

Brennstoffzellen

Energielieferanten der Zukunft

Wir alle verbrauchen täglich Energie - und der Energieverbrauch pro Person wird in Zukunft weiter steigen. Doch der Vorrat an fossilen Brennstoffen, wie Erdgas, Erdöl und Kohle, ist endlich und so suchen Wissenschaftler nach alternativen Energieformen und -trägern. Besonders interessant sind dabei die regenerativen Energien wie Sonnenenergie, Wind- und Wasserkraft.

Ein viel versprechender Ansatz ist die Wasserstoff-Technologie, mit der Energie zwischengespeichert werden kann, so dass sie sich für den Betrieb von Brennstoffzellen nutzen lässt. Der Wirkungsgrad von herkömmlichen Verbrennungsmotoren in Autos liegt bei etwa 30-50%. Zum Vergleich: Brennstoffzellen erreichen einen Wirkungsgrad von etwa 60% – und produzieren bei ihrer Arbeit keine giftigen Abgase!

Brennstoffzellen



Start der Apollo 11 Mission am 16. 07 1969 - der erste bemannte Flug zum Mond. Bild: NASA

Eine alte Technologie neu entdeckt

Bereits 1839, also vor über 170 Jahren, entwickelte der englische Physiker Sir William Robert Grove die erste Brennstoffzelle. Er entwickelte eine „Gasbatterie“, nachdem er beim Experimentieren mit der Elektrolyse von Wasserstoff und Sauerstoff herausgefunden hatte, dass sich dieser Prozess auch umkehren und zur Stromerzeugung nutzen ließ.

Wiederentdeckt wurde die Brennstoffzellen-Technologie in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts durch die Apollo-Missionen der NASA. Brennstoffzellen wurden zur Bordversorgung eingesetzt und das bei der chemischen Reaktion entstandene Wasser diente zur Versorgung der Astronauten.

Heute werden mit Brennstoffzellen nicht nur Autos, sondern auch Schiffe und Flugzeuge angetrieben. Allerdings sind Brennstoffzellen-Antriebe derzeit noch sehr teuer.



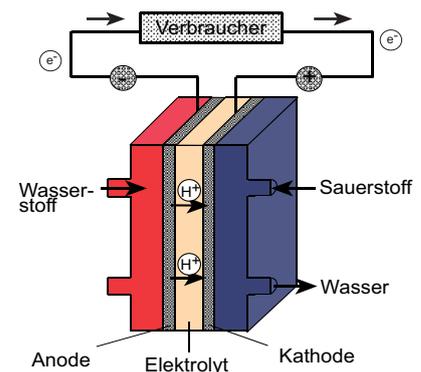
Der mit Brennstoffzellen betriebene Segelflieger Antares DLR-H2 startete im Juli 2009 zum ersten Mal. Bild: DLR

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit dieser Technologie sind beispielsweise portable, kleine Brennstoffzellen. Sie können beispielsweise Mobiltelefone, tragbare Computer, MP3-Player oder Videokameras mit Strom versorgen.

Da Brennstoffzellen den Wasserstoff in Strom und Wärme umwandeln, finden sie eine stationäre Anwendung als Heizkraftwerk in unterschiedlichen Größenordnungen.

Funktionsweise einer Brennstoffzelle

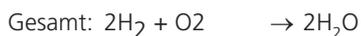
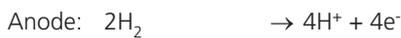
Eine Brennstoffzelle besteht aus zwei Elektroden (Kathode und Anode) sowie aus einem Elektrolyten. Dieser besteht aus einer protonenleitende Membran, die beidseitig mit einem Katalysatormaterial beschichtet ist.



Aufbau einer PEM-Brennstoffzelle. Bild: Heliocentris.

An die Anode wird Wasserstoffgas geleitet, das dort in Protonen und Elektronen aufgespalten wird. Die Protonen (H^+ -Ionen) wandern durch die protonenleitende Membran zur Kathode. Die Elektronen wandern von der Wasserstoffseite über einen Verbraucher (z.B. Lampe oder Motor) zur Sauerstoffseite und verrichten auf diesem Weg Arbeit und liefern somit Strom. An der Kathodenseite, wo Sauerstoff zugeführt wird, verbinden sich Protonen, Elektronen und Sauerstoff zu Wasser.

Es laufen dabei folgende chemische Reaktionen ab:



Das heißt: Wasser ist das einzige Abfallprodukt! Ganz umweltfreundlich! Keine Abgase! Elektro-Autos haben nicht mal einen Auspuff.

Das Experiment

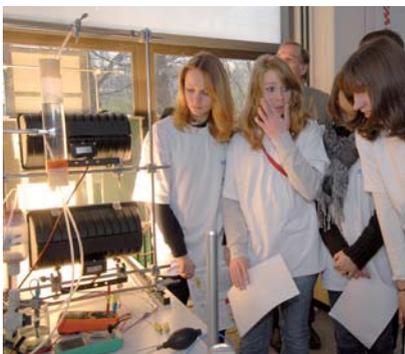
Über ein Solarpanel erzeugen wir Energie um den Elektrolyseur, der Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufspaltet, zu betreiben. Den aufgefingenen Wasserstoff leiten wir an die Brennstoffzelle weiter und erzeugen so elektrische Energie.



Parabolrinnenanlage auf der Plataforma Solar de Almería. Seit 1980 findet hier Solarforschung statt. Bild: DLR

Elektrolyse von Wasser

Nachdem Ihr aus den einzelnen Komponenten den Versuch aufgebaut habt, nehmt Ihr Elektrolyseur und Brennstoffzelle in Betrieb. Ihr beobachtet die Entstehung von Wasserstoff- und Sauerstoffgasen und den anschließenden Verbrauch der Gase durch die Brennstoffzelle. Was fällt Euch dabei auf?



Der Versuchsaufbau im DLR_School_Lab.

Wirkungsgrade

Ein wichtiger Aspekt bei der Energieerzeugung ist die Wirtschaftlichkeit. Unter physikalischen Gesichtspunkten ist die Erzeugung (und auch der Verlust) von Energie eigentlich nicht möglich. Laut Energiesatz bleibt die Energie in einem System immer konstant. In der Praxis wird eine Energieform jedoch nie zu 100% in eine andere überführt. Meist kommt es zu einem Verlust von nicht genutzter Wärme.

Umso wichtiger ist es, eine hohe Ausbeute bei der Umwandlung zu erzielen und den Energieverlust so gering wie möglich zu halten. Erst dann arbeitet ein Stromerzeuger bzw. Energiewandler wirtschaftlich.

Ihr untersucht die Komponenten unseres Versuchsaufbaus, indem Ihr den Wirkungsgrad für die Speicherung von Strom in Wasserstoff berechnet. Nachdem Ihr die prozentualen Werte aller Komponenten unseres

Versuchsaufbaus (Lampe, Solarpanel, Elektrolyseur und gespeicherter Wasserstoff) ermittelt habt, wird ganz schnell klar: Jede Umwandlung bedeutet Energieverlust und somit auch Leistungsverlust. Je weniger Umwandlungsschritte bei der Stromerzeugung durchlaufen werden, desto effizienter ist ein Gerät.

Kennlinien

Ihr nehmt die Strom-Spannungskurve sowohl für den Elektrolyseur als auch für die Brennstoffzelle auf. Dabei könnt Ihr beobachten, wie sich eine Änderung der Lichtintensität auf die Leistung des Elektrolyseurs auswirkt bzw. ein zwischengeschalteter Widerstand auf die Leistung der Brennstoffzelle.

Glossar

Anionen

Negativ geladene Ionen werden Anionen genannt. Sie wandern bei der Elektrolyse stets zur positiv geladenen Anode. Anionen entstehen wenn Atome oder Moleküle Elektronen aufnehmen oder Wasserstoff-Ionen (Protonen) abgeben.

Anode

Ein positiv geladener Elektronenleiter (Elektrode), der Elektronen aufnehmen kann. Es findet eine Oxidationsreaktion statt, bei der Anionen ihren Elektronenüberschuss abgeben.

Elektrolyse

Ein Vorgang, bei dem in einer stromleitenden Flüssigkeit durch Anlegung von elektrischem Strom eine chemische Reaktion hervorgerufen wird.

Elektrolyseur

Eine Vorrichtung, mit der Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt werden kann. Dazu ist die Anlegung einer elektrischen Gleichspannung nötig. Ein Elektrolyseur besteht aus einer negativ geladenen Kathode, einer positiv geladenen Anode und einer protonendurchlässigen Polymermembran, die auf beiden Seiten von einem Katalysatormaterial überzogen ist. An der Anode wird Wasser zu Sauerstoff und Protonen oxidiert. Dabei werden Elektronen freigesetzt, die zur Kathode wandern. An der Kathode bilden diese Elektronen mit den Protonen (H⁺-Ionen) Wasserstoffgas.

Energiesatz

Der Energiesatz (auch Energieerhaltungssatz) besagt, dass in einem abgeschlossenen System die Gesamtenergie weder erzeugt noch vernichtet werden kann. Jedoch kann die Energie in verschiedene Energieformen umgewandelt werden, beispielsweise von Bewegungsenergie in Wärme (thermische Energie).

Katalysator

Ein Stoff, der eine chemische Reaktion beschleunigt, ohne sich selbst zu verbrauchen.

Kathode

Eine Elektrode, die Elektronen abgeben kann und diese dem System wieder zuführt. Es läuft eine Reduktionsreaktion statt, bei der Kationen Elektronen aufnehmen.

Kationen

Positiv geladene Ionen, die bei der Elektrolyse immer zur negativ geladenen Kathode wandern. Kationen entstehen bei der Elektronenabgabe oder der Protonenaufnahme von Atomen und Molekülen.

Kennlinie

Eine graphische Darstellung zweier voneinander abhängiger physikalischer Größen.

Strom

Die gerichtete Bewegung von Elektronen in einem Festkörper, einer Flüssigkeit, einem Gas oder im Vakuum.

Wirkungsgrad

Unter dem Begriff Wirkungsgrad versteht man das Verhältnis von abgegebener Leistung zu zugeführter Leistung, beispielsweise bei Motoren oder Turbinen. Am Beispiel eines Kraftwerks heißt das: Wie viel der eingesetzten Energie wird wirklich in Strom verwandelt – und wie viel geht als Abwärme verloren? Je mehr umgesetzt wird, desto höher der Wirkungsgrad.

Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Verkehr und Energie sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten sowie für die internationale Interessenswahrnehmung zuständig. Das DLR fungiert als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den dreizehn Standorten Köln (Sitz des Vorstandes), Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 6.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

Die TU Dortmund

Natur zu erforschen, Menschen zu bilden, technische Herausforderungen anzunehmen und den damit verbundenen kulturellen und gesellschaftlichen Wandel unserer Gesellschaft mitzugestalten, dies sind die Kernaufgaben der Technischen Universität Dortmund.

An den 16 Fakultäten der TU Dortmund studieren über 22.000 Menschen. Schwerpunkte liegen hier in den Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie in der Lehrerbildung.



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

DLR_School_Lab TU Dortmund
Gebäude BCI, Raum F1-U01
Emil-Figge-Straße 66
44221 Dortmund

Leitung Dr. Sylvia Rückheim
Telefon 0231 755-6356
Telefax 0231 755-3187
E-Mail schoollab-dortmund@dlr.de

www.DLR.de/dlrschoollab/tu-dortmund