

Die Wasserstoff-Kontroverse

12.07.2022 14:27 | Geschrieben von: Hannah Simons | Veröffentlicht in: [Wissenswertes](#)

Newsletter Topthemen

Wasserstoff wird als Allheilmittel gegen den Klimawandel gehandelt: Wasserstoffbetriebene PKW, Heizungen und Stahlproduktion. Doch kann das Element unsere Erwartungen erfüllen?



Nicht wenige Leute nennen, wenn man sie fragt, was sie mit Wasserstoff verbinden, den Zeppelin "Hindenburg". Der mit Wasserstoff betriebene Zeppelin ging 1937 beim Landeanflug in Flammen auf, 36 Menschen starben. Die Energie, die bei der Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser frei wird, ist augenscheinlich enorm. Das Unglück hat gezeigt, welche Gefahren das birgt. Zugleich eröffnen sich damit aber auch zahlreiche Chancen. Nicht ohne Grund gilt Wasserstoff als "Champagner der Energiewende" und wird von der Bundesregierung aber auch der Automobilindustrie als Zukunftstechnologie angepriesen. Auch die Heizungsindustrie träumt davon, ihre Gaskessel künftig mit Wasserstoff zu befeuern, denn da das einzige Produkt der Verbrennung Wasser ist, ist die Energiewende mit Wasserstoff CO₂-neutral. Und zudem haben wir Wasserstoff en masse. Als das häufigste chemische Element stellt es 75 Prozent

der Masse und 93 Prozent aller Atome des Sonnensystems. Und auch, wenn Wasserstoff auf der Erde deutlich seltener vorkommt, handelt es sich immer noch um extreme Mengen. Aber wie realistisch ist es, dass unsere Welt irgendwann Wasserstoff-betrieben ist? In welchen Bereichen kann Wasserstoff gewinnbringend eingesetzt werden, wo gibt es sinnvollere Alternativen?

Geschichte und Herstellung von Wasserstoff

Der Traum von Wasserstoff als Energieträger ist alles andere als neu. Der Schriftsteller Jules Verne hat Wasser in seinem Roman "Die geheimnisvolle Insel" von 1874 als "Kohle der Zukunft" bezeichnet. Doch ein Unterschied zwischen Wasser und Kohle ist offenbar: Das eine gilt gemeinhin als umweltschädlich, das andere nicht. Doch ob Wasserstoff tatsächlich klima- und umweltfreundlich ist, hängt von seiner Produktion ab. Wasserstoff liegt aufgrund seiner hohen Reaktivität fast ausschließlich gebunden vor und muss, wenn man es nutzen möchte, durch Strom aus Wasser abgespalten werden. Dieses Verfahren nennt man Elektrolyse oder auch "Power to Gas". Damit bei der Produktion von Wasserstoff keine klimaschädlichen Gase entstehen, sollte der Strom aus erneuerbaren Quellen kommen.

Das Konzept gibt es seit den 1970er Jahren und seit 1989 wird an der Wasserstoffproduktion in großem Maßstab geforscht. Damals errichteten Forscher:innen im bayerischen Städtchen Neunburg vorm Wald in der Oberpfalz eine Solar-Wasserstoff-Anlage, wo das Gas mit Hilfe von Solarzellen erzeugt wurden. Zehn Jahre später entstand ein ähnliches Projekt in der Wüste Saudi-Arabiens. Am Bau war auch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR beteiligt. Projekte wie diese waren revolutionär und wegweisend, allerdings verhalfen sie nicht zum großen Durchbruch. Obwohl zur Jahrtausendwende die ersten Wasserstofftankstellen eingerichtet wurden, blieb Wasserstoff teuer während fossile Energieträger wie Erdöl und Erdgas günstig blieben.

Aufgrund der Erderwärmung drängt das Europäische Parlament seit 2007 die EU-Mitgliedsstaaten dazu, eine Wasserstoffwirtschaft aufzubauen. Als erstes Land weltweit beschloss Japan 2017 eine nationale Wasserstoffstrategie, andere Staaten folgten, etwa Deutschland im Juli 2020. Das Europaparlament möchte durch den Aufbau einer europäischen Wasserstoffwirtschaft die selbstgesteckten Klimaziele erreichen, denn laut eines Berichtes vom 19. Mai 2021 können durch Wasserstoff bis 2050 jährlich rund 560 Millionen Tonnen CO₂ eingespart werden.

Klassifikation von Wasserstoff

Wie bereits gesagt, ob Wasserstoff klimafreundlich ist, hängt davon ab, wie er produziert wird. Um zu kennzeichnen, wie der Wasserstoff hergestellt wurde und entsprechend seine Ökobilanz ausfällt, wird Wasserstoff unterschiedlich benannt.

Grüner Wasserstoff	Bei der Elektrolyse von Wasser durch Strom wird es in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. Kommt der dafür genutzte Strom ausschließlich aus regenerativen Quellen, spricht man von grünem Wasserstoff, da dieser allgemein als CO ₂ -neutral gilt.
Grauer Wasserstoff	Wasserstoff kann auch aus Erdgas hergestellt werden. Dabei entstehen pro Tonne Wasserstoff ungefähr zehn Tonnen CO ₂ , die ungenutzt in die Atmosphäre abgegeben werden. In diesem Fall spricht man von grauem Wasserstoff.
Blauer Wasserstoff	Hierbei handelt es sich um grauen Wasserstoff, bei dem das entstandene CO ₂ abgeschieden und gespeichert wird. Statt in die Atmosphäre zu gelangen wird das Treibhausgas in den Bode gepresst. Die Bundesregierung bezeichnet dieses Verfahren als CO ₂ -neutral. Umweltschützer:innen bezweifeln, ob die unterirdische Lagerung über Jahrhunderte hinweg dicht bleibt. Auch bleiben in der Betitelung der Bundesregierung die Emissionen durch Förderung und Transport von Erdgas unberücksichtigt. Greenpeace nennt einen CO ₂ -Ausstoß von 220 g pro Kilowattstunde Wasserstoff.
Türkiser Wasserstoff	Türkiser Wasserstoff wird durch die thermische Spaltung von Methan hergestellt. Dabei entsteht statt CO ₂ fester Kohlenstoff. Die Spaltung findet in Hochtemperaturreaktoren statt. Werden diese mit erneuerbaren Energien befeuert und wird der entstandene Kohlenstoff dauerhaft gebunden, kann auch diese Herstellung als CO ₂ -neutral bezeichnet werden.

Diese unterschiedlichen Bezeichnungen zeigen, dass Wasserstoff nicht immer die bessere Alternative zu Erdgas oder anderen fossilen Energieträgern ist. Wenn Wasserstoff in großem Maßstab eingesetzt werden und einen Beitrag zum Erreichen der Klimaziele leisten soll, muss grüner Wasserstoff genutzt werden. In Deutschland produziert allerdings noch niemand grünen Wasserstoff im kommerziellen Stil. Die Bundesregierung will den Markthochlauf mit

neun Milliarden Euro fördern, um die Elektrolyse-Kapazität bis 2030 auf fünf Gigawatt zu steigern. Aber selbst damit könnte höchstens ein Fünftel des Bedarfs gedeckt werden, sodass Deutschland beim grünen Wasserstoff stark von Importen abhängig bliebe. Auch der Lobbyverband "Zukunft Gas" bezweifelt, dass grüner Wasserstoff in ausreichenden Mengen zu marktfähigen Kosten produziert werden kann.

Das Kostenproblem

Was schon seit langem und immer wieder diskutiert wird, ist Wasserstoff als Treibstoff einzusetzen. Die Frage "Wasserstoff oder Strom?" ist dabei fast schon zu einer Glaubensfrage geworden. In beiden Fällen treibt ein Elektromotor das Auto an, der Unterschied ist aber, dass der Strom in einem Fall direkt aus der Batterie kommt und im anderen von einer Brennstoffzelle im Fahrzeug erzeugt wird. Vor ein paar Jahren noch hatten die Wasserstofffahrzeuge die Nase vorn und sollten Diesel und Benziner ersetzen. Heute dominieren eindeutig die E-Autos mit Akkus als Energiespeicher. Ein Grund dafür sind technische Fortschritte bei den Batterien. Anfangs war die Reichweite sehr gering, inzwischen kommen einige Modelle auf rund 600 Kilometer, ohne an einer Ladesäule halten zu müssen. Derzeit erhältliche PKW mit Wasserstoff-Antrieb haben eine ähnliche Reichweite, sind aber deutlich teurer und die Ladeinfrastruktur ist noch schlechter als die für E-Autos. In Deutschland gibt es nicht einmal 100 Wasserstofftankstellen, verglichen mit knapp 15.000 herkömmlichen Tankstellen. Das führt zu mehreren klassischen Henne-Ei-Situationen: Wenn die Nachfrage steigt, werden die Preise sinken, aber zugleich wird die Nachfrage nur dann steigen, wenn die Infrastruktur ausgebaut wird, die aber nur ausgebaut wird, wenn die Nachfrage steigt.

Zudem ist Wasserstoff, also der grüne, gute Wasserstoff, teuer. Aus den Zapfsäulen heute kommt grauer Wasserstoff, der genau so viel kostet wie Benzin, da CO₂ nichts kostet. Beim grünen Wasserstoff dagegen sind aktuell die Produktionskosten noch zu hoch. Wettbewerbsfähig wird er erst, wenn man fossile Energieträger mit einer sehr hohen CO₂-Steuer belegt. Auch wenn Fachleute erwarten, dass sowohl die Elektrolyse in den kommenden Jahren effizienter wird, als auch, dass der Preis für Strom aus Wind und Sonne sinkt, wird das noch lange dauern. Grundsätzlich gilt: Je günstiger der Strom, desto günstiger der Wasserstoff. Günstig lässt sich der Strom insbesondere dort produzieren, wo die Sonne besonders stark scheint und der Wind stark bläst. Auch die Produktion mit Wärme, also in solarthermischen Kraftwerken, könnte effizient sein. Allerdings funktionieren solche Anlagen erst in südlichen Breiten wie Südspanien, Sizilien oder Nordafrika. China, aber insbesondere Korea und Japan setzen stark auf diese Vorteile von Wasserstoff. Es gibt sehr konsequente Förderprogramme. Allerdings setzen sie bei der Produktion auf nicht wirklich umweltfreundliche Verfahren, wie Gas-Reformierung und Atomstrom. Für die Unabhängigkeit von Ölimporten nehmen sie sehr hohe Treibstoffpreise in Kauf.

Die Effizienz von Wasserstoff als Treibstoff

Doch viel wichtiger ist die Frage, ob es überhaupt sinnvoll ist, Fahrzeuge mit Wasserstoff anzutreiben. Ein erheblicher Nachteil des Wasserstoffantriebs, der sich nicht so einfach beheben lässt, ist die Energieeffizienz. Die meisten Fachleute plädieren dafür, direkt mit Strom zu fahren, statt zunächst mit Strom Wasserstoff zu produzieren, um diesen dann zu tanken und daraus wiederum Strom zu machen, mit dem das Fahrzeug dann betrieben wird. Nur wenn ein Fahrzeug mehrere Tonne wiegt, könne Wasserstoff als Treibstoff sinnvoll sein, also bei Bussen oder LKW. Oder auch für Züge, wenn Oberleitungen fehlen, was bei mehr als einem Drittel des deutschen Bahnnetzes der Fall ist. Denn die gravimetrische Speicherdichte ist sehr hoch, das bedeutet, dass der Brennwert von einem Kilogramm Wasserstoff bei 33 Kilowattstunden liegt, also bei mehr als dem Dreifachen des Energiegehalts von einem Liter Benzin oder Diesel.

Auch preislich sind Wasserstoff-betriebene Fahrzeuge nicht ideal. Die Brennstoffzellen-Stacks in den neuesten Automodellen kosten in der Herstellung fünfstelliger Dollar- oder Eurobeträge, unter anderem weil darin teure Edelmetalle wie Platin verbaut werden müssen. Der Prozess in den Brennstoffzellen mag recht einfach sein, die Zelle selber als Industrieprodukt ist dies aber nicht. Soll die Zelle etwa Minusgrade aushalten können, müssen Wasserreste aus dem Stack geblasen werden. Damit die Reaktion starten kann, muss die Zelle zudem vorgeheizt werden. Weil dabei Abwärme entsteht, ist eine Kühlung nötig. Und die von der Kühlung angesaugte Luft muss sehr aufwendig gefiltert werden, da sich Verschmutzungen wie Staubpartikel auf der Zell-Membran ablagern und auf Dauer die Leistung reduzieren würden. Aber selbst mit gefilterter Luft ist die Dauer einer Brennstoffzellenmembran eine kritische Größe. Da die Leistungssteuerung einer Brennstoffzelle komplex und relativ träge ist dauert es Sekunden vom Druck aufs Gaspedal bis zur Reaktion des Antriebs, weshalb ein Brennstoffzellen-Fahrzeug immer auch einen Akku als Puffer für die elektrische Energie braucht.

Konkludieren kann man allerdings, dass Wasserstoff wohl kaum eine Karriere in diesem Bereich machen wird, sondern eher in anderen. In diesem Bereich wird sich voraussichtlich eher die direkte Anwendung von Strom aus erneuerbaren Quellen durchsetzen. Bei einer Überproduktion wird dieser in der Wasserstoffproduktion eingesetzt und der Wasserstoff wiederum kann in anderen Bereichen, wie der Stahlverhüttung oder als Kohleersatz genutzt werden. In diesen Bereichen ist das CO₂-Einsparungspotential pro eingesetztem Kilogramm Wasserstoff deutlich größer als bei Brennstoffzellenautos und der technische Aufwand zugleich relativ gering.

Wasserstoff in der Stahlindustrie und als Kohleersatz

Die ehemalige Bundesforschungsministerin Karliczek sagt, dass etwa sechs Prozent der weltweiten CO₂-Emission auf die Stahlproduktion zurückzuführen seien, in der EU sogar ganze 22 Prozent. Stahl gänzlich grün zu produzieren, wäre entsprechend ein riesiger Schritt. Dazu sollen die traditionellen Hochöfen durch Direkt-Reduktionsanlagen ersetzt werden. Kohle als Reduktionsmittel kann dann durch Wasserstoff abgelöst werden. Die dabei entstehenden Eisenschwämme müssen dann eingeschmolzen werden, was mit grünem Strom erfolgen kann, sodass die Produktion von Stahl perspektivisch komplett CO₂-frei möglich ist. Die Direktreduktion von Eisenerz ist kein Neuland, denn auf Erdgasbasis wird die Technik schon seit Längerem angewandt. So wird zwar weniger CO₂ freigesetzt, aber klimaneutral ist der Stahl noch immer nicht. Erdgas und Wasserstoff können dabei gemischt eingesetzt werden und die Anteile sind flexibel. Um den CO₂-Ausstoß weiter zu reduzieren soll der Anteil an grünem Wasserstoff möglichst groß werden.

Vorreiter bei der grünen Stahlproduktion ist Schweden. Bereits 2022 wurde dort die erste Pilotanlage fertiggestellt. 2023 soll die Produktion starten und bis Anfang der 2040er Jahre soll sie komplett umgestellt worden sein. So können rund elf Prozent des schwedischen und sieben Prozent des finnischen CO₂-Ausstoßes eingespart werden. Doch einer ähnlichen Entwicklung in Deutschland stehen schon wieder die altbekannten Probleme entgegen: Es gibt zu wenig grünen Wasserstoff und der, den es gibt, ist zu teuer.

Wasserstoff ist bis dato theoretisch die einzige Möglichkeit, grünen Stahl herzustellen, abgesehen davon, dass man die anfallenden CO₂-Emissionen für die Produktion chemischer Grundstoffe weiterverwendet. Da die Stahlproduktion über kurz oder lang klimaneutral werden muss, ist die Situation gewissermaßen alternativlos. Allerdings ist die wasserstoffbasierte Produktion ziemlich herausfordernd, insbesondere wirtschaftlich. Damit die Stahlindustrie in Deutschland wettbewerbsfähig bleibt, darf eine Tonne des Gases maximal 2.000 Euro kosten, momentan liegt der Preis für grünen Wasserstoff allerdings bei 6.000 Euro. Grauer Wasserstoff kostet zwischen 2.000 und 4.500 Euro, doch löst er das Problem nicht. Zudem muss in der Stahlindustrie einiges umge-

baut werden. Geschätzt werden dazu in den kommenden Jahren 30 Milliarden Euro benötigt. In Anbetracht zahlreicher veralteter Anlagen und ihrer notwendigen Erneuerung kann dies aber auch als Chance einer innovativen neuausrichtung gesehen werden. Um eine technische Umstellung dieser Größenordnung bewerkstelligen zu können, fordern Beteiligt Unterstützung seitens des Staates. Die könnte etwa so aussehen, dass Elektrolyseure, die erneuerbaren Strom nutzen, von Letztverbraucherabgaben befreit und Markteinführungsprogramme gestartet werden, die die Nachfrage nach grünem Wasserstoff erhöhen.

Wasserstoff ist kein Allheilmittel

Wasserstoff darf nicht als Allheilmittel fehlinterpretiert werden. Claudia Kemfert, Mitglied des Sachverständigenrates für Umweltfragen der Bundesregierung, beschreibt Wasserstoff nur als letztes Puzzlestück: "Die Herstellung erfordert drei- bis fünfmal so viel Energie wie die direkte Nutzung erneuerbarer Energien. Man wird Wasserstoff deshalb vernünftigerweise nur dort einsetzen, wo es keine andere – vor allem elektrische – Möglichkeit gibt." Wichtige Einsatzgebiete werden deswegen vor allem die Industrie sowie der Schiffs-, Schwerlast- und Flugverkehr sein.

Ein entscheidenden Vorteil von Wasserstoff ist allerdings, dass so die Energie, wenn es nötig ist, monatelang in Druckbehältern oder Gaskavernen gespeichert werden kann. Insbesondere als Speicher für den schwankenden Strom aus Solarzellen und Windrädern wird Wasserstoff deswegen hoch gehandelt. Um Wasserstoff auf lange Sicht rentabel zu machen, muss ein robuster Markt geschaffen werden. Das ist nur möglich, wenn global gedacht werden. In Ländern mit vielen Sonnenstunden ist eine deutlich günstigere Wasserstoffproduktion möglich. Länder wie Ägypten, Marokko, die Ukraine, Australien und die USA müssen also in Boot geholt werden.



Hannah Simons

Hannah Simons ist seit 2020 für die ibau GmbH tätig. Als Redakteurin recherchiert und verfasst sie Artikel für den News-Bereich und das Glossar. Dabei verfolgt sie das Ziel komplexe Inhalte einfach und gut verständlich aufzubereiten.



0800 3344355

Kostenfrei aus dem deutschen Fest- und Mobilfunknetz. Mo-Do: 08.30-17.00 Uhr · Fr: 08.30-15.00 Uhr