

## V.12

### Energie nutzen

# Wir bauen eine Brennstoffzelle

Jost Baum



© audiowerbung/iStock/Getty Images

Ein Besuch im Kraftwerk ist sicherlich interessant. Doch in dieser Einheit erlernt Ihre Klasse die theoretischen Grundlagen des Baus der Brennstoffzelle und wird darüber hinaus selbst aktiv beim Bau einer Brennstoffzelle. Verdeutlichen Sie den Lernenden so die Möglichkeit der Energieerzeugung in den eigenen vier Wänden.

#### KOMPETENZPROFIL

<b>Klassenstufe:</b>	9/10
<b>Dauer:</b>	1 Unterrichtsstunden
<b>Kompetenzen:</b>	Erkenntnisgewinnung, Forschen, Konstruktion
<b>Thematische Bereiche:</b>	Energieerzeuger Wasserstoff, Linde-Verfahren, Funktionsweise Brennstoffzellen, Reihenschaltung, Parallelschaltung
<b>Zusatzmaterialien:</b>	LearningApps



## Auf einen Blick

### 1. Stunde

**Thema:** Grundlagen zum Energieträger Wasserstoff und der Funktion einer Brennstoffzelle



**M 1 (Ab)** Station 1: Was ist Wasserstoff?  
**M 2 (Ab)** Station 2: Wie wird Wasserstoff erzeugt?  
**M 3 (Ab)** Station 3: Wasserstoff wird gespeichert

<https://learningapps.org/display?v=pii48coka23>



**M 4 (Ab)** Station 4: Wie entsteht aus Wasserstoff elektrischer Strom?  
<https://learningapps.org/display?v=puresre5c23>

### 2./3. Stunde

**Thema:** Experimente mit Brennstoffzellen



**M 5 (Sv)** Station 5: Experimente mit Brennstoffzellen

**Geräte/Chemikalien:**

- Marmeladengläser mit Deckel
- destilliertes Wasser
- Salz
- Bleistiftminen
- Kabel mit Krokodilklemmen
- regulierbarer Gleichstrom-Trafo
- LEDs
- Heißkleber
- Messgeräte für U, I, P
- Krokodilklemmen
- Schutzfolie
- Schraubendreher
- Bohrer mit 5-mm-Bohrer

**M 6 (Sv)** Station 6: Eine Brennstoffzelle in Reihenschaltung

**M 7 (Sv)** Station 7: Zwei Brennstoffzellen in Reihenschaltung

**M 8 (Sv)** Station 8: Zwei Brennstoffzellen in Parallelschaltung

**M 9 (Sv)** Station 9: Solarzellen in Reihenschaltung mit einer Brennstoffzelle

**Geräte/Chemikalien:**  2 Solarzellen

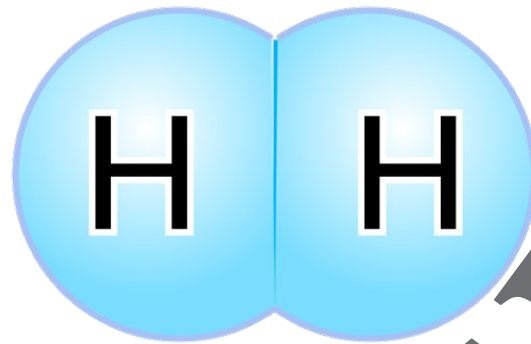
.....  
 Lösungen

Die Lösungen zu den Materialien finden Sie ab Seite 19.

## Station 1: Was ist Wasserstoff?

M1

Wasserstoff ist das häufigste chemische Element des Universums und damit Bestandteil der meisten organischen Verbindungen; insbesondere kommt er in sämtlichen lebenden Organismen vor. Wasserstoff ist außerdem das leichteste chemische Element und es ist in Verbindung mit Sauerstoff brennbar.



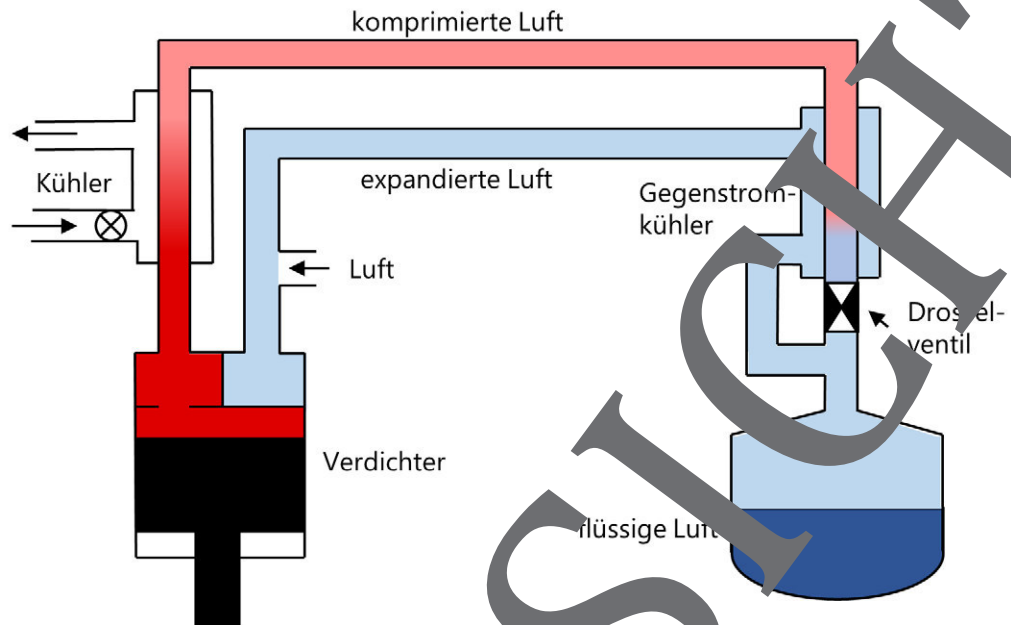
Wikimedia CC0 1.0 Universal

**Molekularer Wasserstoff** ( $H_2$ ) ist etwa 14,4-mal leichter als Luft. Sein **Siedepunkt** liegt bei 20,27 Kelvin, der **Schmelzpunkt** bei 14,02 Kelvin. Der **Siedepunkt** ist die Temperatur, bei der eine bestimmte Substanz zu kochen beginnt. Der **Schmelzpunkt** ist die Temperatur, bei der ein Feststoff in den flüssigen Zustand übergeht. Der **Gefrierpunkt** ist die Temperatur, bei der eine Flüssigkeit ihren Zustand in einen Festkörper ändert. Die Löslichkeit von Wasserstoff in Wasser beträgt 1,6 mg/l. Die Dichte von Wasserstoff beträgt 0,09 g/l. Die Dichte gibt an, **welche Masse ein Kubikzentimeter Volumen eines Stoffes hat**. Die Dichte ist eine für jeden Stoff charakteristische Stoffkonstante. Sie ist abhängig von der Temperatur und vom Druck. Wasserstoffmoleküle bestehen aus zwei sehr fest miteinander verbundenen Wasserstoffatomen. Der **Gefrierpunkt** des Wasserstoffs beträgt ( $-253\text{ °C}$ ). Der Gefrierpunkt gibt an, bei welcher Temperatur das Gas aus dem gasförmigen Zustand in den festen Zustand übergeht. Wasserstoff ist das leichteste Gas.

Die hohe **Diffusionsgeschwindigkeit** (die Schnellzeit der Durchmischung von zwei Stoffen) des Wasserstoffs beruht auf seiner geringen Masse. Deshalb muss man beim Einsatz von Wasserstoff in chemischen Prozessen **Sicherheitsvorkehrungen** treffen, dies trifft besonders bei der Abdichtung von Leitungen und Apparaturen zu.

## M 3

## Station 3: Wasserstoff wird gespeichert



## Das Linde-Verfahren

Um Wasserstoff zu speichern, muss er von einem gasförmigen Zustand in einen flüssigen Zustand überführt werden. Alle Gase können verflüssigt werden, wenn man sie bei **genügend hohem Druck** **genügend tief abkühlt**. Die Temperatur und damit die mittlere Geschwindigkeit der Gasmoleküle sinkt, wenn bei **adiabatischer Expansion** Arbeit geleistet wird. Bei einer **adiabatischen Zustandsänderung** darf Energie nur mittels elektrischer, mechanischer oder magnetischer Arbeit dem System ab- bzw. zugeführt werden. Es darf in idealen Fällen keine Wärmeleitung, Konvektion oder Wärmestrahlung stattfinden. Bei der Gasverflüssigung durch das Linde-Verfahren wird das Gas (Wasserstoff) komprimiert, wobei es sich erwärmt. Nach dem Abkühlen des komprimierten Gases mit Kühlwasser lässt man das Gas auf Normaldruck expandieren, wobei es sich weiter abkühlt. Diese Kaltluft dient zum Vorkühlen des komprimierten Gases, das nach der Expansion noch kälter wird, bis es schließlich flüssig wird.

1. Übertrage das Bild des Linde-Verfahrens in dein Heft und **beschrifte** es.
2. Welche Voraussetzungen müssen erfüllt werden, damit Gase verflüssigt werden können?
3. Was versteht man unter einer adiabatischen Zustandsänderung von Gasen?

# Sie wollen mehr für Ihr Fach?

## Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



**Über 5.000 Unterrichtseinheiten**  
sofort zum Download verfügbar



**Webinare und Videos**  
für Ihre fachliche und  
persönliche Weiterbildung



**Attraktive Vergünstigungen**  
für Referendar:innen  
mit bis zu 15% Rabatt



**Käuferschutz**  
mit Trusted Shops



Jetzt entdecken:  
**www.raabe.de**