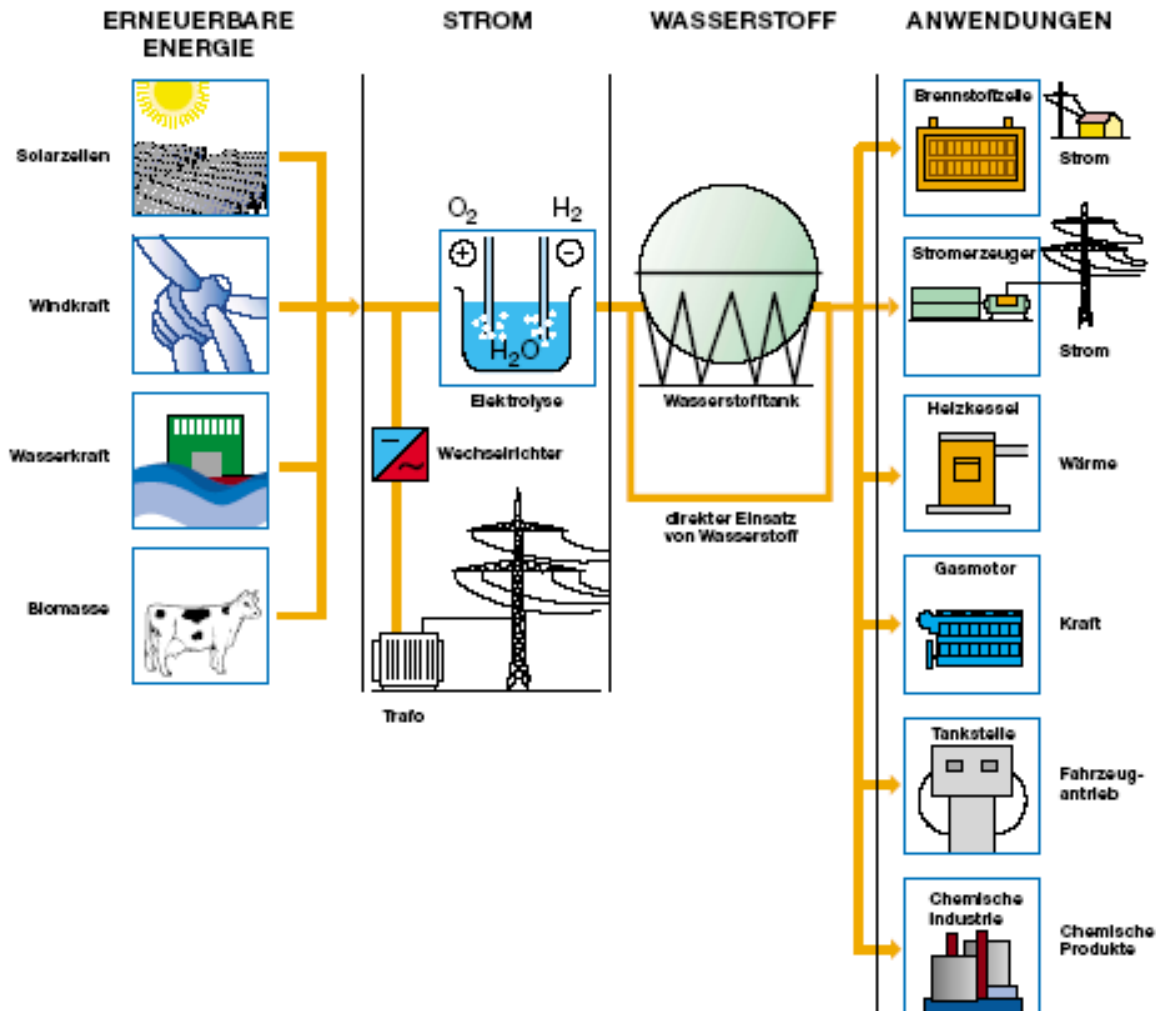


(SOLAR-)WASSERSTOFFTECHNOLOGIE

Bilder entnommen aus: H₂ - Mobilität der Zukunft. Unterrichtsprojekt zum Thema Wasserstoff in Sekundarstufe 1 und 2. BMW Group.

Das Unterrichtspaket enthält 10 Folien und 26 Kopiervorlagen mit Infos und Arbeitsaufträgen sowie eine CD mit Multimediapräsentationen und Lehrerarbeitsmaterialien und kann kostenlos angefordert werden über presse@bmw.de bzw. www.bmwgroup.com.



Freihandversuch zur Wasserstofftechnologie

Material:

1 Glasgefäß (auch jede Glasschüssel ist geeignet), 2 Putzrasch (edelmetallhaltig (Nickel)), 2 steife Metalldrahtstücke (ca. 15cm lang), 500ml 10%-ige Kalilauge (KOH), 9V-Batterie, Solarmotor (geringe Anlaufspannung ($<0,5V$) und geringer Anlaufstromstärke (20mA)), Krokodilklemmen und Kabel.

Aufbau:

Die Putzrasche werden getrennt in das Glasgefäß mit der verdünnten Kalilauge gelegt und die Metalldrahtstücke als Elektroden in die Putzrasche gesteckt, nach Außen geführt und um den Gefäßrand gebogen.



Durchführung:

Zuerst wird ca. eine Minute lang eine Spannung von 9V an die Elektroden angelegt. Danach wird die Batterie abgeklemmt und der Kleinmotor an die Elektroden angeschlossen.



Beobachtung:

Nach Anschließen der Batterie beobachtet man eine Gasentwicklung an den Putzraschen. Die Gasbläschen bleiben an der Metallwolle hängen. Die Gasentwicklung an dem mit dem Minuspol verbundenen Rasch ist stärker als die am Rasch, der mit dem Pluspol verbunden ist.

Schließ man den Solarmotor an die Elektroden so läuft er mehrere Minuten lang.

Kurzerklärung:

Beim Anlegen der Spannung findet eine Zerlegung von Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff statt (Elektrolyse). An dem mit dem Minuspol verbundenen Rasch lagern sich Wasserstoffbläschen an, an dem mit dem Pluspol verbundenen Rasch der entstandene Sauerstoff.

Die zum Zerlegen des Wassers aufgewendete elektrische Energie steckt nun im entstandenen Wasserstoff und Sauerstoff als chemische Energie.

Wird nun der Solarmotor angeschlossen, so reagieren der Wasserstoff und der Sauerstoff wieder miteinander. Es entsteht elektrische Energie und Wasser (Brennstoffzelle). Die elektrische Energie wird im Motor in mechanische Energie umgewandelt.

Die Verwendung von verdünnter Kalilauge ist erforderlich, um Ionen (K^+ und OH^-) als Ladungsträger zur Verfügung zu haben. Man kann auch eine verdünnte Säure (z. B. Schwefelsäure) verwenden.

Detailliertere Erklärung der Elektrolyse

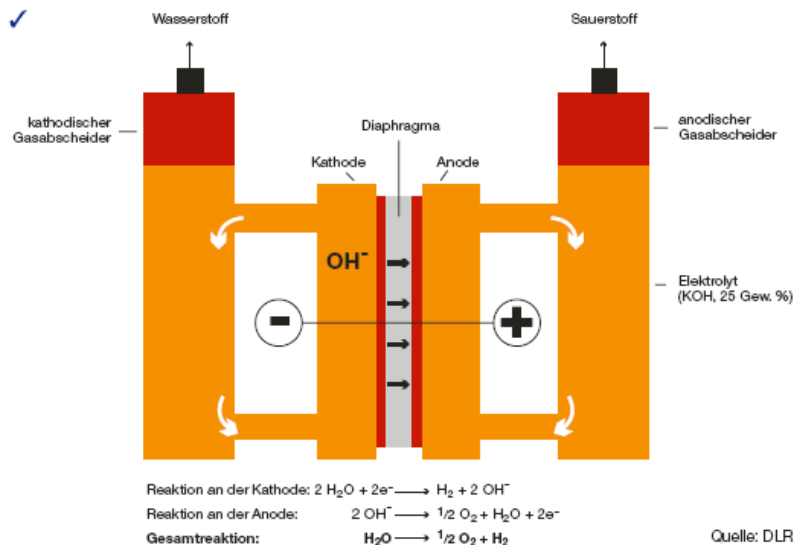
Wasser eine sehr stabile chemische Verbindung zu deren Zerlegung man Energie aufwenden muss. Bei der Elektrolyse führt man elektrische Energie zu, indem man in einer Elektrolysezelle an die beiden in Wasser getauchten Elektroden eine Gleichspannung angelegt. Damit das Wasser leitend wird, versetzt man es mit einem sog. Elektrolyten (Salz, Säure oder Lauge).

Am Minuspol (Kathode) scheidet sich der Wasserstoff, am Pluspol (Anode) der Sauerstoff ab.

Die chemischen Reaktionen

Beim Übertritt der Elektronen von der Kathode in den Elektrolyten läuft die folgende chemische Reaktion ab, bei der Wasserstoff entsteht: $2 H_2O + 2 e^- \rightarrow H_2 + 2 OH^-$.

Entsprechend lösen die Elektronen, die an der Anode abfließen, die Reaktion $2 OH^- - 2e^- \rightarrow 1/2 O_2 + H_2O$ aus, hier entsteht Sauerstoff.

**Technologie**

Damit sich die beiden Gase nicht wieder vermischen, teilt in technisch ausgeführten Elektrolyseuren eine dünne Wand („Diaphragma“) die beiden Zellenhälften. Sie kann beispielsweise aus porösem Asbest bestehen. Zwei so genannte Gasabscheider trennen jeweils die entstandenen Gase von der Flüssigkeit. Im durchgeführten Freihandexperiment wird das Vermischen der Gase dadurch verhindert, dass die beiden Rasche genügend weit voneinander getrennt sind und sich die entstehenden Gase an der großen Oberfläche der Raschwolle anlagern können.

Die beiden Elektroden sind das Kernstück eines jeden Elektrolyseurs. Es ist in der Technik eine Kunst, perfekte Elektroden zu bauen. Sie bestehen in der Regel aus Metallblechen mit möglichst großer Oberfläche (waffelförmig oder gelocht), die zur Beschleunigung der Reaktion mit Katalysatoren beschichtet sind.

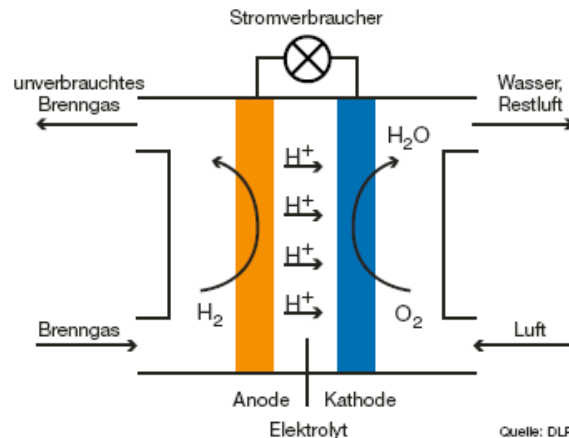
Außerdem muss man verhindern, dass der Sauerstoff, der an der Anode entsteht, diese sofort oxidiert und damit unbrauchbar macht. Der Putzrasch ist nickelhaltig und das Nickel wirkt als Katalysator.

Detailliertere Erklärung der Vorgänge in der Brennstoffzelle

Brennstoffzellen erzeugen Strom und Wärme direkt, indem sie Wasserstoff und Sauerstoff in Wasser umsetzen.

Jede Brennstoffzelle besteht im Prinzip aus zwei Elektroden, die durch eine Membran, die nur Protonen durchlässt (Proton-Exchange-Membran PEM) voneinander getrennt sind. Ein Katalysator (im Versuch das Nickel in der Raschwolle) trennt an der einen Elektrode Wasserstoffmoleküle in positiv geladene Protonen und negativ geladene Elektronen auf. Die Protonen durchqueren die Membran und wandern zum anderen Pol, wo sie mit Sauerstoff und Elektronen reagieren und Wasser erzeugen. Inzwischen laufen die Elektronen, die die Membran nicht durchdringen können „außen herum“ durch den Verbraucher. Es fließt elektrischer Strom.

Im Freihandversuch gibt es keine Protonenaustauschmembran. Wodurch hier bewirkt wird, dass die Protonen durch den Elektrolyten und die Elektronen über den Verbraucher zur Elektrode mit dem Sauerstoff wandern, kann ich nicht genau erklären. Wer kann mir da weiter helfen? (Erklärungen bitte an: josef.reisinger@physik.uni-regensburg.de)



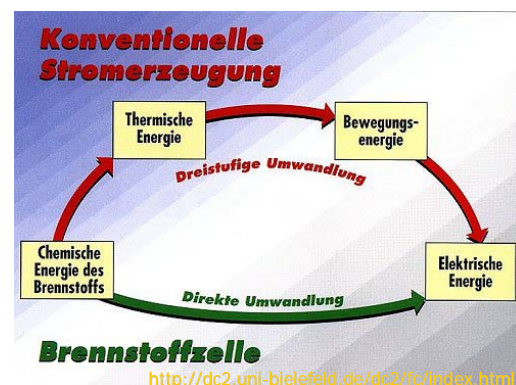
Historisches

Schon im Jahr 1839 demonstrierte der Walliser Richter William Groves zum ersten Mal das Prinzip der Brennstoffzelle. Da jedoch die Entdeckung der elektrischen Induktion durch Faraday die Stromerzeugung mit Dynamomaschinen ermöglichte, trat die Entwicklung von Brennstoffzellen zunächst wieder in den Hintergrund. Später hat man Brennstoffzellen für spezielle Zwecke immer wieder eingesetzt, vor allem in der Raumfahrt. So wurden beispielsweise die Apollo-Astronauten durch Brennstoffzellen mit Elektrizität, Wärme und Trinkwasser versorgt.

Hoher Wirkungsgrad

Brennstoffzellen wandeln chemische Energie direkt in elektrische Energie um. Damit ersparen sie den umständlichen und verlustreichen Umweg über Turbine und Generator, der in konventionellen Kraftwerken nötig ist. Dort entweichen bis zu zwei Drittel der eingesetzten Energie als Abwärme über Kühlwasser und Kamin. Diese Verluste sind aus physikalischen Gründen nicht zu vermeiden.

In Brennstoffzellen läuft eine sog. kalte Verbrennung ab. Die Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff läuft langsam ab. Dabei wird mehr als die Hälfte der eingesetzten Energie in Elektrizität umgewandelt. Damit übertrifft ihr Wirkungsgrad den von konventionellen Kraftwerken.



Links (teilweise mit Animationen):

<http://www.physik.uni-regensburg.de/didaktik/Lehrerfortbildung/MNU/2005/Nachlese2005.htm>

<http://www.pro-physik.de/Phy/Multimedia/big5/film.html>

<http://emsolar.ee.tu-berlin.de/~ilse/index2.html>

<http://emsolar.ee.tu-berlin.de/~ilse/Brennstoffzelle/Einfuehrung.htm>

<http://www.diebrennstoffzelle.de/index.shtml>

<http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/fc/index.html>

<http://www.seilnacht.tuttlingen.com/Lexikon/Solar.htm>

http://www-public.tu-bs.de:8080/~x0010162/data_chem/elektrolyse/hofm.htm