



LEE.SH

Aus dem Norden.
In die Zukunft.

AUFGELADEN

KOMPAKTES WISSEN ÜBER ERNEUERBARE ENERGIEN



WASSERSTOFF – ENERGIETRÄGER DER ZUKUNFT

WARUM WASSERSTOFF WICHTIG WIRD

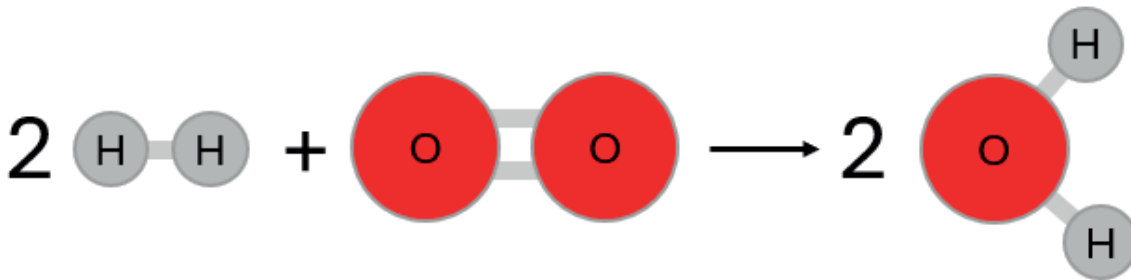
Wasserstoff gilt als einer der wichtigsten Bausteine für eine klimaneutrale Energieversorgung. Er kann dort helfen, wo Strom aus erneuerbaren Energien nicht direkt genutzt werden kann oder wo große Energiemengen längerfristig gespeichert, transportiert oder in industriellen Prozessen eingesetzt werden müssen. Besonders wichtig ist Wasserstoff, weil er erneuerbarem Strom flexibel nutzbar macht: Nicht direkt genutzte Wind-, Sonnen- oder Bioenergie wird über den Prozess der Elektrolyse zu Wasserstoff umgewandelt. Dieser Wasserstoff steht anschließend als Energieträger, Rohstoff oder Kraftstoff zur Verfügung und kann gut gespeichert sowie über lange Strecken transportiert werden.



WAS IST WASSERSTOFF?

Wasserstoff ist das leichteste chemische Element und kommt in der Natur meist nicht frei, sondern gebunden vor – zum Beispiel in Wasser. Als Gas ist Wasserstoff farb- und geruchlos. Seine besondere Bedeutung entsteht dadurch, dass er mithilfe von elektrischem Strom aus Wasser hergestellt und als flexibler Energieträger sowie als Speicher eingesetzt werden kann.

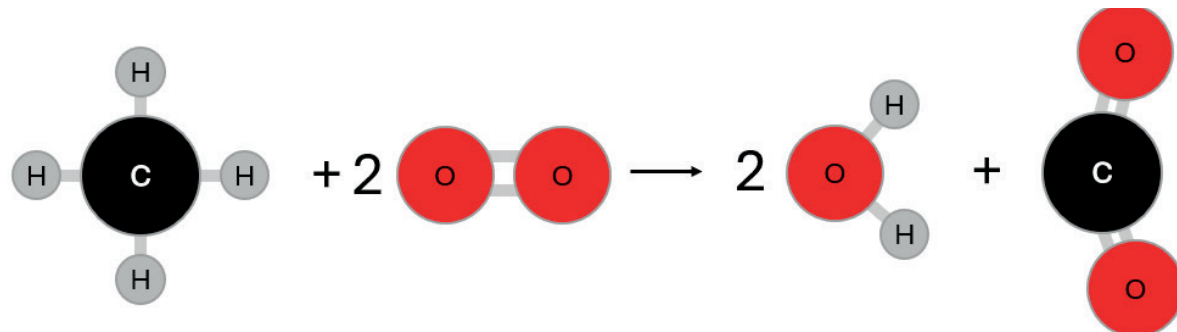
Wird Wasserstoff mit Sauerstoff zusammengeführt, entsteht Wasser als Endprodukt. Die vereinfachte Reaktionsgleichung lautet: $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$.



Eigene Darstellung

Dabei wird Energie in Form von Wärme frei, die direkt oder zur Stromproduktion einsetzbar ist.

Ein Vorteil von Wasserstoff ist, dass bei seiner Nutzung keine direkten CO_2 -Emissionen entstehen. Bei fossilen Energieträgern wie Methan entsteht dagegen CO_2 , wie die vereinfachte Reaktionsgleichung zeigt: $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$.



Eigene Darstellung

Außerdem kann Wasserstoff in einer Brennstoffzelle direkt Strom und Wärme erzeugen. Damit kann er helfen, Schwankungen bei Wind- und Solarstrom auszugleichen und Energie zeitlich sowie räumlich versetzt verfügbar zu machen.

WIE WIRD GRÜNER WASSERSTOFF ERZEUGT?

Für die Herstellung von grünem Wasserstoff wird in der Regel ein Elektrolyseur eingesetzt. In diesem Gerät wird Wasser mithilfe von elektrischem Strom in seine Bestandteile Sauerstoff und Wasserstoff aufgespalten.

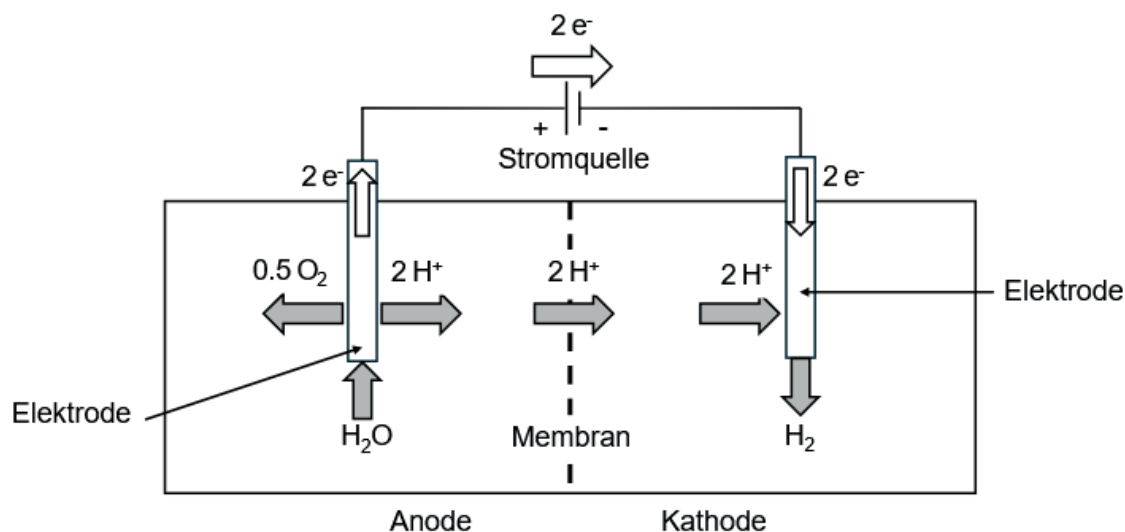


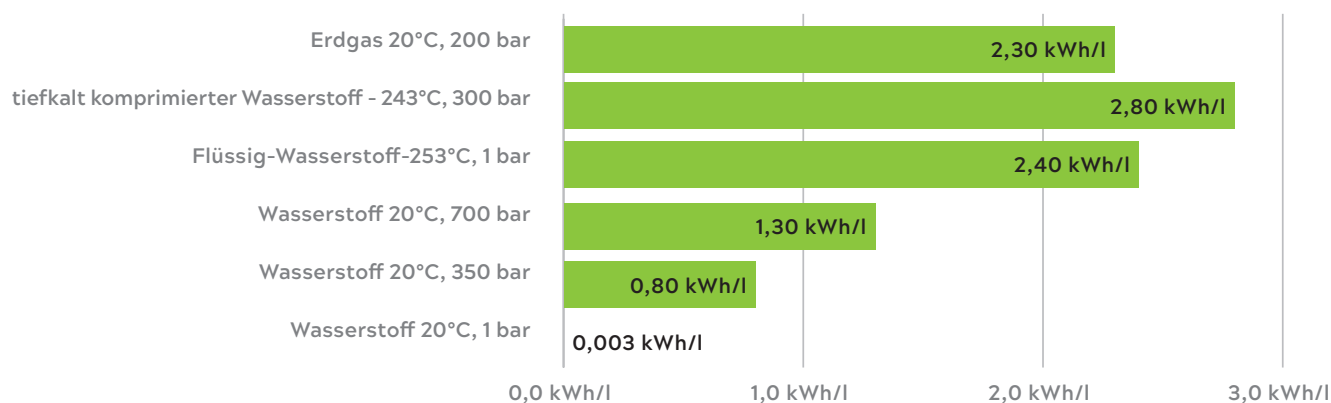
Abbildung 1: Schematischer Aufbau einer Elektrolysezelle¹

Entscheidend ist dabei die Herkunft des Stroms: Nur wenn Strom aus erneuerbaren Energien - etwa Windkraft oder Photovoltaik - verwendet wird, entstehen auch bei der Produktion des Wasserstoffs keine CO_2 -Emissionen. Die Elektrolyse ist damit das Verbindungsglied zwischen erneuerbarer Stromerzeugung und der Nutzung dieser umgewandelten Energie in anderen Sektoren, zum Beispiel in Industrie, Mobilität oder zentraler Wärmeversorgung über Kraft-Wärme-Kopplung.

Nach der Erzeugung wird Wasserstoff aufbereitet und gespeichert. Je nach Anwendung kann er gasförmig unter hohem Druck oder verflüssigt gelagert werden. Die Komprimierung ist wichtig, weil Wasserstoff im Verhältnis zu seinem Gewicht deutlich mehr Energie enthält als fossile Gase, gasförmig im Verhältnis zum Volumen jedoch deutlich weniger. Durch Verdichtung oder Verflüssigung kann er besser transportiert und für verschiedene Anwendungen bereitgestellt werden.

Eigene Darstellung

Volumetrische Energiedichten



DIE FARBEN DES WASSERSTOFFS

Wasserstoff selbst ist immer farblos. Die bekannten Farbbezeichnungen beschreiben nicht das Aussehen des Gases, sondern die Art seiner Herstellung und damit seine Klimawirkung. Im Folgenden werden die wichtigsten Farben erläutert; weitere Kategorien werden in dieser Broschüre nicht vertieft.

1. **Grüner Wasserstoff** wird per Elektrolyse mit erneuerbarem Strom erzeugt und ist deshalb die zentrale Zielgröße für eine klimaneutrale Wasserstoffwirtschaft.
2. **Grauer Wasserstoff** wird mittels Dampfreformierung* meist aus fossilem Erdgas hergestellt. Dabei entstehen rund 10 Tonnen CO₂ pro Tonne Wasserstoff. Das entstandene CO₂ wird aktuell in die Atmosphäre abgegeben. Diesen Wasserstoff gilt es durch klimafreundlichen Wasserstoff zu ersetzen.
3. **Blauer Wasserstoff** ist grauer Wasserstoff, bei dessen Entstehung das CO₂ jedoch abgeschieden und im Erdboden gespeichert wird (CCS, Carbon Capture and Storage). Maximal 90 Prozent des CO₂ sind speicherbar und die Speicherkapazitäten sind begrenzt.²

Für den Klimaschutz ist daher vor allem grüner Wasserstoff entscheidend. Er sollte besonders dort eingesetzt werden, wo direkte Elektrifizierung an technische oder wirtschaftliche Grenzen stößt – etwa in bestimmten Industrieprozessen, im Schwerlastverkehr, im Flug- und Seeverkehr oder als saisonaler Energiespeicher.

STANDORTVORTEIL SCHLESWIG-HOLSTEIN

Schleswig-Holstein bringt besonders gute Voraussetzungen für die Erzeugung von grünem Wasserstoff mit. Das bestätigen aktuelle Studien sowie der Netzentwicklungsplan der Bundesnetzagentur. Das Bundesland verfügt über viel erneuerbaren Strom aus Windenergie und zunehmend auch aus Photovoltaik. Dieser Strom ist die Grundlage für die Elektrolyse. Damit kann Wasserstoff in Schleswig-Holstein nicht nur klimafreundlich produziert werden; er kann auch regionale Wertschöpfung schaffen, zur Defossilisierung der Industrie beitragen, neue Geschäftsmodelle ermöglichen und Industrie, Mobilität sowie Energieversorgung miteinander verbinden

Der Standortvorteil liegt vor allem in der Kombination aus großen erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten, Küstennähe, Seehäfen für den Import und Export von Wasserstoff sowie dessen Derivaten und der Anbindung an das deutsche Wasserstoffkernnetz.

Grüner Wasserstoff kann helfen, erneuerbaren Strom besser vor Ort zu nutzen, die Stromnetze zu entlasten und Abregelungen (sog. Redispatch**) zu vermeiden. Gleichzeitig kann er den Weg zu klimaneutralen Prozessen in Bereichen eröffnen, die sich nur schwer vollständig elektrifizieren lassen.

* Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff aus Erdgas mittels hoher Temperaturen und Wasserdampf.

** Redispatch ist die Abschaltung von Erzeugern bei akuten Netzkapazitätsengpässen.

ANWENDUNGEN: WO WASSERSTOFF SINNVOLL IST

Wasserstoff ist vielseitig einsetzbar. In der Industrie kann er fossile Energieträger und Rohstoffe ersetzen, etwa bei Prozessen mit sehr hohen Temperaturen oder in der Stahl- und Chemieindustrie. Im Verkehr kann Wasserstoff insbesondere dort eine Rolle spielen, wo Batterien an Grenzen stoßen - zum Beispiel bei schweren Nutzfahrzeugen, Bussen, im Schiffsverkehr oder perspektivisch bei synthetischen Kraftstoffen für den Luftverkehr. Auch für die Rückverstromung kann Wasserstoff relevant sein: In Zeiten mit wenig Wind und Sonne kann gespeicherter Wasserstoff genutzt werden, um wieder Strom und Wärme zu erzeugen.

Gleichzeitig gilt: Erneuerbarer Wasserstoff ist aktuell noch rar; seine Herstellung benötigt viel erneuerbaren Strom. Deshalb sollte er gezielt eingesetzt werden - vor allem dort, wo es keine effizientere klimaneutrale Alternative etwa durch direkte Elektrifizierung gibt. Für viele Anwendungen, etwa im Pkw-Verkehr oder bei der Gebäudewärme, ist die direkte Nutzung von Strom häufig effizienter. Grundlage für den Wasserstoffhochlauf ist der weitere Ausbau von erneuerbaren Energien, damit der benötigte Strom kostengünstig zur Verfügung gestellt werden kann.

POLITISCHE RAHMENBEDINGUNGEN UND HOCHLAUF

Damit eine Wasserstoffwirtschaft entstehen kann, müssen Produktion, Infrastruktur und Nachfrage gemeinsam wachsen. Unternehmen investieren nur dann in Elektrolyseure, Speicher und Netze, wenn sie verlässliche Abnehmer und stabile politische Rahmenbedingungen erwarten können. Gleichzeitig können industrielle Verbraucher nur dann auf Wasserstoff umstellen, wenn Versorgung, Preis und Infrastruktur planbar sind. Der Hochlauf braucht daher Investitionssicherheit, klare Förderinstrumente, schnelle Genehmigungen und eine verlässliche Nachfrageperspektive.

Eine zentrale Herausforderung ist das Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage: Wo es keine Abnahme gibt, entsteht kaum Produktion. Wo es keine Produktion gibt, bleiben Abnehmer zurückhaltend. Politische Instrumente müssen diesen Kreislauf durchbrechen. Dazu gehören der Aufbau von Infrastruktur, staatlich abgesicherte Abnahmegarantien für First Mover, die zeitnahe Anbindung von Großprojekten ans Kernnetz, verlässliche und umsetzbare Nachhaltigkeitskriterien für Wasserstoff und ein Marktdesign, das grünen Wasserstoff gegenüber fossilen Alternativen wettbewerbsfähiger macht.

EXKURS: WASSERSTOFFKERNNETZ

Das deutsche Wasserstoffkernnetz soll bis Anfang der 2030er Jahre zentrale Erzeugungs-, Import-, Speicher- und Verbrauchsstandorte miteinander verbinden und umfasst bundesweit rund 9.000 Kilometer Leitungslänge. Es ist ein zentraler Baustein, damit Wasserstoff künftig dort ankommt, wo er gebraucht wird. Für Schleswig-Holstein sind insbesondere die Anbindung der Westküste und des Industriestandorts Brunsbüttel sowie Verbindungen zu überregionalen Transportkorridoren zwischen Dänemark und Niedersachsen wichtig. Geplant sind unter anderem die Umrüstung bestehender Erdgasleitungen, etwa zwischen Klein Offenseth-Sparrieshoop und Brunsbüttel, sowie der Neubau von Leitungen, unter anderem zwischen Ellund und Niebüll. Weitere Trassen in Richtung Kiel können ergänzend im Verteilnetz entwickelt werden; hierfür fehlt jedoch aktuell der Finanzierungs- und Regulierungsrahmen.

FAZIT

Grüner Wasserstoff ist ein wichtiger Schlüssel für die Energiewende. Er macht erneuerbare Energie langfristig speicherbar, kann fossile Energieträger in schwer elektrifizierbaren Bereichen ersetzen und eröffnet Regionen mit viel grünem Strom neue wirtschaftliche Chancen. Schleswig-Holstein hat dafür hervorragende Voraussetzungen. Entscheidend ist nun, den Hochlauf entschlossen, effizient und klimafreundlich zu gestalten – mit ausreichend erneuerbaren Energien, verlässlicher Infrastruktur, klaren politischen Leitplanken und Anwendungen dort, wo Wasserstoff den größten Nutzen für Klima, Wirtschaft und Versorgungssicherheit bringt.

Text und Abbildungen: Nils Bellersen

ANSPRECHPARTNER IM LEE:

Felix Papenfuß

Büroleitung, Referent Erneuerbare Gase
und Sektorenkopplung



papenfuss@lee-sh.de



+49 431 22181450

-
- 1 Quelle: <https://tlk-energy.de/blog/pem-elektrolyse-grundlagen-und-simulation>
 - 2 Quelle: <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/wissenswertes>