

WASSERSTOFF-ENERGIEWIRTSCHAFT

Der Stoff, aus dem die Träume sind

Eine Weltwirtschaft, in der die Energie sauber und gerecht verteilt ist, sagt Jeremy Rifkin in seinem jüngsten Buch voraus. Hält diese Vision einer kritischen Betrachtung stand?



Wasserstoff-Wirtschaft: Paradigmenwechsel oder neue Etappe in der langen Geschichte der Industriegesellschaft? (Fotos: RK)

Bei dem Wort Wasserstoff dachten 39,5 Prozent der befragten Fahrgäste eines Wasserstoffbusses an Umweltfreundlichkeit, nur 12,9 Prozent hingegen an die Wasserstoffbombe. Auch gab nur einer der fünf betroffenen Busfahrer an, Angst vor einem Unfall mit dem hochexplosiven Gas an Bord zu haben. Diese Umfrage zur Akzeptanz des neuen Treibstoffs fand 1997 in München statt. Mittlerweile dürfte das Ergebnis noch günstiger ausfallen. Der Spiegel berichtete vor kurzem von einem Versuch, bei dem ein Benzin- und ein Wasserstoffauto in Brand gesetzt wurden - nur das Benzinfahrzeug ging in Flammen auf. Und das im vergangenen Jahr erschienene Buch "Die H₂Revolution" von Jeremy Rifkin⁽¹⁾ hat einen regelrechten "hydrogen hype" ausgelöst. Präsident George W. Bush kündigte neue Forschungskredite an, EU-Forschungskommissar Philippe Busquin führte am autofreien Tag in Brüssel einen Wasserstoffbus vor und der grüne Fraktionsvorsitzende Rezzo Schlauch fuhr in einer was-

serstoffgetriebenen BMW-Limousine zum Aschermittwochtreffen seiner Partei.

Rifkins Traum

Langfristig werde die Wasserstoff-Wirtschaft, so Jeremy Rifkin⁽²⁾, die Natur der Märkte, der politischen und der sozialen Institutionen tiefgreifend verändern, so wie Kohle und Dampfkraft dies zu Beginn der Industriellen Revolution taten. Der Bestsellerautor ("Das Ende der Arbeit") führt die großen Krisen des angehenden 21. Jahrhunderts auf die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern zurück. Treibhauseffekt, Nord-Süd-Ungleichgewicht und Kriege um Ölreserven könnten überwunden werden durch den Eintritt ins Wasserstoffzeitalter. So entsteht bei der "Verbrennung" von Wasserstoff in einer Brennstoffzelle kein CO₂, sondern nur Wasserdampf (siehe Kasten "Nutzung"). Die zentralisierte, von großen Konzernen kontrollierte Energiewirtschaft würde, so Jeremy Rifkins Hoffnung, durch eine Art "worldwide hydrogen energy web"

vor Ort erzeugter Energie bieten, statt auf teures, importiertes Erdöl angewiesen zu sein. Dadurch könne das Gefälle zwischen reichem Norden und armem Süden verringert werden.

In den vergangenen 200 Jahren, so Jeremy Rifkin, habe es einen Widerspruch zwischen zwei Idealen gegeben: Dem während der amerikanischen Revolution entwickelten Konzept einer politischen Demokratie und dem in der Folge der Erfindung der Dampfmaschine sich verbreitenden "industrial way of life". Die Wasserstoffwirtschaft mache die notwendige, aber undemokratische Zentralisierung der Energiewirtschaft überflüssig und ermögliche es, die beiden Ideale zu versöhnen.

Sieht man sich die Forschungsprojekte in Sachen Wasserstoff und Brennstoffzelle an, so scheint es mit dem Eintritt ins Wasserstoffzeitalter ernst zu sein. Eine Milliarde Dollar hat George W. Bush in seiner Rede zur Lage der Nation versprochen, zwei Milliarden sollen die großen Autohersteller bisher bereits in die Entwicklung von wasserstoffgetriebenen Fahrzeugen gesteckt haben. Die EU finanziert das "Clean urban transport for Europe"-Projekt, kurz Cute, das vorsieht, in neun europäischen Städten, darunter Luxemburg, Wasserstoffbusse fahren zu lassen. Auch an stationären Brennstoffzellen wird überall in Europa geforscht, häufig unter Mitwirkung traditioneller Energielieferanten. So beteiligt sich die Firma Sotel, Luxemburger Erdgasimporteur, an der Errichtung experimenteller Brennstoffzellen in der Großregion, unter anderem an der Uni Lüttich.

Woher kommt der Wasserstoff?

Doch Forschungskredite allein garantieren keinen Erfolg, wie die jahrzehntelange Suche nach den "sauberen", auf Kernfusion statt Kernspaltung beruhenden Atomkraftwerken zeigt. Hinzu kommt, dass Wasserstoff als Energieträger nicht unbedingt die beste und schnellste Lösung für bestimmte Probleme darstellt. Robert F. Kennedy Jr., Jurist des "Natural Resources

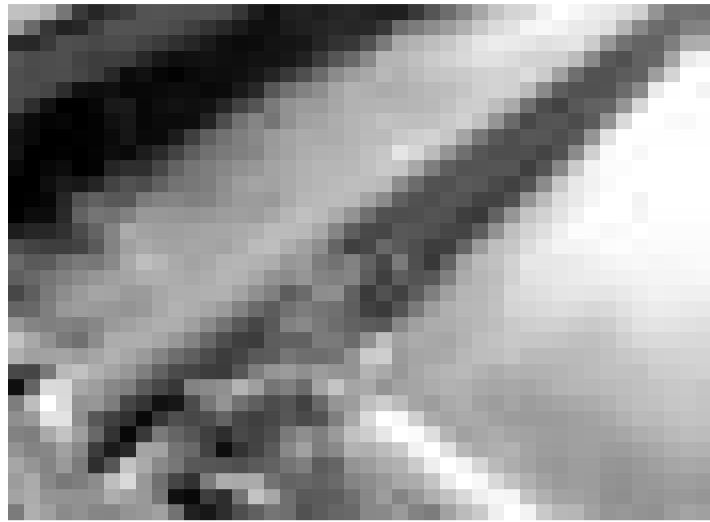
Defense Council" und Jerry Flint, Kolumnist der Zeitschrift "Forbes", sind sich in einem Punkt einig: Fossile Brennstoffe könnten viel effizienter genutzt werden und so kurzfristig helfen, das Klimaproblem und die Energieabhängigkeit zu verringern. Dass George W. Bush Wasserstoffautos fördern will, bezeichnet Jerry Flint als vergebliches Geld, niemand werde auf das viel billigere Benzin verzichten wollen⁽³⁾. Robert F. Kennedy Jr. dagegen sieht in dieser Initiative vor allem ein Manöver, um von der vielfach geforderten Begrenzung des Spritverbrauchs pro Meile abzulenken⁽⁴⁾. Ähnliches liest man bei der Bewertung des Brennstoffzellen-Antriebs für Autos durch den Verkehrsclub Deutschland⁽⁵⁾.

Woher kommt diese plötzliche Liebe der Umwelfreundlichen zum Benzin? Wasserstoff ist, was vor lauter Begeisterung oft vergessen wird, ein Energieträger, aber keine primäre Energiequelle. Bevor er in den Tank gefüllt werden kann, muss er erst gewonnen werden, sei es durch Elektrolyse, oder sei es durch das Reformieren von Erdgas (siehe Kasten "Herstellung"). Beide Verfahren sind auf primäre Energiequellen angewiesen, und das sind, auch beim Strom, vor allem fossile Brennstoffe. So ist zwar die Nutzung von Wasserstoff als Treibstoff CO₂-neutral, nicht aber seine Herstellung.

Damit kehrt der Traum vom Wasserstoff als der Lösung aller unserer Energieprobleme auf den Boden der Realität zurück. Zur Lösung der beiden Probleme Klimaveränderung und Ressourcenknappheit trägt der neue Brennstoff nichts bei. Beim Problem Luftbelastung dagegen kann er auftrumpfen: Auch wenn bei seiner Erzeugung Abgase entstehen, so stößt eine Brennstoffzelle nur Wasserdampf aus - sinnvoll beim Stop-and-go-Verkehr im Stadtzentrum. Wenn der Wasserstoff mit Hilfe von elektrischem Strom hergestellt wird, hängt die Klimafreundlichkeit davon ab, woher dieser Strom kommt. Mit Strom aus erneuerbaren Energien Wasserstoff herzustellen - statt ihn gleich ins Netz einzuspeisen, macht vor allem Sinn, wenn in Zukunft zeitweilig Überkapazitä-

¹ www.hydrogen.org, Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Informationssystem
² www.h2euro.org, Europäische Vereinigung für Wasserstoff
³ www.soteg.lu, Erdgasimporteur für Luxemburg





ten entstehen - zu viel Sonne, zu viel Wind auf einmal.

Als Energiespeicher ist Wasserstoff, wenn auch nicht unproblematisch, so doch interessant. Ungünstig ist, dass er als Gas unter Hochdruck gelagert und transportiert werden muss. Auch ist es wegen des schlechten Wirkungsgrads der Elektrolyse wenig interessant, ihn zur reinen Elektrizitätsgewinnung einzusetzen. Eine "Verbrennung" in einer Kogenerationsanlage dagegen erlaubt es, den Haushalt gleichzeitig mit Wärme und Strom versorgen. Außerdem erreicht der Wasserstoff eine ähnlich hohe Energiedichte pro Volumen- oder Gewichtseinheit wie Benzin - wichtig für den Einsatz in Autos wie in Flugzeugen.

Diese Relativierungen lassen Jeremy Rifkins hehre Ziele nicht weniger erstrebenswert erscheinen. Aller-

dings riskiert der Traum von der Wasserstoffwirtschaft für Zwecke instrumentalisiert zu werden, die diesen Zielen entgegenlaufen.

Alles sauber?

So ist zum Beispiel die Vision einer "Auto-Mobilität" ohne Abgase ein gefundenes Fressen für die Automobilindustrie. So als ob der Schadstoffausstoß das einzige Problem wäre, und die sozialen Kosten des Kraftwagenverkehrs - Unfallopfer, Zersiedlung, realer Preis pro Kilometer - mit der Einführung des Wasserstoffautos vom Tisch wären. Ein anderer Industriezweig ist ebenfalls vom Wasserstoff als sauberem Energieträger begeistert: die Atomindustrie. Denn auch ihre Kraftwerke haben mit zeitweiligen Überkapazitäten zu kämpfen, und vor allem könne sich Wasserstoff aus

Atomkraftwerken mit dem Label "CO₂-frei" schmücken.

Dass die Energieversorger sich für den neuen Wirtschaftszweig interessieren, zeigt, dass die von Rifkin beschworene Chance für eine Dezentralisierung möglicherweise ungenutzt vorbeigeht (siehe Kasten "Verteilung"). Auch das Nord-Süd-Gefälle wird wohl nicht durch eine unsichtbare "Wasserstoff-Hand" ausgeglichen werden. Wenn die Konzerne im Norden, WTO-Patentrecht sei Dank, die Brennstoffzellen-Technologie kontrollieren, wird der Süden wieder einmal auf milde Gaben angewiesen sein, statt seine wirtschaftliche Entwicklung aus eigener Kraft vorantreiben zu können. Alles in allem ändert auch der Wasserstoff, mit allen seinen Qualitäten, nichts daran, dass die Folgen neuer Technologien größtenteils von - getroffenen oder versäumten - politischen Entscheidungen abhängen.

Raymond Klein

⁽¹⁾ *Die H₂-Revolution*, Campus, 2002

⁽²⁾ *The Nation*, 23.12.03

⁽³⁾ *Forbes Magazine*, 4.3.02

⁽⁴⁾ *The New York Times*, 16.2.03

⁽⁵⁾ www.vcd.org



Herstellung

Auch wenn der Wasserstoff das häufigste chemische Element im gesamten Universum ist, so existiert er auf der Erde nur in gebundener Form, in Kohlenwasserstoffen zum Beispiel, nicht aber als reines H₂-Molekül. Schon jetzt generiert die Industrie jährlich 500 Milliarden Kubikmeter reinen Wasserstoff, der unter anderem bei der Erzeugung von chemischen Düngern verwendet wird. Dies geschieht durch Reformieren von Erdgas. Problematisch an dieser Methode ist, dass dabei CO₂ anfällt, und dass die Erdgasreserven nicht unerschöpflich sind. Die wichtigste Alternative zum Reformieren ist die Elektrolyse: Mit Hilfe von elektrischem Strom werden Wassermoleküle (H₂O) in Sauerstoff (O₂) und Wasserstoff (H₂) aufgetrennt. Leider ist der Wirkungsgrad dieses Verfahrens recht ungünstig, insbesondere wenn der Wasserstoff wieder in Strom zurückverwandelt wird. Außerdem stellt sich die Frage, wie der Strom hergestellt wurde: aus Kohle, aus Atomkraft oder aus erneuerbaren Energiequellen?

Grundsätzlich könnte der Wasserstoff dort hergestellt werden, wo die Ressourcen zur Stromherstellung am leichtesten zugänglich sind: die Sonne in den Tropen, die Wasserkraft in polaren Regionen. So gibt es ein Projekt, den Wasserstoff aus Kanada nach Deutschland zu importieren. Solche neuen, zentralisierten Energieversorgungsstrukturen sind nicht unbedingt im Sinne von Jeremy Rifkins Visionen. Und: "Mit dem Verbrauch von - in der Bundesrepublik - 'umweltfreundlichem' Wasserstoff werden die mit der Gewinnung dieses Energieträgers verbundenen Umwelt- und Sozialschäden in den Norden Kanadas verlagert", beschrieb ein Beitrag in der Geografischen Rundschau (6/97) die damit verbundenen Probleme.

Ganz ohne Strom Wasserstoff herzustellen, das könnte dank Photosynthese möglich werden: Forscher versuchen derzeit, Grünalgen durch Genveränderungen darauf zu trimmen, unter Nutzung der Sonnenenergie aus Wasser direkt Wasserstoff herzustellen.

Verteilung

Wie kommt der Wasserstoff zu den VerbraucherInnen? Immerhin handelt es sich um ein leicht brennbares Gas, das unter Hochdruck oder gar in flüssiger Form transportiert werden muss. Die Infrastrukturen für das Erdgas könnten umgenutzt werden - immerhin schafften die Gas-Pipelines bis vor wenigen Jahrzehnten Stadtgas heran - eine Mischung von Wasserstoff und Kohlenmonoxid. Einmal im Druckbehälter oder via Pipeline auf die Reise geschickt, hat der Wasserstoff einen wesentlichen Vorteil gegenüber dem elektrischen Strom: er lässt sich verlustfrei über beliebige Distanzen transportieren.

Beim kanadischen Wasserstoff-Projekt soll im hohen Norden Strom hergestellt werden, der dann im Hafen Sept-îles zur Wasserstoffherzeugung dient. Per "Hydrotanker" ginge es dann nach Hamburg, von wo aus die weitere Verteilung per Straße, Schiene oder Pipeline erfolgte. Das wäre gewissermaßen das Wunschscenario für die Energiekonzerne. Zentralisierte Herstellung und Transport würden es ihnen ermöglichen, weiterhin die Energieflüsse zu kontrollieren.

Demgegenüber steht das Modell einer dezentralen Wasserstoff-Energiewirtschaft: Statt großer Kraftwerke zahllose kleine Versorgungseinheiten mit Solarzellen, Biomassen-Transformierung und Kraft-Wärme-Kopplung. Dabei könnten Siedlungen und Städte ihre eigenen Energienetze aufbauen, Pipelines und Überlandleitungen würden an Wichtigkeit verlieren. Unklar bleibt, warum gerade der Energieträger Wasserstoff eine solche Dezentralisierung, die von Umweltschützern bereits für die bestehende Stromwirtschaft gefordert wird, begünstigen sollte.

Nutzung

Grundsätzlich lässt sich Wasserstoff wie andere Treibstoffe durch eine klassische Verbrennung nutzen - zum Beispiel in einem Explosionsmotor. Das ist umweltfreundlich in dem Sinne dass dabei außer Wasserdampf kaum Abgase entstehen, aber nicht sehr energieeffizient. Zu einem wirklich "grünen" Treibstoff wird der Wasserstoff erst, wenn er in einer Brennstoffzelle "verbrannt" wird. Dabei werden der Wasserstoff (H₂) und der Luftsauerstoff (O₂) an einem Katalysator, zum Beispiel dem "Proton exchange membrane" (PEM), zusammengeführt. Bei dieser kontrollierten chemischen Reaktion entsteht zum einen Wasserdampf (H₂O), zum anderen Strom und Wärme.

Wasserstoffautos mit Brennstoffzelle erzielen eine hohe Energieeffizienz, selbst wenn sie die erzeugte Wärme nicht optimal nutzen. Dass die Technik derzeit vor allem in Bussen eingesetzt wird, hat mehrere Gründe: Das Gewicht von Tank und Zelle, die Abhängigkeit von Wasserstoff-Tankstellen und den - im Stadtverkehr besonders wichtigen - Vorteil "zero emission" zu erzeugen. Stationäre Brennstoffzellen für Haushalt und Industrie können in der Regel sowohl für die Erzeugung von Strom als auch von Wärme sinnvoll eingesetzt werden und dürften gasbetriebene Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen auf Dauer ersetzen.

Größtes Hindernis für einen Durchbruch der Brennstoffzellen bleibt die Wirtschaftlichkeit. Neben dem recht teuren Wasserstoff und den Mehrkosten für kleine Serien wird ein Problem bleiben: Patentrechte wie das von Dupont de Nemours auf der PEM bewirken, dass die Katalysatoren bis zu 40 Prozent des Preises ausmachen. Ein schlechtes Omen auch für die von Jeremy Rifkin erhoffte demokratische Kontrolle über die Energieerzeugung.