

1. Basisinformationen zur Wasserstoff-Brennstoffzelle

Mit einer Brennstoffzelle kann ein Brennstoff durch die kontrollierte chemische Reaktion mit einem Oxidationsmittel (in der Regel Luftsauerstoff) ohne eine Verbrennung in elektrische Energie umgewandelt werden. Grundsätzlich gibt es Brennstoffzellen für unterschiedliche Brennstoffe, wie Methanol, Butan, Erdgas oder eben Wasserstoff. Im Wettbewerb beschränken wir uns aber auf Wasserstoff, so dass man strenggenommen im Folgenden immer von Wasserstoff-Sauerstoff-Brennzellen sprechen müsste.

1.1 Funktionsweise einer Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle

In der Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle entsteht durch die Reaktion von Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) Wasserdampf (H_2O) und elektrische Energie. Allerdings wird nicht alle chemische Energie des Wasserstoffs in elektrische Energie umgewandelt, da ein Teil der Energie in Form von Wärme(-energie) abgegeben wird. Je besser das Verhältnis von eingesetzter (chemischer) Energie zur erhaltenen (elektrischen) Energie ist, umso höher ist der Wirkungsgrad der Zelle.

Neben der Steigerung des Wirkungsgrads gibt es weitere Entwicklungsziele, die stetig erforscht und weiterentwickelt werden. Dazu gehören z. B. die Erhöhung der erwarteten Lebensdauer, die Reduktion der Herstellungskosten insbesondere durch effizienten Rohstoffeinsatz und eine höhere Robustheit. Dennoch basieren alle Variante immer auf dem grundlegenden Prinzip der Energieumwandlung.

Für eine detaillierte Erklärung schaut euch gerne die verlinkten Videos und Materialien an.

Weiterführende Links

- Sehr grundlegendes Video zum Einstieg von SimpleClub „Wie funktioniert die Brennstoffzelle“ (5 Min): <https://www.youtube.com/watch?v=8EITJNCdStY>
- Interaktiver Lernbaustein der BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. zur Wasserstoffelektrolyse: <https://www.energie-macht-schule.de/thema/interaktiver-lernbaustein-wasserstoffelektrolyse/>
- Video zur Funktionsweise der Brennstoffzelle des Max-Planck-Instituts „Brennstoffzelle und Elektrolyse Max-Planck-Cinema“: <https://www.max-wissen.de/max-media/brennstoffzelle-und-elektrolyse-max-planck-cinema/>
- Video von Planet Wissen (1:50 Min, 2018) „Wie funktioniert eine Brennstoffzelle?“: <https://www1.wdr.de/mediathek/video-wie-funktioniert-eine-brennstoffzelle-100.html>

2. Wo kommt der Wasserstoff her?

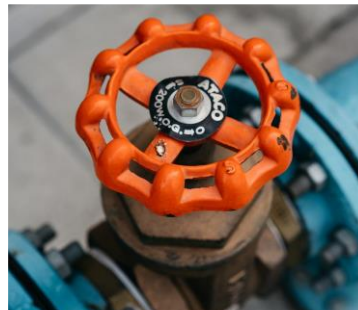
Ohne Brennstoff kann eine Brennstoffzelle nicht arbeiten. Insofern muss die Gewinnung des benötigten Wasserstoffs immer mitgedacht werden. Im Gegensatz zu anderen Energieträgern kommt Wasserstoff in der Natur fast ausschließlich in Verbindungen vor. Um den Wasserstoff aus diesen Verbindungen zu gewinnen, muss zunächst Energie eingesetzt werden. Je nach verwendeter Energie sind unterschiedliche Bezeichnungen gängig [1,2].

Grauer Wasserstoff



Grauer Wasserstoff wird vollständig aus fossilen Brennstoffen gewonnen. Eine häufig verwendete Vorgehensweise ist die Herstellung auf Basis von Erdgas, bei der eine bedeutende Menge des Treibhausgases CO_2 freigesetzt wird.

Blauer Wasserstoff



Blauer Wasserstoff wird ebenso wie grauer Wasserstoff aus fossilen Brennstoffen gewonnen. Allerdings wird das entstehende Treibhausgas CO_2 eingespeichert und gelangt nicht in die Umwelt, so dass die Herstellung als klimafreundlicher angesehen werden kann. Speicherorte sind z. B. alte Gasfelder. Die Prozesskette des blauen Wasserstoffs erzeugt aber immer noch beträchtlichen Ausstoß an Treibhausgasen – insbesondere durch die Förderung und Bereitstellung des Erdgases.

Grüner Wasserstoff



Grüner Wasserstoff wird durch erneuerbare Energie gewonnen. Mittels Strom aus Windkraft, Solarenergie oder Wasserkraft wird durch Elektrolyse Wasser (H_2O) in Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) zerlegt. Bei dieser Art der Produktion fällt kein klimaschädliches CO_2 an.

Fotos: unsplash.com

Abgesehen von diesen drei Kategorien gibt es eine Reihe weiterer Farben. Beispielsweise wird eine Mischung von grauem und grünem Wasserstoff als gelber Wasserstoff bezeichnet oder Wasserstoff aus Atomstrom mit der Farbe Rot gekennzeichnet. Zudem gibt es mehrere Unterkategorien: So wird beispielsweise grauer Wasserstoff auch als braun bezeichnet, wenn zur Herstellung Braunkohle verwendet wird. Ziel ist langfristig die ausschließliche Verwendung von grünem Wasserstoff. Aktuell ist aber grauer Wasserstoff die weltweit dominierende Herstellungsmethode. [3] Auf dem Weg zu mehr grünem Wasserstoff wird blauer Wasserstoff als Übergangslösung gesehen, weil dieser einfacher verfügbar und (noch) deutlich günstiger als grüner Wasserstoff ist. [4]

Weiterführende Links

- NRW.Energy4Climate: Farben des Wasserstoffs: <https://www.energy4climate.nrw/industrie-produktion/wasserstoff/herstellung-farben>
- Grafik zu den verschiedenen Herstellungsweisen: <https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Mediathek/210621-cr-nrwenergy4climate-grafik-farben-des-wasserstoffs-de.jpg#>
- [1] Baunetzwissen „Wasserstoff-Arten“: <https://www.baunetzwissen.de/glossar/w/wasserstoff-arten-7328809>
- [2] Energieversorger EWE „Die Farben des Wasserstoffs“: <https://www.ewe.com/de/zukunft-gestalten/wasserstoff/die-farben-des-wasserstoffs>
- [3] Deutscher Industrie- und Handelskammertag e. V. (DIHK). Wasserstoff DIHK-Faktenpapier. (Stand Juni 2020): <https://www.dihk.de/resource/blob/24872/fd2c89df9484cf912199041a9587a3d6/dihk-faktenpapier-wasserstoff-data.pdf>
- [4] Bukold, S. Kurzstudie „Blauer Wasserstoff. Perspektiven und Grenzen eines neuen Technologiepfades“, Greenpeace Energie, S: 8: <https://green-planet-energy.de/fileadmin/docs/publikationen/Studien/blauer-wasserstoff-studie-2020.pdf>

3. Wie kommt der Wasserstoff zur Brennstoffzelle?

Je nach Anwendungsfall muss der Wasserstoff von der Produktionsstätte zur Brennstoffzelle transportiert werden, in der die Energie wieder umgewandelt werden soll. Dieser Transport kann entweder durch ein entsprechendes Leitungsnetz oder durch geeignete mobile Speichertechnologien realisiert werden.

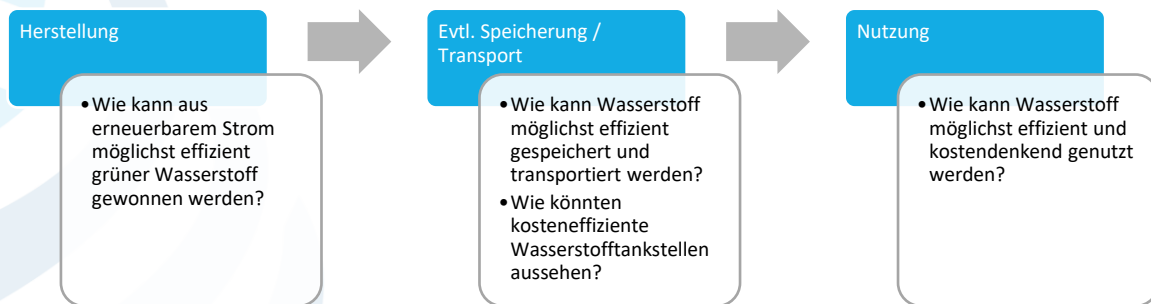
Weiterführende Links

- Interaktiver Lernbaustein der BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. zum Speichern von Wasserstoff: [Interaktiver Lernbaustein: Speichern – Was ist das? ° Energie macht Schule \(energie-macht-schule.de\)](https://www.energie-macht-schule.de)
- NRW.Energy4Climate: Wasserstoff-Infrastruktur: <https://www.energy4climate.nrw/industrie-produktion/wasserstoff/infrastruktur>

4. Wo ist der Einsatz der Technologie (langfristig) realisierbar? (Exemplarisch)

Bei der Anwendung der Brennstoffzellentechnologie muss der gesamte Prozess betrachtet werden, um die Effizienz beurteilen zu können. Neben dem technischen Aufwand ist zu beachten, dass es bei jedem Schritt zu Energieverlusten kommt. Aus Effizienz- und Kostengründen ist es demnach nicht sinnvoll, jeden Strom aus Erneuerbaren Energien in Wasserstoff umzuwandeln, um diesen anschließend wieder in Strom (elektrische Energie) zu verwandeln. Für jeden Anwendungsfall muss der erwartete Nutzen dem Aufwand überwiegen.

Beispiel: An einigen Tagen im Jahr produziert eine Windanlage an der Küste mehr Strom, als benötigt wird. Die überschüssige Energie kann dann zur Herstellung von grünem Wasserstoff genutzt werden. Dieser kann dann in Tanks gespeichert werden. Mit diesen Tanks können Schiffe betankt werden, auf denen mittels Brennstoffzellentechnologie umweltfreundlich Strom für den Antrieb erzeugt werden kann. Vorteil des Prozesses: Der Wasserstoff kann als gut transportierbarer Energiespeicher genutzt werden. Ebenso ist das Tanken von Wasserstoff wesentlich schneller möglich, als es das Laden von Akkus wäre.



Fragen in Anlehnung an die Nationale Wasserstoffstrategie ([Grüner Wasserstoff: Welche nationalen Projekte fördert das BMBF? – BMBF](#))

4.1 Verkehr

Wasserstoffautos oder genauer Brennstoffzellenautos sind im Kern Elektroautos. Unterschied ist lediglich, dass die elektrische Energie nicht in Akkus gespeichert, sondern durch die Umwandlung von Wasserstoff im Auto selbst hergestellt wird. Derzeit gibt es nur wenige Wasserstoffautos auf dem Markt. Ein Problem war lange Zeit die Speicherung des Wasserstoffs im Auto. Beispielsweise verbaute man in Pilotfahrzeugen Anfang der 2010er Tanks, die sich bei längerer Standzeit von allein leerten. Allerdings gab es im Kontext der Speicherung in den letzten Jahren große Fortschritte, so dass viele Probleme behoben werden konnten. Dennoch ist die Technik aktuell noch teuer und es gibt nur wenige Tankstellen. Eine Herausforderung stellt zudem die Konkurrenz durch die immer besser werdenden Akkus in den klassischen Elektroautos dar. Je schneller diese Laden können und umso größere Reichweiten möglich sind, desto schwieriger wird es für das Wasserstoffauto.

Gerade LKW-Hersteller forschen derzeit an Fahrzeugen, die mit Wasserstoff betrieben werden. Durch den hohen Energiebedarf von Elektro-LKW stellen Akkus noch keine optimale Lösung dar. Diese benötigen viel Platz und sind schwer, wenn brauchbare Reichweiten erzielt werden sollen. Nicht nur durch die kürzeren Tankzeiten wird daher ein großes Potenzial im Wasserstoff gesehen. [1]

Ähnlich wie bei den LKW sind auch Züge potenzielle Einsatzorte für Brennstoffzellen. Schließlich sind knapp 40 Prozent des deutschen Schienennetzes nicht mit Oberleitungen ausgestattet. So soll ab Ende 2022 die weltweit größte Brennstoffzellenzug-Flotte in Hessen in Betrieb gehen. [2]

Weiterführende Links

- NRW.Energy4Climate: Anwendungsgebiete: <https://www.energy4climate.nrw/industrie-produktion/wasserstoff/anwendungsgebiete>
- [1] Beitrag der H2-REGION EMSLAND zum aktuellen Stand im Bereich Wasserstoff-LKW: <https://h2-region-emsland.de/2021/08/31/wasserstoff-lkw/>

- [2] Bundesregierung (9. August 2022): „Phase eines großen industriellen Aufbruchs“ mit Informationen zur ersten Wasserstofftankstelle für Züge in Deutschland:
<https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/kanzler-industriepark-hoechst-2069942#:~:text=Die%20Bundesregierung%20hat%20im%20Juni%202020%20die%20Nationale,Wettbewerbsf%C3%A4higkeit%20der%20deutschen%20Wirtschaft%20und%20erschlie%C3%9Ft%20neue%20M%C3%A4rkte.>

4.1 Stromversorgung und -speicherung

Eine große Herausforderung der Umstellung auf Erneuerbare Energien ist die Speicherung von Strom. Gerade wenn zu wenig Wind oder Sonne für eine ausreichende Stromversorgung verfügbar sind, müssen flexible Speicher den Bedarf decken. Dies betrifft im kleinen Maßstab Speicher in einzelnen Häusern, die mit Solaranlagen ausgestattet sind, aber auch im großen Maßstab die Netzbetreiber mit großen Windkraft- und Solaranlagen.

Im kleinen Maßstab haben viele private Solaranlagen Lithium-Ionen-Akkus, mit denen Strom kurzfristig und verlustarm gespeichert werden kann (beispielsweise der Strom der Mittagssonne für abends). Langfristige Speichermöglichkeiten sind notwendig, um Schwankungen über die Jahreszeiten hinweg aufzufangen. Allerdings sind diese aufgrund der Kosten und des Platzbedarfs nicht mit Akkus realisierbar. Unter dem Schlagwort „Wasserstoffhaus“ gibt es bereits heute Häuser, die dank Solarstrom und Wasserstofftanks energieautark sind.[1]

[1] Bericht von pv magazine zu einem Wasserstoff-Stromspeicher für Wohn- und Gewerbeimmobilien (Dezember 2021): <https://www.pv-magazine.de/2021/12/07/hps-wasserstoff-stromspeicher-jetzt-auch-fuer-gewerbe-und-mehrfamilienhaeuser/>

5. Weitere Informationsquellen

Sehr umfangreiches Material findet sich auf der Internetseite des BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. mit interaktiven Lernbausteinen sowie weitreichendem Unterrichtsmaterial. <https://www.energie-macht-schule.de/>

Im Rahmen der Nationalen Wasserstoffstrategie gibt es seitens des Bundesministeriums für Bildung und Forschung eine Übersicht über aktuelle Forschungsprojekte, die gefördert werden. Im Rahmen der Projektbeschreibungen wird deutlich, wo aktuell noch Forschungsbedarf besteht und wie der aktuelle Entwicklungsstand ist. <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/>

Gute Dokumentationen bzw. Filme sind sowohl vom WDR als auch beim MDR erschienen. Beide dauern ungefähr 45 Minuten. NRW.Energy4Climate bietet zudem eine kurze Zusammenstellung zu den Chancen für die Nutzung in der Industrie.

- WDR Quarks: „Hoffnungsträger Wasserstoff! Schlüsselenergie der Zukunft?“
Abrufbar unter <https://www.ardmediathek.de/video/quarks/hoffnungstraeger-wasserstoff-schluesselenergie-der-zukunft/wdr/Y3JpZDovL3dkci5kZS9CZWl0cmFnLTk2OWJlOGZmLTc2OTUtNDMyZi04YjI2LTY1MjlmMWFiZGZjNg> (April 2022, verfügbar bis 28.04.2027)

- MDR Wissen: „Ist Wasserstoff die Kohle der Zukunft? - Was das Element für die Energiewende bedeutet“ (2021)
Abrufbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=qNqkoCSTJ7k>
- NRW.Energy4Climate: Chancen und Herausforderungen einer Zukunftstechnologie (2022)
<https://www.youtube.com/watch?v=6-EG7nV-RO8>

6. Tipps zur Gestaltung von Videos

Die Landesanstalt für Medien NRW hat in ihrer Medienbox hilfreiche Tutorials zum Thema Videodreh erstellt. Hier könnt ihr stöbern und recherchieren:

[Medienbox NRW: Die Werkzeugkiste für Dein Thema in Bild und Ton \(medienbox-nrw.de\)](https://www.medienbox-nrw.de)

Darüber hinaus findet ihr eine Handreichung "Erklärvideos im Unterricht" und FAQ "Was darf ich in der Filmbildung?", die auf der Webseite der FILM+SCHULE NRW frei zum Download zur Verfügung stehen: <https://www.filmundschule.nrw.de/digital>

Wenn Ihr Fragen zur Filmproduktion habt, könnt ihr auch ebenfalls gerne an uns wenden.