer kalten Verbrennung, bei welcher elektrische Energie freigesetzt wird.

Benötigt man die Brennstoffzelle als Energielieferant, lässt man Wasserstoff auf der Anodenseite einströmen, Sauerstoff auf der Kathodenseite. Sie können durch die Membran noch nicht miteinander reagieren. Ein Platinkatalysator bewirkt, dass sich die Moleküle aufspalten können. Der Wasserstoff wird in Wasserstoff-Ionen und Elektronen aufgespalten. Da bei dieser Reaktion Elektronen abgegeben werden, handelt es sich um eine **Oxidation**:

Reaktion: \_\_\_\_\_ → \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_

Die Ionen wandern durch den Elektrolyten auf die Kathodenseite, die Elektronen durch den Leiter. An der Kathode werden die Sauerstoff-Ionen mit den Elektronen zu Sauerstoff-Ionen. Man spricht auch von einer **Reduktion**, da Elektronen aufgenommen werden:

Reaktion: \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ → \_\_\_\_\_

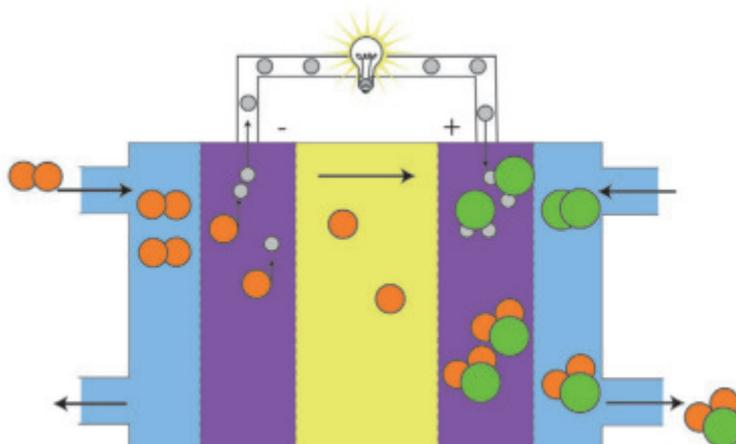
Durch diesen Elektronenmangel entsteht der Stromfluss, der dann für viele Verbraucher genutzt werden kann.

Nun können die Wasserstoff-Ionen mit den Sauerstoff-Ionen zu Wasser reagieren:

Gesamtreaktion: \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ → \_\_\_\_\_

## Aufgabe 2

Beschrifte die Zeichnung einer PEM-Brennstoffzelle.



## Elektrolyse und kalte Verbrennung mit dem Modellauto

M 7

Bei diesem Versuch könnt ihr euer eigenes Brennstoffzellenauto zum Laufen bringen.



Foto: Thinkstock/iStock

### Aufgabe

#### So führt ihr den Versuch durch

1. Stellt die folgenden Materialien bereit.

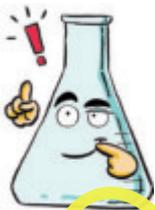
- |   |   |   |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> 1 Schutzbrille pro Schüler | <input type="checkbox"/> 1 Baukasten mit Wasserstoff-Solar-Auto | <input type="checkbox"/> ggf. 1 Lampe<br><input type="checkbox"/> ggf. Blockbatterien |
| <input type="checkbox"/> destilliertes Wasser       |   |   |



2. Füllt den Tank mit destilliertem Wasser.

3. Verbindet die Schläuche korrekt, sodass mit der Spritze der Schläuche das Wasser durch die Brennstoffzelle gezogen wird. Achtet darauf, dass keine Blasen zu sehen sind.

4. Versucht nun, das Brennstoffzellenauto zum Laufen zu bringen.



#### Info

Das Auto hat zwei mögliche elektrische Schaltungen:

- Als Elektrolyseur (das Auto tankt). Hier wird das Wasser in die Elemente gespalten.
- Als kalte Verbrennung: Das Auto fährt und verbrennt dabei den Wasserstoff.



#### Beobachtungen

Notiert hier eure Beobachtungen zur

a) Elektrolyse mit dem Modellauto.

---



---



---

b) kalten Verbrennung mit dem Modellauto.

---



---



---

## Jetzt weiß ich's! – Rund um den Wasserstoff

M 8

Bist du fit, wenn es um das Thema „Wasserstoff“ geht? Teste hier dein Wissen.



### Aufgabe

Spielt das folgende Quiz. Geht dazu folgendermaßen vor:

1. Bildet eine Dreier- oder Vierergruppe.
2. Ernennet einen Quizmaster für eure Gruppe. Dieser erhält die Quizkarten und stellt euch nacheinander die Fragen.
3. Derjenige, der die Antwort wusste, erhält die Quizkarte.
4. Wer am Ende die meisten Karten besitzt, gewinnt das Spiel.

- ✂
1. Ist Wasser ein Gemisch, ein Element oder eine Verbindung?

**Lösung:** Wasser ist eine Verbindung aus Wasserstoff und Sauerstoff ( $H_2O$ ).

3. Was bedeutet „Synthese“?

**Lösung:** Die Herstellung eines Stoffs aus den Elementen oder die künstliche Herstellung von Stoffen auf chemischem Weg.

5. Mit welcher Methode wird Wasserstoff nachgewiesen?

**Lösung:** Mit der Knallgasprobe.

7. In welchem Verhältnis entstehen Wasserstoff und Sauerstoff bei der Elektrolyse?

**Lösung:** 2:1 (2 Teile Wasserstoff, 1 Teil Sauerstoff).

9. Wozu wurde Wasserstoff zu Anfang des letzten Jahrhunderts in großen Mengen verwendet?

**Lösung:** Es wurden damit Zeppeline gefüllt.

2. Was bedeutet „Analyse“?

**Lösung:** Die Untersuchung eines Stoffs auf seine Bestandteile; die Trennung in die Elemente, aus denen der Stoff besteht, oder die Zersetzung eines Reinstoffs in seine Bestandteile.

4. An welchem Pol entsteht bei der Elektrolyse von Wasser Wasserstoff?

**Lösung:** An der Kathode.

6. Mit welcher Methode wird Sauerstoff nachgewiesen?

**Lösung:** Mit der Glimmspanprobe.

8. Nenne drei Eigenschaften des Wasserstoffs.

**Lösung:** Wasserstoff ist sehr leicht, farblos, geruchlos, bei Zimmertemperatur gasförmig, bei  $-253\text{ °C}$  flüssig, verbrennt mit bläulicher Flamme zu Wasserdampf und explodiert leicht.

10. Berichte über die Katastrophe von Lakehurst.

**Lösung:** 1937 fing das LZ 129 „Hindenburg“ bei der Landung nach einem Transatlantikflug Feuer und verbrannte vollständig. 35 der 96 Fahrgäste kamen bei dem Unglück ums Leben. Dies war das vorläufige Ende der Zeppeline.