

F.1.21

Elektrochemie – Galvanische Elemente

Wasserstoff als Energieträger – Experimente mit einer Brennstoffzelle

Nach einer Idee von Jost Baum



© RAABE 2024

© Scharfsinn86/istock/Getty Images Plus

Wasserstoff gewinnt als Energieträger zunehmend an Bedeutung. Er kann durch die Elektrolyse von Wasser gewonnen werden und findet bereits vielfältige Anwendungen, etwa in Wasserstoffautos, die mit Brennstoffzellen betrieben werden.

In diesem Material werden die theoretischen Grundlagen des Baus einer Brennstoffzelle ausführlich behandelt, begleitet von praktischen Experimenten zur Veranschaulichung der Funktionsweise.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe:	8/9/10
Dauer:	ca. 8 Unterrichtsstunden
Kompetenzen:	1. Erkenntnisgewinnungskompetenz, 2. Fachkompetenz
Methoden:	Experiment, Stationenarbeit, digitale Übung, Datenauswertung, Diskussion, Übung
Inhalt:	Energieträger Wasserstoff, Linde-Verfahren, Funktionsweise Brennstoffzellen, Reihenschaltung, Parallelschaltung
Zusatzmaterialien:	LearningApps

Didaktisch-methodische Hinweise

Hinweise zur Didaktik

Wasserstoff gewinnt als Energieträger immer mehr an Bedeutung. Dabei bietet er eine Alternative zu den fossilen Energieträgern und hat damit ein enormes Potenzial für eine nachhaltige Energiezukunft. Das Gas wird bereits in Wasserstoffautos, die mit Brennstoffzellen betrieben werden, verwendet. Brennstoffzellen spielen eine entscheidende Rolle bei der Energiewende, da sie es ermöglichen, aus Wasserstoff und Sauerstoff elektrische Energie zu gewinnen. Diese Technologie kann in verschiedenen Bereichen wie Haushalt, Industrie und Verkehr zur Energiegewinnung eingesetzt werden. Die daraus resultierende elektrische Energie ist CO₂-frei, sofern der Wasserstoff durch Elektrolyse mit „grünem“ Strom hergestellt wurde. Wasserstoff fungiert hier als Energieträger, der durch erneuerbare Energien wie Sonnen- oder Windenergie dezentral erzeugt und anschließend zentral zur Stromerzeugung genutzt werden kann.

In diesem Beitrag wird das Thema Wasserstoff als Energieträger und die Brennstoffzelle behandelt. Die Schülerinnen und Schüler erhalten einen Einblick in den Energieträger Wasserstoff und lernen das Linde-Verfahren zur Verflüssigung von Wasserstoff kennen. Darüber hinaus erfahren sie, wie Brennstoffzellen funktionieren und wie man den Betrieb einer Brennstoffzelle sowohl in Reihen- als auch in Parallelschaltung untersucht. Die Lernenden werden außerdem den Umgang mit Messgeräten erlernen und die Berechnungen von P_{ab} , P_{zu} und η durchführen.

Auf einen Blick

Grundlagen zum Energieträger Wasserstoff und der Funktion einer Brennstoffzelle

- M 1 Station 1: Was ist Wasserstoff?
 M 2 Station 2: Elektrolyse – Erzeugung von Wasserstoff
 M 3 Station 3: Das Linde-Verfahren – Wasserstoffspeicherung
 M 4 Station 4: Die Brennstoffzelle

Experimente mit Brennstoffzellen

- M 5 Station 5: Experimente mit Brennstoffzellen
 M 6 Station 6: Eine Brennstoffzelle in Reihenschaltung
 M 7 Station 7: Zwei Brennstoffzellen in Reihenschaltung
 M 8 Station 8: Zwei Brennstoffzellen in Parallelschaltung

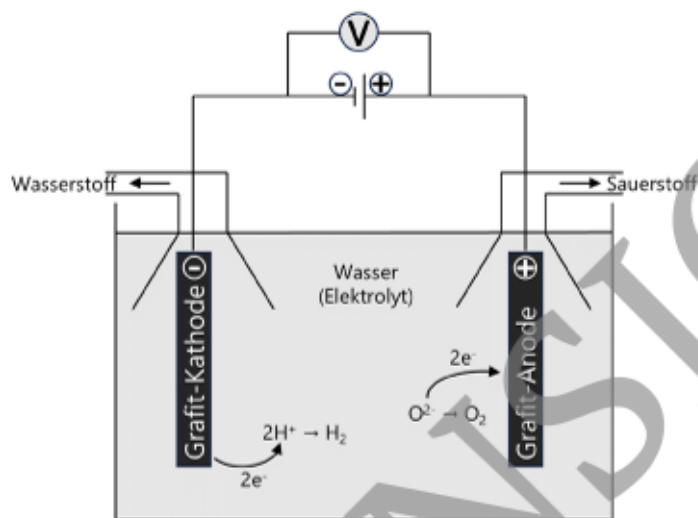
Erklärung zu den Symbolen

	Dieses Symbol markiert differenziertes Material. Wenn nicht anders ausgewiesen, befinden sich die Materialien auf mittlerem Niveau.	
leichtes Niveau	mittleres Niveau	schwieriges Niveau
Zusatzaufgabe	Alternative	

Station 2: Elektrolyse – Erzeugung von Wasserstoff

M 2a

Wasserstoff kann durch die chemische Aufspaltung von Erdgas oder Erdöl gewonnen werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, das Gas mittels Elektrolyse aus Wasser zu erzeugen. Im Folgenden ist der Versuchsaufbau für die Elektrolyse von Wasser dargestellt.



© RAABE 2024

Versuchsaufbau Elektrolyse von Wasser

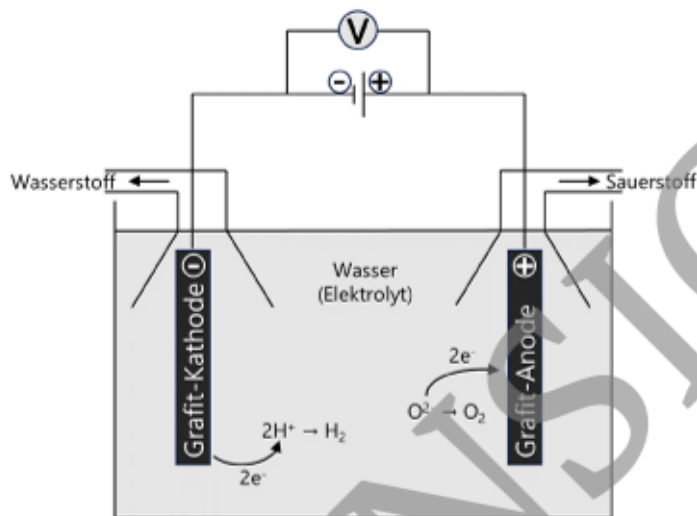
Zwei Graphitstäbe (Anode als Minuspol bzw. Kathode als Pluspol) werden in eine Lösung (Elektrolyt) aus destilliertem Wasser und Salz getaucht. Anschließend wird eine Spannung angelegt. Das Wasser wird durch den elektrischen Strom in Wasserstoff, der an der Kathode aufsteigt, und in Sauerstoff, der an der Anode aufsteigt, zerlegt. Bringt man den aufgefängenen Wasserstoff mit Sauerstoff in Berührung, 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. **Beschreibe**, wodurch bei der Elektrolyse Wasserstoff bzw. Sauerstoff entsteht.
3. **Beschreibe**, woraus das Elektrolyt besteht.
4. **Erkläre**, wie bei dem Versuchsaufbau ein brennbares Gasgemisch entsteht.
5. **Erläutere**, was bei der Umkehrung der Elektrolyse stattfindet

M 2b Station 2: Elektrolyse – Erzeugung von Wasserstoff

Wasserstoff kann durch die chemische Aufspaltung von Erdgas oder Erdöl gewonnen werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, das Gas mittels Elektrolyse aus Wasser zu erzeugen. Im Folgenden ist der Versuchsaufbau für die Elektrolyse von Wasser dargestellt.



Versuchsaufbau Elektrolyse von Wasser

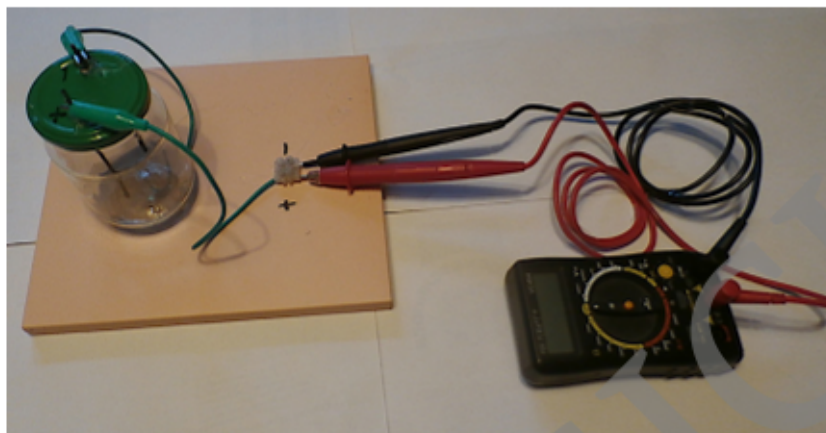
Zwei Graphitstäbe (Anode als Minuspol bzw. Kathode als Pluspol) werden in eine Lösung (Elektrolyt) aus destilliertem Wasser und Salz getaucht. Anschließend wird eine Spannung angelegt. Das Wasser wird durch den elektrischen Strom in Wasserstoff, der an der Kathode aufsteigt, und in Sauerstoff, der an der Anode aufsteigt, zerlegt. Bringt man den aufgefängenen Wasserstoff mit Sauerstoff in Berührung, 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. **Stelle** die Reaktionsgleichung zur Elektrolyse von Wasser **auf**.
2. **Beschreibe**, wodurch bei der Elektrolyse Wasserstoff bzw. Sauerstoff entsteht.
3. **Beschreibe**, woraus das Elektrolyt besteht.
4. Für den Versuch ist der Sicherheitshinweis „Achtung, von offenen Flammen fernhalten!“ hinterlegt. **Erkläre**, wozu dieser Hinweis gemacht wird.
5. **Erläutere**, was bei der Umkehrung der Elektrolyse stattfindet. **Stelle** die Reaktionsgleichung **auf**.

Station 6: Eine Brennstoffzelle in Reihenschaltung

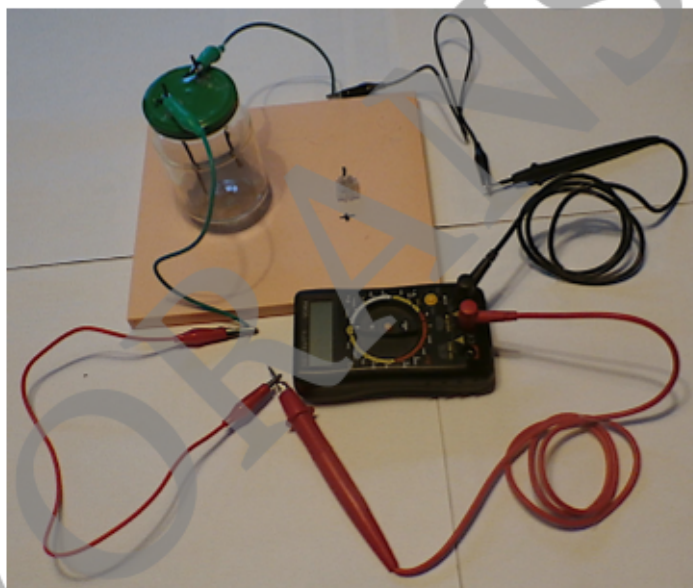
M 6



Spannungsmessung Schaltkreis II

© Jost Baum

© RAABE 2024



Strommessung Schaltkreis II

© Jost Baum

Aufgaben

1. **Ersetze** den Elektrolyten. **Erkläre**, warum dies notwendig ist.
2. **Schließe** 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.
 - b) **Berechne** η_a . **Notiere** die Ergebnisse in folgender Tabelle. Formel: $\eta_a = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$

Schaltkreis I

Schaltkreis II

U_1	I_1	U_2	I_2	P_1	P_2	η_a

© RAABE 2024

3. **Werte** den Versuch aus:
 - a) Was lässt sich über η_a aussagen?
 - b) Welche Konsequenz hat das für die industrielle Herstellung von Wasserstoff?