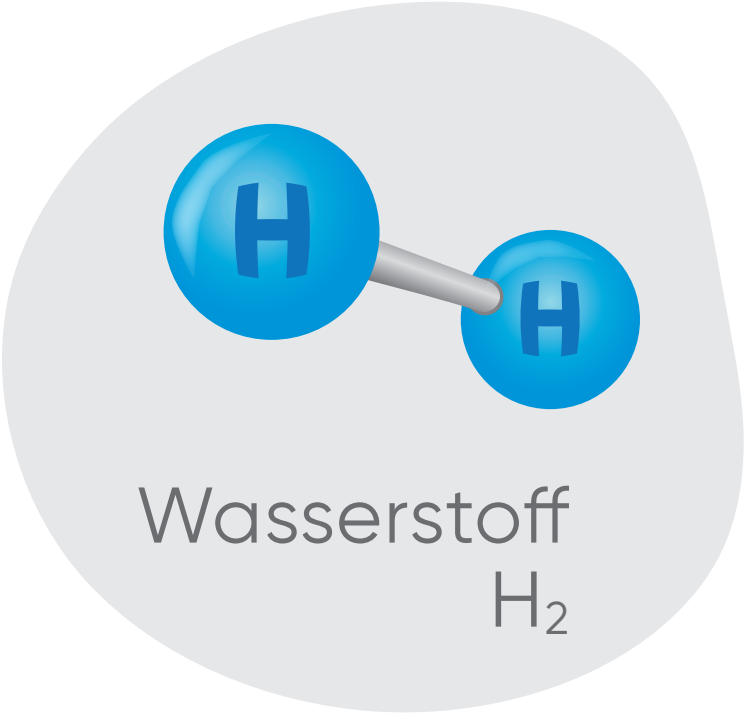
Nr. 1/2019

gazette
Energie und Technik

60. Jahrgang

Wasserstoff der Energieträger der Zukunft?



Das Jahr 2019 könnte der Startschuss sein für Wasserstoff als wichtiges Element des zukünftigen Energiemixes. Grund sind die politischen Klimaziele. Der Bericht «Hydrogen Roadmap Europe» zeigt auf, dass die Klimaziele der EU bis 2050 nur mit Wasserstoff realisierbar sind. Die International Energy Agency (IEA) hat eine unabhängige Wasserstoffstudie publiziert. Japan macht als erstes Land Wasserstoff zum zentralen Baustein seiner Energieversorgung. In den Niederlanden startete der erste Feldversuch mit Wasserstoffheizungen. Die Schweiz wird Testmarkt für wasserstoffbetriebene LKW.

Wasserstoff

Ist Wasserstoff der Hoffnungsträger einer erneuerbaren Energieversorgung der Zukunft? Wenn man die Eigenschaften und vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten von Wasserstoff als Grundlage nimmt, so ist die Frage mit einem klaren Ja zu beantworten.

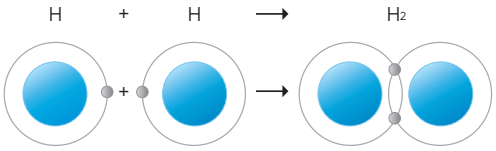
Wasserstoff ist wie die Elektrizität keine Energiequelle, sondern ein sekundärer Energieträger. Sowohl Wasserstoff als auch elektrische Energie können durch verschiedene Energiequellen sowie Technologien erzeugt werden und beide Energieträger sind vielseitig anwendbar.

Der entscheidende Unterschied zwischen den beiden Energieträgern ist, dass Wasserstoff ein chemischer Energieträger ist, der aus Molekülen besteht und nicht nur aus Elektronen wie die elektrische Energie. Dieser Unterschied begründet auch den Vorteil von Wasserstoff (in einigen Bereichen) gegenüber der Elektrizität. Chemische Energie ist lange und stabil speicherbar sowie gut transportierbar. Die H_2-Moleküle können zudem zur Erzeugung hoher Temperaturen verbrannt werden und sind problemlos einsetzbar für verschiedenste Anwendungen.

Eine dekarbonisierte Energieversorgung, nur auf der Basis von Strom, wäre ein sehr anfälliges flussbasiertes Energiesystem. Produktion und Verbrauch müssten dabei in Echtzeit und auch über grosse Distanzen abgleichbar sein. Eine auf verschiedenen Energieträgern aufgebaute Energieversorgung ist zuverlässiger und sicherer.

Wasserstoff wird als Schlüsselelement eines zukünftig klimaneutralen Energiesystems betrachtet. Denn Wasserstoff besitzt die Fähigkeit, die Integration der erneuerbaren Energien zu erleichtern. Ebenso bietet Wasserstoff die Möglichkeit zur Dekarbonisierung von Sektoren (Verkehr, Gebäude, Industrie), die ansonsten schwer zu transformieren sind.

Wasserstoff…



- besteht aus einem Proton und einem Elektron
- ist ein chemisches Element mit dem Symbol H
- hat die Ordnungszahl 1 (Anzahl der Protonen im Atomkern eines chemischen Elements)
- ist das häufigste chemische Element im Universum
- ist Bestandteil von Wasser (H_2O) und beinahe aller organischen Verbindungen
- liegt in der Atmosphäre spurenweise als gasförmiges Wasserstoffmolekül H_2 vor
- ist der Energieträger mit der höchsten gewichtsbezogenen Energiedichte
- ist nicht explosiv – nur seine Gemische mit Sauerstoff oder anderen oxidierenden Gasen
- oxidiert nicht
- emittiert bei der Verbrennung kein CO_2
- verbrennt rückstandsfrei
- ist nicht giftig, ätzend oder radioaktiv
- ist geruchlos
- ist leichter als Luft
- ist nicht wassergefährdend
- schädigt weder Natur noch Umwelt
- ist nicht krebserregend

Geschichte und Eigenschaften von Wasserstoff

Vorkommen von Wasserstoff
Auf der Erde liegt Wasserstoff – im Gegensatz zu den Vorkommen im All – überwiegend gebunden vor. Von keinem anderen Element sind so viele Verbindungen bekannt. Der grösste Anteil irdischen Wasserstoffs kommt in der Verbindung Wasser vor. In dieser Form bedeckt er zwei Drittel der Erdoberfläche. Die prozentuale Häufigkeit von molekularem gasförmigem Wasserstoff H_2 in der Luft beträgt nur 0,55 ppm.

Geschichte
Der Wasserstoff wurde im Jahr 1766 vom englischen Privatgelehrten Henry Cavendish entdeckt, als er mit Quecksilber und Säuren experimentierte. Als er die beiden Substanzen zusammenbrachte, entstanden im Gemisch kleine Gasbläschen. Diese konnte er nicht als eines der bekannten Gase identifizieren. Unabhängig von Cavendish entdeckte der französische Chemiker Antoine Lavoisier 1787 das Gas, als er in einem Experiment zeigen wollte, dass bei chemischen Reaktionen keine Masse verloren geht oder erzeugt wird. Lavoisier untersuchte das entstandene Gas weiter und führte die heute als Knallgasprobe bekannte Untersuchung durch, wobei das Gas verbrannte. Als er in weiteren Experimenten zeigte, dass sich aus dem Gas auch umgekehrt Wasser erzeugen lässt, taufte er es «hydro-gène» (hydro = Wasser, griechisch; genes = erzeugend). Das Wort bedeutet demnach «Wasserbildner».

Stadtgas
Das Jahr 1843 steht für den Start der schweizerischen Gasversorgung, damals mit Stadtgas, das überwiegend aus Kohle gewonnen wurde. Der universell einsetzbare Sekundärenergieträger Stadtgas brachte vor allem mehr Komfort und Sicherheit in die Haushalte. Die Hauptinhaltsstoffe von Stadtgas waren Wasserstoff (50%), Methan (25%) und Stickstoff (15%). Die Verteilung erfolgte ausschliesslich über Inselnetze.

Physikalische/chemische Eigenschaften von H_2

Aussehen
Bei Umgebungsbedingungen liegt Wasserstoff als farb- und geruchloses Gas vor.

Spezifische Dichte
0,0899 kg/m³
Wasserstoff besitzt unter allen Stoffen das kleinste Molekulargewicht. H_2 ist das leichteste aller Gase, ca. vierzehnmal leichter als Luft.

Löslichkeit
Die Löslichkeit von Wasserstoff in Wasser ist mit ca. 1,6 mg/l gering. Viele Metalle besitzen jedoch ein ausserordentlich grosses Lösungsvermögen für Wasserstoff. Schwammförmiges Palladiummetall kann das 850fache seines eigenen Volumens an Wasserstoff aufnehmen.

Diffusionsvermögen
Als leichtestes Gas diffundiert Wasserstoff am schnellsten – auch durch poröses Material – und verteilt sich in ein anderes Medium hinein. Selbst durch Metalle wie Eisen, Platin oder Palladium.

Wärmeleitvermögen
0,1815 W/(m · K)
Das Wärmeleitvermögen des Wasserstoffs ist verhältnismässig hoch und etwa siebenmal so gross wie das der Luft.

Entzündbarkeit
Selbstentzündungstemperatur: 560°C

Brennbarkeit
Wasserstoff ist brennbar und bildet mit Sauerstoff ein explosives Gasgemisch. Entzündet man Wasserstoff an der Luft, so verbrennt er mit fahler, bläulicher, heisser Flamme zu Wasser.

Heizwert	**Brennwert**
119,972 MJ/kg	141,800 MJ/kg
10,782 MJ/m³	12,745 MJ/m³
2,995 kWh/m³	3,540 kWh/m³

Herstellung und Verwendung von Wasserstoff

Herstellung von Wasserstoff

Pro Jahr werden weltweit mehr als 500 Milliarden Kubikmeter Wasserstoff (H_2) für verschiedenste Anwendungen in der Industrie und der Landwirtschaft hergestellt. Chemisch gesehen ist molekularer Wasserstoff ein Primärenergieträger, da er in der Natur in freier Form vorkommt. Da diese Mengen aber sehr geringfügig sind, zählt Wasserstoff zu den Sekundärenergieträgern und muss unter Einsatz von Primärenergie erst einmal erzeugt werden. Dafür kommen bisher vor allem fossile Rohstoffe zur Anwendung, aber auch Strom aus Wasserkraft, Kernenergie und erneuerbaren Energien. Wasserstoff ist somit nicht automatisch nachhaltig, sondern nur so nachhaltig wie die Primärenergie, aus welcher er gewonnen wurde. Es gilt, immer den Gesamterzeugungspfad im Auge zu behalten. Heute grosstechnisch angewandte Verfahren zur Wasserstofferzeugung sind die Dampfreformierung aus Kohlenwasserstoffen und die elektrolytische Wasserstofferzeugung.

Herstellung von H_2 weltweit pro Jahr	Mrd. m^3
Dampfreformierung von Erdgas oder Naphtha	190
Partielle Oxidation von Schweröl	120
Benzinreformierung (Petrochemie)	90
Ethylenproduktion (Petrochemie)	33
Kohlevergasung (Koksgas)	50
Chlor-Alkali-Elektrolyse	10
Sonstige chemische Industrie	7
Total	500

Quelle: H2YDROGEIT

Dampfreformierung

Die Dampfreformierung aus Kohlenwasserstoffen ist das am weitesten verbreitete Verfahren zur Erzeugung von Wasserstoff, wobei die Reformierung aus Erdgas mit 70% den höchsten Wirkungsgrad aufweist. Bei der Dampfreformierung wird Wasserstoff in zwei Schritten von den Kohlenwasserstoffen getrennt. Im Dampfreformer werden die Einsatzstoffe Erdgas, Flüssiggas oder Naphtha (Rohbenzin) bei hohen Temperaturen mit Wasserdampf versetzt. Dabei werden zunächst Wasserstoff, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid erzeugt. Das durch unvollständige Umsetzung erzeugte Kohlenmonoxid wird anschliessend nochmals mit Hilfe von Dampf zu Kohlendioxid und Wasserstoff umgesetzt. Schliesslich wird das Produkt in einer Druckwechseladsorption von störenden Bestandteilen gereinigt. Die Prozess- und die Rauchgaswärme werden zur Dampferzeugung genutzt.

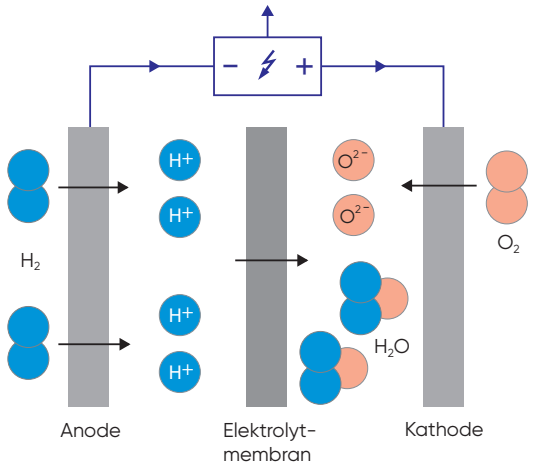
Elektrolyse von Wasser

Bei der Elektrolyse wird Wasser mit Hilfe von elektrischem Strom in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Bei klassischer Elektrolyse werden Wirkungsgrade von 65–70% erreicht, bei neuen Verfahren können bis zu 80% erreicht werden. Die Reaktion findet in einem Elektrolyseur statt, der mit einem leitfähigen Elektrolyten (Salze, Säuren, Basen) gefüllt ist und in dem sich zwei Elektroden befinden, die mit Gleichstrom betrieben werden. Bei der Elektolyse werden weder Kohlendioxid noch andere Luftschadstoffe freigesetzt.

Verwendung von Wasserstoff

Wasserstoff wird in vielen Branchen täglich als Gas oder Flüssigkeit verwendet. Der überwiegende Teil des grosstechnisch gewonnenen Wasserstoffs wird heute zur Synthese von Ammoniak eingesetzt. Mit dem Haber-Bosch-Verfahren wird aus Stickstoff und Wasserstoff Ammoniak (NH_3) hergestellt und daraus wichtige Düngemittel und Sprengstoffe. Darüber hinaus dient Wasserstoff als Ausgangsstoff für Hydrierungen (Addition von Wasserstoff an andere chemische Elemente oder Verbindungen), z. B. die Hydrierung von Kohle, Erdöl oder Teer zu Benzin, für die Umsetzung von Kohlenmonoxid zu Alkoholen und Kohlenwasserstoffen oder zur Fetthärtung (Hydrierung öliger zu festen Fetten, Herstellung von Margarine). Weiterhin findet Wasserstoff Verwendung bei der Synthese von Chlorwasserstoff (Salzsäure), als Heizgas (meist im Gemisch mit anderen Gasen), als Raketentreibstoff sowie als Reduktionsmittel zur Darstellung von Metallen (Kobalt, Molybdän, Wolfram, Germanium) aus ihren Oxiden. Für Laborzwecke oder zum autogenen Schweissen ist Wasserstoff in komprimierter Form in Druckgasflaschen (Druck bis zu 200 bar, Kennzeichnung: rot) im Handel erhältlich.

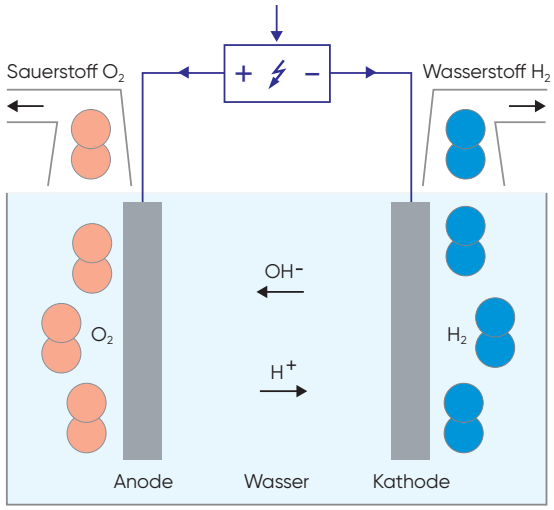
Wasserstofftechnologien



Quelle: ASUE

Prinzip der Brennstoffzelle

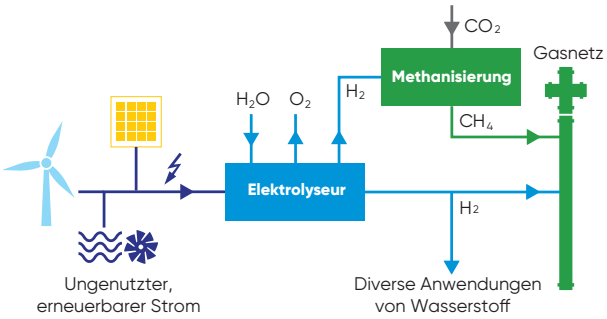
Wasserstoff und Sauerstoff sind die Ausgangsstoffe, um mit einer Brennstoffzelle Strom und Wärme zu erzeugen. Der Anode wird Wasserstoff zugeführt und von einem Katalysator in positive Ionen sowie negative Elektronen geteilt. Die negativ geladenen Elektronen wandern über einen elektrischen Leiter zur Kathode – somit fliesst Strom. Gleichzeitig wandern die positiv geladenen Wasserstoff-Ionen zur Kathode, wo sie sich mit Sauerstoff zu Wasser verbinden. Die dabei freigesetzte Wärme ist nutzbar. Die chemische Reaktion in der Brennstoffzelle bezeichnet man auch als «kalte Verbrennung».



Quelle: BDEW

Prinzip der Elektrolyse

Unter Elektrolyse (griech. «mittels Elektrizität trennen») versteht man die Aufspaltung einer chemischen Verbindung unter Einwirkung des elektrischen Stroms. Bei der Elektrolyse von Wasser wird dieses mit Hilfe von elektrischem Strom in seine chemischen Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff getrennt. An der Kathode – der negativen Elektrode – bildet sich Wasserstoff, der in Form von Gasblasen an der Kathode aufsteigt und gesammelt werden kann. An der Anode – der positiv geladenen Elektrode – entsteht Sauerstoff, welcher als Gas an der Anode aufsteigt und dort ebenfalls gesammelt werden kann. Bei der Elektrolyse wird elektrische in chemische Energie umgewandelt.



Quelle: BDEW

Prinzip von Power-to-Hydrogen

Der Elektrolyseur ist das Kernstück einer Power-to-Hydrogen-Anlage. Im Elektrolyseur wird Wasser mit Hilfe von Strom in einer chemischen Reaktion (Stoffumwandlung) in seine Bestandteile Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) aufgespalten. Der erneuerbare Wasserstoff (H_2) steht für diverse Anwendungen zur Verfügung oder kann direkt ins Gasnetz eingespeist werden. In einem zusätzlichen Schritt kann Wasserstoff in Verbindung mit CO_2 in Methan (CH_4) umgewandelt werden.

Wasserstoff in Europa

Der 2019 publizierte Bericht «Hydrogen Roadmap Europe» zeigt auf, dass ohne Wasserstoff die Europäische Union (EU) ihr Dekarbonisierungsziel für 2050 verfehlen wird. Daher spielt der flexibel und vielseitig einsetzbare Energieträger für die 28 Mitgliedstaaten der EU bei der Umsetzung der Energiestrategie eine Schlüsselrolle.

Der Prozess zu einem dekarbonisierten Energiesystem in Europa hat bereits begonnen. Dies wird die Art und Weise, wie Energie erzeugt, verteilt, gespeichert und verbraucht wird, fundamental verändern. Der 2019 herausgegebene Bericht «Hydrogen Roadmap Europe» macht nun deutlich, dass der Energieträger Wasserstoff eine Schlüsselrolle einnimmt bei der Energiewende und der Dekarbonisierung der europäischen Energieversorgung. Mit der stark zunehmenden Stromproduktion aus erneuerbaren Quellen, wie Windkraft und Solarenergie, wird auch der Bedarf an (saisonalen) Speicherkapazitäten für den überschüssigen Strom stark ansteigen. Die Umwandlung des überschüssigen Stroms in Wasserstoff ermöglicht daher auch die Integration der erneuerbaren Energien in grossem Massstab in den Sektoren Mobilität (vor allem im Schwerverkehr), in der Industrie (Prozessenergie und Chemie) und im Gebäude (Wärme und Stromerzeugung mit der Brennstoffzellentechnik).

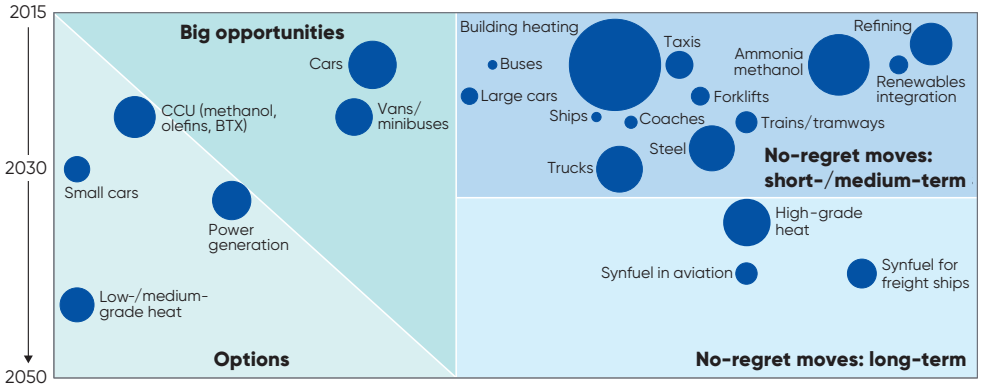
Der Bericht «Hydrogen Roadmap Europe» sieht in Europa bis 2050 ein jährliches Potenzial von über 2200 TWh Wasserstoff vor. Dies entspricht etwa einem Viertel des gesamten heutigen Energiebedarfs in der EU. Ab 2050 ermöglicht Wasserstoff somit die Reduktion der jährlichen CO_2-Emissionen um über 500 Mio. Tonnen. Neben den CO_2-Emissionen beseitigt Wasserstoff aber auch die nicht zu unterschätzenden lokalen NO_x-Emissionen im Verkehr um ca. 0,5 Mio. Tonnen pro Jahr.

Globaler Wasserstoffbedarf steigt

Auch weltweit gehen im Rahmen der Anstrengungen zur Dekarbonisierung des Energiemixes die Prognosen von einem starken Anstieg der Nachfrage nach elektrolytisch erzeugtem Wasserstoff aus. So erhöht sich der globale Bedarf von Wasserstoff von heute ca. 88 TWh bis 2050 auf über 6000 TWh pro Jahr.

Wasserstoff in Europa in Sektoren 2050	TWh/a
Stromerzeugung	110
Transport/Mobilität	680
Energie im Gebäude	570
Industrie	890
Total	2250

Anwendungen von Wasserstoff in Europa 2015–2050



Year in which sales share >1% (Mass market acceptability)

Quelle: Hydrogen Roadmap Europe | © FCH 2 JU, 2018

Big opportunities: In diesem Bereich besitzt Wasserstoff ein grosses Potenzial zur Dekarbonisierung.

Options: In diesem Bereich bietet Wasserstoff weniger Vorteile als andere Lösungen zur Dekarbonisierung.

No-regret moves: In diesem Bereich ist Wasserstoff entweder die einzige Option zur Dekarbonisierung oder bietet das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis.

● Die Grösse der Kreise entspricht dem H_2-Anwendungspotenzial 2050 in TWh/a

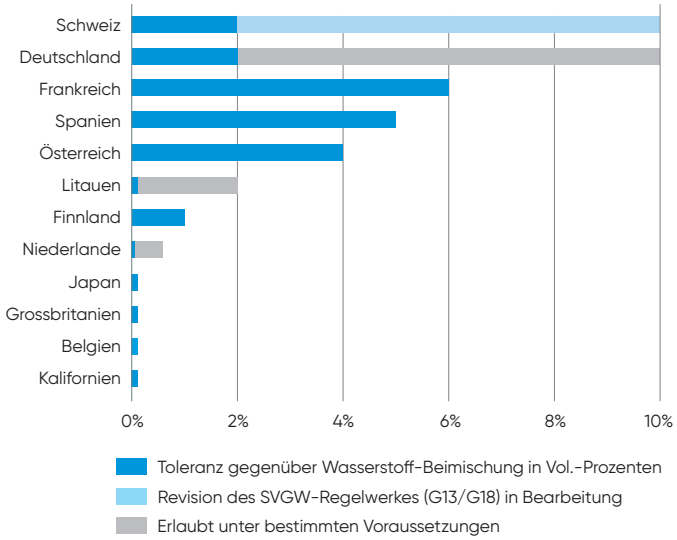
Weitere Informationen: «Hydrogen Roadmap Europe» 2019 | www.publications.europa.eu

Wasserstoff im Gasnetz

Die Verwendung von Wasserstoff (H_2) als Energieträger benötigt einheitliche Sicherheitsstandards und Normen auf europäischer Ebene.

Auf europäischer Ebene arbeiten die EU/EFTA und die europäischen Normungsorganisationen CEN/CENELEC zurzeit an einem Normungsmandat mit dem Ziel, den Wasserstoffanteil im Erdgasnetz schrittweise zu erhöhen, bis hin zum Aufbau eines reinen 100%-Wasserstoffnetzes. Derzeit erschweren regulatorische Hindernisse und nicht harmonisierte Normen die Verbreitung von Wasserstoff in neuen Anwendungen. Hürden sind unter anderem das niedrige Niveau der zulässigen H_2-Beimischung in das bestehende Gasnetz und die unterschiedlichen Grenzwerte für H_2NG-Gemische in Europa.

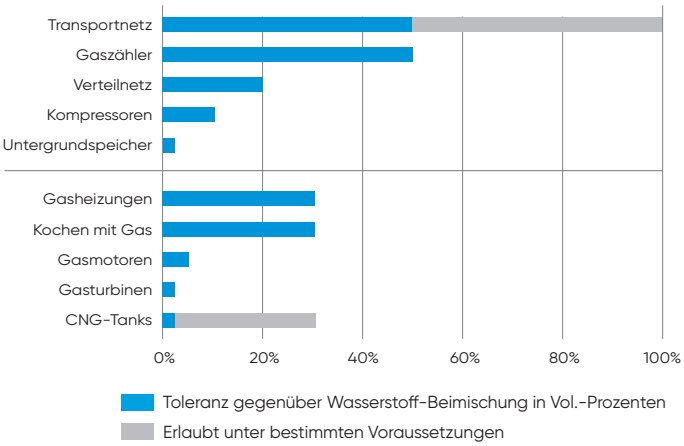
Aktuelle H_2-Grenzwerte in Erdgasnetzen



Materialbeständigkeit und Wasserstoff-Toleranz von Geräten

Einige wichtige Normen im Bereich der Gasinfrastruktur und der Kompatibilität mit Geräten müssen noch entwickelt werden. Leitungen, Messgeräte, Heizkessel etc. sind auf ihre Materialbeständigkeit und Toleranz gegenüber verschiedenen H_2NG-Gemischen zu prüfen. Technisch gesehen, vertragen bereits heute viele Geräte und Komponenten höhere H_2NG-Gemische als die derzeit in der Schweiz geltenden 2% Wasserstoff (Vol).

Aktuelle H_2-Toleranzen von diversen Komponenten



Ebenso werden europäische Normen für die Interoperabilität zwischen Strom- und Gasnetz sowie für die Gaszusammensetzung und Gasqualität benötigt. Die internationalen und europäischen Normungsorganisationen arbeiten bereits daran, das bestehende Normenwerk H_2-fit zu machen. Insbesondere die folgenden Normenkomitees:

- ISO TC 197 Hydrogen Technologies
- ISO TC 158 Analysis of gases
- IEC TC 105 Fuel cell technologies
- CEN-CLC JTC 6 Hydrogen in Energysystems
- CEN TC 234 Gas infrastructure
- CEN TC 237 Gas meters

H_2-Forschung zum Abbau von Barrieren

Die europäische Gasforschungsgruppe GERG und das CEN TC 234 wurden von der Europäischen Kommission (DG ENER) beauftragt, eine Auswahlliste potenzieller Themenbereiche für PNR-Massnahmen zu erstellen, die zum Abbau von Barrieren bei der Einspeisung von Wasserstoff in das Erdgasnetz führen. Der Schwerpunkt der Forschung soll zunächst auf H_2NG-Gasgemischen liegen. Identifiziert wurden Themen wie Sicherheit, Gasqualität, Untertagespeicherung sowie die zentrale/dezentrale Stromerzeugung. Forschungsbedarf beim Thema Umwandlung von Erdgasnetzen zu reinen H_2-Netzen wurde ebenfalls festgestellt.

Weitere Informationen: Schweizerische Normen-Vereinigung (SNV) | Barbara Guder | barbara.guder@snv.ch
Quelle Grafiken: International Energy Agency IEA | The Future of Hydrogen

Wasserstoff in der Mobilität

Der Wasserstoff steigt ein in das Rennen um eine saubere Mobilität. Grosse Hersteller klassischer Verbrennungsmotoren, die sich bisher vor allem auf die Elektromobilität konzentriert haben, entdecken allmählich auch die Vorzüge der Wasserstofftechnik. Für Fahrzeugantriebe mit Wasserstoff stehen zwei Technologien zur Verfügung: der Verbrennungsmotor und die Brennstoffzelle.

Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor

Beim H_2-Verbrennungsmotor wird ein konventioneller Verbrennungsmotor mit (erneuerbarem) Wasserstoff als Treibstoff betrieben. Bei der Verbrennung wird kein CO_2 freigesetzt, was kein anderer Treibstoff kann. Weiterhin wird der Verbrennungsmotor eine wichtige Rolle in Mobilitätssektoren spielen, die sich nur schwer direkt elektrifizieren lassen, wie die Luft- und die Schifffahrt. Dort können synthetische Treibstoffe (synth. Kerosin, Diesel etc.) von Bedeutung sein, die aus elektrischer Energie erzeugt und in verbrennungsmotorischen Antrieben eingesetzt werden.

Brennstoffzellenfahrzeuge

Die sauberste Anwendung von Wasserstoff in der Mobilität erfolgt in Brennstoffzellenfahrzeugen. Während im PW-Bereich die Elektromobilität vermutlich hauptsächlich batterieelektrisch sein wird, wird sie bei den Nutzfahrzeugen brennstoffzellenelektrisch sein. Gegenüber batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen punkten wasserstoffbetriebene mit Reichweiten, wie sie vergleichbare Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren aufweisen. Und auch das Betanken geht ähnlich schnell wie bei Verbrennern. Die Brennstoffzelle soll zukünftig bei LKW, Bussen und Eisenbahnen als Antriebsart zum Einsatz kommen. Elektro- und Brennstoffzellen-LKW haben zudem den Vorteil, dass sie in der Schweiz von der LSVA und der Mineralölsteuer befreit sind.
In Deutschland, aber auch in Japan werden Busse bereits auf Wasserstoff umgerüstet. Im Rhein-Main-Gebiet fahren nicht nur Brennstoffzellenbusse, sondern seit 2018 bereits die erste Wasserstoff-Regionalbahn. Die LKW sind die nächsten, denen Brennstoffzellen den Vortrieb verschaffen sollen. Mit Bosch arbeitet einer der erfahrensten Spieler gerade an der Entwicklung eines LKW-Wasserstoffantriebs mit 1900 Kilometern Reichweite. Asiatische Unternehmen, wie z. B. Toyota und Hyundai, entwickeln bereits Nutzfahrzeuge wie LKW und Busse mit BZ-Antrieben.
Auch in der Schweiz sollen bis 2023 eintausend mit Wasserstoff betriebene Lastwagen für Coop, Migros und Co. fahren, die von Hyundai entwickelt werden.

H_2-Tankstelleninfrastruktur in Europa

Foto: VSG/ASIG

Die erste öffentliche Wasserstofftankstelle der Schweiz ist seit 2016 in Hunzenschwil AG in Betrieb.

Das derzeit noch grobmaschige Netz von Wasserstofftankstellen behindert die Verbreitung der Brennstoffzelle. Abhilfe soll hier die AFID-Richtlinie (2014/94/EU) der EU leisten, die vorsieht, dass bis 2025 in Europa eine Wasserstoffinfrastruktur aufgebaut werden soll. In der Schweiz beschäftigt sich die Empa mit dem Thema Wasserstoffmobilität und -infrastruktur. Zur Vereinfachung des Genehmigungsprozesses von Wasserstofftankstellen hat die Empa, zusammen mit Partnern, einen Leitfaden erstellt, der demnächst publiziert werden soll.

Weitere Informationen: Empa Move | H2 Mobilität Schweiz

Wasserstoff im Gebäude

Japan setzt auf den Energieträger Wasserstoff. Die Regierung nutzt die Olympischen Spiele 2020 in Tokio, um der Welt die Vorzüge der Wasserstofftechnologie aufzuzeigen. 6000 Brennstoffzellenautos sowie 100 Busse werden die Sportler durch Tokio chauffieren und das olympische Dorf (22 Wohngebäude für mehr als 17 000 Athleten) wird seine Energie aus Wasserstoff beziehen.

Japan nutzt die Olympischen Spiele 2020 in Tokio als Startschuss für den grossflächigen Einsatz der Wasserstofftechnologie. Als erstes Land macht es Wasserstoff zum zentralen Baustein seiner Energiewende. Für den Umstieg auf den Energieträger hat Japan einen Drei-Phasen-Plan ausgearbeitet, der bis 2040 null CO_2-Emissionen vorsieht. Kurzfristig sollen bis zu den Olympischen Spielen über 40 000 wasserstoffbetriebene Fahrzeuge auf Japans Strassen verkehren und 400 000 Haushalte werden mit Brennstoffzellenheizungen ausgerüstet sein.

Auch für Europa ist die Wärmeversorgung in den Gebäuden mit Wasserstoff ein wichtiger Baustein. Gemäss dem Bericht «Hydrogen Roadmap Europe» soll Wasserstoff bis 2050 knapp 20% des Wärmebedarfs der Gebäude in Europa abdecken. Um das Dekarbonisierungsziel zu erreichen, müsste vermehrt auf die WKK- und Brennstoffzellentechnik gesetzt werden. Deren Marktanteil könnte bis 2050 auf 50% steigen.

Das Paul Scherrer Institut PSI testet wasserstoffbetriebene Minigasturbine

Das PSI untersucht Technologien, die den überschüssigen Strom aus Wind- und Solarenergie effizient weiterverwenden können. Dabei spielt Wasserstoff eine wichtige Rolle, da die Herstellung nur einen Umwandlungsschritt benötigt. Untersuchungen haben gezeigt, dass Gasturbinen bis zu 20% Wasserstoff vertragen, ohne dass das Material durch Überhitzung Schaden nimmt. Das PSI untersucht nun, wie viel Wasserstoff eine Gasturbine verträgt und wie sie bei einem höheren Wasserstoffanteil auf Stromspitzen reagiert. Da Wasserstoff sehr reaktionsfreudig ist und sehr schnell verbrennt, könnten Gasturbinen mit mehr Wasserstoff im Brenngasgemisch sogar besser auf schnelle Laständerungen ansprechen.

Quelle: Paul Scherrer Institut PSI | www.psi.ch

Foto: ZVG

Die mit reinem Wasserstoff betriebene Heizung im Feldtest in Rozenburg NL

Weltweit erster Feldtest in den Niederlanden mit wasserstoffbetriebenen Heizungen

In Rozenburg NL startete Ende Juni 2019 der weltweit erste Feldtest mit wasserstoffbetriebenen Gasheizungen. Das Funktionsprinzip der von der BDR Thermea Group entwickelten Wasserstoff-Heizung ist identisch mit einer mit Erdgas (CH_4) betriebenen Heizung. Das Pilotprojekt ist eine gemeinsame Initiative des Netzbetreibers Stedin, der Gemeinde Rotterdam und der Wohnungsbaugesellschaft «Ressort Wonen». Den Wasserstoff liefert der Netzbetreiber Stedin über eine alte Erdgasleitung. So kann auch untersucht werden, wie sich das bestehende Gasnetz für den Transport von Wasserstoff eignet. Weitere Feldversuche sind in den nächsten Jahren in Grossbritannien geplant mit mehr als 400 wasserstoffbetriebenen Heizungen.

Quelle: www.bdrthermeagroup.com

Aktuelle Publikationen

Internationale Publikationen

The Future of Hydrogen
IEA International Energy Agency, 2019
www.iea.org

Die Studie der IEA liefert einen umfassenden, unabhängigen und weltweit gültigen Überblick über den Energieträger Wasserstoff und welchen Beitrag er für eine saubere, sichere und wirtschaftliche Energieversorgung der Zukunft leisten kann. Die Roadmap zeigt die derzeitige und zukünftige Rolle der PtG-Technologie im Energiesystem sowie bestehende regulatorische, infrastrukturelle und technische Hemmnisse auf.

Hydrogen Roadmap Europe
Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking, 2019
www.fch.europa.eu

Die europäische Wasserstoff-Roadmap wurde in Zusammenarbeit mit «Hydrogen Europe» und 17 führenden europäischen Unternehmen und Verbänden erarbeitet. Diese Roadmap zeigt den Weg für den grossflächigen Einsatz von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie bis 2050 in Europa auf. Der Bericht sieht bis 2050 ein jährliches Potenzial von mehr als 2200 TWh Wasserstoff vor. Dies entspricht etwa einem Viertel des gesamten Energiebedarfs in der EU.

Deutsche Publikationen

Potenzialstudie von Power-to-Gas-Anlagen in deutschen Verteilungsnetzen
DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., 2019 www.dvgw.de

Ziel dieser Studie ist es, das zukünftige Potenzial zur Installation und zum Betrieb von Power-to-Gas-Anlagen in den deutschen Strom- und Gas-Verteilungsnetzen genauer abzuschätzen. Der Fokus der Untersuchung liegt im Bereich der Mittel- und Niederspannungs- bzw. Mittel- und Niederdrucknetze. Die Power-to-Gas-Anlagen werden dabei als Kopplungselement betrachtet.

dena-Leitstudie Integrierte Energiewende
Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2018
www.dena.de

Ziel der dena-Leitstudie ist es, Unternehmen einen Orientierungsrahmen für Investitionen und die Entwicklung zukunftsfähiger Geschäftsmodelle in einem integrierten Energiesystem zu bieten. Die Studie betrachtet neben der Erreichung der Klimaschutzziele auch die volkswirtschaftlichen Kosten und die Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft, die Versorgungssicherheit und die gesellschaftliche Akzeptanz für die Energiewende.

Schweizer Publikationen

«Power-to-X» – Perspektiven in der Schweiz
Ein Weissbuch, 2019
www.sccer-hae.ch

Ziel dieses Weissbuchs ist es, die wichtigsten vorhandenen Erkenntnisse über PtX-Technologien zu sammeln und eine Synthese der Literatur und Forschungsergebnisse als Grundlage für die Bewertung dieser Technologien sowie das Potenzial für den Schweizer Energiemarkt darzustellen. Dabei wurden die Gas- und Strommärkte sowie der Mobilitätssektor unter Einbezug der regulatorischen und innovationspolitischen Aspekte untersucht.

Perspektiven von Power-to-Gas in der Schweiz
ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, 2018 www.zhaw.ch

Im Zusammenhang mit der Energiewende wird Power-to-Gas (PtG) insbesondere von der Schweizer Gas- und Strombranche als Schlüsseltechnologie bezeichnet. Im Bericht der ZHAW werden die Perspektiven für Power-to-Gas in der Schweiz aufgezeigt und dabei insbesondere die Einsatzmöglichkeiten, das Potenzial und die Kosten analysiert.

Glossar

BEV (Battery Electric Vehicle): Auto mit elektrischem Antrieb, das durch eine Batterie angetrieben wird.

BZ (Brennstoffzelle): In einer Brennstoffzellewerden aus Wasserstoff (Brennstoff) und Sauerstoff (Oxidationsmittel) mittels einer kontrollierten chemischen Reaktion Strom, Wärme und Wasser gewonnen. Diese elektrochemische Reaktion wird auch als «kalte Verbrennung» bezeichnet.

CEN (Comité Européen de Normalisation): anerkannte europäische Normungsorganisation.

CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique): anerkannte europäische Normungsorganisation im Bereich Elektrotechnik.

CO_2 (Kohlenstoffdioxid): chemische Verbindung aus Kohlenstoff und Sauerstoff. Ist ein natürlicher Bestandteil der Atmosphäre, der bei der Verbrennung von Kohlenstoffen entsteht.

Dekarbonisierung: Reduktion der CO_2-Emissionen, die bei der Verbrennung von Kohlenstoffen entstehen.

DG ENER (Directorate Generale for Energy of the European Commission): Die Generaldirektion Kommission Energie ist für die EU-Energiepolitik zuständig. Ihre Aufgabe ist es, sichere und nachhaltige Energie zu wettbewerbsfähigen Preisen für Europa zu gewährleisten.

Elektrolyse: Aufspaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff mittels elektrischer Energie. Man unterscheidet drei Verfahren: alkalische Elektrolyse, PEM-Elektrolyse, (Proton Exchange Membrane), Festoxid-Elektrolyse (SOEC = Solid Oxide Electrolysis Cell).

Erdgas: Natürlich in der Erde vorkommendes farb-und geruchloses Gas mit über 90% Methananteil.

FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle): Auto mit elektrischem Antrieb, das durch eine Brennstoffzelle angetrieben wird.

H_2NG: Gasgemisch aus Wasserstoff (H_2) und Erdgas (Natural Gas).

ISO (International Organization for Standardization): anerkannte internationale Normungsorganisation.

IEC (International Electrotechnical Commission): anerkannte internationale Normungsorganisaton im Bereich Elektrotechnik.

LNG (Liquefied Natural Gas): Erdgas, das durch Abkühlung auf minus 160 °C verflüssigt wird und dadurch auf ca. 1/600 des gasförmigen Volumens komprimiert wird.

LSVA (Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe): Die LSVA ist die in der Schweiz und Liechtenstein erhobene Gebühr für Fahrzeuge über 3,5 Tonnen.

Methan (CH_4): farb- und geruchloses Gas, ist Hauptbestandteil von Erdgas/Biogas.

NG (Natural Gas): Erdgas.

PNR (Pre-Normative Research): Vor-normative Forschung.

SNG (Synthetic Natural Gas): synthetisch hergestelltes Gas, dessen chemische Eigenschaften identisch mit Erdgas sind. Der Ausgangsstoff ist Wasserstoff, aus dem in Verbindung mit Kohlenstoffdioxid (CO_2) Methan hergestellt wird.

Stadtgas: Durch Kohlevergasung im 19. und 20. Jahrhundert hergestelltes brennbares Gas mit den Hauptbestandteilen Wasserstoff (50%), Methan (25%) und Stickstoff (15%).

SVGW: Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches.

Synthetische Kraftstoffe (Syn Fuels, Power Fuels, E-Fuels): Sie werden aus elektrischer Energie erzeugt (synthetisches Benzin, Diesel, Kerosin etc.).

TC (Technical Committee): Technisches Normenkomitee der Organisationen CEN/CENELEC, ISO/IEC.

TWh (Terawattstunde): Eine TWh entspricht einer Milliarde Kilowattstunden (kWh).

Wasserstoff in Europa nächste Schritte

Damit der Energieträger Wasserstoff in Europa marktfähig wird, sind die Regulierungsbehörden aufgefordert, rasch einheitliche Rahmenbedingungen auszuarbeiten und umzusetzen. Der europäischen Industrie empfiehlt die «Hydrogen Roadmap Europe», in die Wasserstofftechnologie zu investieren, um auch in Zukunft wettbewerbsfähig zu bleiben. Um das Dekarbonisierungsziel in Europa für 2050 zu erreichen, empfiehlt die Roadmap folgende vier Massnahmen:

1. Rahmenbedingungen, Vorschriften und Normen
Langfristige und wirtschaftliche Rahmenbedingungen zur Dekarbonisierung des Energiemixes in Europa festlegen (z. B. Emissionsziel in der Mobilität, Dekarbonisierungsziel für Gebäude); nötige Infrastruktur für die Energieerzeugung und Verteilung bereitstellen; verbindliche Termine für Investitionen für die Produktentwicklung und die Infrastruktur festlegen; Vorschriften und Normen modernisieren und harmonisieren.

2. Dekarbonisierung des Gasnetzes
Verbindliche Ziele zur Dekarbonisierung des europäischen Gasnetzes bis 2050 festlegen; Instrumente wie «Contracts for Difference» (CfD) oder Einspeisevergütungen (FiTs) einführen; einheitliche Sicherheitsstandards und Normen auf europäischer Ebene festlegen, um den Wasserstoffanteil im Gasnetz schrittweise erhöhen zu können.

3. Mobilität
Die Emissionsziele für die Mobilität mit europaweit gültigen Richtlinien und verbindlichen Terminen festlegen; in die Produktentwicklung für LKW, Busse, Lieferwagen und grössere Personenkraftwagen investieren; über traditionelle Branchengrenzen hinaus zusammenarbeiten; Bündelung von Infrastruktur, Ausrüstung und Wartung; Anreize schaffen (auch nichtmonetäre) für die Entwicklung von Brennstoffzellenfahrzeugen (FCEV).

4. Stromversorgungssystem
Das Stromversorgungssystem von den Netzentgelten befreien, um erneuerbaren Energien wie Wasserstoff den Marktzugang zu ermöglichen; verbindliche Richtlinien zur Reduzierung von CO_2-emittierenden Quellen ausarbeiten; dezentrales Stromversorgungssystem fördern zur Bewältigung saisonaler Probleme in Europas Energiemarkt.

Quelle: Hydrogen Roadmap Europe 2019

Herausgeber
VSG Verband der Schweizerischen Gasindustrie, Grütlistrasse 44
8027 Zürich, 044 288 31 31
vsg@gazenergie.ch
www.gazenergie.ch
Redaktion
Hubert Palla, VSG
hubert.palla@gazenergie.ch
Suisse romande
Antonina D'Amico, ASIG
antonina.damico@gazenergie.ch

Text und Grafik
Text: Barbara Guder, Schweizerische Normen-Vereinigung (SNV)
Grafik: Josef Fellmann, Imaginare
Auflage
15000 deutsch, 5000 französisch
Druck
Bühler Druck AG, Volketswil
Adressänderung
info@buehler-druck.ch
Gratis-Abonnements
vsg@gazenergie.ch

MIX Papier FSC FSC® C031954
Klimaneutral Druckprodukt ClimatePartner.com/11058-1909-1001
gedruckt in der schweiz

gaz energie