

I.D.52

Elektrizitätslehre und Magnetismus

Brennstoffzelle – Funktionsweise und Experimente

Jost Baum



Die Brennstoffzelle gilt als klimafreundliche Technologie. Sie hat das Potential, eine wichtige Rolle im Bereich Verkehr, Heizen und Stromversorgung einzunehmen. Doch wie funktionieren Brennstoffzellen? Wie wird Wasserstoff erzeugt und gespeichert? Und was entsteht aus Wasserstoff elektrischer Strom? In dieser Einheit erlernen die Schülerinnen und Schüler die theoretischen Grundlagen des Baus der Brennstoffzelle. Darüber hinaus werden sie selbst aktiv beim Bau einer Brennstoffzelle und führen eigene Experimente durch.

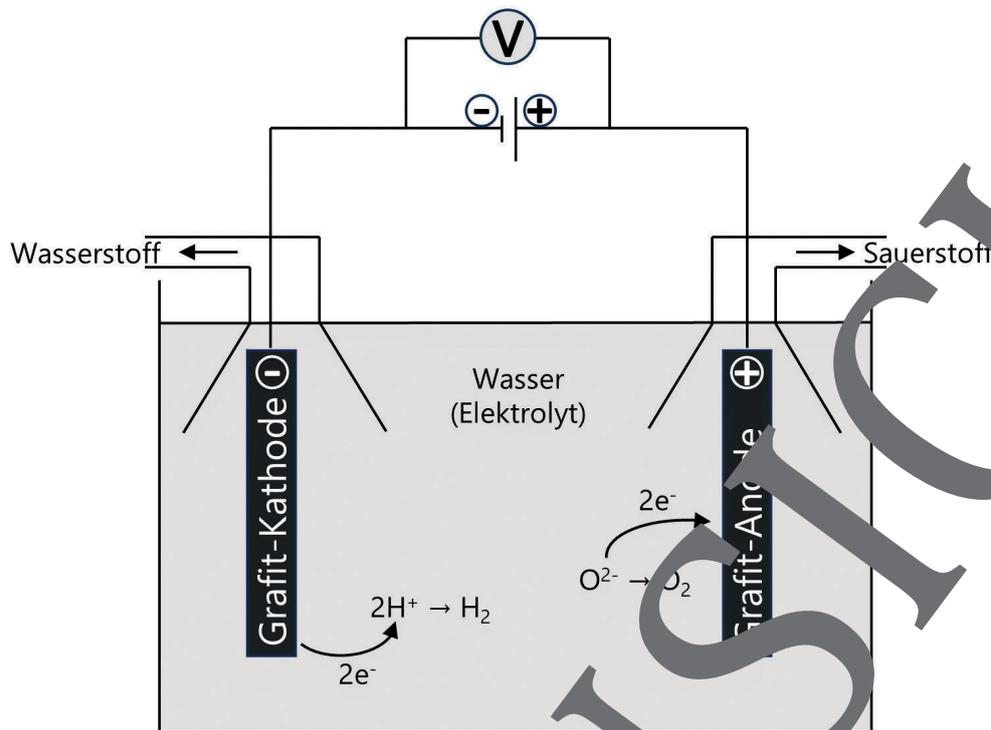
KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe:	10
Dauer:	2–3 Unterrichtsstunden
Kompetenzen:	Erkennen, Gewinnung, Forschen, Experimentieren, Konstruktion
Inhalt:	Energieträger Wasserstoff, Linde-Verfahren, Aufbau und Funktionsweise von Brennstoffzellen, Reihenschaltung, Parallelschaltung, Umgang mit Messgeräten
Medien:	Texte, Grafiken, Bilder, Videos, LearningApps



Station 2: Wie wird Wasserstoff erzeugt?

M 2



Zwei Graphitstäbe (Anode als Minuspol bzw. Kathode als Pluspol) werden in eine Lösung (Elektrolyt) aus destilliertem Wasser und Salz getaucht. Eine Spannung angelegt. Das Wasser wird durch den elektrischen Strom in Wasserstoff, der an der Kathode aufsteigt, und in Sauerstoff, der an der Anode aufsteigt, zerlegt.

Bringt man den aufgefangenen Wasserstoff mit Sauerstoff in Verbindung, entsteht ein brennbares Gasgemisch.

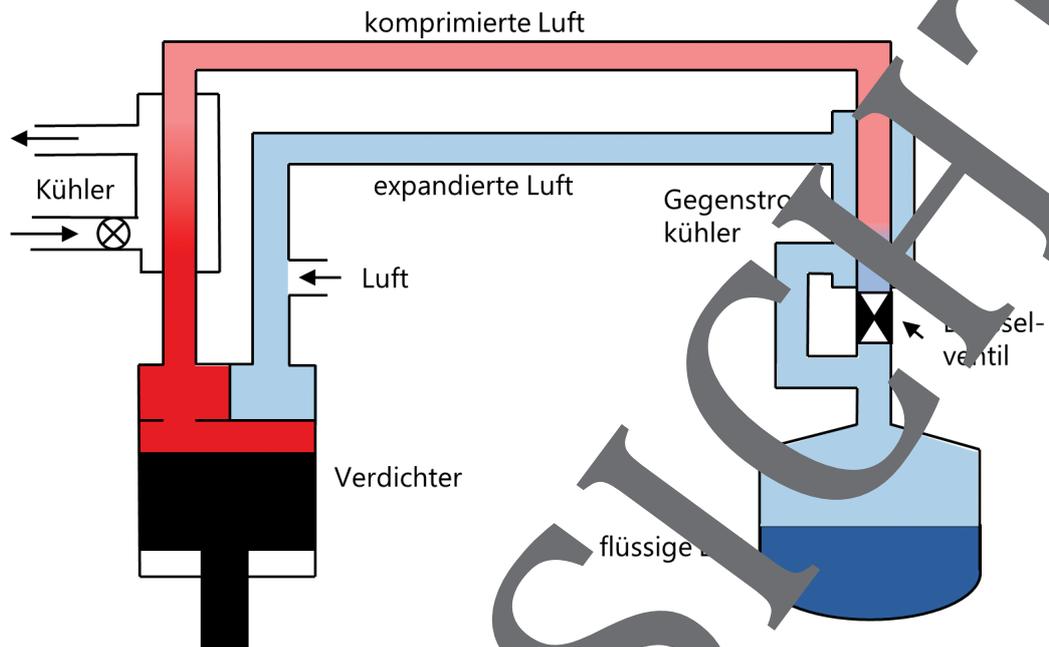
Führt man Sauerstoff und Wasserstoff wieder in dem Elektrolyten zusammen, so entsteht erneut Wasser. Dabei wird elektrische Energie frei.

Aufgaben

1. **Übertrage** die Skizze in dein Heft und **beschrifte** sie.
2. Wodurch entsteht bei der Elektrolyse Wasserstoff bzw. Sauerstoff?
3. Woraus besteht der Elektrolyt?
4. Wie entsteht ein brennbares Gasgemisch?
5. Was passiert bei der Verbrennung der Elektrolyse?

M 3

Station 3: Wasserstoff wird gespeichert



Das Linde-Verfahren

Um Wasserstoff zu speichern, wird er von einem gasförmigen Zustand in einen flüssigen Zustand überführt. 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?

4. Fülle die Lücken im Text korrekt aus.

Bei der _____ durch das Linde-Verfahren wird das Gas (Wasserstoff) _____, wobei es sich _____.

Nach dem _____ des komprimierten Gases mit Kühlwasser lässt man das Gas auf _____ expandieren, wobei es sich weiter _____.

Diese _____ dient zum _____ des komprimierten Gases, das nach der _____ noch kälter wird, bis es schließlich _____ wird.

4. Ordne die Begriffe aus dem Wortspeicher den Lücken richtig zu. Bearbeite die Aufgabe mit LearningApps (<https://learningapps.org/watch?v=i48coka22>)

Bei der _____ durch das Linde-Verfahren wird das Gas (Wasserstoff) _____, wobei es sich _____.

Nach dem _____ des komprimierten Gases mit Kühlwasser lässt man das Gas auf _____ expandieren, wobei es sich weiter _____.

Diese _____ dient zum _____ des komprimierten Gases, das nach der _____ noch kälter wird, bis es schließlich _____ wird.

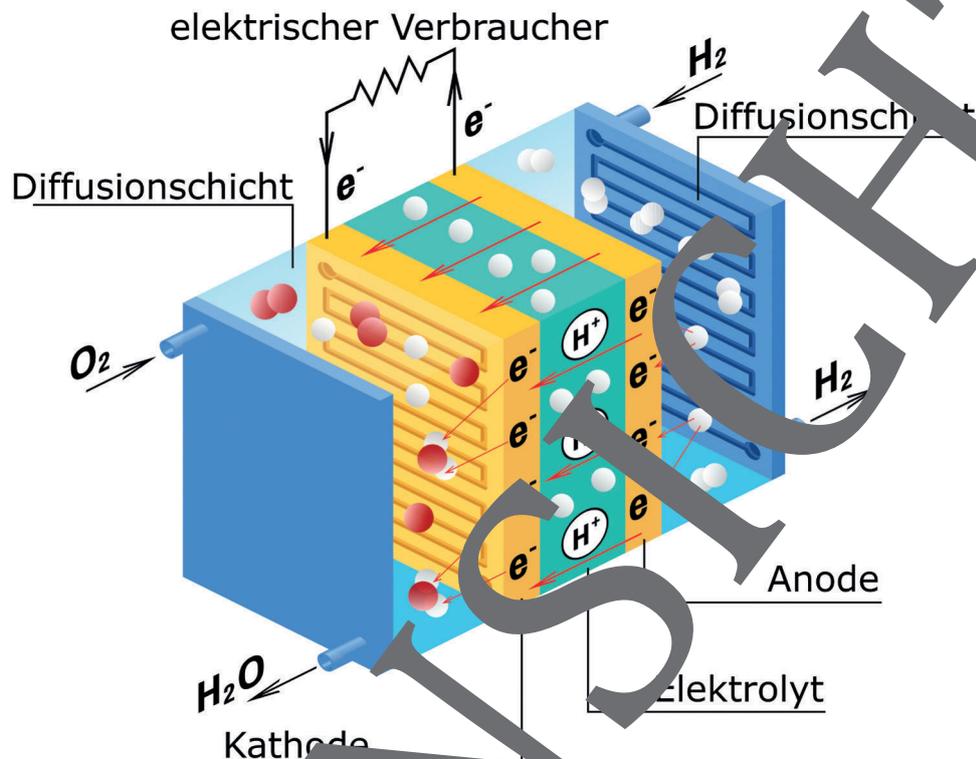
Wortspeicher: Kalt – erwärmt – Vorwärmen – Abkühlen – abkühlt – Gasverflüssigung – komprimiert – Expansion – Flüssig – Normaldruck



M 4

Station 4: Wie entsteht aus Wasserstoff elektrischer Strom?

Die Brennstoffzelle



© ser_igor/iStock/Getty Images Plus

Aufbau einer Brennstoffzelle

- Eine Brennstoffzelle besteht aus zwei Elektroden. Einem Pluspol (**Anode**) und einem Minuspol (**Kathode**).
- Ein **Elektrolyt** trennt die beiden Elektroden voneinander.
- **Elektrolyten** sind feste, flüssige oder gelartige **chemische Substanzen**. Sie leiten Strom und sind für Ionen durchlässig.

Die Funktionsweise

- Die Funktionsweise einer Brennstoffzelle ist, vereinfacht betrachtet, leicht zu verstehen.
- Die chemische Reaktion zwischen Plus- und Minuspol erzeugt **Energie**.
- Die Reaktionspartner sind Wasser- und Sauerstoff.
- Die **Wasserstoffmoleküle** werden am **Pluspol in positive Wasserstoffionen und Elektronen** geteilt.
- Das **Elektron** fließt zum **Minuspol** und erzeugt dabei **Energie**.
- Der **Wasserstoffion** vereint sich am **Minuspol** mit dem **Sauerstoff**. Dabei entstehen **Wasser** und **Wärme**.

Damit dieser Prozess **nicht unterbrochen wird**, müssen **kontinuierlich Wasserstoff** (aus einem Gas-tank) und **Sauerstoff** (aus der Umgebungsluft) zugeführt werden.

Aufgaben

1. **Zähle auf:** Woraus besteht eine Brennstoffzelle?
2. Welche Aufgabe hat der Elektrolyt?
3. **Fülle** die Lücken im Text korrekt **aus**.

Eine _____ zwischen _____
erzeugt _____.

Die Wassermoleküle werden _____ in posi-
ve _____ und _____
aufgeteilt. Das Elektron fließt zum _____ und er-
zeugt dabei _____. Das Wasserstoffion vereint sich am
_____ mit dem _____. Dabei
entstehen _____ und _____.

3. **Ordne** die Begriffe aus dem Wortspeicher den Lücken richtig **zu**. Bearbeite die Aufgabe hier
oder mit LearningApps (<https://learningapps.org/watch?v=puresre5c23>)

Eine _____
erzeugt _____.

Die Wassermoleküle werden _____ in posi-
ve _____ und _____
aufgeteilt. Das Elektron fließt zum _____ und er-
zeugt dabei _____. Das Wasserstoffion vereint sich am
_____ mit dem _____. Dabei
entstehen _____ und _____.

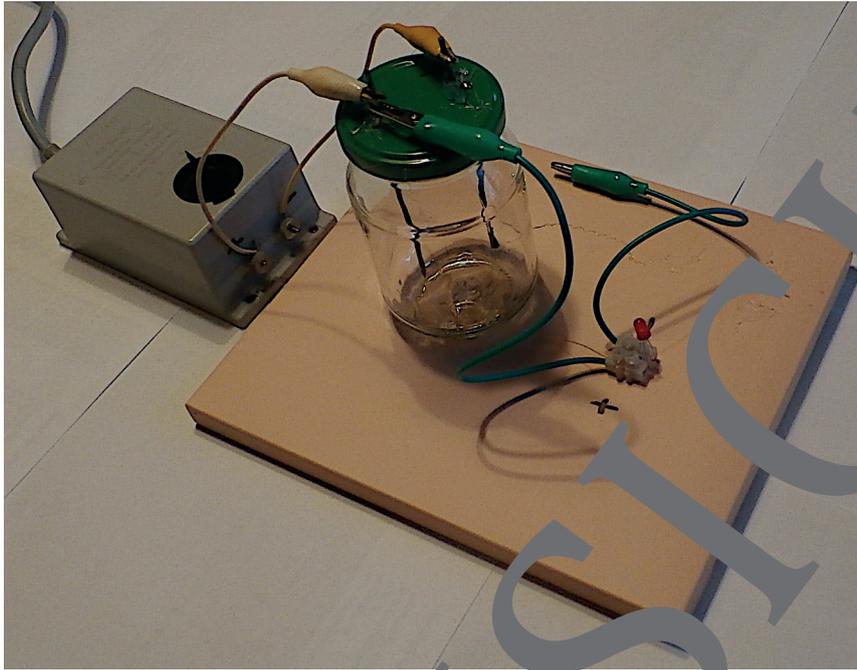
Wortspeicher: Wärme – Pluspol und Minuspol – Minuspol – Wasserstoffionen – Elektronen –
Energie – chemische Reaktion – am Pluspol – Minuspol – Wasser – Energie

4. Damit dieser Prozess nicht unterbrochen wird, müssen welche Voraussetzungen erfüllt sein?



M 5

Station 5: Experimente mit Brennstoffzellen



Schaltkreis I Trafo/Brennstoffzelle und Schaltkreis II LED/Brennstoffzelle

Foto: Jost Baum

Aufgaben

1. Baue eine Reihenschaltung aus Brennstoffzelle, Gleichstromtrafo und LED auf.

Achtung: Auf die Polung achten – LED: kurze Beinchen = minus, langes Beinchen = plus

Versuchsaufbau

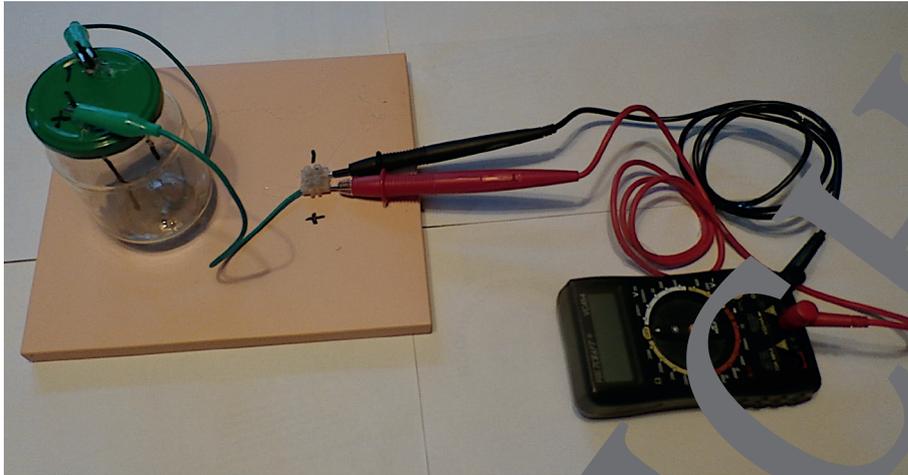
Der Deckel der Brennstoffzelle erhält zwei gegenüberliegende Bohrungen. Die beiden Bleistiftminen (Graphit) werden durch die Bohrungen geschoben und mit Heißkleber fixiert.

Dabei dürfen die Bleistiftminen keinen Kontakt mit dem Dosenblech erhalten, um einen Kurzschluss zu vermeiden. **Markiere** eine Mine mit einem Pluszeichen (**Kathode**), die andere mit einem Minuszeichen (**Anode**). Anschließend werden 80 ml destilliertes Wasser eingefüllt, hinzu kommt ein gestrichener Teelöffel Salz.

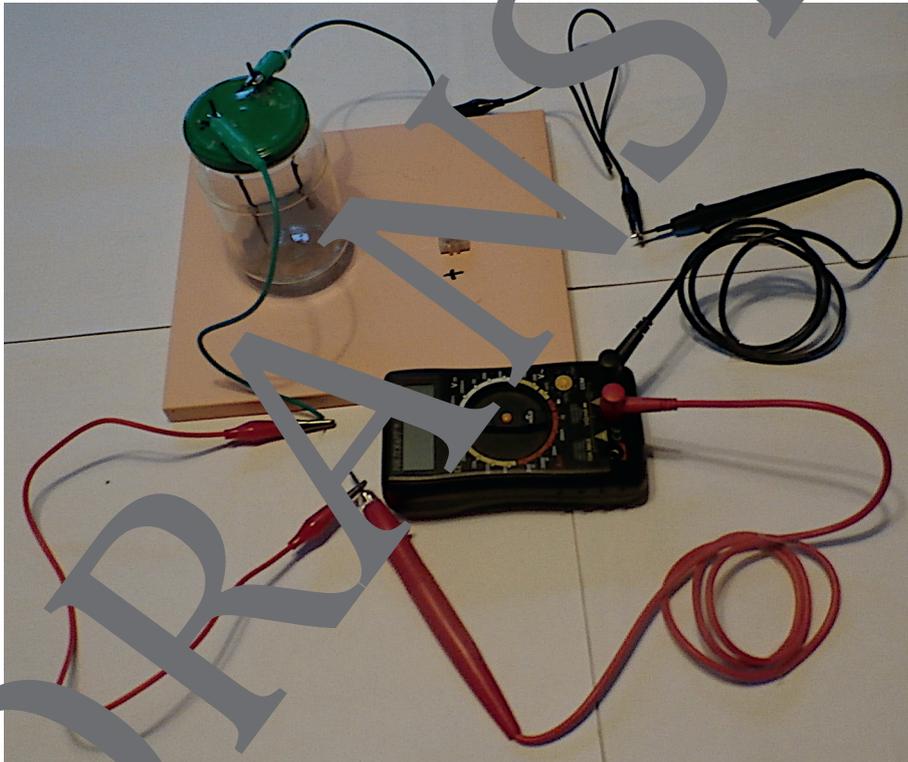


M 6

Station 6: Eine Brennstoffzelle in Reihenschaltung



Spannungsmessung Schaltkreis II (Foto: Jost Baum)



Strommessung Schaltkreis II (Foto: Jost Baum)

Aufg.

1. Ersetze den Elektrolyten. Warum ist das notwendig?
2. SchlieÙe eine Brennstoffzelle in Reihenschaltung an. Messe U_2 und I_2 an der LED (Schaltkreis II). Messe ebenfalls den Strom I_1 , der vom Trafo (U_1) im Schaltkreis I durch die Brennstoffzelle fließt. Notiere die Ergebnisse in folgender Tabelle.
 - a) Berechne P_{ab} und P_{zu} ($P_{zu} = P_1$, $P_{ab} = P_2$).
Formel: $P = U \cdot I$
Notiere die Ergebnisse in folgender Tabelle.

Mehr Materialien für Ihren Unterricht mit RAAbits Online

Unterricht abwechslungsreicher, aktueller sowie nach Lehrplan gestalten – und dabei Zeit sparen.
Fertig ausgearbeitet für über 20 verschiedene Fächer, von der Grundschule bis zum Abitur: Mit RAAbits Online stehen redaktionell geprüfte, hochwertige Materialien zur Verfügung, die sofort einsetz- und editierbar sind.

- ✓ Zugriff auf bis zu **400 Unterrichtseinheiten** pro Fach
- ✓ Didaktisch-methodisch und **fachlich geprüfte Unterrichtseinheiten**
- ✓ Materialien als **PDF oder Word** herunterladen und individuell anpassen
- ✓ Interaktive und multimediale Lerneinheiten
- ✓ Fortlaufend **neues Material** zu aktuellen Themen



Testen Sie RAAbits Online
14 Tage lang kostenlos!

www.raabits.de

