

# **Wasserstoffträume**

Eine persönliche Erinnerung

von

Gerd Eisenbeiß

Copyright 2014 Gerd Eisenbeiß

ISBN:

Smashwords Edition, License Notes

This ebook is licensed for your personal enjoyment only. This ebook may not be re-sold or given away to other people. If you would like to share this book with another person, please purchase an additional copy for each recipient. If you are reading this book and did not purchase it, or it was not purchased for your use only, then please return to Smashwords.com and purchase your own copy. Thank you for respecting the hard work of the author.

## **Überblick**

[Vorwort](#)

[Erste Kontakte](#)

[Die Wasserstoff-Hype der 80er Jahre](#)

[Die Pressekonferenz](#)

[Solar-Wasserstoff-Bayern SWB](#)

[Brennstoffzellen](#)

[EU und Wasserstoff](#)

[Energiespeicher, Power to Gas](#)

[Fazit](#)

[Der Autor](#)

## **Vorwort**

Mein Berufsleben war von 1967 bis 2006 überwiegend der Energieforschung und Energiepolitik gewidmet, anfangs als Wissenschaftler in der Hochenergie-Physik und der Kern-Verfahrenstechnik, später als Ministerialbeamter und in der Leitung großer Forschungszentren. Dabei konnte ich für 5 Technologien eine besondere Verantwortung ausüben, für Kernenergie, Windenergie, Photovoltaik, solarthermische Kraftwerke und Wasserstofftechnik. Für jede der erstgenannten 4 Technologien habe ich meine persönlichen Erinnerungen in verschiedener Form aufgeschrieben und in 3 Fällen veröffentlicht; in diesem Text möchte ich das für die 5. Technologie, die Wasserstofftechnik ergänzen.

+++++

## **Erste Kontakte**

Natürlich waren mir Wasserstoff und seine Eigenschaften als chemisches Element schon aus der Schulzeit bekannt. Intensiv wurde die Beschäftigung mit Wasserstoff allerdings erst während meiner Promotionszeit. Ich untersuchte damals in den späten 60er Jahren am Kernforschungszentrum in Karlsruhe die Entwicklungspotenziale des Trenndüsenverfahrens zur Anreicherung des spaltbaren Uranisotops. Während die Kollegen im Team experimentierten, war ich der Theoretiker, der die Physik des Verfahrens aufklären sollte; insbesondere ging es um die Rolle des Wasserstoffs, der dem Uran(hexafluorid)gas zugesetzt wurde, um die Düsenströmung und damit die Zentrifugalkräfte während der Strahlumlenkung zu erhöhen. Das gelang mir, führte aber zu der Erkenntnis, dass das Verfahren nur ein allzu beschränktes wirtschaftliches Potential hatte, jedenfalls dem Ultrazentrifugen-Verfahren deutlich unterlegen bleiben musste.

Mit dem Ruf ins Bundeskanzleramt 1973 endete diese wissenschaftliche Phase meines Lebens. Ich wurde ein Teil der Regierung, blieb aber fast durchweg bei Energiethemen. So nahm ich in den 70er Jahren wahr, dass es eine Gruppe visionärer Menschen gab, Wissenschaftler und Laien, die dem Wasserstoff eine geradezu gesellschaftspolitische Zukunftsbedeutung prophezeiten. Ich weiß nicht mehr, ab wann Begriffe wie Wasserstoffwelt oder Wasserstoffgesellschaft in die öffentliche Debatte kamen, sie bedeuteten jedenfalls, dass man den Wasserstoff als zentralen Energieträger sah, aus dem man dann nach Belieben Strom, Wärme oder auch Antriebsenergie für Fahrzeuge gewinnen können.

Ich wurde rasch zum Skeptiker gegenüber diesen Vorstellungen, zumal Presse und Öffentlichkeit lange Zeit einfach ignorierten, dass Wasserstoff kein auf der Erde vorhandener Rohstoff wie Kohle, Öl und Gas oder Naturenergie wie Wind und Sonnenstrahlung ist, sondern erst aus solchen „Primär-Energiequellen“ hergestellt werden muss. Mein Gegenbild war immer die „all electric world“, d.h. die Perspektive, dass mehr oder weniger aller Energieverbrauch eines Tages durch elektrischen Strom gedeckt würde.

1982 bis 1985 war ich im Bonner Forschungsministerium für Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der rationellen Energieverwendung zuständig und förderte z.B. elektrische Wärmepumpen für die Gebäudeheizung und die Natrium-Schwefel-Batterie als Fahrzeugbatterie für elektrischen Straßenverkehr. Zu diesem Zeitpunkt war ich überzeugt, dass aus der Windenergie eine brauchbare direkte Stromquelle würde und dass auch die Kernenergie als quasi-direkter Stromerzeuger diese all-elektrische Versorgung unterstützen würde.

Natürlich war auch mein Denken seit Dennis Meadows' Buch über die Grenzen des Wachstums von den Verknappungsszenarien bei Öl und Gas bestimmt. Die deutlich größeren Kohlevorräte könnten zwar auch zu Gasen und Treibstoffen veredelt werden, ihre Verbrennung in Kraftwerken zur Stromerzeugung schien aber der günstigere Verwertungspfad.

Ein populäres Argument der Wasserstofffreunde war die Behauptung, Europa solle erneuerbare Energie aus Afrika importieren und dabei sei Wasserstoff der Entfernung wegen günstiger als Strom. Man dachte beispielsweise an Wasserkraft vom Kongo oder Solarkraftwerke in der Wüste, deren Strom in Elektrolyseuren Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff spalten sollte; der Wasserstoff würde dann in Pipelines nach Europa strömen und dort wie Erdgas zur Heizung verwendet oder auch in Kraftwerken mittels Gasturbinen oder Brennstoffzellen in Strom zurück verwandelt werden. Der billigere Transport sollte die Umwandlungsverluste in den Elektrolyseuren und Kraftwerken gegenüber einer Stromleitung überkompensieren. Dem war damals schon entgegenzuhalten, dass eine Hochspannungs-Gleichstrom-Verbindung (HGÜ) kurz vor der technisch-wirtschaftlichen Anwendung stand, die selbst einen Stromtransport vom Kongo billiger machen würde. So ist es ja auch gekommen.

Trotz meiner auch kämpferisch öffentlich vertretenen Anti-Wasserstoff-Argumente war ich aber neugierig, was die schwach entwickelte Technologie der Brennstoffzelle würde leisten können. Dementsprechend sprach ich die wenigen Wissenschaftler an,

die auf diesem Gebiet noch arbeiteten (teilweise mit Geld des Verteidigungsministers), ob da nicht eine übersehene Chance lauere, die sehr wohl Wasserstoff als Brennstoff benötigen würde. Diese Kontakte führten allerdings nicht zu wesentlichen Förderprojekten.

+++++

## **Die Wasserstoff-Hype der 80er Jahre**

Während die Energieforschung nach dem Machtwechsel von 1982 scharf heruntergefahren worden war, brachte Tschernobyl 1986 eine ebenso scharfe Wende nach oben in den verfügbaren Förderbudgets.

Schon zuvor hatte insbesondere Prof. Bölkow, der legendäre Flugzeugbauer, die Öffentlichkeit mit jedem greifbaren Mikrofon auf die Notwendigkeit der Wasserstoffwirtschaft hingewiesen. Verstärkt wurde diese öffentliche Wasserstoff-Kampagne durch ein Vorstandsmitglied des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt. Ich hatte zwar mit meinen Mitteln dagegen gehalten, aber natürlich als kleiner Beamter weniger Medienzugang.

Ich war zwischenzeitlich auch für die erneuerbaren Energien zuständig geworden und hatte dabei von meinem Vorgänger 1985 eine spektakuläre Projektidee übernommen: das HYSOLR-Projekt, das der baden-württembergische Ministerpräsident Lothar Späth zusammen mit Professoren aus Stuttgart und der Regierung von Saudi-Arabien eingefädelt hatte. Das Projekt sollte erstmals eine solare Stromerzeugung durch Photovoltaik mit einem Elektrolyseur koppeln, um auf diese Weise Wasserstoff zu erzeugen. Als ich die Verantwortung für die Realisierung des Projektes übernommen hatte, konnte und wollte ich das breit angelegte Forschungsprojekt nicht stoppen – nicht nur weil die internationale Verknüpfung der Vorbereitungen zu bedenken war, sondern auch weil ich eine Chance sah, die Träume vom solaren Wasserstoff durch eine praktische Erprobung, hälftig mit saudischem Geld, zu erden. Ich hatte sicher keine Zweifel, dass die Kopplung gelingen würde und dass die Kosten prohibitiv hoch sein würden.

In HYSOLAR wurde auch ein Teil Grundlagenforschung mitfinanziert. Für das Wasserstoff-Thema ist erwähnenswert, dass dabei auch Forschungsarbeiten zur direkten, photo(elektro)chemischen Wasserstoff-Erzeugung durchgeführt wurden. Interessant, dass es von solchen Arbeiten auch heute nach 30 Jahren noch heißt, man stehe doch erst am Anfang.

Trotz dieser Förderentscheidung musste ich mich (1987?) der Angriffe auch seitens eines Kollegen erwehren, der dem Minister gesagt hatte, das Ministerium verschleife die Wasserstofffrage. Das führte zu einem Dreier-Gespräch bei Minister Riesenhuber, dessen Ergebnis zweifach bemerkenswert war.

Zum einen neigte der Minister inhaltlich deutlich zu meiner Wasserstoffskeptischen Haltung. Ich versprach ihm ein analytisches Argumentationspapier, das meine Haltung ausführlich begründen sollte (und dies auch tat!). Zwei wichtige Argumente in diesem Papier waren die Logik, dass erst einmal die erneuerbaren Stromquellen billig werden müssten, bevor man aus solchem Strom Gas machen sollte, und dass Wasserstoff tatsächlich als Speicher nützlich werden könnte, wenn erneuerbare Energien aus Klimaschutz-Gründen wesentliche Teile der Stromversorgung übernehmen müssten (zum damaligen Zeitpunkt haben weder ich noch sonst jemand im Ministerium die Erderwärmung durch CO<sub>2</sub> als Gefahr eingeschätzt!).

Zum zweiten wollte Riesenhuber eine Pressekonferenz zum Wasserstoffthema abhalten und bat mich um Vorbereitung.

Hinzu kam, dass mein Abteilungsleiter die gute Idee eines Sachverständigenkreises aus Wissenschaft und Wirtschaft ins Spiel brachte, den ich dann 1987 auch zusammenrief. Schlussendlich legte dieser Kreis 1988 seine Empfehlungen vor, die meiner zuvor dem Minister vorgelegten Ausarbeitung im Wesentlichen glichen.

Kurz vor meinem Wechsel vom Ministerium ins DLR hielt ich 1989 einen Vortrag in Stuttgart und sagte unter anderem zur Frage „Brauchen wir Wasserstoff?“:

*„Die Welt ist so voller komplexer Probleme, dass man beim solaren Wasserstoff fast erleichtert feststellen kann: hier verwirrt keine Systemkomplexität, hier ist die Problemstruktur einfach. Denn Wasserstoff birgt nurmehr wenige technische Geheimnisse - man muss ihn nur billig genug herstellen. Vielleicht ist es psychologisch geradezu die Ursache der öffentlichen Überschätzung des Wasserstoffthemas, dass niemand für möglich hält, ein so großes Thema könnte so einfach sein - zumal ja genug Propheten und Journalisten in den Medien zu sehen und zu hören sind, die von Wasserstoff sprechen, als sei er eine Energiequelle und nicht nur ein Umwandlergebnis aus Primär- oder anderen Sekundärenergien, die grundsätzlich billiger und weithin attraktiver sind.“*

+++++

## Die Pressekonferenz

Die Vorbereitung und Durchführung der Pressekonferenz hat mir großen Spaß gemacht. Natürlich waren die Texte zum Wasserstoffthema diplomatisch freundlich gehalten, also freundlicher als meine öffentlichen Reden gegen die Wasserstoffschwärmer. Ich hatte dementsprechend dem Minister empfohlen, die gigantische Summe von 1 Mrd. DM als künftige Förderung des solaren Wasserstoffs anzukündigen. Als er mich fragte, woher das Geld kommen solle, zeigte ich ihm, dass ich alle Föderungelder für die Entwicklung erneuerbarer Technologien, natürlich auch HYSOLR und ein paar Technologieprogramme für Elektrolyseure und auch schon Brennstoffzellen über 10 Jahre addiert hatte. Wir verkauften also, wie das so oft in der Politik geschieht, längst veranschlagte Fördermittel einfach nochmal unter der Überschrift „1 Milliarde für solaren Wasserstoff“. So stand es dann am nächsten Tag auch auf der Titelseite der FAZ.

Ich genoss es auch, dass der Minister, wie so oft knapp an Zeit, den zahlreichen Journalisten nach einem Einleitungsstatement sagte, der neben ihm sitzende Dr. E. werde weiterhin zur Verfügung stehen und alles, was er sage, könnten sie schreiben, als wäre es der Minister selbst gewesen. So gab ich also diese Pressekonferenz selbst und rechnete dem Minister hoch an, welches Vertrauen er in meine Professionalität und Loyalität gesetzt hatte.

Eine schöne Szene ergab sich als ein Wasserstoff-bewegter Journalist vom WDR fragte, ob ich nicht auch der Meinung sei, dass nur eine finstere Verschwörung der Ölkonzerne bisher verhindere, dass man den Wasserstoff noch nicht an jeder Ecke tanken könne. Ich antwortete darauf wörtlich: „Ach wissen Sie, Wasserstoff das ist ein Gas, das ist so leicht, dass wenn es einem zu Kopfe steigt, fängt man an zu schweben“, um natürlich ernsthaft nachzuschieben, dass der solare Wasserstoff ja notwendiger Weise teurer sein müsse als der primär erzeugte Solarstrom.

Ein anderer Satz, der mir in Erinnerung ist, lautet: „In einer Welt, in der man aus Gas Strom macht, dürfte es schwerlich ratsam sein, aus Strom ein Gas zu machen“, denn letztlich darf die kWh Wasserstoff nicht mehr kosten als die kWh Erdgas, also damals wenige Pfennige.

+++++

## **Solar-Wasserstoff-Bayern SWB**

Im Rahmen der Photovoltaikförderung war ich vergleichbar zu meiner Windstrategie daran interessiert, durch großzügige Demonstrationsprojekte zu einer gewissen Produktionserfahrung beizutragen. Ich ließ also solche Projekte ausschreiben und bot eine 50%-Förderung an, die z.B. vom RWE rasch aufgegriffen wurde.

In Bayern bildete sich eine Allianz von Siemens, BMW, Linde und MBB (ein Vorläufer von EADS) sowie dem federführenden Bayernwerk (Vorläufer von Eon), die ein weiteres Solar-Wasserstoff-Projekt in der Oberpfalz vorschlugen. Ich bot dafür eine 30% Förderung an, was zunächst für Ärger, dann aber zu einer Mitförderung des Freistaats Bayern führte. Die beteiligten Firmen gründeten eine GmbH, die das Projekt durchführen sollte und dies auch über mehrere Jahre tat. In diesem Projekt wurden eine ganze Reihe von verschiedenen Photovoltaikfeldern aufgebaut, ferner ein Elektrolyseur, Brennstoffzellen und ein Brennstoffzellen-Gabelstapler, der nach meiner Erinnerung nie zum Funktionieren gebracht worden ist. Außerdem wurde ohne Bundesförderung eine Wasserstoff-Tankstelle aufgebaut, an der BMW und Linde besonders interessiert waren.

Zum Interesse der Partner sei gesagt, dass BMW schon in den 70er Jahren begonnen hatte, einen Verbrennungsmotor für Wasserstoff als Kraftstoff zu entwickeln. Obwohl diese Entwicklung ohne staatliche Förderung weit getrieben wurde, ist mein heutiger Eindruck, dass BMW da nichts mehr tut. Man setzt auf elektrischen Antrieb mit Batterien, vielleicht auch wie Daimler, Ford und GM/Opel mit Brennstoffzellen und Wasserstoff-Tank. Linde war als führender Gase-Hersteller sehr an allem interessiert, was mit Wasserstoff zusammenhing, ein Interesse das bis heute zu starkem Engagement in der nationalen Wasserstoffstrategie geführt hat. Das Interesse des Bayernwerks habe ich stets eher im Bereich von public relation verortet als in der Existenz eines realen Interesses, Wasserstoff aus Strom bereitzustellen. Letztlich war man wegen der Kernenergie unter starkem öffentlichem Druck und wollte, wie auch RWE, mit einem spektakulären Solarprojekt Sympathien gewinnen. Siemens hatte mit Brennstoffzellen für U-Boote einen beachtlichen Erfolg vorzuweisen und wollte im Projekt eine kleinere Brennstoffzelle für Flur-Fahrzeuge entwickeln – sicher mit einem strategischen Blick auf Anwendungen auch in Straßen-Fahrzeugen.

Die Firma SWB (Solar-Wasserstoff Bayern) hatte einen Aufsichtsrat, in den ich 1990 nach meinem Wechsel zum DLR berufen wurde. Dort saß auch der schon recht alte und verdienstvolle Ludwig Bölkow, der unbedingt noch einmal etwas so Bedeu-

tendes bewirken wollte wie damals, als er Flugzeug-Entwickler gewesen war. Die Wasserstofftechnik und –wirtschaft sollte es sein. Insofern waren wir Antipoden, die ohne persönliche Schärfe gegensätzlich argumentierten – er visionär und ich dicht an der Frage, was sich wirtschaftlich würde umsetzen lassen. Vielleicht spricht es für seine Fairness, dass er mir die Führung der von ihm finanzierten Studiengruppe anbot. Ludwig Bölkow verdanke ich auch eine ganz besondere Dienstreise: er lud einige SWB-Leute und mich ein, mit seinem Privat-Jet nach Catania auf Sizilien zu fliegen, um das Heliostatenfeld eines gescheiterten EU-Solar-Projektes darauf hin zu prüfen, ob einige Heliostaten zur Ergänzung des SWB-Projektes nach Deutschland gebracht werden könnten. Da Bölkow dann bei Reiseantritt krank war, flogen wir ohne ihn; der versprochen Flug direkt über dem Ätna-Krater fand allerdings nicht statt, weil der Vulkan spukte.

Es ärgerte mich schon als Förderer und noch mehr als DLR-Programmdirektor, dass das bayerische Projekt sich strikt weigerte die in Stuttgart liegende, aus HYSOLR stammende Kompetenz einzubeziehen. Man wollte wohl aus landespolitischen Gründen ein rein bayerisches Projekt realisieren.

So blieb das DLR außen vor, obwohl es schon in den 70er Jahren einen Wasserstofftank für Fahrzeug gebaut hatte und aus der Raumfahrt intensive Erfahrung im Umgang mit Wasserstoff hatte. Das kleine Zentrum in Lampoldshausen, zwischen Stuttgart und Würzburg gelegen, benötigte nicht nur größere Mengen an Flüssig-Wasserstoff für Raketentests, sondern hatte sich auch einen „schnellen Dampferzeuger“ ausgedacht, mit dem man durch raketenartige Wasserstoffverbrennung kurzzeitig Zusatzdampf auf Kraftwerksturbinen bringen wollte, um Spitzlasten abzudecken. Leider ist auch aus dieser technologisch höchst anspruchsvollen Entwicklung keine wirtschaftliche Anwendung geworden. In Stuttgart hatte das DLR auch eine Elektrolyseur-Entwicklung begonnen, die die energetischen Verluste bei der technischen Elektrolyse von etwa 30 auf 5% zurück bringen sollte, ein Ziel, das auch in 2014 aktuellen Projekten unverändert verfolgt wird. Nicht nur hier fragt man sich, ob der Fortschritt so langsam sein muss oder ob es halt nicht geht.

Das SWB-Projekt wurde nach etwa 10 Jahren eingestellt. Es war überwiegend technisch erfolgreich, brachte den Herstellern der PV-Felder gute Rückkopplung über Schwachstellen, zeigte aber nur einmal mehr nach HYSOLR, dass die Idee solar erzeugten Wasserstoffs technisch realisierbar, aber praktisch unbezahlbar war.



Zwei der SWB-Geschäftsführer haben gemeinsam mit mir 1996 ein Büchlein „Wasserstoff“ veröffentlicht (ISBN 3-931384-02-0).

Ein anderes, sehr öffentlichkeitswirksames Projekt war das erste energie-autarke Haus in Freiburg. Prof. Goetzberger wollte mit diesem Haus zeigen, dass man allen Energieverbrauch einer Familie ausschließlich aus der Energie decken kann, die durch Fenster, Wände und Nahrungsbeschaffung ins Haus gelangen. Dabei musste er die Photovoltaikanlage auf dem Dach so überdimensionieren, dass im Sommer genug Wasserstoff elektrolysiert werden konnte, um im Winter ausreichend Energie zu haben, auch genug Strom, der durch eine Brennstoffzelle erzeugt werden sollte. Ich habe das Haus gefördert, d.h. aus Fördermitteln bezahlt, aber ohne den Wasserstoff-Teil, weil ich das Ziel einer Einzelhaus-Autarkie für Unsinn hielt und halte. Beamte des Wissenschaftsministeriums in Stuttgart waren anderer Meinung und übernahmen die Finanzierung des Wasserstoff-Teils. Das Haus wurde erfolgreich errichtet, betrieben und bewohnt, auch wenn die eingebaute Brennstoffzelle damals um 1990 wohl nicht gut funktionierte.

Die baden-württembergische Wasserstoff-Begeisterung zeigte sich auch bei der Gründung eines neuen Solarinstituts, die ich als Vertreter des Bundesforschungsministeriums sehr unterstützte. Als aber die Regierung Baden-Württembergs dem Institut auch das Thema Wasserstoff in den Auftrag und Namen „Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)“ schrieb, erhob ich als Mitglied des Gründungskomitees Einspruch. Dem Gründungsbeschluss habe daher durch Stimmenthaltung die Zustimmung verweigert. Als ich später als Vertreter des DLR im Kuratorium saß (DLR und die Universitäten in Stuttgart und Ulm waren die wissenschaftlichen Mutter-Institutionen der Stiftung), habe ich allerdings durch Verzicht auf personelle und strukturelle Ansprüche des DLR dazu beigetragen, dass sich der Ulmer Institutsteil mit den Themen Brennstoffzelle und Batterien gut entwickeln konnte; unter anderem habe ich den Vorschlag des DLR-Vorstands abgelehnt, in Personalunion mit meinen Aufgaben als Programmdirektor in den ZSW-Vorstand einzutreten.

Als ich hörte, dass die an der Regierung in Stuttgart beteiligte SPD plante, das Forschungszentrum Karlsruhe in ein Wasserstoff-Forschungszentrum umzubauen, fuhr ich spontan nach Stuttgart zu alten Freunden aus der Karlsruher Kommunalpolitik, die nun Abgeordnete des Landtags waren, um ihnen das auszureden. Zumindest ist dann tatsächlich keine solche Initiative publik geworden.

+++++

## **Brennstoffzellen**

Während meiner Zeit als Programmdirektor für Energie- und Verkehrsforschung 1990 bis 2001 wurde die Stuttgarter DLR-Forschung mehr auf Brennstoffzellen-Entwicklung ausgerichtet. Anfang der 90er Jahre rief das Forschungsministerium eine Gruppe von interessierten Wissenschaftlern und Verantwortlichen zusammen, um die nationale Brennstoffzellen-Strategie zu besprechen und zu ordnen. Ich musste dabei gemeinsam mit dem Institutsleiter erkennen, dass die im DLR betriebene Entwicklung alkalischer Brennstoffzellen wohl keine Erfolgschance mehr bot. Wir folgten daraus einen Strategiewechsel hin zur Membran-Brennstoffzelle sowie der keramischen Hoch-Temperatur-Brennstoffzelle. Für das DLR war dies ebenso Neuland wie für das Forschungszentrum Jülich, das um diese Zeit die Entwicklung des Hochtemperatur-Reaktors HTR und der nuklearen Prozesswärme einstellte und seine Werkstoff- und Verfahrenskompetenz ebenfalls auf Hochtemperatur-Brennstoffzellen ausrichtete.

Eine technologische Vorgeschichte hatte die Hochtemperatur-Brennstoffzelle im Hochtemperatur-Elektrolyseur, den ich über mehrere Jahre bei Dornier gefördert hatte. Auch die dortigen Entwickler nutzten Ende der 80er Jahre meine Förderung für einen Einstieg in die Brennstoffzellen-Entwicklung.

Noch in den 90er Jahren gab es einen großen Optimismus, die Brennstoffzellen würden nun ganz rasch in die Autos vordringen und daher seien die auf Motorenbau eingestellten Auto- und Zulieferfirmen akut gefährdet. Im DLR starteten wir mit einigen Zulieferern ein Projekt, in dem sich die Industriepartner Grundkenntnisse aneignen sollten, um gewappnet zu sein. Ich selbst war Teil dieser Fehleinschätzung; wir, einige Partner und ich, versuchten, Wolfgang Schäuble für eine Veranstaltung zu gewinnen, deren Botschaft sein sollte: die Brennstoffzelle kommt jetzt – stellt euch drauf ein. Die Veranstaltung kam nicht zustande; so haben wir uns nicht blamiert.

Ich habe sowohl im DLR als Programmdirektor wie auch in Jülich als Energievorstand alle großen Brennstoffzellen- und Elektrolyseurprojekte außerhalb der Industrie zu verantworten gehabt, manche anderen Projekte als Referatsleiter gefördert oder als Kurator insbesondere der Solarinstitute in Freiburg (ISE), Stuttgart/Ulm (ZSW) und Kassel (ISET/IWES) eng verfolgen können. Trotz überall hervorragender Forscher und Ingenieure sind die Erfolge in den Schlüsselfragen eher mager

- Bei den Elektrolyseuren sind die Verluste immer noch beträchtlich
- Bei den Membran-Brennstoffzellen ist der oft als nah verkündete Durchbruch (Daimler Ende der 90er: ab 2006 Serien-Fahrzeuge auf der Straße!) bisher ausgeblieben
- Bei Brennstoffzellen-Heizungen (in Kraft-Wärme-Kopplung) kein selbsttragender Markt, obwohl die Hochtemperatur-Brennstoffzelle nicht auf Wasserstoff als Energieträger angewiesen wäre, denn sie kann Erdgas durch internes Reforming unmittelbar verarbeiten.

Hinsichtlich Wasserstofftransport (Rohre, Schweißverbindungen) und Speicherung (flüssig bei minus 253° oder komprimiert bis 800 bar) ist die Technik wohl reif, aber über die Kosten weiß ich leider nichts.

+++++

## **EU und Wasserstoff**

Sowohl während meiner Ministerialzeit bis 1989 wie auch in der Führungsverantwortung im DLR bis 2001 und in Jülich bis 2006 sowie als Berater darüber hinaus habe ich viel Zeit und Engagement in die Forschungspolitik der EU-Kommission investiert. Dabei habe ich viele wesentliche Wasserstoff-Projekte, die die EU gefördert hat, mit beraten und bei Realisierung zumindest in den wesentlichen Erkenntnissen verfolgt. Darunter waren große Erprobungsprogramme für Brennstoffzellen-Busse und Wasserstoff-Tankstellen in einigen Städten Europas und Islands.

So hat die Kommission sich z.B. für eine Idee aus der Gemeinsamen Forschungsstelle in Ispra engagiert, die Wasserstoff am Saint Lawrence-Strom in Kanada aus Wasserkraft gewinnen wollte und diesen nach Hamburg bringen sollte, wo einige engagierte Wasserstofffreunde eine gewisse Rückendeckung aus der Hamburger Politik hatten. In diesem Zusammenhang wurden verschiedene Transporttechnologien für den kanadischen Wasserstoff per Schiff untersucht: neben flüssigem (bei minus 253°) und komprimiertem Wasserstoff auch die chemische Anbindung an bestimmte organische Moleküle, die einen drucklosen Flüssigtransport ermöglichen sollten. Das sollte den Aufwand für die Bindung bzw. die Abtrennung in Hamburg kompensieren.

Ich habe auch gegen diese Förderung erfolglos eingewandt, dass es doch völlig klar sei, dass nord-amerikanische Stromunternehmen jederzeit mehr für Strom aus Kanada bieten könnten als europäische Wasserstoffverbraucher. Natürlich ist das

Projekt ohne jede Chance auf Realisierung geblieben. Damit ähnelt es ja auch nur den deutschen Projekten HYSOLAR und SWB.

Während meiner Vorstandszeit im Forschungszentrum Jülich erreichte mich der Ruf in eine „High Level Group“ (HLG) zum Thema Wasserstoff, die unmittelbar die damalige Energiekommissarin Loyola de Palacio sowie den Forschungs-Kommissar Philippe Busquin strategisch beraten sollte. Damals hatte Jeremy Rifkin mit einem Buch Aufsehen erregt, in dem er erneut die Welterlösung durch Wasserstoff gepriesen hatte. Viele sind damals auf diesen Vielschreiber und hervorragenden Kommunikator hereingefallen; er wurde von Regierungen empfangen, auch vom Siemens-Vorstand angehört, und der notorisch übereifrige Markus Söder, zur Zeit bayerischer Finanzminister, verkündete sofort, dass er auch in Wasserstoff die Zukunft sehe und eine Schwerpunkt setzen würde.

Als Busquin das Forschungszentrum Jülich besuchte und mich mit erwartungsvoll begeisterten Augen auf Rifkin ansprach, sagte ich sehr trocken: „Commissioner, I am the anti-Rifkin“. Der Kommissionspräsident Romano Prodi empfing die HLG Hydrogen denn auch mit den unvergesslichen Worten, er wolle für zwei Dinge in die Geschichte Europas eingehen, die Ost-Erweiterung und Wasserstoff.

Ja, Wasserstoff, das ist ein Gas, das viele schweben lässt!

Um mich auch mit dem Bundesverkehrsministerium kurzzuschließen – schließlich ging es ja auch um Wasserstoff im Verkehr –, besuchte ich den zuständigen Unterabteilungsleiter, um meine Position zu Wasserstoff darzulegen. Insbesondere monierte ich die Entscheidung der Bundesregierung, alle CO<sub>2</sub>-emittierende Bereiche sollten vorweg bestimmte Einsparziele realisieren, unter anderem auch durch „erneuerbaren“ Wasserstoff im Verkehrsbereich. Zwar gab mir der Beamte Recht, dass im Verkehr CO<sub>2</sub>-Reduktionen viel teurer seien als im Strom- und Wärmebereich, aber er verteidigte die Regierungspolitik auch mit dem Hinweis, wie Herr Stolpe als (damaliger) Verkehrsminister ohne eigenen Beitrag denn politisch dastände.

Was die HLG schließlich als Bericht abgab, war nur zum Teil nach meinem Geschmack; die Wasserstofffreunde hatten sich mit Hilfe der Beamten, die den Bericht letztlich entsprechend den Erwartungen ihrer Oberen entworfen hatten, gegen meine zahlreichen Einsprüche und Textvorschläge durchgesetzt. Was ich mit allen anderen befürwortete, war eine starke europäische Strategie für Brennstoffzellen. Aber so wie der solare Wasserstoff warten muss, bis die solare Stromerzeugung billig genug ist, so muss der Wasserstoff auch warten, bis die Membran-Brennstoffzellen billig genug

sind, denn der Rest eines Wasserstoffsystems ist technisch einfach und schnell verfügbar. Und die anderen Brennstoffzellentypen PAFC, MCFC und Hochtemperatur-Brennstoffzelle brauchen keinen Wasserstoff, sondern kommen mit Erdgas gut zurecht, allerdings passen sie in kein Fahrzeug.

Da war es etwa 2007 ein spannender Auftrag, für die „Advisory Group Energy“ zusammen mit Kommissionsbeamten die einschlägige europäische Industrie in zwei Hearings befragen zu dürfen, wie sie sich die Wasserstoff-Beschaffung für das geplante große Brennstoffzellen-Programm vorstellte. In den Antworten kam Wasserstoff aus erneuerbaren Stromquellen überhaupt nicht vor; der Wasserstoff sollte auf Gas- und Kohlebasis durch Reforming, also fossil bereitgestellt werden – aus Sicht der Industrie völlig logisch, dass man die Markteinführung von Brennstoffzellen nicht mit unbezahlbarem Wasserstoff aus erneuerbaren Energien belasten wollte; andere, z.B. Franzosen, dachten sicher auch an Kernenergiestrom, sagten das aber nicht. Das zweite Hearing bezog sich auf die Kohle-Industrie, die zwar an einem großen Programm zur Abscheidung und Entsorgung von CO<sub>2</sub> interessiert war, aber nicht daran dachte, den Brennstoffzellen-Unternehmen mit Wasserstoff zu helfen.

Dementsprechend hängt auch heute noch die Wasserstoffzukunft in der Luft: einerseits könnte die Brennstoffzelle im Fahrzeug noch ein Erfolg werden und bräuchten dann flächendeckend Wasserstoff-Tankstellen, andererseits könnte der Batterieelektrische Autoverkehr sich trotz Reichweitenbeschränkung als erfolgreicher erweisen, dann wären die Wasserstoff-Investitionen abzuschreiben. Das Rennen beider Pfade zum elektrischen Straßenverkehr ist noch nicht entschieden. Vielleicht rettet eine CO<sub>2</sub>-freie Zukunft des Straßenverkehrs einen Teil der Wasserstoffräume aus dem letzten Jahrhundert, sicher aber nicht die Vision einer Wasserstoffgesellschaft.

+++++

## **Energiespeicher, Power to Gas**

Schon in meinem Ministerpapier von 1987 hatte ich einen Einschub formuliert, dass man Wasserstoff möglicherweise ernster nehmen müsse, wenn sich der Verdacht gegen CO<sub>2</sub> als Grund gefährlicher Erderwärmung bestätigen sollte. Denn es schien einleuchtend, dass eine CO<sub>2</sub>-arme Stromversorgung mit sehr viel Photovoltaik und Windenergie mit oder ohne Kernenergie schließlich gute Stromspeicher brauchen würde.

Ich hatte zwar schon Anfang der 80er Jahre verschiedene Batterie-Innovationen gefördert, aber es war immer klar, dass Batterien nur für kleine Strommengen über kürzere Speicherzeiten und als Regelenergie geeignet sind. Das hat sich auch nicht durch die in Deutschland übersehenen Möglichkeiten der Lithium-Ionen-Technik verändert, die aus ost-asiatischen Kleingeräten nunmehr in die Autos drängt – übrigens als Konkurrenz zur Wasserstoff-Brennstoffzellen-Strategie für den Verkehr.

Meine vorsichtige Einschätzung zum CO<sub>2</sub>-Problem wurde über die letzten 25 Jahre überholt durch eine zunehmende Beweiskraft der Klimaforschung. Das zwingt zu CO<sub>2</sub>-freien Energiequellen. Damit stellt sich die Speicherfrage in allen Aspekten und Wasserstoff kommt wieder in die öffentliche Diskussion als Langzeitspeicher über viele Monate. Ich habe diese neue Diskussion auch im Ruhestand dank zahlreicher Kontakte recht intensiv verfolgen können.

Meine heutige Sicht ist die, dass wir tatsächlich keine gute Lösung für die Langzeit-Stromspeicherung haben. Das ist schlimm, weil damit die Energiewende vor einem neuen Kostenschub stehen wird, wenn Langfristspeicher tatsächlich gebraucht werden.

Nun kann man Strom im exakten Sinne nur in kleinsten Mengen in Kapazitäten speichern, alles andere ist jeweils eine Umwandlung in potentielle, bzw. „Druckenergie“ (Pumpspeicher, Druckluft) oder Chemische Systeme (Batterien, Wasserstoff), die selbst Speicherprobleme haben. Wasserstoff hat dabei immerhin den Vorteil, dass man seine Produktion aus zu speichernder Elektrizität vom Volumen beliebig entkoppeln kann, d.h. man muss den dann Wasserstoff speichern. Schon bei der „Einspeicherung“ verliert man Energie, erst recht bei der „Rückgewinnung“ des Stroms durch Turbinen-Generatoren-Sätze oder Brennstoffzellen; in Summe ist es stets knapp die Hälfte der primär erzeugten Elektrizität.

Da solche Speicher selbst wieder Kosten verursachen, hat man vor wenigen Jahren die alte Idee ausgegraben, solchen aus Überschüssen stammenden Wasserstoff dem Erdgas zuzumischen. Technisch geht das bis zu einer gewissen Grenze einiger Prozent. Die Wiedergewinnung des Stroms erfolgt dann in Gasturbinen, die eben diese Methan-Wasserstoff-Mischung („Hythane“) verbrennen. Für die ganz große Lösung wollen die neuen Propagandisten den Wasserstoff chemisch mit CO<sub>2</sub> zu Methan verbinden, um so das vorhandenen Erdgas-Netz als Speicher nutzen zu können. Durch den zusätzlichen Umwandlungsschritt steigen zwar die energetischen Verluste, dafür wird die Speicherung im existierenden Gasnetz billiger als in eigens

einzurichtenden Wasserstoffspeichern. Vielleicht wird dann die sehr teure Langzeit-Speicherung ein wenig weniger teuer.

Wenn ich auch hierbei der neuen Power to Gas (P2G) Hype widerspreche, dann in Bezug auf den Zeitfaktor; ich sehe einen neuen verlustreichen Frühstart in eine Entwicklung, die keine Chance auf anschließenden Markt hat: die für P2G benötigten Technologien sind weithin vorhanden oder schnell entwickelbar, wenn man sie eines Tages brauchen sollte. Außerdem habe ich nach meiner Wahrnehmung als erster darauf hingewiesen, man solle doch so weit wie möglich eventuellen Überschuss-Strom zur Wassererwärmung und zum Heizen benutzen; damit spart man viel mehr Erdgas, als man mit P2G erzeugen kann. Mittlerweile gibt es eine ganze Reihe von vernünftigen Wissenschaftlern und Fachleuten, die dieses viel preisgünstigere Konzept unter der Bezeichnung „Power to Heat“ verfolgen. Es ist also falsch, jetzt viel Geld in P2G zu stecken, weil auf absehbare Zeit keine Umsetzung nötig ist. Die Forschung wird noch große Fortschritte in den ausschlaggebenden Werkstoffen und Katalysatoren sowie in der Steuerungs- und Regelungstechnik machen, so dass heutige Lösungen sicher obsolet sein werden, wenn man ohne Power-Gas nicht mehr zu Recht kommen sollte. Hier drohen ähnliche Frühstartverluste wie bei HYSOLAR und SWB.

Forschungsgelder und Subventionen werden anderswo dringender gebraucht!

**+++++**

## **Fazit**

Ich blicke ohne Reue auf meinen Kampf gegen die vorschnellen und übertreibenden Wasserstoffschwärmereien zurück. Da ich mich wenig durchsetzen konnte, ja mich selbst politischen Entscheidungen beugen musste, ist viel Geld verschwendet worden, weil es viel zu früh in Entwicklungen gesteckt wurde, die keine Chance auf anschließende Märkte hatten. Es handelte sich ja nicht um Grundlagenforschung, sondern überwiegend um gute Ingenieur-Arbeiten.

Trotz einiger bemerkenswerter, aber noch nicht ausreichender Fortschritte bei Brennstoffzellen ist die Behauptung, dass wir Wasserstoff brauchen, noch nicht bewiesen. Der Wettlauf zwischen Wasserstoff- und direkt-elektrischen Fahrzeugen wird die Frage entscheiden. Meine Einschätzung ist, dass wegen der Vorteile beim Tanken die bessere (Markt-)Akzeptanz beim Elektro-Auto mit Batterie und Range-Extender liegen wird.

Zum einen wird die elektrische kWh stets wesentlich billiger sein als der unter Verlusten daraus gewonnene Wasserstoff, zum anderen wird auch der Aufbau einer Tankinfrastruktur einschließlich der Möglichkeit, daheim zu tanken, dem Stromsystem leichter fallen. Man muss dabei auch bedenken, dass andere Länder ihren Strom sehr viel billiger anbieten (können) als wir Deutschen und damit die Waagschale noch stärker zugunsten des E-Fahrzeugs beeinflussen, denn das System der Zukunft muss ein europäisches sein und wird nationale Sonderlösungen nicht zulassen.

+++++

## Der Autor



Gerd Eisenbeiß (geb. 1942) war beruflich vorwiegend mit Forschungs- und Energiepolitik befasst. Stand in all diesen Jahren das Schreiben von ministeriellen Entscheidungsvorlagen, Büchern und Veröffentlichungen im Vordergrund, so verlagerten sich die Themen in den letzten Jahren auf kurze Geschichten, Glossen und kleine Gedichte.

Manches davon ist auf <http://www.amrehsprung.de> zu finden.

ISBN: