

Wasserstoff-Technologie - zwischen Hoffnung und Wirklichkeit

Dipl.-Ing. Gotthold Kietz

Vor zehn oder zwanzig Jahren sah es so aus, als ob Wasserstoff der Energieträger der Zukunft werden sollte. Danach wurde es darum merkwürdig ruhig, so dass man sich manchmal fragt: Arbeitet überhaupt noch jemand an Wasserstofftechnologien? Oh, ja. Von der Öffentlichkeit weitgehend unbemerkt, aber gut vernetzt und mit Geld von Regierung und Industrie gut ausgestattet, wird an vielen Stellen geforscht, entwickelt und modellhaft experimentiert.

Dieser Artikel will einen kurzen Überblick über den Stand der Entwicklung in Deutschland geben.

Brennstoff der Zukunft

Wasserstoff verbrennt sehr umweltfreundlich. Als künftiger Anwendungsbereich steht schon seit Jahren der Fahrzeugantrieb im Visier der Wasserstofftechnik-Entwickler. Zusammen mit Brennstoffzellen (fuel cells) soll das mit Wasserstoff betankte Elektrofahrzeug ein Verkehrsmittel der Zukunft werden¹. Doch woher soll der Wasserstoff kommen?

Bislang fällt Wasserstoff hauptsächlich als Nebenprodukt chemischer Prozesse an und wird auch in der chemischen Industrie eingesetzt. Da bleibt kaum etwas zur Disposition übrig. Will man also mit Wasserstoff Benzin und Diesel nennenswert ersetzen, dann reicht diese Quelle bei weitem nicht.

Die zweite klassische Quelle für Wasserstoff ist die Elektrolyse von Wasser, wofür dann ein entsprechender Zuwachs der Stromerzeugung nötig wäre. Vor 10 Jahren noch hätte man hinter vorgehaltener Hand gesagt: *„Wir brauchen dazu halt Kernkraftwerke!“* Mit dem definitiven Ausstieg aus der Atomkraft und dem politischen Willen, in ein paar Jahrzehnten die Energieerzeugung weitgehend durch regenerative Energien zu decken, entstehen ein neues Szenario, neue Möglichkeiten und auch neue Probleme.

Schwachstelle der regenerativen Energien

Den Zuwachs an regenerativen Energien stellt man sich hauptsächlich als Windkraft und dann als Photovoltaik vor. Doch diese beiden Energiequellen haben den entscheidenden Nachteil, dass sie wetterabhängig sind und der Strom nicht dort und nicht dann erzeugt wird, wo und wann er nachgefragt wird. Das führt bereits jetzt schon zeitweilig zu negativen Strompreisen an der Strombörse und zu Abschaltungen von Windturbinen, gerade dann, wenn viel Wind vorhanden ist und man die installierte Leistung mal ausnutzen könnte. Eine Versorgung durch Wind- und Sonnenkraftwerke erfordert zusätzlich auch Gasturbinen-Kraftwerke, die man schnell anfahren kann, um vorübergehende Stromdefizite ausgleichen zu können. Diese doppelte Vorhaltung von Kraftwerkskapazitäten macht die Stromerzeugung durch Wind und Sonne noch unwirtschaftlicher, als sie ohnehin schon ist.

Ansätze, die nicht reichen

Es gibt einige Ansätze, um mit den durch Wind- und Sonnenenergie entstehenden Problemen umzugehen:

- Neue Stromtrassen von der Nordsee, wo leistungsstarke Windparks entstehen, hin zu Verbrauchern im Süden oder zu Nachbarländern;
- „Lastmanagement“. Lasten werden von einer Zentrale aus ein- oder ausgeschaltet, je nachdem wie viel Strom zur Verfügung steht.

Vor allem aber braucht es große Energiespeicher (einige TWh), um die schwankende Stromproduktion an den Verbrauch anzupassen.

Eine Möglichkeit sind Speicherbecken (Stauseen mit einem nahen möglichst hohen Gefälle), in die zu stromreichen Zeiten Wasser hoch gepumpt wird, und aus denen zu Zeiten hohen Verbrauchs wieder Strom aus



Dipl.-Ing. Gotthold Kietz beschäftigt sich seit Anfang der 80er Jahre mit der deutschen Energieversorgung. gotthold-kietz@neue-energie-technologien.com

dem herabströmenden Wasser gewonnen wird. Die Kapazität der vorhandenen und ausbaubaren Speicherbecken ist aber begrenzt und würde bei weitem nicht ausreichen für den geplanten Ausbau von Wind- und Sonnenkraftwerken. Momentan scheint der beabsichtigte massive Ausbau regenerativer Energien durch mangelnde Pufferkapazität in Frage gestellt.

Die Vision

Da bietet sich die Wasserstofftechnologie als Lösung an²: In stromreichen Zeiten kann dabei Strom genutzt werden, um durch Elektrolyse Wasserstoff zu gewinnen. Dieser lässt sich in Tanks lagern und in stromarmen Zeiten wieder verstromen. Die Wasserstofftechnik bietet so für die Erzeugungs- und Lastspitzen im Stromnetz eine Pufferung an, die das Netz entlastet. Es entsteht außerdem eine reichliche Quelle für „grünen Wasserstoff“, der z.B. in der Mobilität verwendet werden kann.

Diese Perspektive gibt der breiten Anwendung von Wasserstoff einen enormen Auftrieb. Die grundlegenden Techniken sind bereits entwickelt und erprobt, um diese Aufgaben im Rahmen eines größeren Energiekonzepts wahrzunehmen.

Eine praktische Umsetzung

Das Zusammenspiel von Wasserstoff mit erneuerbaren Energiequellen wird heute schon in einer technischen Größenordnung realisiert und erprobt. Ende Oktober 2011 ist ein Hybridkraftwerk in Prenzlau bei Berlin in Betrieb gegangen³, weitere sind im Bau oder in der Planung⁴. (siehe auch "NET-Journal", Nr. 11/12 2011, S. 54, d. Red.!)

Diese Hybridkraftwerke bestehen aus einem Windpark sowie -konzentriert auf einem nahen Gelände - einem Elektrolyseur, Tanks für die Speicherung des erzeugten Wasserstoffs und einem Kraftwerk (Bild 1). Wasserstoff dient hier als Energiespeicher, der dem Stromnetz fehlt. Der gespeicherte Wasserstoff lässt sich auch abtransportieren, um anderweitig genutzt zu werden, z.B. als Treibstoff für Fahrzeuge.

Bei diesen ersten Feldversuchen mit Hybridkraftwerken geht es in erster Linie um eine umfassende regelungstechnische Integration, denn die einzelnen Komponenten gibt es bereits aus industrieller Fertigung zu kaufen. Für einen weitverbreiteten großtechnischen Einsatz müssen sie noch weiterentwickelt und verbilligt werden.

Wasserstoff-Infrastruktur

Mit dem Elektrolyseur kann ein Gasdruck von bis zu 30 bar (in zehn Jahren vielleicht sogar bis 100 bar) erzeugt werden. Wird - wie bei dem o.g. Hybridkraftwerk - der erzeugte Wasserstoff an Ort und Stelle wieder verbraucht, dann reicht schon dieser relativ niedrige Druck für eine Speicherung des Wasserstoffs in konventionellen Stahltanks aus.

Für eine höhere Energiedichte im Speicher, wie z.B. in einem Fahrzeug erwünscht, ist ein Druck von 700 bar heute Standard. Um diesen Druck zu erzeugen, werden spezielle Pumpen in Kaskaden mit Gaskühlung dazwischen eingesetzt (cryo pump). Das Gas (GH2 = Gaseous Hydrogen) kann dann bei normaler Umgebungstemperatur in speziellen Hochdrucktanks gelagert und z.B. in Fahrzeugen transportiert und genutzt werden. Eine viel größere Dichte kann erreicht werden, wenn der Wasser-



Bild 1: Windpark mit Wasserstoff-Energiespeicherung. Quelle: Windprojekt GmbH

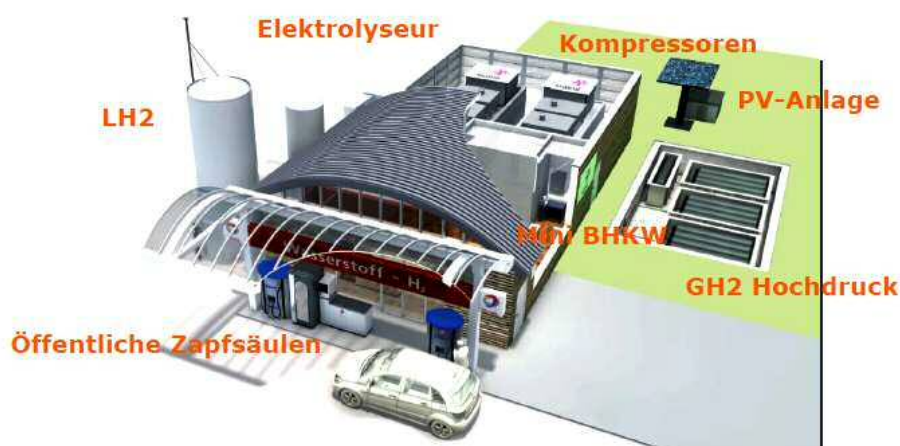


Bild 2: Wasserstoff-Tankstelle. Quelle: Linde Clean Energy

stoff bei hohem Druck auf unter 20,2 °K (-253 °C) heruntergekühlt und verflüssigt wird (LH2 = Liquid Hydrogen). Speichertanks dafür müssen gut wärmeisoliert sein und ständig gekühlt werden. Somit erfordert diese kompakte Speicherung laufend Energie. Bild 2 zeigt die Komponenten einer Wasserstoff-Tankstelle.

Große Volumen und entsprechend große Energiemengen könnten in unterirdischen Salzkavernen eingelagert werden. Mit Kavernen als Erdgasspeicher hat man bereits mehr als 30 Jahre Erfahrung, die auf Wasserstoffspeicherung übertragbar ist.

Noch wird Wasserstoff in Flaschen oder Tankwagen transportiert. Um aber die verstreute, an den Windparks gelegene Wasserstofferzeugung mit großen Speichern und den überall im Land verteilten Tankstellen zu verbinden, schwebt den Protagonisten einer Wasserstofftechnik ein nationales Wasserstoff-Leitungsnetz vor. Diese Infrastruktur ist noch zu bauen.

Wasserstoff und Erdgas

Seit rund hundert Jahren gibt es ein Verfahren⁵, um katalytisch Wasserstoff mit Kohlenmonoxid oder Kohlendioxid zu Methangas zu verbinden. Dabei kann das Kohlenmonoxid oder Kohlendioxid aus Biovergasung oder einfach aus der Umgebungsluft genommen werden. Ein Stuttgarter Unternehmen hat dieses Wissen genutzt und bietet betriebsfertige Einheiten an⁶. Mit der Methanisierung steigt die Energiedichte um den Faktor 3 an, so dass Tank- und Kavernenspeicher besser genutzt würden. Methan kann direkt und in (fast) beliebiger Menge ins Erdgasnetz eingespeist werden und den fossilen Energieträger verdrängen (Bild 3 nächste Seite).

Mit Methan entsteht ein marktfähiger, bereits eingeführter und weitverbreiteter Energieträger. Die bestehende Infrastruktur des Erdgasnetzes könnte so zur tragenden Säule der

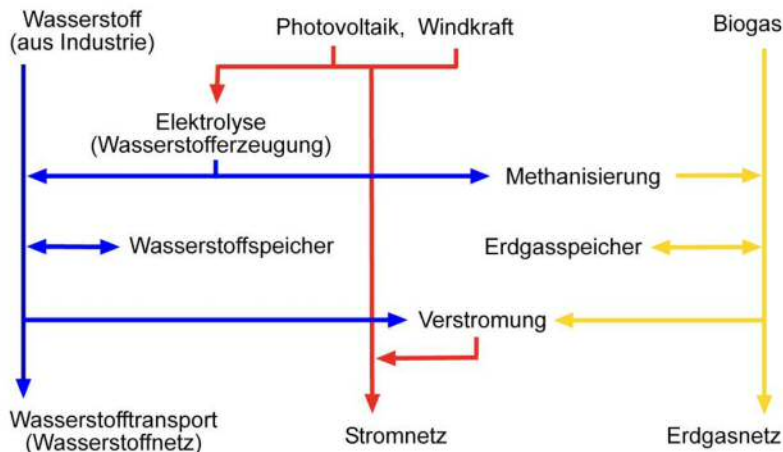


Bild 3: Interpretation der Wasserstofftechnik mit erneuerbaren Energien. G. Kietz.



Bild 4: Firmen, die an Wasserstofftechnik beteiligt sind. Quelle: Total Deutschland GmbH.

erneuerbaren Energien werden. Sie böte jetzt schon jene Speicher- und Transportkapazitäten, die dem Stromnetz fehlen. Eine Verwertung von Stromerzeugungsspitzen könnte also durch diese Technik kurzfristig realisiert werden, und der Aufbau einer parallelen Wasserstoffinfrastruktur wäre weitgehend verzichtbar⁷.

Kritische Reflexion

1. Die offensichtlichen Vorteile der Methanisierung von Wasserstoff werden von den Protagonisten einer Wasserstofftechnologie und -Infrastruktur bislang ignoriert. Man kann nur vermuten, warum;
2. Die Effizienz der Verstromung des aus Windenergie erzeugten Wasserstoffs liegt bei 20 bis 30%. Ein wirtschaftlicher Betrieb ist somit für ein Wind-Wasserstoff-Hybridkraftwerk nur gegeben, wenn es einen großen Unterschied im Strompreis gibt zwischen windschwachen, nachfragestarken und windstarken, nachfrageschwachen Zeiten. Die vorgegebene Aufgabe dieser

Kraftwerke, einen Ausgleich durch die Verstetigung der Stromproduktion zu gewährleisten, untergräbt daher ihre Wirtschaftlichkeit. Eine breite Anwendung dieser Hybridkraftwerke bedarf also einer zusätzlichen Subventionierung;

3. Offensichtlich gibt es seitens großer Unternehmen der Öl- und Autoindustrie ein großes Interesse an der Entwicklung und Einführung der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technik¹. Versprechen sie sich künftig ein lukratives Geschäft? Aus heutiger Sicht ist nicht zu erkennen, wie Wasserstoff gegenüber Erdölprodukten konkurrenzfähig werden kann. Setzt die Wirtschaftlichkeit voraus, dass die Energiepreise stark steigen, oder rechnet man mit Subventionen?
4. Den Regierungen, die erhebliche Entwicklungsgelder zuschießen (allein in Deutschland 1 Milliarde Euro staatliche Förderung in dieser Legislaturperiode), wird eine größere nationale Unabhängigkeit von Erdölimporten versprochen, da die Wasserstoffherzeugung, -verteilung

und -anwendung ja vollständig innerhalb der eigenen Grenzen liegen. Die an der Entwicklung der Wasserstoffmobilität beteiligten Unternehmen (Bild 4) sind aber alleamt stark international ausgerichtet und eher internationalen Finanzhäusern verpflichtet als nationalen Regierungen. Vielleicht erscheint auch den Regierungen die Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie attraktiv, weil sie gut kontrollierbar und leicht steuerbar ist;

5. Die Infrastruktur der geplanten Wasserstofftechnik wird ähnlich der Erdöl- und Erdgasversorgung weit verzweigt sein und hohe Investitionen erfordern. Sie wird daher voraussichtlich von den großen Erdöl- und Automobil-Unternehmen kontrolliert werden. Die Abhängigkeit der Verbraucher bei ihrer Energieversorgung wird somit bleiben;
6. Hocheffiziente Anwendungen oder Raumenergie-Maschinen, wie sie im "NET-Journal" immer wieder vorgestellt werden, versprechen demgegenüber preisgünstig und wirklich dezentral anwendbar zu werden. Das ist ein Riesenvorteil für den einzelnen Anwender, denn es spart ihm nicht nur Geld, es macht ihn auch unabhängiger von großen Versorgungsstrukturen. Leider ist es aber gerade das, was diese Techniken für Wirtschaft und Politik uninteressant macht - aber dem Privatverbraucher ist das egal, denn er profitiert davon, und es macht ihn von den Energiekonzernen unabhängig.

Literatur:

- 1 NOW Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie GmbH im Besitz der BRD; www.now-gmbh.de/de DWV Deutscher Wasserstoff und Brennstoffzellen-Verband e.V.; www.dwv-info.de EHA European Hydrogen Association; www.h2euro.org
- 2 <http://www.proh2.de/programm.html>
- 3 "Energiewende dank Wasserstoff" Der Spiegel vom 25.10.2011 www.spiegel.de/wissenschaft/technik/0,1518,793840,00.html
- 4 www.wind-projekt.de
- 5 Sabatier-Prozess; <http://de.wikipedia.org/wiki/Methanisierung>
- 6 www.solar-fuel.net
- 7 Audi plant eine Pilotanlage: Erdgas aus Windkraft für erdgasbetriebene Autos. www.audi-balanced-mobility.de