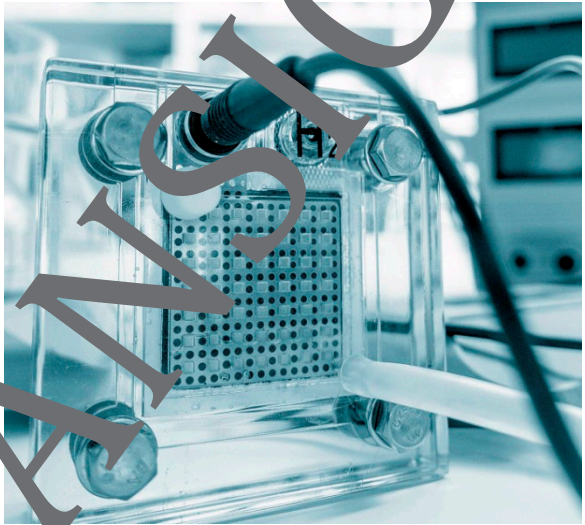


# UNTERRICHTS MATERIALIEN

Chemie



**CO Gas mit Wasserstoff – die Brennstoffzelle**  
Elektrochemie anhand von Wasserstoffbikes erlernen

VORANSICHT

## Impressum

RAABE UNTERRICHTS-MATERIALIEN Chemie

Das Werk, einschließlich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Vervielfältigung ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für die elektronische oder sonstige Vervielfältigung, Übersetzung, Verbreitung und öffentliche Zugänglichmachung.

Für jedes Material wurden Fremdrechte recherchiert und angefragt. Sollten dennoch an einzelnen Materialien weitere Rechte bestehen, bitten wir um Benachrichtigung.

In unseren Beiträgen sind wir bemüht, die für Experimente nötigen Substanzen mit den entsprechenden Gefahrenhinweisen zu kennzeichnen. Dies ist ein zusätzlicher Service. Dennoch ist jeder Experimentator selbst anzuhalten, sich vor der Durchführung der Experimente genauestens über das Gefährdungspotenzial der verwendeten Stoffe zu informieren, die nötigen Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen sowie dies entsprechend zu entsorgen. Es gelten die Vorschriften der Gefahrstoffverordnung sowie die Dienstvorschriften der Schulbehörde.

Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH  
Ein Unternehmen der Klett Gruppe  
Rotebühlstraße 77  
70178 Stuttgart  
Telefon +49 7141 62900-0  
Fax +49 7141 62900-10  
[schule@raabe.de](mailto:schule@raabe.de)  
[www.raabe.de](http://www.raabe.de)

Redaktion: Beate Bannert  
Satz: Kaiser Media  
Bildnachweis Titel: © luchschen/iStock/Getty Images Plus  
Direktor: Josef Mayer

# Gib Gas mit Wasserstoff – die Brennstoffzelle

**Autor:** Dennis Dietz

<b>Methodisch-didaktische Hinweise</b> .....	1
<b>Material</b> .....	2
<b>M1:</b> Wasserstoffbikes .....	2
<b>M2:</b> Möglichkeiten der Wasserstoffherstellung .....	4
<b>M3:</b> Möglichkeiten der Wasserstofflagerung .....	5
<b>M4:</b> Wasserstoff – die Lösung für die Elektromobilität der Zukunft? .....	7
<b>Lösungsvorschläge</b> .....	9
<b>Literatur</b> .....	12

VORANSICHT

### Kompetenzprofil

- Niveau: vertiefend
- Fachlicher Bezug: Elektrochemie
- Methode: Einzelarbeit, Partnerarbeit, Übungsaufgaben
- Basiskonzepte: Konzept der chemischen Reaktion
- Erkenntnismethode: auf Teilchenebene interpretieren
- Kommunikation: begründen, Übersichtsschema erstellen, präsentieren
- Bewertung/Reflexion: Bewertung der Brennstoffzelle im Vergleich zur Batterie
- Inhalt in Stichworten: Brennstoffzelle, Wasserstoffherstellung, Wasserstoffspeicherung, Elektrolyse

## Methodisch-didaktische Hinweise

Wasserstoffbikes eignen sich als Kontext für eine materialgebundene Lernaufgabe im Sinne des Unterrichtsansatzes Chemie im Kontext. Die Schülerinnen und Schüler müssen sich zur Bewältigung dieser Lernaufgabe intensiv mit dem Aufstellen von Reaktionsgleichungen und damit mit dem Basiskonzept der chemischen Reaktion befassen. So müssen Reaktionsgleichungen sowohl für die Vorgänge der Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle als auch für zahlreiche Methoden der Wasserstoffherstellung formuliert werden. Neben der Förderung von Kompetenzen aus dem Bereich Fachwissen werden auch Kompetenzen aus dem Bereich der Kommunikation gefördert. So müssen die Schülerinnen und Schüler ein Übersichtsschema über Methoden der Wasserstoffspeicherung erstellen und erhalten gleichzeitig einen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung. Außerdem muss der Aufbau eines Wasserstoffbikes skizziert werden. Nach einer vielschichtigen Auseinandersetzung mit der Brennstoffzellentechnologie werden die Schülerinnen und Schüler im Sinne der Förderung der Bewertungskompetenz zu einer kritischen Diskussion der Vor- und Nachteile der Brennstoffzelle gegenüber der Batterie für ein Elektromobilitätskonzept der Zukunft befähigt. Zusätzlich müssen Kriterien für eine funktionale Wasserstoffspeicherung selbstständig anhand von Arbeitsmaterial entwickelt werden. Das Thema der Brennstoffzelle ist ein typisches Pflichtthema im Themenkomplex der Elektrochemie der Sekundarstufe 2. Mit Hilfe dieser Lernaufgabe können vielfältige Kompetenzen anhand eines alltagsrelevanten Kontextes gefördert werden.

## Unterrichtsvorgang:

Es kann jedoch mit den Arbeitsaufträgen flexibel umgegangen werden, so können einzelne Arbeitsaufträge herausgenommen oder als Hausaufgabe erteilt werden. Die Bewertungsaufgabe kann als Grundlage für eine methodische Diskussion verwendet werden.

## Zeitbedarf:

Als zeitlicher Rahmen für die Bearbeitung dieser Lernaufgabe werden 90 Minuten empfohlen.

**M 1 Wasserstoffbikes**

In modernen Mobilitätskonzepten für Städte spielt auch das Fahrrad eine wichtige Rolle. Der Autoverkehr soll durch den Ausbau des öffentlichen Verkehrsnetzes, durch Elektromobilität und durch großzügige Fahrradwege deutlich reduziert werden, um die Luftqualität signifikant zu verbessern. Daraus ergeben sich neue Absatzmärkte, in denen verschiedene Technologien miteinander konkurrieren.

Eine französische Firma hat nun ein sogenanntes Wasserstoffbike entwickelt, das bis 2020 für den Endverbraucher auf den Markt kommen soll. Während bei Autos bereits sowohl Elektromotoren als auch wasserstoffbetriebene Systeme zum Einsatz kommen, suchte man Wasserstoff bei Fahrrädern bisher vergeblich. Diese Fahrräder besitzen einen Wasserstofftank, in dem Wasserstoff in eine Reihe von Brennstoffzellen, dem sogenannten Stack, geleitet wird. Die durch die Brennstoffzellen gewonnene chemische Energie wird über einen Motor zum Antrieb der Räder genutzt. Ein kleiner Akku sorgt dafür, dass ausreichend Energie zur Verfügung steht, wenn der Fahrer einmal zusätzliche Leistung abrufen muss.

Unter einer Brennstoffzelle versteht man allgemein eine galvanische Zelle, bei der das Oxidations- und das Reduktionsmittel kontinuierlich von außen zugeführt werden muss. Das Wasserstoffbike nutzt die sogenannte Wasserstoff-Sauerstoff-Zelle. In einer klassischen Zelle finden die Oxidation des Wasserstoffs zu Wasser sowie die Reduktion des Sauerstoffs zu Hydroxid-Ionen räumlich getrennt an zwei Elektrodenortstellen statt. Beide Elektroden werden durch eine poröse Zwischenwand voneinander getrennt. Als Elektrolytlösung wird häufig Kaliumhydroxid-Lösung verwendet. Um eine hohe Spannung zu gewährleisten, müssen mehrere Brennstoffzellen in Reihe geschaltet werden.

In modernen Brennstoffzellen werden Polymermembranen verwendet. Daher nennt man diese auch PEM-Brennstoffzellen (aus dem Englischen: *polymer electrolyte membrane*). Hier ist der Elektrolyt also nicht flüssig, sondern eine feste Membran und kann die Protonen leiten. Ein mögliches Polymer für eine PEM-Brennstoffzelle ist Nafion® – ein Copolymer. Dieses enthält zahlreiche

Sulfonsäuregruppen, die in der Lage sind, reversibel Protonen aufzunehmen bzw. abzugeben. Dadurch können die Protonen durch die Membran wandern“, während Anionen durch elektrostatische Abstoßung von dem Passieren der Membran abgehalten werden.

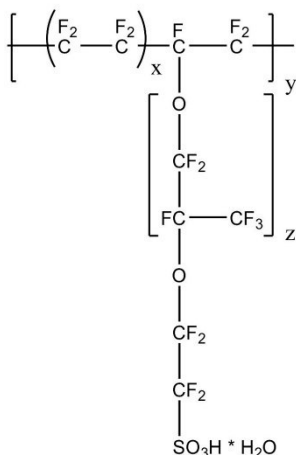


Abb. 1: Die Struktur von Nafion®

Auf jeder Seite der Membran befindet sich eine Graphit-Elektrode, die mit fein verteiltem Platin beschichtet ist. An der Anode wird Wasserstoff zu Protonen oxidiert. An der Kathode reagieren Sauerstoff und Protonen in einer Reduktion zu Wasser.

### Aufgaben

1. Skizzieren Sie den Aufbau eines Wasserstoffbikes.
2. Vergleichen Sie den Aufbau einer klassischen und einer modernen Brennstoffzelle nach drei eigens gewählten Kriterien.
3. Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen einer klassischen Brennstoffzelle sowie einer PEM-Brennstoffzelle.
4. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die reversible Abgabe bzw. Aufnahme eines Protons durch eine Sulfonsäuregruppe in der Lewis-Schreibweise.

# Sie wollen mehr für Ihr Fach? Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



- ✓ **Über 4.000 Unterrichtseinheiten** sofort zum Download verfügbar
- ✓ **Sichere Zahlung** per Rechnung, PayPal & Kreditkarte
- ✓ **Exklusive Vorteile für Grundwerks-Abonent\*innen**
  - 20% Rabatt auf Unterrichtsmaterial für Ihr bereits abonniertes Fach
  - 10% Rabatt auf weitere Grundwerke

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