

Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband e.V. (DWV)



Unter den Eichen 87

12205 Berlin

Tel.: (0700) 4 93 76-8 35

Fax: (0700) 4 93 76-3 29

h2@dwv-info.de

www.dwv-info.de

**Wasserstoff und Brennstoffzellen -
Chancen und Grenzen**

von Dr. Ulrich Schmidtchen

Möglichkeiten werden unter-, aber auch überschätzt

Wasserstoff und Brennstoffzellen – Chancen und Grenzen

Werden die Möglichkeiten einer neuen Technik unterschätzt, kann dies ihrer Entwicklung nachhaltig schaden. Das Gleiche gilt, werden die Möglichkeiten überschätzt: Viele Interessierte werden sich davon abwenden, wenn ihre hochgespannten Erwartungen enttäuscht werden. Die noch ziemlich kurze Geschichte der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie bietet für beide Fälle Anschauungsmaterial.

Unter diesen Umständen erscheint es angebracht, grundsätzlich darzulegen, wozu der Energieträger Wasserstoff und der Energiewandler Brennstoffzelle eigentlich gut sind, was von ihnen zu erwarten ist und was nicht.

Das Doppelproblem

Unser auf fossile und nukleare Brennstoffe gestütztes Energiesystem ist nicht zukunftsfähig. Einerseits ist nicht schwer zu verstehen, dass ein Vorrat, aus dem man dauernd nur entnimmt, eines Tages zu Ende gehen muss. Die Zeit des billigen Erdöls geht schon recht bald zu Ende, auch wenn an sich noch viel Öl in der Erde ist. Bei den anderen fossilen Brennstoffen ist die Lage grundsätzlich ähnlich.

Andererseits sind immer stärker die Folgen des Verbrauchs dieser Stoffe zu beobachten. Lange Ausführungen zu Treibhausgasemissionen und Klimawandel erübrigen sich. »Jahrhundert-Hochwasser« treten in Deutschland jetzt rd. alle fünf Jahre auf, und die Gletscher der bayerischen Alpen werden in spätestens 20 Jahren verschwunden sein.

Zur gleichen Zeit weisen Staaten wie China und Indien ein erstaunliches Wirtschaftswachstum auf, verbunden mit dem entsprechenden Verbrauch an Energie, Rohstoffen und Umwelt.

Die Kernenergie ist nicht in der Lage, die Lücke dauerhaft zu schließen, weil sie nicht nachhaltig ist. Zudem sind ihre technischen und politischen Risiken erheblich und schwer kalkulierbar, was private Investoren abschreckt. Die globale Energiewirtschaft hat den Ausstieg aus dieser Energieform längst vollzogen.

Die grundsätzliche Lösung

Als neues Fundament eines zukunftsträchtigen Energiesystems kommen nur die erneuerbaren Energiequellen in Frage. Sie stehen reichlich zur Verfügung und sind auch die einzige Form der Energieerzeugung, die in den letzten Jahren kontinuierlich preiswerter geworden ist. Häufig ist es weniger eine Frage der Möglichkeit oder des Gelds, sondern eher eine der technischen Phantasie, sie anzuzapfen. Die fossilen Energieträger werden spätestens zur Mitte des Jahrhunderts ihren Vorrang verloren haben.

Hybride Zwischenlösung: fossil und sauber?

Als Übergangslösung für den sauberen Verbrauch besonders von Kohle ist die Kohlenstoff-Sequestrierung im Gespräch. Einfach gesagt: Man nimmt den fossilen Kohlenwasserstoffen den Kohlenstoff weg, und übrig bleibt im Wesentlichen Wasserstoff.

Die Frage dabei ist natürlich: wohin mit dem Kohlenstoff? Er müsste entweder in reiner Form oder chemisch gebunden (Kohlendioxid, Karbonate ...) irgendwo hin. Am schwierigsten ist die Lagerung gro-

ßer Mengen Kohlendioxid über lange Zeit. Hier werden z. B. Öl- oder Gasfelder vorgeschlagen, bei denen das Gas zunächst durch Druckaufbau bei der Förderung helfen könnte, bis das Bohrloch dann zum Endlager wird. Bisher ist allerdings kein Verfahren bekannt, das mit Sicherheit über geologische Zeiträume hinweg den erneuten Austritt des Gases verhindern könnte. Das ist nicht nur aus Klimaschutzgründen wichtig, sondern auch zum Schutz der Menschen in der Umgebung solcher Lagerstätten, denn Kohlendioxid in großen Mengen wirkt erstickend. Im Jahr 1986 starben beim Ausbruch einer großen Gaswolke aus einem vulkanischen See in Kamerun knapp 2 000 Menschen. Unter diesem Gesichtspunkt hätte also eine Lagerung als Feststoff ihre Vorteile, und am besten wäre die Wiederverwertung. Auf jeden Fall wird die Sequestrierung nur dann eine Chance haben, wenn sie nicht in die gleiche Endlagerfalle läuft wie die Kernenergie.

Von der Quelle zum Verbraucher: der direkte Weg

Jede Umwandlung von Energie von einer Form in eine andere und auch jeder Transport und jede Speicherung von Energie ist mit Verlusten verbunden. Das bedeutet, dass erneuerbare Energiequellen möglichst unmittelbar angezapft werden sollten: Da, wo sie sind, und zu der Zeit, wenn sie zur Verfügung stehen.

Das häufig genannte Argument, es sei doch unsinnig, erst die ganze erneuerbare Energie in Wasserstoff umzuwandeln und diesen dann wieder in Strom, ist grober Unfug: Niemand hat das vor.

Von der Quelle zum Verbraucher: mit Wandlung

Oft ist die unmittelbare Verwendung erneuerbarer Energien nicht möglich. Zwischen Quelle und Verbrauch müssen i. d. R.

- örtliche Abstände,
- zeitliche Abstände

oder beides überbrückt werden.

Erneuerbare Energiequellen befinden sich oft fernab vom Kunden in schwer zugänglichen oder unwirtschaftlichen Gegenden. Elektrischer Strom ermöglicht den Transport von Energie über weite Strecken mit geringen Verlusten. Die existieren-

den elektrischen Netze werden auch in Zukunft eine bedeutende Rolle spielen, sogar eine noch größere als bisher.

Aber Strom allein kann nicht das universelle Medium für die Energie der Zukunft sein. Dafür gibt es mehrere Gründe:

- Es gibt zahlreiche Orte, die man nicht ans allgemeine Stromnetz anschließen kann, etwa entlegene Plätze im Gebirge oder auf Inseln.
- Strom ist keine Lösung für Straßen- oder andere Fahrzeuge. Sie werden auch in Zukunft in den meisten Fällen einen chemischen Energiespeicher im Tank mitführen müssen.
- Der Energietransport mit Hilfe von Strom funktioniert ausgezeichnet, aber speichern kann man ihn nur ziemlich schlecht.

Die Rolle des Wasserstoffs

In einer auf erneuerbare Energiequellen gestützten Energiewirtschaft wird also außer Strom mindestens ein zweiter, chemischer Energieträger benötigt, der nicht nur transportabel, sondern auch speicherfähig ist. Und natürlich muss auch er nachhaltig sein, überall vorhanden, im Verbrauch umweltfreundlich und nicht gefährlicher als die bisherigen Verfahren. Eine Beschreibung, die präzise auf das Element Wasserstoff passt.

Wasserstoff ist, nach der Zahl der Atome betrachtet, das dritthäufigste Element der Erdkruste. Nur kommt er wegen seiner Reaktionsfreude fast nie in freier Form vor. Fast immer steckt er in chemischen Verbindungen wie etwa Wasser, Säuren oder Kohlenwasserstoffen.

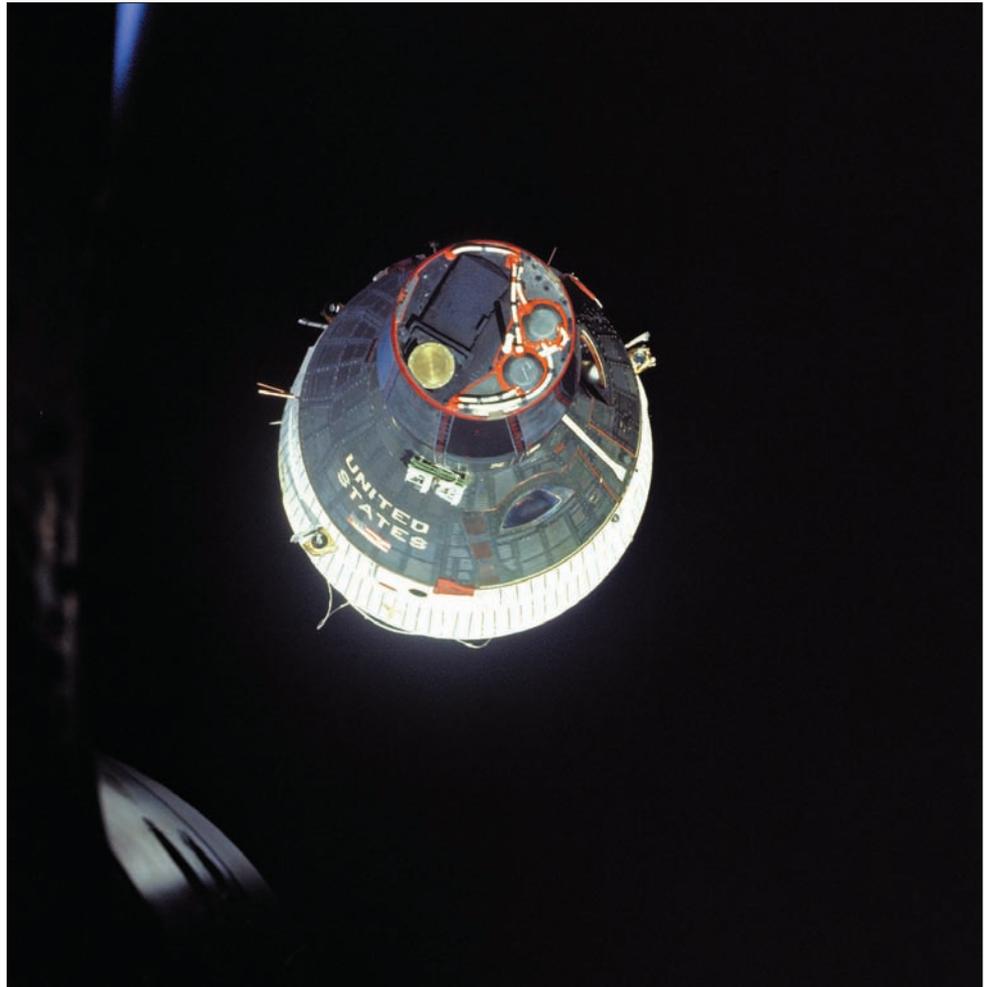
Wasserstoff als Energieträger

Vorteile:

- universell vorhanden
- auf unterschiedlichste Weise herstellbar
- transportabel und speicherfähig
- umweltfreundlich in der Verwendung
- hohe massenbezogene Energiedichte

Nachteile:

- Speicherung komplizierter als bei Mineralöl (Druck- oder Kryotank)
- niedrige volumenbezogene Energiedichte



Erste technische Anwendung der Brennstoffzelle als Energielieferant war vor 40 Jahren das Gemini-Raumfahrtprogramm der USA

Quelle: Nasa

Wasserstoff ist, genau wie Strom, eine Sekundärenergie. Die Primärenergie kann erneuerbar sein oder auch herkömmlich. Diese Flexibilität macht Wasserstoff zu einer optimalen Brückentechnologie, die praktisch allen Alternativen in dieser Hinsicht überlegen ist. Er kann erneuerbare Energien in den Markt bringen, kann aber auch in das herkömmliche System integriert werden.

Diese etwas umfassenderen Ausführungen sind erforderlich, weil einige völlig abwegige Vorstellungen von einer »Wasserstoffwirtschaft« durch manche Köpfe geistern. Es wird niemals eine ausschließliche energetische Wasserstoffwirtschaft geben. Genau wie die Primärenergien wird auch der Energieträger jeweils nach ökologischen und ökonomischen sowie technischen Kriterien gewählt werden. Es darf bei den Rohstoffen und den Verfahren nicht wieder zu einer Mono- oder Oligokultur kommen.

Aber ohne Zweifel wird der Wasserstoff ein unerlässlicher Teil des Systems werden, der dazu beiträgt, die erneuerbaren oder auch beliebige andere Energiequellen mit dem Kunden zu verbinden, wo und wann und wie er sie braucht.

Die Rolle der Brennstoffzelle

Beim Verbraucher muss die Energie in die vom Kunden gewünschte Form umgewandelt werden. Soweit Wärme gewünscht ist, kann der Wasserstoff natürlich verbrannt werden. Für die Gewinnung von Strom bietet sich die Brennstoffzelle an.

Brennstoffzellen sind elektrochemische Energiewandler, die chemische Energie unmittelbar in Strom und Wärme umwandeln. Sie sind keine Wärmekraftmaschinen, wodurch sie auch nicht der grundsätzlichen Carnotschen Grenze für den Wirkungsgrad unterworfen sind. Sie können elektrische Wirkungsgrade von über 50 % erzielen.

Das Prinzip der Brennstoffzelle kann man auf sehr verschiedene Weise technisch realisieren. Je nach Elektrolyt z. B. verändern sich die Betriebsbedingungen erheblich. Manche Arten von Zellen arbeiten bei Betriebstemperaturen von 600 bis 900 °C. Diese Hochtemperaturzellen können Kohlenwasserstoffe wie Erdgas, Methanol oder auch Klär-, Gruben- oder Deponiegas als Brennstoff verwenden. Andere Zellen haben niedrigere Betriebstemperaturen und benötigen Wasserstoff.

Genau wie Wasserstoff ist auch die Brennstoffzelle als Brückentechnologie geeignet. Es spielt rein technisch keine Rolle, welche Primärenergie im Brennstoff steckt oder mit welchem Prozess er erzeugt wurde.

Der Weg in den Markt: Brennstoffzelle

Vor 40 Jahren kamen Brennstoffzellen erstmals aus den Lehrbüchern der Elektrochemie heraus in eine technische Anwendung, nämlich als Energielieferant für die Gemini-Raumkapseln der USA. Seither liefern sie die Energie für alle bemannten Missionen der Nasa.

Nun sind Raumschiffe kein Alltagsprodukt, und die Kosten sind hier auch nicht der begrenzende Faktor. Produkte für jeden und überall müssen nicht nur funktionieren, sondern auch möglichst wenig kosten.

Derzeit sehen wir bei Brennstoffzellen drei wichtige Entwicklungsrichtungen:

- **Portabel:** Zu dieser Klasse gehören Kleingeneratoren für Wohnmobile oder für beliebige Anwendungen (Garten, Camping, entlegene Mess-Stationen, Notrufsäulen, Parkscheinautomaten usw.) mit einer Leistung von rd. 1 kW. Solche Produkte gibt es bereits. Elektronikkonzerne arbeiten an Energiever-

sorgungen für tragbare Computer oder andere elektronische Geräte (PDA, Telefon, Kreditkartenleser usw.).

- **Stationär:** Brennstoffzellen als Blockheizkraftwerke mit jeweils 200 bis 300 kW elektrischer und thermischer Leistung will das MTU-Unternehmen CFC Solutions (seit kurzer Zeit ein Mitglied der Tognum-Gruppe) schon bald in Kleinserie bauen. Strategisch weit interessanter ist das Kleinkraftwerk für den Heizungskeller von Mehr- oder Einfamilienhäusern. Es könnte, ans Erdgasnetz angeschlossen, den Grundbedarf der Bewohner an Strom und warmem Wasser decken und dabei wegen des hohen Wirkungsgrads der Brennstoffzelle weniger Treibhausgase erzeugen, als beim Verbrennen von Erdgas und bei der Erzeugung gekauften Stroms entsteht. Bei zentraler Steuerung ist auch ein virtuelles Kraftwerk aus einer größeren Zahl solcher Einheiten denkbar. Derartige Geräte befinden sich im Feldtest, und der Markteintritt wird um die Wende des Jahrzehnts erwartet, in Japan bereits etwas früher.

- **Mobil:** Brennstoffzellen-Pkw werden vielfach als das Königsprodukt angesehen. Allerdings ist deren Entwicklung technisch und wirtschaftlich am schwierigsten. Die Kleinserieneinführung wird in Kalifornien und zehn weiteren US-Staaten am Ende dieses Jahrzehnts beginnen, weil sie dort gesetzlich vorgeschrieben ist. Vor dem Jahr 2010 werden sie auch anderswo nicht im Schaufenster stehen. Außerdem gehört zum privaten Auto auch die Infrastruktur. Eher werden Nutzfahrzeuge wie Stadtbusse am Markt ankommen. Außerdem gibt es Nischenmärkte wie Verteilerfahrzeuge, Bergwerksfahrzeuge, Motorroller oder Hilfsmotoren für Fahrräder.

Der hemmende Faktor ist immer noch der Preis, den man im Moment für eine kostendeckende Produktion verlangen müsste. So wären einzeln gefertigte Brennstoffzellen für Autos je Kilowattstunde derzeit noch mehr als 100-mal so teuer wie die Technik für herkömmliche Motoren, seriengefertigte etwa 10-mal so teuer. Die Entwickler müssen durch neue Werkstoffe, einfachere Konstruktion, weniger und billigere Katalysatoren usw. dafür sorgen, dass der Preis zumindest in die Nähe dessen für herkömmliche

Konkurrenzprodukte kommt. Dann können erste Kundengruppen erschlossen werden. Die weiteren Kostensenkungen muss dann bei steigender Nachfrage die Massenproduktion bringen.

Das ist übrigens bei den meisten neuen Produkten so. Die erste Digitalkamera mit 0,5 Megapixeln, entwickelt für die Raumfahrt, hat etwa 10 Mio. € gekostet. Und kann sich eigentlich noch jemand an die Preise für die ersten Mobiltelefone, Musik-CD oder Videorekorder erinnern? Von den ersten Benzinautos soll erst gar nicht geredet werden.

Der Weg in den Markt: Wasserstoff

Die erste öffentlich wahrnehmbare und wirtschaftlich bedeutende Anwendung wird das private Automobil sein. Praktisch alle großen Fahrzeughersteller arbeiten an dieser Technik. Während auch Verbrennungsmotoren für Wasserstoff entwickelt werden, besonders von BMW, Ford, MAN und Mazda (Wankelmotor), steht die Brennstoffzelle allgemein im Vordergrund. Sie ist zwar wegen der größeren Entwicklungsarbeit später marktreif als der Verbrennungsmotor, bietet aber das größere Zukunftspotenzial. General Motors gibt das Jahr 2010 als Beginn der Vermarktung von Serienfahrzeugen an. Andere Hersteller werden dann mehr oder weniger bald folgen.

Die Hybridisierung des Verbrennungsmotors wird auch für die weite Verbreitung des Elektroantriebs und der Hochvolttechnik in den Werkstätten sorgen. Diese Technologien werden eine breite Basis für die effizientere Nutzung des Wasserstoffs in Verbrennungsmotoren legen wie auch die Einführung der Brennstoffzellentechnologie nennenswert erleichtern und vorbereiten.

Der Schritt zum nicht-fossilen Kraftstoff im Individualverkehr ist von großer Bedeutung für den Klimaschutz. Wasserstoff bietet hier größere Möglichkeiten als Biokraftstoffe, von denen nur begrenzte Mengen verfügbar sind.

Selbstverständlich darf die Aussicht auf einen umweltfreundlichen Kraftstoff kein Vorwand dafür sein, heute weniger für eine Senkung des Flottenverbrauchs durch die Entwicklung leichter Fahrzeuge und andere Maßnahmen für die Entlas-

Energiewandler Brennstoffzelle

Vorteile:

- hoher elektrischer Wirkungsgrad
- je nach Einsatzzweck unterschiedliche Ausführungen möglich
- keine Emissionen außer Strom, Wasser und Wärme
- lautlos
- keine Vibrationen

tung der Umwelt und des Klimas zu tun. Und auch ein sauberer Kraftstoff muss sparsam verwendet werden. Wasserstoff als Energieträger ist also weder ein Bremser noch ein Konkurrent für andere Maßnahmen, die unser Energiesystem und den Verkehr umweltfreundlicher gestalten sollen, sondern eine notwendige Komponente.

Für den Individualverkehr ist eine flächendeckende Infrastruktur erforderlich. Für den Start der Markteinführung in Deutschland rechnet man mit einem Bedarf an rd. 1 500 Tankstellen. Der finanzielle Aufwand dafür liegt im Rahmen dessen, was für den Unterhalt des existierenden Netzes an Tankstellen aufgebracht werden muss. Japan und die USA, hier besonders Kalifornien, verfolgen ähnliche Pläne. Kalifornien plant, bis zum Jahr 2010 rd. 100 Tankstellen betriebsbereit zu haben, Japan sogar 500. Da Wasserstoff im Gegensatz zu Benzin auch lokal zu erzeugen ist (Elektrolyse, Reformierung), muss der Transportaufwand für die Versorgung der Tankstellen keineswegs proportional zu ihrer Anzahl steigen.

Möglicherweise schon früher wird sich der Wasserstoff an einer ganz anderen Stelle nützlich machen. Die Betreiber von Windenergieanlagen haben oft Probleme, den Strom, den sie eigentlich erzeugen könnten, ins Netz abzugeben. Mit den kommenden Windparks auf hoher See wird dieses Problem noch ganz andere Dimensionen annehmen. Wasserstoff könnte hier in angebotsstarken und nachfragearmen Zeiten als Zwischenspeicher dienen. Eine solche Speicherung und Rückwandlung ist natürlich mit Verlusten verbunden, aber die sind deutlich geringer als 100 %. Und noch effizienter wäre es, den Wasserstoff an einer Tankstelle als solchen zu verkaufen.

Sicher ist sicher

Ein noch so sauberer Energieträger hat keine Chance, wenn er nicht mindestens genauso sicher ist wie die herkömmliche Technik. Untersuchungen ergeben regelmäßig, dass Wasserstoff als Energieträger nicht gefährlicher ist als Erdgas, Erdöl oder Flüssiggas, eher sicherer. Das gilt besonders für Störfälle. Dies ergibt sich aus seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften. Wasserstoff ist weder explosiv



Aus Energieüberschüssen, die z. B. bei Windparks (im Bild Horns Rev) oder Wasserkraftwerken anfallen, kann zzt. schon preisgünstig Wasserstoff erzeugt werden

Quelle: Elsam A/S

noch selbstentzündlich noch giftig, und seine Verbrauchsrückstände sind es auch nicht. Material- und Diffusionsprobleme können weitgehend durch die Wahl geeigneter Werkstoffe gelöst werden.

Das soll keine Aufforderung sein, sorglos mit Wasserstoff umzugehen. Wasserstoff ist brennbar, Gemische mit Luft sind explosiv, und wenn er den Sauerstoff verdrängt, kann er erstickend wirken. Deflagrationen können leichter in Detonationen umschlagen als bei anderen Gasen. Dennoch ist er nicht mit größeren Risiken verbunden als herkömmliche Energieträger. Die Risiken sind nur etwas anders. Wasserstoff spielt seit einem Jahrhundert eine wichtige Rolle in der Chemie. Somit sind auch die Maßnahmen zur Verhinderung und Beherrschung von Störfällen bestens bekannt. Das Gleiche gilt für Speicherung und Transport.

Wo kommt der Wasserstoff her und zu welchen Kosten?

Eigentlich sind wir von Wasserstoff umgeben und bestehen sogar zum großen Teil daraus. Doch freien Wasserstoff gibt es so gut wie gar nicht. Wenn die Vorräte einfach aufgebraucht würden, wäre er auch

nicht nachhaltig. Herstellung, Verwendung und alle Schritte dazwischen sind mit Verlusten verbunden; das ist ein Naturgesetz. Wer unter Hinweis darauf den Energieträger Wasserstoff als Verlustgeschäft abqualifiziert, argumentiert unredlich. Er übersieht nämlich, dass die Verluste bei den fossilen Brennstoffen um Größenordnungen höher sind. Gemäß einer Abschätzung stecken in jedem Liter Benzin von der Tankstelle etwa 23 t prähistorischer Biomasse. Wer auf dieser Grundlage den Wirkungsgrad und die entsprechenden Preise ausrechnen will, kann dies gerne tun.

Die Kosten für Wasserstoff hängen davon ab, wie viel Wasserstoff mit welcher Regelmäßigkeit bezogen werden soll, von welcher Reinheit er ist und wie weit der Nutzer von einer günstigen Quelle entfernt ist. Wasserstoff wird in der chemischen Industrie in großen Mengen erzeugt und verbraucht, aber nur ein kleiner Teil davon kommt auf den Markt. Solcher Wasserstoff aus der chemischen Industrie ist oft im Überschuss vorhanden und daher derzeit schon zu Preisen zu haben, die auf die Energie bezogen in der gleichen Größenordnung liegen wie Benzin oder Diesel. Eine weitere

zzt. schon günstige Quelle sind Energieüberschüsse, die z. B. bei Windparks oder Wasserkraftwerken anfallen. Die jeweils örtlichen Bedingungen an der Tankstelle sind also in Betracht zu ziehen. Aber je teurer die herkömmlichen Energieträger werden, desto besser werden die Chancen für den Wasserstoff. Laut einer Abschätzung des Arbeitskreises VES (Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie) wird Wasserstoff konkurrenzfähig, wenn der Ölpreis 100 \$ je Barrel erreicht. Das könnte durchaus noch einige Wochen oder Monate dauern.

Aber die schöne saubere Energiewelt von morgen zu den Preisen von heute wird es in Zukunft nicht geben, weder an der Tankstelle noch an der Steckdose. Energie muss teurer werden, als sie heute ist. Heutige Preise spiegeln nicht entfernt den Wert der Energie selbst wider.

Wie grün muss der Wasserstoff sein?

Ein Energieträger kann höchstens so umweltschonend sein wie die Primärenergie, aus der er gewonnen wird (und auch nicht billiger). Das Ziel muss Wasserstoff aus nachhaltigen Quellen sein. Aber das gilt für unsere Primärenergie ganz allgemein, und wir wissen alle, wo wir stehen. Es ist unredlich, dem Wasserstoff die Bedingung zu stellen, dass er grün sein muss, bevor wir über seine Verwendung reden. In dem gleichen Maß, in dem unsere Primärenergie grün wird, wird es auch der Wasserstoff. In der Übergangsphase dient seine Flexibilität hinsichtlich der Primärenergie als Hilfe beim Brückenschlag von der Vergangenheit in die Zukunft der Energie.

Wie steht es um den Wirkungsgrad des Verbrauchs? Wird die gesamte Kette von der Quelle bis zum Rad verglichen, so ist bereits ein heutiger Prototyp eines Brennstoffzellenfahrzeugs mit Druckwasserstoff aus Erdgas gewonnen im Tank primärenergetisch mindestens so effizient wie ein hocheffizientes Dieselfahrzeug oder ein hybridisiertes Erdgasfahrzeug. Dies wird wegen der guten Verbesserungspotenziale bei Brennstoffzellen und der begrenzten eines Dieselfahrzeugs auch künftig so bleiben oder sich für das Brennstoffzellenfahrzeug eher noch vorteilhafter entwickeln.

Völlig lebensfremd ist jedenfalls die manchmal erhobene Forderung, die erneuerbaren Energien erst einmal für die stationären Anwendungen zu verwenden und nicht für den Verkehr, weil die Wirkungsgrade dort niedriger sind. Nach dieser Logik dürfte man auch aus Öl kein Benzin machen. Dass Mobilität ein energetisches Verlustgeschäft ist, liegt in der Natur der Sache. Der Verkehr, besonders der Straßenverkehr, ist aber ein zentraler Bestandteil unseres Energiesystems und auch eines der Hauptprobleme beim Klimaschutz. Die hier herrschende nahezu völlige Abhängigkeit von importiertem Öl wirft jede Menge wirtschaftlicher und politischer Probleme auf, nicht nur ökologische. Es ist wirklich nicht zu erklären, warum wir sie nicht angehen sollen. Wer von seinem Schreibtisch aus das Prinzip »immer schön der Reihe nach« predigt, möge erklären, wann er damit anfangen will. Der Verkehr muss auf nachhaltige Energien umgestellt werden, und zwar schnell, und Wasserstoff ist nun einmal eine der besten Methoden, die Sonne in den Tank zu bekommen.

Der politische Hintergrund

Wasserstoff als Energieträger und Brennstoffzellen als Energiewandler rücken immer stärker ins Blickfeld der Politik. Im Gesetz über die Kraft-Wärme-Kopplung wird die Brennstoffzelle bereits explizit erwähnt. Eine ganze Reihe von Bundesländern haben staatlich unterstützte Initiativen für die Förderung der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie gegründet. Die Bundesregierung will ab dem Jahr 2007 zehn Jahre lang jährlich 50 Mio. € in das Gebiet investieren.

Die Europäische Union hat eine Technologieplattform, die die Kommission bei der Planung weiterer Maßnahmen beraten soll. In den kommenden Jahren soll das Gebiet durch verstärkte Bündelung und gezielte Förderung noch stärker vorangetrieben werden.

In den USA und Japan sind sowohl die politische Unterstützung des Gebiets als auch deren finanzieller Ausdruck weit größer. In den USA gibt es ein großes Förderprogramm des Bundes. Bestimmte Bundesstaaten, besonders Kalifornien, sind aber dem Bund noch voraus. Japanische Elektronikkonzerne

sind führend bei der Entwicklung portabler und kleiner stationärer Brennstoffzellen, und die japanischen Autohersteller spielen eine wichtige Rolle im mobilen Sektor.

International spielt Deutschland eine führende Rolle bei der Forschung und Entwicklung, hat aber Schwächen bei der Entwicklung marktfähiger Produkte. So gibt es in Deutschland nur wenige Hersteller von Brennstoffzellen, dafür aber eine ganze Reihe von Unternehmen, die das System um die Zelle herum bauen (Auto, Heizung). Hier droht die Gefahr einer strategischen Abhängigkeit. Aber man kann es ja auch positiv betrachten: Kommt die Brennstoffzelle nicht aus Deutschland, kommt sie eben nach Deutschland. Eigentlich kann es gar nicht schiefgehen.

Ausblick

Vor 200 Jahren trat die bis dahin größte Umwälzung in der Energiegeschichte ein, weil die nachhaltigen Quellen die Industrialisierung nicht versorgen konnten. Heute stehen wir am Beginn einer noch größeren Umwälzung, weil die Grenzen des damals entstandenen Systems erreicht sind. Die erneuerbaren Energiequellen werden zwangsläufig in eine dominierende Rolle hineinwachsen, denn es gibt einfach keine Alternative.

Wasserstoff wird in diesem System eine wichtige Rolle als Speicher und Transportmittel für Energie spielen, besonders in Ergänzung zum elektrischen Strom. Die Brennstoffzelle wird als hocheffizienter Energiewandler ein weiterer wichtiger Baustein des Systems sein.

Produkte auf Basis der Brennstoffzelle werden in den kommenden Jahren nach und nach zunehmend in den Geschäften zu sehen sein. Wasserstoff wird seinen sichtbaren Auftritt auf der Bühne zunächst im Straßenverkehr haben. Andere Anwendungen werden eher anlagenintern im Energiesektor beginnen.

(35899)