

Bewusstseins-Wandel für eine umfassende solare Wasserstoffwirtschaft

Einleitung

Als ich im März auf einer Zukunfts-Demonstration der Jugend von Journalisten gefragt wurde, was ich von der Demonstration der Jugendlichen halte, sagte ich, dass ich es begrüße und gewünscht hätte, dass das schon vor 50 Jahren geschehen wäre.

1969 nahm ich mein naturwissenschaftliches Studium in Münster auf. Im Freundeskreis hatten wir gedanklich schon eine künftige Wasserstoffwirtschaft entwickelt. Wir gingen dabei davon aus, dass die Sonnenenergie in Afrika für die Stromerzeugung genutzt würde, um Wasser durch Elektrolyse in Wasserstoff und Sauerstoff zu zerlegen. Der Wasserstoff sollte dann tiefgekühlt und somit als Flüssigkeit verdichtet in Tankschiffen in Europa angelandet werden.

Uns war klar, dass alle anderen Energieformen nur Übergangslösungen sein könnten und wenn man ohnehin eines Tages auf Wasser als praktisch unendliche Quelle übergehen müsste, dann könnte man es doch auch sofort schon tun. Es würden Rohstoffe und Devisen geschont und die zu der Zeit beginnende tödliche radioaktive Atomwirtschaft sofort beendet.

Es gab schon Wasserstoffleitungen zum Beispiel im Ruhrgebiet und das Stadtgas enthielt mehr als 50% Wasserstoff. Für die Raumfahrt wurden Solarzellen mit ausreichenden Wirkungsgraden entwickelt. Es fehlte leider der Wille und die Einsicht bei vielen, eine zukunftsweisende Lösung zu fordern.

Nach der Tschernobyl-Katastrophe habe ich in meinem öffentlichen Vortrag „Atomwirtschaft – Welche Chance?“ darauf hingewiesen, dass von den mindestens 1300 Atombombenexplosionen zu Testzwecken von 1945 bis 1986 etwa 800 unterirdisch gezündet wurden und fast 500 in der Atmosphäre. Viele von ihnen waren

Wasserstoffbomben. Das ist natürlich eine Anwendung des Wasserstoffs, die genau entgegengesetzt zur Vernunft ist.

In meinem mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht an der kirchlichen Gesamtschule mit dem Namen Friedensschule machten wir uns daraufhin Gedanken, ob diese gewaltige radioaktive Energie nicht auch Schuld sein könnte an den bald bekannt werdenden Ozonlöchern.

Verteidigungsminister Strauß wollte auch für Deutschland die Atombombe und die Starfighter-Flugzeuge fielen wegen Überlastung durch Bombenattrappen reihenweise vom Himmel.

Gegen solche militärischen Pläne stellten wir unseren Friedensplan, nach unserem Freund Rudolf Kretzschmar auch „Kretzschmarplan“ benannt, da er der Urheber ist und ihn seit 1945 immer wieder der neuen Lage anpasste.(1) Die einzige Veröffentlichung dieses Friedensplanes in einer Zeitschrift geschah in der Schülerzeitschrift „Pax an“ der Friedensschule, alle großen Tages- und Wochenzeitungen lehnten einen Abdruck als Diskussionsgrundlage für die Bevölkerung ab.

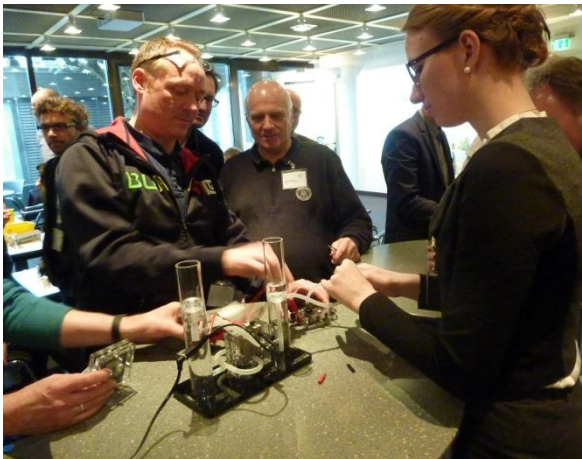
Auch unser Wasserstoffplan wurde nicht ernst genommen – nach gewohntem Muster zunächst belächelt, dann bekämpft.

Praktische Experimente und Forschung mit Schülerinnen und Schülern

Mit meinem inzwischen verstorbenen Kollegen und Freund Fritz Howar betreuten wir zig Experimentier- und Forschungsgruppen außerhalb des Unterrichts, die ihre Ergebnisse meist sehr erfolgreich bei diversen Ausstellungen und Wettbewerben wie JUGEND FORSCHT vorstellten und verteidigten. Es wurden neben vielem Anderen auch Elektrolysezellen nach dem Neuseeländer Archie Blue gebaut, Platin als benötigter Katalysator aus alten Auspuffanlagen gewonnen und sogar ein Rasenmäher mit selbsterzeugtem Wasserstoff betrieben. So forschten und lernten Schüler und Lehrer gemeinsam und verbreiteten Hoffnung für „Eine Phantastische Zukunft, wenn wir wirklich wollen“ gemäß dem Buch unseres Freundes Rudolf Kretzschmar, das er mit 90 Jahren schrieb und vorstellte.(19)

Eine unserer Forschungsarbeiten wurde von den Gutachtern sogar als Patentanmeldung vorgeschlagen.

5 Jahre vor meiner Pensionierung wechselte ich zur kirchlichen Hildegardisschule in Münster. Auch mein „Nachfolger“ nimmt noch heute äußerst erfolgreich an den jährlich stattfindenden Schülerwettbewerben FUELCELLBOX der EnergieAgentur.NRW teil. Dieses Jahr findet er zum 14. Mal statt und erfreut sich inzwischen großer Anmeldezahlen von mehreren hundert Schülerinnen und Schülern. Es gibt jedes Jahr mehrere Runden. Es beginnt mit der Lösung von schriftlichen Aufgaben, dann eine Runde mit praktischen Tätigkeiten mit Brennstoffzellen, Elektrolyseuren und allem technischen Zubehör der Firma H-Tec (2), das der Schule zugeschickt wird. Bei Erfolg der Arbeitsgruppen werden die Geräte der Schule übereignet und können dann im regulären Unterricht eingesetzt werden. So kann sich die junge Generation ausgiebig mit dem Thema auseinandersetzen. Durch die Geräte ist der Unterrichtsstoff alles andere als trocken – das kann man auch wörtlich nehmen.



erster Test der zusammengesetzten Brennstoffzelle



Modellfahrzeug mit reversibler Brennstoffzelle

Erstes Umdenken

Schon in den 30er Jahren fuhren in Japan Gabelstapler mit

Wasserstoffantrieb. Der Turbinenkonstrukteur F. Lawaczek veröffentlichte 1921 als erster den Gedanken, mit nächtlichem Überschußstrom Elektrolytwasserstoff zu erzeugen und zu speichern mit dem Ziel, damit tagsüber zu heizen. Damit sollten u. a. die Verteilungsnetze besser ausgelastet werden.

Nachdem der Club of Rome 1972 auf die Begrenztheit der Erde und ihrer Rohstoffe hingewiesen hat, gab es Versuche in der deutschen Automobilindustrie, auf Antriebs-Alternativen umzustellen.

Dazu zählte die Wiederbelebung des Heißluft- oder Stirlingmotors, der ohne innere Explosion funktioniert sondern nur mit äußerer Erwärmung. Die schriftlichen Anfragen meiner Schüler an Toyota, Daimler, MAN, Opel usw. bestätigten, dass diese Unternehmen an Prototypen arbeiteten. Erschütternd waren die Aussagen der deutschen Firmen, dass sie aber an dem Alten festhielten, solange es sich gut verkaufe ließe. Zu greifbaren Ergebnissen kam diese Forschung nur im militärischen Bereich mit LKWs, Bussen und U-Booten, da Stirlingmotoren geräuschlos arbeiten. Seit einigen Jahren gibt es Blockheizkraftwerke, die das Stirlingprinzip verwenden. Auch die heute benutzte Ionenbatterie war Mitte der 80er Jahre entwickelt und verschwand wie uns ein Wissenschaftler voller Verzweiflung gestand im Safe.

Am 2./3.11.2019 schreibt die Süddt. Zeitung in einem ausführlichen Artikel über neueste U-Boote:

347 Milliarden US-Dollar für ein Waffenarsenal - das hoffentlich nie gebraucht wird

und führt weiter aus:

„AIP-Systeme(Verf.:Air-Indipendent-Propulsion) sollen ... deutlich längere Schleichfahrten unter Wasser möglich machen: Seit den 1990er-Jahren setzt die schwedische Marine auf sogenannte Stirlingmotoren. Durch Verbrennung von flüssigem Sauerstoff, der an Bord mitgeführt wird, entsteht genügend

Energie, um elektrische Generatoren für den Antrieb und das Laden der Batterien zu betreiben. Die neueste Generation schwedischer II-Boote, die Blekinge-Klasse (Stückpreis 380 Millionen Euro) kann dadurch 18 Tage lang ohne Frischluftzufuhr unter Wasser umher-schleichen. Frankreich hingegen vertraut auf die gleichen Dampfturbinen, die auch in seinen Atom-U-Booten zum Einsatz kommen. In der ALP-Variante wird der Dampf allerdings durch Ethanol und Sauerstoff erzeugt, die unter hohem Druck verbrennen. Beide Systeme, Stirling und Dampf, sind allerdings sperrig und aufgrund ihrer beweglichen Teile verhältnismäßig laut.

*In Deutschlands modernsten U-Booten, den Modellen der 56 Meter langen U212A-Klasse, verrichten daher Brennstoffzellen ihren Dienst. Wasserstoff und Sauerstoff, die in großen Tanks außerhalb der **eigentlichen Druckhülle des Boots mitgeführt werden**, reagieren darin elektrochemisch miteinander. Sie erzeugen so den nötigen Strom für Batterien und Antrieb - insgesamt mehr als 300 Kilowatt. Keine Pumpe rattert, keine Wärme und keine Abgase müssen abgeführt werden, weshalb die deutschen Schiffe zu den derzeit leisesten und am schwersten zu ortenden U-Booten gehören. Dazu trägt auch eine Außenhülle aus nicht-rnagnetisierbarem Stahl bei. Das System ist allerdings komplex. So komplex, dass Ende 2017 kein einziges der sechs Boote, die pro Stück etwa 500 Millionen Euro kosten, einsatzbereit war.*

Doch verglichen mit den USA, die derzeit ebenfalls neue, tödliche U-Boote entwickeln, sind diese Summen geradezu lächerlich. Tatsächlich plant das Pentagon die bisherigen Flaggschiffe der Ohio-Klasse, die in ihren Raketensilos die Wucht von 600 Hiroshima-Bomben durch die Weltmeere karren, von einer moderneren Version abzulösen. Sie heißt Columbia, wird 171 Meter lang sein, Platz für 155 Seeleute bieten und, so die Hoffnung der Navy, das "weltweit am schwersten zu entdeckende U-Boot werden. Einen großen Anteil daran soll ein neuer Antriebsstrang ohne mechanische Komponenten liefern. Vermutlich kommt darin ein Permanentmagnetmotor zum Einsatz, der sich stufenlos regeln lässt. Doch auch Elektromotoren mit sogenannten Hochtemperatursupraleitern sind in der Diskussion. Abgeschafft werden soll das optische Periskop; an seine Stelle treten Kameras am Ende eines langen Mastes.“

Da werden auch weiterhin Unsummen ausgegeben für Dinge, die nie benötigt werden sollten und für Techniken, die dem wohl der Bevölkerungen dienen sollten. Schon eine kleine Verringerung von U-

Booten würde das Geld für heutige Problemlösungen bereitstellen.

Die heute diskutierten Stickoxide, die unsere Atemluft vergiften, entstehen im Verbrennungsmotor erst ab etwa 700 Grad. Die Industrie kann kleine, leichte, leistungsreduzierte Autos bauen. Zur weiteren Herabsetzung der Temperatur kann Wasser eingespritzt werden. Nach meinen Untersuchungen entsteht aus dem Wasser Wasserstoff. Das wird daher wohl bei Flugzeugmotoren und im Rennwagenbetrieb gemacht. Hin und wieder liest man, dass BMW auch an der Wassereinspritzung arbeitet. Um Stickoxide zu minimieren, habe ich einen PKW mit Benzinmotor auf Magerbetrieb umgestellt.

Ich habe Erfahrung mit diversen Ölsaaten, deren Samen ich vielfach selbst kalt gepresst und gefiltert habe. Wenn ich mein Dieselfahrzeug damit betankte, ging die entstehende Rußmenge messbar um 90% zurück.

Der verbleibende Anteil des Rußes ist nicht so lungengängig wie er bei heutigen Motoren ist.

Doch bald machten mich meine Schüler auf die Aktion „Teller oder Tank“ aufmerksam. Auch die Monokulturen mit Palmbäumen sind nur eine Übergangslösung.

BMW experimentierte mit tiefgekühltem Wasserstoff in wärmeisolierten Tanks, da Wasserstoff im Ottomotor verbrannt werden kann, wenn kleine Veränderungen vorgenommen werden, bei Daimler befasste man sich bald mit Wasserstoff, der fest an Metallmoleküle, gebunden ist. Es wurden nur Prototypen mit Metallhydriden hergestellt. Das Gewicht war ein großes Problem.

Toyota entwickelte das Hybridprinzip, das in den 90er Jahren auch belächelt wurde. Heute kopiert man es.

Da weltweit mehr als 50% der Wissenschaftler für das Militär arbeiten, gibt es nun auch U-Boote mit Wasserstoffantrieb. Genutzt wird die geräuschlose Brennstoffzelle, die schon 1839 kurz nach dem Stirlingprozess von Sir W. Grooves entwickelt wurde. 1994, also vor 25 Jahren, stellte Daimler-Benz den NECAR (NEW ELECTRIC CAR) mit Brennstoffzellenantrieb vor, der von wenigen Mitarbeitern

in Handarbeit innerhalb von 3 Jahren gefertigt wurde, um der Firma zu demonstrieren, dass es funktioniert.(3) Auf dem Prüfstand wurde festgestellt, dass die abgegebene Luft sauberer war als die angesaugte.

Literatur zum Wasserstoff

In den 70er Jahre war es immer sehr aufwendig, an Fachliteratur des In- und Auslandes zu kommen.

Wer heute ins Internet schaut, hat sofort einen guten Überblick und findet eine Fülle an Aufsätzen und Büchern zum Thema. Ich habe das Buch von John O'M. Bockris und E. W. Justi „Wasserstoff – Energie für alle Zeiten“ sehr begrüßt. Es erschien in Deutschland 1980. Die Sonderausgabe von 1990 scheint noch im Handel zu sein.(4)

Der Untertitel lautet „Konzept einer Sonnen-Wasserstoff-Wirtschaft“. Es ist sehr umfassend und behandelt alles von den technischen Grundlagen der Herstellung und Speicherung, über die vielfältigen Anwendungen bis hin zu den lebensfördernden Auswirkungen auf die Umwelt und Sicherheitsaspekte. Es listete damals schon 10 Methoden zur Herstellung von Wasserstoff auf und stellt sie gegeneinander. Wasserstoff wird als Ersatz für Erdöl nachgewiesen. Was viele nicht wissen, ist, dass er auch im Lebensmittel- und Farbenbereich eingesetzt werden kann.

Natürlich werden fast alle Zahlenangaben inzwischen überholt sein. Daher empfehle ich das Buch von Dr. Johannes Töpler und Dr. Jochen Lehmann in der 2. Auflage von 2017 als neues Grundlagenwerk. (5) Es trägt den Titel „Wasserstoff und Brennstoffzelle“ mit dem Untertitel „Technologien und Marktperspektiven“.

Im Vorwort schreiben die beiden Herausgeber, *dass die Schwelle der Markteinführung von Wasserstoff als Energieträger überschritten ist. Die Autoren, Herausgeber und der Verlag wollen mit diesem Buch Ingenieuren, Technikern und Managern die Möglichkeit geben, den Einstieg in diese Technologie zu bedenken, Kooperationsmöglichkeiten zu eruieren und ihr Wissen über das gesamte Gebiet zu verbreitern.*

Für eine erste Orientierung gibt es preiswerteres Material bei der Energieagentur NRW z. B. die empfehlenswerte Broschüre „Wasserstoff – Schlüssel zur Energiewende, Beispiele aus Nordrhein-Westfalen von der Herstellung bis zur Nutzung“. (6) Sie betreibt auch das Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff und lädt jährlich anlässlich der Düsseldorfer Messe „Energy Storage“ Lehrer zur Weiterbildung ein. Die Fotos oben habe ich auf diesen Veranstaltungen gemacht.

Brennstoffzelle

Ich kann hier das Thema nicht umfassend behandeln. Ich will nur ein paar Informationen geben, die

mir für die augenblickliche politische Situation wichtig erscheinen und an einigen für die Gesellschaft interessanten Punkten grob aufzeigen, wie die Entwicklung zum augenblicklichen technischen Stand vorangekommen ist. Für weitere Vertiefungen verweise ich auf die angegebenen Literatur.

Heute wird Wasser allerdings erst in kleinem Maßstab mit Hilfe von Wind- und Solarstrom in gasförmigen Sauerstoff und Wasserstoff umweltgerecht zerlegt. Da Windbewegung letztlich auch auf einem Sonneneinfluss beruht, kann ich einheitlich auch von solarer Energie sprechen.

Die Herstellung des Wasserstoffs durch Elektrolyse ist in den letzten Jahren weiter optimiert worden.

Die Anbieter sprechen inzwischen von Wirkungsgraden von 75 bis 85%, wenn der Heizwert des Wasserstoffs auf die Leistung des Stromes bezogen wird.

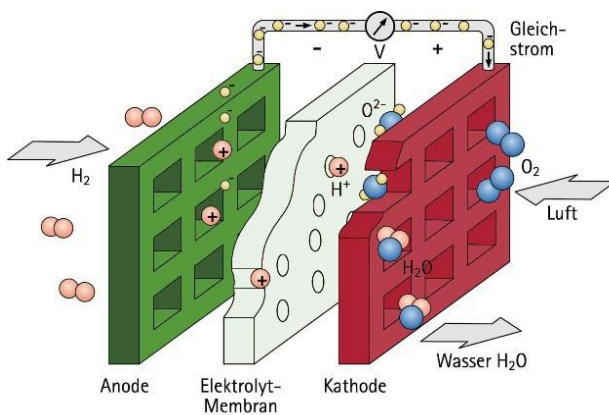
Die Verstromung der beiden Gase in der Brennstoffzelle für Pkw-, Bus-, LKW-, Flug- oder Zugbetrieb läuft mit einem sehr viel höheren Wirkungsgrad ab als bei sämtlichen Motoren, insbesondere im Teillastbetrieb. Man bezeichnet die Reaktion auch als „kalte Verbrennung“.

Der Elektrolyt der Brennstoffzelle kann flüssig oder fest sein. Älter

ist die alkalische Brennstoffzelle (AFC) mit wässriger Kalilauge (KOH) als Elektrolyt. Etwa seit 1967 wird die Brennstoffzelle mit einer Polymerfolie als Membran entwickelt. Sie steht als PEFC (Proton Exchange Fuel Cell) oder als Hochtemperatur-Brennstoffzelle ebenfalls mit fester Membran zur Verfügung.

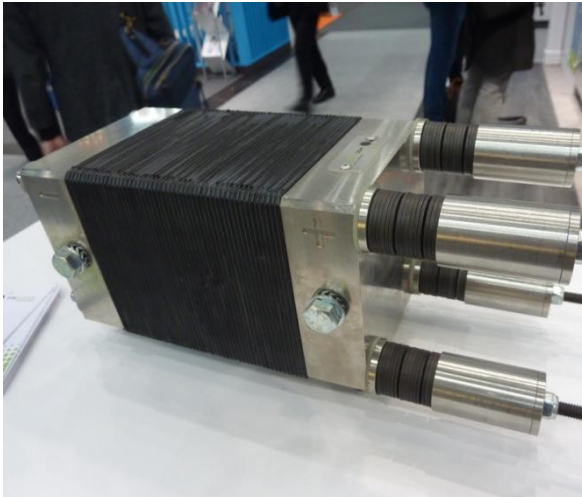
Bei der Wasserelektrolyse gibt es ähnliche Unterscheidungen des Prinzips, alkalisch oder mit fester PEM (Proton Exchange Membran), die jüngste Entwicklung ist die Hochtemperaturelektrolyse.

Unten ist ein sehr übersichtliches Prinzipschaubild.



(Quelle: www.energieagentur.nrw/brennstoffzelle/brennstoffzelle-wasserstoff-elektromobilitaet/brennstoffzellentypen)

Die Membranen werden mit dem edelmetallhaltigen Katalysator beschichtet. Das H_2 -Molekül wird in atomaren Wasserstoff zerlegt und die Elektronen werden abgestreift. Die Kerne, Protonen genannt, durchdringen die Membran, die Elektronen fließen über eine äußere Stromleitung und betreiben eine Last wie Elektromotoren oder andere elektrische Geräte. Auf der Kathodenseite reagieren die Protonen mit dem Luftsauerstoff zu trinkbarem Wasser. Dies ist das einzige Abfallprodukt.



Brennstoffzellen-Stack



einfache reversible PEM-
Brennstoffzelle zum
Auseinandernehmen

Brennstoffzellenarten mit fester Membran sind interessant, da sie reversibel sind.

Man benutzt dieselbe Zelle für Elektrolyse und Verstromung. Sie werden in Stapeln, sog. Stacks, modular zusammengefasst.

Aber es sind auch Mischformen mit Alkali in der Entwicklung, z. B. bei Siemens mit ca. 100 MW. In China ist die Leistung solcher Anlagen noch größer.

Wird Wasserstoff durch Dampfreformierung von Erdgas hergestellt, muss das seit Januar 2013 durch Zertifikate abgedeckt sein. Ein Vorteil für die chemische Industrie ist die Nutzung von CO₂-arm produziertem Wasserstoff durch Einsparung der CO₂-Zertifikaten. Die Zertifikatspreise liegen heute bei 4 €/t. (5, Kap. 10.5.2) Im Augenblick werden in der deutschen Politik für die Zukunft Zertifikatspreise von 20 bis 200 €/t diskutiert.

Verkehr

Damit steht im Wasserstoff seit etwa 2 Generationen eine saubere, ungiftige, erneuerbare Energiequelle zur Verfügung.

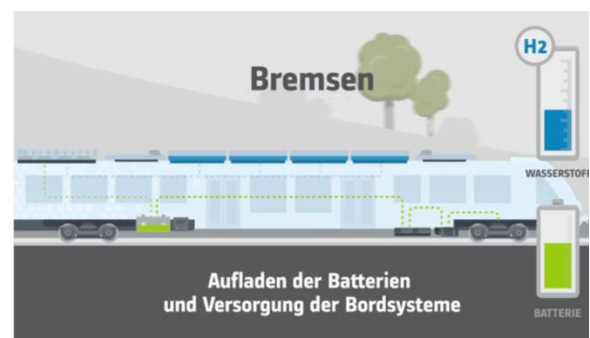
Aber erst seit 2018 fahren in Niedersachsen von Cuxhaven aus auf einer etwa 150 km langen Strecke ohne Stromleitung über Bremerhaven und Bremervörde bis Buxtehude seit vorigem Jahr zwei Brennstoffzellenzüge von ALSTOM.(7) Sie ersetzen die Dieseltriebwagen und fahren ähnlich mit Höchstgeschwindigkeit bis 140 km/h und können die gleiche Personenzahl befördern. Wegen der guten Erfahrungen hat der niedersächsische Betreiber 14 weitere Züge bestellt. Sie werden in Salzgitter hergestellt, nur die Brennstoffzelle stammt von Hydrogenics aus Kanada.(8) England möchte sogar 100 Wasserstoffzüge haben.

Um den Zug auch in anderen Bundesländern bekannt zu machen, fuhr ein Zug jetzt zu Werbezwecken durch ganz Deutschland.

Das war offensichtlich erfolgreich, denn am 21. Mai wurde gemeldet(18):

Hessen plant größte Brennstoffzellen-Flotte der Welt

Der Rhein-Main-Verkehrsverbund (RMV) bestellte für 2022/23 27 Züge.



(Quelle: <https://www.partners.alstom.com>)

In Deutschland ist fast die Hälfte des Schienennetzes nicht elektrifiziert. Dort fahren Dieselmotoren. Gerade wird gemeldet, dass in Baden-Württemberg und Bayern viele Strecken wieder reaktiviert werden sollten. Nach einem Artikel der Süddeutschen Zeitung vom 27. April 2019 würde die Elektrifizierung von 1km Strecke in Deutschland bis zu 1,5 Mio. € kosten. 150 km würden demnach ca. 225 Millionen € kosten. Dafür bekommt man heute etwa 40 Wasserstoff-Züge von ALSTOM. Die Preise werden aber vermutlich mit der Markteinführung und der erforderlichen Mengenproduktion sinken.

In der Übergangszeit wurde der Wasserstoff per Tanklastwagen nach Bremervörde angeliefert. Er war ein Abfallprodukt der Industrie. Aber jetzt wird dort eine fest installierte Tankanlage gebaut und der erforderliche Elektrolysestrom regenerativ erzeugt. Mit einer Ladung von 180 kg kommt der Zug 1000 km weit. Der Leiter der Geschäftsführung von Alstom sagt: *Die Technologie ist marktreif*. Dagegen wirken unsere Politiker oft sehr ratlos. Sie denken nur an Elektrofahrzeuge mit schweren Batterien, dünnem Versorgungsnetz und so geringer Reichweite, so dass man sie vernünftigerweise nur im Nahverkehr einsetzen möchte, aber da gibt es auch konkurrierende preiswerte Alternativen wie elektrifizierte Fahrräder.

Im LKW-Bereich würden die Batteriepakete zu einer erheblichen Einbuße an Ladekapazität und Reichweite führen, wenn Batterien im Tonnengewicht mitgeführt würden.

Die Stadtwerke Münster nahmen ab 2015 mit 7 weiteren europäischen Städten am ZeUS-Projekt teil und erprobten Elektrobusse im Linienverkehr. Mit Lithium-Titanatoxid-Batterien der Fa. Microvast, die extrem schnellladefähig sind und hohe Entladetiefe zulassen, kommt der 12m-Linienbus mit einer Batterie von 64kWh im Sommer 40 km weit. Wenn elektrisch geheizt werden muss, sinkt die Reichweite natürlich.

Ab 2018 fahren hier auch Linienbusse mit NMC-Batterien (Nickel-Mangan-Cobalt-Oxid) von 180 kWh der gleichen Firma. Sie schaffen Reichweiten von 120 km.

Schon diese Erprobungen wurden auch im Ausland stark beachtet und in Münster vor Ort begutachtet. Wie groß wird die Aufmerksamkeit erst sein, wenn die neuen Brennstoffzellenbusse in Kürze fahren.

Der Leiter des Fuhrparks führte in einer öffentlichen Veranstaltung am 2. Mai aus: *Würde man die Brennstoffzellentechnologie (wieder) einseitig Asien überlassen, wäre das eine Art Wette – eine Wette darauf, dass es die Brennstoffzelle nicht schafft, günstiger zu werden.*

Für eine Exportnation in Sachen „Automobil“ mag man diese Wette zumindest als gewagt bezeichnen.

Die beiden kurzen Brennstoffzellenbusse werden jetzt über 1 Jahr nach der Bestellung endlich geliefert, die beiden Gelenkzüge sind schon ausgeschrieben und sollen 2020 kommen. Sie können auch auf langen Strecken eingesetzt werden, da sie Reichweiten von 350 km haben.

In Europa gibt es mehrere Anbieter für Brennstoffzellenbusse z.B. in Holland oder Norwegen. In Tokio sollen im Jahr 2020 zur Olympiade 100 Busse mit Brennstoffzellen fahren.

Die Stuttgarter Zeitung schrieb am 26. 8. 2018 in einem Artikel „Japan glaubt fest an seine Wasserstoffzukunft“:

Das erste Zwischenziel sind die Olympischen Spiele 2020 in Tokio. Bis dahin sollen im Land 40 000 Wasserstoffautos herumfahren. Sie sollen ihren Brennstoff an 160 Tankstellen aufnehmen können, das sind doppelt so viele wie bisher. Der Mirai erhält dafür großzügige Subventionen: Die Regierung schießt zum Kauf umgerechnet 23 000 Euro zu und halbiert damit fast den Kaufpreis.

Die koreanische Firma Hyundai, einem der größten Autohersteller der Welt, begann 2003 mit der Arbeit an der Brennstoffzellentechnik. 10 Jahre später war der erste PKW als IX 35 auf dem Markt. Im September 2018 hat Hyundai den 1000. Brennstoffzellen-LKW in die Schweiz verkauft. Für 2020 kündigen sie die Lieferung von weiteren 1600 Wasserstoff-LKW in die Schweiz an. Parallel dazu werden Elektrofahrzeuge entwickelt und hergestellt. Es fließen Milliarden in die Entwicklung, von der die deutsche Automobilindustrie nur

träumen kann.

Martin Daum, Chef der Daimler-Nutzfahrzeugsparte kündigte am 25.10.2019 das Ende der Diesel-Trucks in Europa für 2039 an. Allerdings spricht er von Batterie-Trucks. Die Süddeutsche Zeitung schreibt weiter: „Nachdem sich die stolzen Daimler-Ingenieure bei der Batterie-Technologie von Konkurrenten aus China und USA haben überholen lassen, wollen sie eine ähnliche Schmach beim Brennstoffzellen-Antrieb vermeiden.“(20) Aber erst in 10 Jahren will Daum den ersten wasserstoffgetriebenen Serien-LKW auf die Straße bringen.

Nach den aufgefliegenen Betrügereien setzt VW nun auf Elektrofahrzeuge. Über Brennstoffzelleneinsatz erfährt man in den Medien nichts. Von Fachleuten erfuhr ich jetzt, dass die Wasserstoff-Tests bei der VW-Tochter AUDI laufen. Insgeheim setzt man doch noch auf die Alternative, weil es angeblich unklar ist, welches System sich durchsetzt.

Toyota und Hyundai bieten ihre Brennstoffzellen-PKW auch in Europa an, Honda nicht sondern nur noch in USA.



Honda Clarity

(Quelle: Honda)

Der Streetscooter der Post soll im nächsten Jahr mit Brennstoffzellen fahren und seine Reichweite mit 500 km verdreifacht werden. Auch Renault will einen Fahrzeugtyp ausrüsten. Prof. G.

Schuh hat den Transporter, der zunächst erfolgreich von der Post eingesetzt wird, auch mit eigenen Mitteln an der RWTH Aachen entwickelt und 2010 die Firma Streetscooter gegründet, weil kein deutscher Massenhersteller den Transporter bauen wollte. Der Bonner Post-Konzern hat 2014 die Firma übernommen.

Am 9.5. 2019, wurde das erste Elektroauto E.Go Life von Prof. Schuh ausgeliefert. Er ist als Allerwelts-Kleinwagen ab 12.000 € mit weniger als 100 PS konzipiert. Sein drittes Projekt wird der Stadttransporter für 15 Personen oder entsprechend viel Fracht sein. Er wird zusammen mit ZF aus Friedrichshafen entwickelt.

Über 40 mittelständige Firmen des Ruhrgebiets liefern ihre Produkte für den Brennstoffzelleneinsatz zu den Autofirmen nach Asien. Würden die Fahrzeuge in Deutschland gebaut, würden viele Arbeitsplätze bestehen bleiben und vermutlich auch neue erforderlich sein, denn im Gegensatz zum Elektro-Pkw benötigt ein Brennstoffzellenfahrzeug Nebenaggregate wie Kühler, Filter, Pumpen und elektronische Regelungen, die in unserem Land weiterhin hergestellt werden könnten.



Auslaufmodell IX 35 von Hyundai mit Brennstoffzelle, das mir 2018 für 40.000 € angeboten wurde

Jetzt läuft es als Angebot bei „Stadteilauto“ am Hörsterplatz in Münster

Die Süddeutsche Zeitung schreibt am 18. 3. 2019:

Der börsennotierte Zulieferer Elring-Klinger ist als führender Experte für Zylinderkopfdichtungen von der Umstellung von Verbrennungs- auf Elektromotoren stark betroffen. Sie entwickeln nun komplette Batteriesysteme und eine Brennstoffzelle, deren Effizienz „einzigartig“ sei, denn die Aktie stürzt an der Börse ab....Ein Elektromotor lässt sich mit viel weniger Arbeitskräften bauen als ein Verbrenner. Bosch versucht gegenzusteuern und experimentiert in Bamberg und Homburg mit einer Brennstoffzellen-Produktion.

Bosch will damit 2021 auf den Markt kommen. Das ist im Grunde erfreulich, aber auch ein bisschen spät, wie ich und viele andere finden.

Im Mai 2019 meldet die Zeitung, dass der Boschkonzern 2020 CO₂-neutral produzieren wird. Die Eisengießereien, die zu den 400 Standorten von Bosch gehören, werden weiterhin CO₂ ausstoßen, aber die Neutralität soll durch Ökostrom und Umweltprojekte kompensiert werden. Die Kosten liegen bei einer Milliarde Euro. Es lässt hoffen, dass weitere Firmen und Konzerne in Kürze dieser „gesellschaftlichen Verantwortung“ folgen, denn die Jugend fordert zu Recht die Einhaltung des völkerrechtlich verbindlichen Pariser Abkommens von 2015.

Die weltweite Waffenproduktion liegt bei jährlich mindestens 2 Billionen Euro. Das sind zweitausend Milliarden, die besser eingesetzt werden sollten. Nach einem Krieg waren die Probleme immer größer als vorher. Waffen, die nur abschrecken sollen, sind gesellschaftlich und wirtschaftlich eine Katastrophe. Nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion wurde kurze Zeit von einer Konversion der Waffen und der entsprechenden Konzerne gesprochen, aber dann fiel man wieder in das veraltete Feinddenken.

Die Jugend wird endlich einen vernunftgemäßen Weg finden.

Deutschland ist eine Exportnation und liefert Waffen im Werte von ca. 6 Milliarden. Auf diesen Umsatz kann man leicht verzichten, denn die Arbeitsplätze in dieser Industrie sind ohne Zukunft.

Zig-Tausend Arbeitsplätze wurden in den letzten 20 Jahren aus politischen Gründen in der deutschen Photovoltaik-Industrie vernichtet.

Durch Besinnung auf die Wasserstofftechnologie lässt sich ein Vielfaches des Umsatzes im Welthandel erreichen, ohne dass nur ein Arbeitsplatz verloren geht. Im Gegenteil – es werden neue geschaffen.

Deutsche Firmen, die an Brennstoffzellen arbeiten, suchen heute schon händeringend Ingenieure.

Die Brennstoffzelle im PKW arbeitet bei etwa 80 Grad. Eine Batterie wird nur für den Start benötigt bis diese Temperatur erreicht ist und für starke Beschleunigungen. Beim Bremsen wird Strom durch Rekuperation zurückgewonnen. Beim gleichmäßigen Fahren auf der Autobahn z.B. wird der Strom von der Brennstoffzelle zeitnah hergestellt, die Batterie würde nicht belastet. Das ist ein erhebliches Argument dafür, dass Deutschland sich allen andern Ländern anschließt und auch eine Geschwindigkeitsbegrenzung einführt. Es wurde gerade gemeldet, dass die meisten Vorkommnisse mit Unfalltoten an den Stellen mit unbeschränkter Geschwindigkeit erfolgen.

Auf Grund der aktiven Sicherheit der heutigen Autos sind auch keine Gefährte im Panzerschrankformat mit 2 bis 2,5 t Gewicht vernünftig. Der VW-Käfer kam mit einem Drittel aus.

Der 2CV von Citroen, der immer noch im Straßenverkehr zu finden ist, war noch leichter und sehr bequem gefedert.



Streetscooter



8 m³ Laderaum

In Automobilkreisen wird immer noch behauptet, durch den Platineinsatz würden die Brennstoffzellen sehr teuer. Inzwischen kommt man mit atomdünnen Lagen aus. Für den PKW werden nur noch 10 Gramm benötigt. Da ist ja ein Preis von 300 Euro für die Kofferraumabdeckung aus Kunststoff ja schon höher. 10 Gramm ist auch die Menge, die man aus dem Auspuff von verschrotteten Pkw zurückgewinnen könnte.

Daimler hat viel Forschungsgeld erhalten, war zeitweise sogar Teilhaber des kanadischen Brennstoffzellenherstellers Ballard Power Systems. 2008 wurde Automotive Fuel Cell Cooperation

(AFCC) davon abgetrennt.(9) Heute hält Daimler etwa 50 % daran. Im Mercedes-Modell GLC gibt es Vorversionen mit Brennstoffzelle. Im Werk Düsseldorf fahren zu Demonstrationszwecken seit 2014 wasserstoffbetriebene Gabelstapler.

Die einzigen käuflichen PKWs mit Brennstoffzellenantrieb stammen aus dem asiatischen Raum. Für die deutsche Automobilproduktion wäre die Brennstoffzelle gegenüber den Elektrofahrzeugen vorzuziehen, da sie mehr Komponenten wie Ventile und Heizaggregate benötigen, für die in Deutschland Know-how und Fertigungskapazitäten vorhanden sind. Das würde Arbeitsplätze in der Automobilindustrie halten.

Der benötigte Wasserstoffverbrauch im PKW liegt bei 700 g/100

km. Heute werden 9,50 € für 1 kg Wasserstoff an den Tankstellen bezahlt. Das entspricht dem Benzinpreis bei etwa gleicher Reichweite.

Der Wasserstoff wird in Drucktanks bei 750 bar mitgeführt. Sie sind sicherheitserprobt. Reichweiten von 800 km und mehr und Tankdauer von 3 -5 Minuten sind vergleichbar mit heutigen Autos. Wenn die PKW wieder kleiner und leichter werden und ihre Geschwindigkeit beschränkt wird, ist der Verbrauch noch erheblich niedriger.

Die H₂ MOBILITY Deutschland GmbH wurde 2015 gegründet und beschleunigte mit vielen Partnern zusammen den Ausbau der Wasserstoff-Tankstellen.(6)

Zur Zeit gibt es über 62 Wasserstofftankstellen in Deutschland, auch eine in Münster. Etwa alle 2 Wochen kommt eine hinzu, so dass am Ende diesen Jahres die geplanten 100 ein verzweigtes Tankstellennetz als Basisversorgung in Deutschland bilden. Bei genügender Nachfrage könnten in einer zweiten Phase bis 2023 400 Tankstellen gebaut werden, so dass sie auch an Autobahnen im Abstand von mindestens 90 km vorhanden sind.

1000 Wasserstoff-Tankstellen würden soviel kosten wie 50 km Autobahn, wird im Internet ausgeführt. (10). H₂ Mobility gibt für die 400 Tankstellen 350 Millionen Euro an.

Rechts unten der Mirai von Toyota, links der neue Hyundai Nexo von 2018, das Nachfolgemodell vom IX 35, der schon seit 2015 mit Brennstoffzellen verkauft wurde. Leider ist das neue Modell als SUV mit fast 2 Tonnen auch sehr schwer und erheblich teurer als das vorhergehende. In USA und Japan werden diese Modelle sehr stark finanziell gefördert.



(Quelle: Hyundai Motor Deutschland GmbH)



Toyota Mirai auf der Energy Storage 2019

45 Mirai haben eine Fahrstrecke von 1 Million km unter allen möglichen Bedingungen hinter sich gebracht, um zu zeigen, dass dem kommerziellen Einsatz nichts entgegensteht.

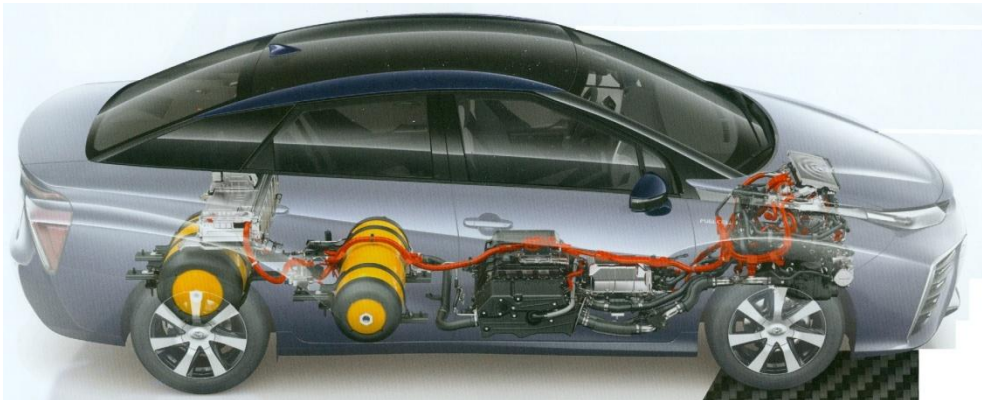


Blick in den Motorraum des Hyundai Nexo



Die großen Lufteinlässe werden auch benötigt, um die Temperatur der Brennstoffzelle zu regeln

Sicherheit



(Quelle: toyota.de /mirai)

Hier sieht man die Lage der Drucktanks im Mirai. Sie sind mit einer Schutzschicht aus kohlefaserarmierten Polymeren umgeben. Es gibt Videos, wo zu sehen ist, wie zu Testzwecken die gefüllten Tanks beschossen werden. Die Drucktanks bleiben stabil, es entsteht nur ein Loch und der Wasserstoff entweicht nach oben.

Alle wasserstoffleitenden Bauteile befinden sich außerhalb des Innenraums, damit bei einem Leck der Wasserstoff gefahrlos in die Atmosphäre entweichen kann. Würde ein Benzintank leck, würde das Benzin auf den Boden auslaufen. Auf diese Weise geraten zur Zeit pro Jahr ca. 15.000 PKW in Brand.

In Asien sind auch viele Gabelstapler mit Brennstoffzellen ausgerüstet. Die Wasserstofftankstelle darf innerhalb der Industriehalle sein, weil sich bei einem Leck das Dach über Sensoren teilweise öffnen würde, um den Wasserstoff freizulassen.

Durch die Brennstoffzellen entsteht in Hallen sauerstoffreduzierte Luft. Der Brandschutz sieht das gern, wenn der Sauerstoffanteil der Luft um 4% auf 17 % gesenkt wird. Eine Knallgasreaktion aus Sauerstoff und Wasserstoff kann nur entstehen, wenn ein bestimmter Mindestanteil von Sauerstoff vorhanden ist. Der reduzierte Sauerstoff in Gebäuden verhindert das Ausbrechen von Bränden. Für Menschen ist das wie ein Aufenthalt im Hochgebirge in über 2000 Meter Höhe.

Wasserstoff ist als Energieträger nicht weniger gefährlich als Benzin. Bei Einhaltung von Vorschriften

ist es sicher zu handhaben. Das Stadtgas, das früher, bevor Erdgas publik wurde, in Haushalten und Industrie verwendet wurde, enthielt bis zu 50 % Wasserstoff. Wasserstoff ist mit Erdgas mischbar und kann im vorhandenen Leitungsnetz rein oder gemischt verteilt werden. Auch in Kriegszeiten wurde eine Wasserstoffleitung für die chemische Industrie von Marl nach Wesseling unterhalten. Sie führte ohne Probleme durch das dichtbesiedelte Ruhrgebiet. Will man in einer Erdgasleitung reinen Wasserstoff transportieren, muss man sie spülen, damit die Schwefelreste entfernt werden. Der Druck in solchen Leitungen liegt bei 20 bar. Eine Gas-Pipeline mit einem Durchmesser von 1,20 m transportiert soviel Energie wie 8 Hochspannungsleitungen mit jeweils 3 GW.

Schon seit 50 Jahren wird mir bei dieser Vision einer abgasfreien Energiewirtschaft immer die Gefährlichkeit einer Knallgasreaktion und der Brand des Hindenburg-Luftschiffs 1937 in Lakehurst , entgegengehalten. Es war mit Wasserstoff statt Helium gefüllt.

Zum Zeppelinbrand möchte ich darauf hinweisen, dass brennender Wasserstoff wegen der Leichtigkeit schnell nach oben entweicht und dass keine Wärmestrahlung auftritt, da bei der Verbrennung kein Kohlenstoff beteiligt ist. Das minimierte den Schaden für die Menschen.

Jetzt habe ich in einem Fachreferat erfahren, dass diese Zeppelinhülle mit einer Substanz bestrichen war, die wir heute als Raketentreibstoff bezeichnen. Ein kleiner Funke bei der Landung setzte sie in Brand.

einige Vorteile des Wasserstoffs:

- Wasserstoff kann sich nicht selbst entzünden
- Er brennt nur (mit durchsichtiger Flamme), wenn mindestens 25 % Sauerstoff bzw. Luft vorhanden sind
- Die Flamme enthält keinen Ruß
- er ist nicht giftig und nicht radioaktiv

- Bei Reaktion mit Sauerstoff in der Brennstoffzelle kann kein CO₂ und Stickoxid erzeugt werden
- Er ist sehr leicht
- Er ist ein Abfallprodukt der chemischen Industrie und wird heute noch oft zusammen mit anderen Komponenten abgefackelt
- Wasser ist weltweit verfügbar und das durch Elektrolyse verbrauchte wird durch die Brennstoffzelle der Biosphäre zurückgegeben oder von stationären Anlagen als Trinkwasser genutzt Auch der Sauerstoff kann allen zugute kommen. Es ist ein Recycling-Prozess.

Brennstoffzelle zu Heizzwecken

Wasserstoff kann auch für die Wärmeerzeugung in Häusern und Fabriken genutzt werden. Während der jährliche Stromverbrauch in Deutschland bei 520 TWh=520.000 GWh = 520.000.000 MWh = 520.000.000.000 kWh liegt, beträgt der gesamte Endenergieverbrauch 2600 TWh. Ein Viertel davon entfällt auf die Haushalte, jeweils 30% auf Industrie und Verkehr. Der Öl- und Gasverbrauch der Haushalte liegt bei 400 TWh.

Für Haushalte gibt es Mikro-BHKs mit Brennstoffzellen für Strom und Wärme. Der Wasserstoff wird aber noch aus Erd- oder Biogas durch Reformierung gewonnen. Die staatliche Förderung dafür beträgt über 15.000 €.

In Japan gibt es inzwischen 250.000 Heizgeräte. Noch gibt es eine Begrenzung auf 700 W. Werden Strom und Wärme gleichzeitig genutzt, haben sie Wirkungsgrade um 95%.

Die Stuttgarter Zeitung, die ich oben schon zitierte, schrieb weiter:

In der Mustersiedlung Fujisawa Smart Town in der Nähe des Hafens von Yokohama zeigt die Firma Panasonic, wie die Einbeziehung der Haushalte konkret aussieht: Sämtliche Häuser sind mit einer Brennstoffzelle ausgestattet. Diese ist etwas kleiner als ein Kühlschrank und außen an einer Seite des Hauses angebracht. Sie erzeugt Wärme und Strom vor Ort direkt aus Gasen – ohne normale Verbrennung. Es kommt heißes Wasser aus der Leitung, das Licht geht an, und im Winter wird die Heizung warm – alles dank des grauen Kastens. Mehr als 220 000 Haushalte verfügen bereits über



solche Geräte. Langfristig ist eine flächendeckende Verbreitung geplant. Die Regierung schießt zur Installation der Zellen im Rahmen des Ene-Farm-Programms je nach Modell mit 450 bis 900 Euro zu.

Quelle:

<https://japanmarkt.de/2017/06/16/unternehmen-und-maerkte/energie/mehr-japanische-brennstoffzellenheizungen-fuer-deutschland/>

Die japanischen Industriepäne sind langfristig angelegt und von Bürokraten und Wirtschaftsvertretern gemeinsam im Detail ausgeheckt. Premier Shinzo Abe hat mit der Vorlage seines Wasserstoff-Plans die Weichen für die kommenden Jahre gestellt. Er hat als Ziel vorgegeben, bis 2040 eine Wirtschaftsform ganz ohne Kohlendioxidemissionen zu schaffen.

Panasonic will damit auch auf den deutschen Markt kommen

Es gibt eine Untersuchung, die zeigt, wenn die beiden Wirtschaftsnationen Japan und Deutschland

den CO₂ -Ausstoß auf ein vernünftiges Maß verringern können, dann können es auch alle Länder dieser Erde.

Stromverbrauch

Deutschland produziert mehr Strom als es verbrauchen kann. Das liegt zum großen Teil an den Kohlekraftwerken, die sehr träge reagieren und damit die Grundlast erzeugen. Seit Jahren wird z. B. vom Solarförderverein (14) bemängelt und auch angemahnt, dass Stromspeicher fehlen.

Mit Wasserstoff lässt sich Wind- und Solarstrom chemisch speichern. Wir haben oft eine Überproduktion an elektrischem Strom, so dass die Windkraftwerke und auch große Solaranlagen abgeregelt werden und damit umweltfreundlich erzeugter Strom ungenutzt bleibt.

2017 wurde erstmals mehr als 100 Milliarden kWh= 100 Mio MWh=100.000 GWh= 100 TWh an Windstrom erzeugt. Das sind fast

20 % des gesamten Stromverbrauchs in Deutschland. Wegen fehlender Speicher wurde viel davon mit Verlust ins Ausland verkauft oder wenn sich kein Abnehmer fand, dann wurde noch Geld für die Abnahme des Stroms geboten. Die Netzbetreiber stellen dieses Geld den Bürgern in Rechnung.

Ob der Bau der fehlenden Nord-Süd-Stromtrassen die richtige Lösung ist, bleibt zu überlegen.

Dezentrale Erzeugung und Versorgung ist weniger anfällig und ein Ausfall würde nur wenige Menschen betreffen. Außerdem gäbe es nicht diese erheblichen Leitungsverluste, die durchaus 20% betragen können.

Die derzeit leistungsstarke Windanlage mit 8 MW ist 2017 in Bremerhaven gebaut worden. Sie ist der Prototyp für neue Windparks. Mit etwa 2000 Volllaststunden würde sie ca. 16 GWh im Jahr erzeugen. Theoretisch könnten 30.000 Anlagen dieser Größe den gesamten Strom in Deutschland erzeugen. Früher standen 30.000 hölzerne Windmühlen an den Küsten. Man rechnet in 5 Jahren mit 15 MW-Anlagen.

E. Justi, der das solare Wasserstoffkonzept schon seit den 50er Jahren entwickelte, zeigte schon in seinem Werk (4), dass man über Flachkollektoren und Niederdruckdampfturbinen auf einer Fläche von 25 km x 25 km den gesamten deutschen Strom erzeugen könnte – allerdings unter spanischer Sonne. Der Flächenverbrauch ist nicht höher als der aller konventionellen Kraftwerke

Ende der 70er Jahre, als die Jugend gegen die Atomkraft, die auch immer eine militärische Komponente hatte, aufbegehrte und so vieles verhindern konnte, wurde an der deutschen Nordseeküste zu Demonstrationszwecken die GROWIAN (Kürzel für Große Windanlage, 3 MW, Nabenhöhe 100 m) gebaut. Es ging das Gerücht, dass sie gebaut wurde, um zu demonstrieren, dass es nicht geht. Wegen einiger Probleme wurde sie auch bald wieder abgebaut.

Gegen diese verrückte Atomkraft richteten sich auch die Wasser- und Wirbelforscher Viktor und Walter Schaubberger. Beide begannen sich früh für den Schutz von Umwelt und Natur einzusetzen. Walter

Schauberger war eine zentrale Figur in der Anti-Atom-Bewegung Österreichs. Er war Initiator, Gründungsmitglied und später Bundesvorstand der „Grünen Front“.

Jörg Schauburger schrieb: „1950 gründeten Viktor und Walter einen Vorläufer der Grünbewegung Österreichs, die ‚Grüne Front‘, eine der weltweit ersten Umweltbewegungen.“(12)

Walter Schauburger teilte mit:

*Die zurückliegenden »Berichte der **Grünen Front** « hatten vor allem den Sinn, die Regierung, die Abgeordneten, die verantwortlichen Beamten in den Ministerien, in den Verwaltungen der Länder und Städte, immer wieder mit jenen Dingen zu konfrontieren, die das Leben der Staatsbürger von heute und jener, die nach uns kommen, schon jetzt über das erträgliche Maß hinaus gefährden. Die **Grüne Front** fragt heute nicht nach Gründen, warum diese Warnungen in den Wind geschlagen wurden, sie fühlt sich aber nunmehr berechtigt, festzustellen, dass nichts entscheidendes getan worden ist.(I 173, Seite 23, 2014)*



Viktor und Walter Schauburger in der texanischen Steppe 1958

Pufferspeicher für Wasserstoff

Salz kommt weltweit als Sedimentgestein vor. Die Mächtigkeit der Schichten liegt zwischen Metern und Kilometern. Sie entstanden

durch das Austrocknen salzreicher Meere. In Norddeutschland gibt es schon viele Kavernen für Erdgas in diesen Salzsichten. Von den 114 Kavernen von Epe (bei Gronau an der holländischen Grenze) werden 75 als Erdgasspeicher und 3 als Erdölspeicher genutzt. Sie liegen zwischen 1000 und 1500 m tief.

Schon E. Justi (4) brachte die Kavernen als Speicher ins Gespräch.

KBB Underground Technologies GmbH will jetzt Kavernen umnutzen, damit Wasserstoff aus Elektrolyse dort unter Druck zwischengespeichert wird. Im Raum Bremen aber auch in Sachsen-Anhalt sind viele Möglichkeiten für solche Kavernenspeicher. In Deutschland gibt es ca. 250.

Für Strom gibt es Speicher in Form von hochliegenden Seen, sogenannte Pumpspeicherkraftwerke.

Alle zusammen können in Deutschland nur 0,04 TWh speichern. Damit könnte das gesamte Stromnetz 60 Minuten beliefert werden. An Erdgas sind in Deutschland 245 TWh gespeichert. Das sind 20% des Jahresverbrauchs.

Im Gegensatz zu Strom kann Wasserstoff in diesen Salzkavernen ähnlich wie Erdgas gespeichert werden. Es bieten sich vor Allem die großen Salzkavernen in Norddeutschland an aber es gibt sie auch weltweit. Eine Kaverne von $100 \times 100 \times 100 \text{ m}^3 = 1 \text{ Million m}^3$ kann Wasserstoff für 280 GWh aufnehmen.

Im Gegensatz zu Strom ist auch das Leitungsnetz selbst ein großer Speicher.

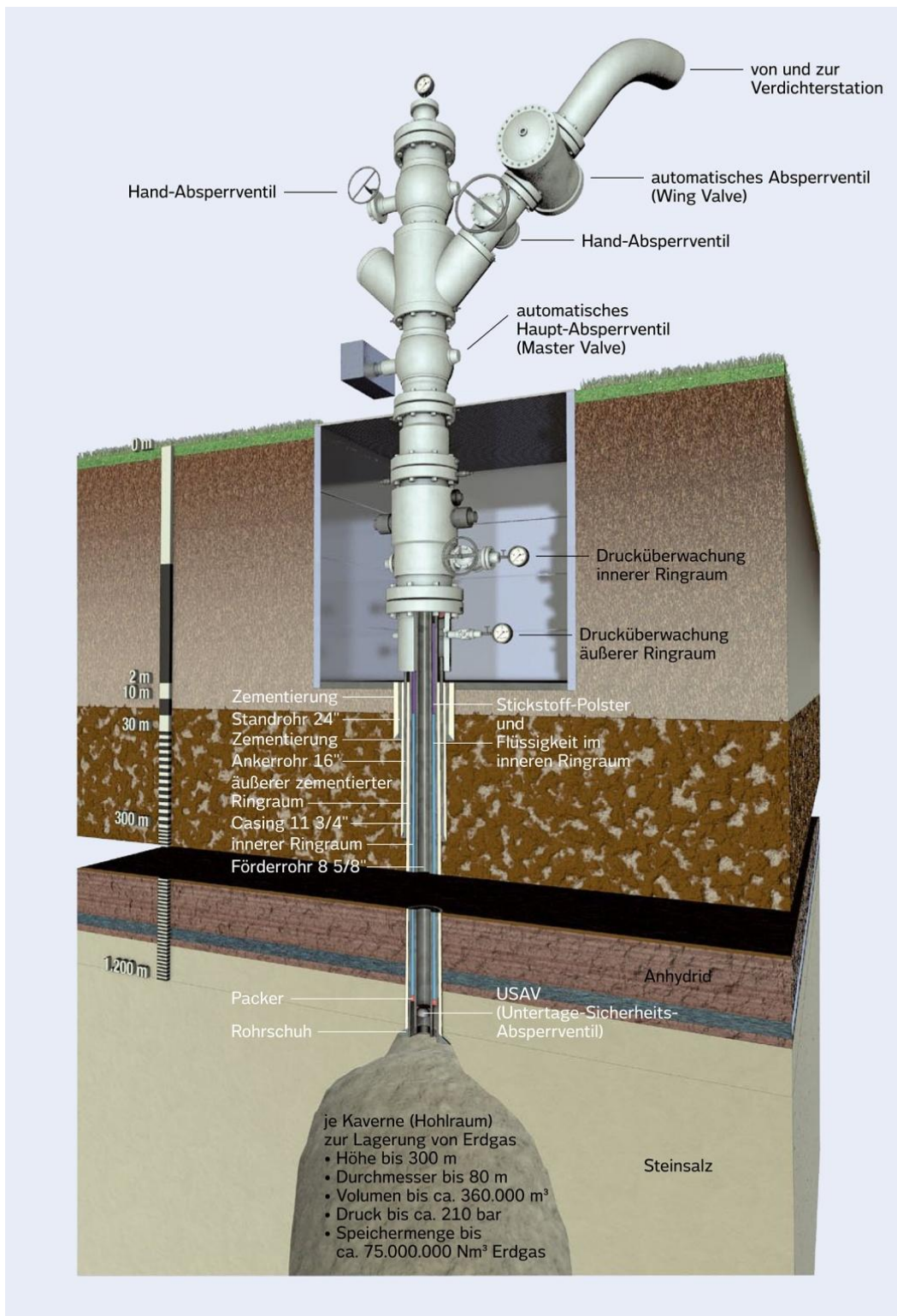
Damit ist Wasserstoff auch für die Grundlastversorgung geeignet, wie Dr. Töpler in einem Fachreferat nachwies.

Damit steht im Wasserstoff seit etwa 2 Generationen eine saubere, ungiftige, erneuerbare Energiequelle zur Verfügung, was wir aber auch schon bei Jules Verne nachlesen konnten.

In Großbritannien und USA besteht schon jahrzehntelange Erfahrung mit Wasserstoffspeicherung in Kavernen bei einem Druck von 70 bis 140 bar.

Nuon, eine Vattenfall-Tochtergesellschaft, betreibt bei Epe sieben Gaskavernen. Im Bild sieht man wie das Rohrsystem abgedichtet wird

und die Anschlüsse für die Be- und Entladung der Kaverne.



(Quelle:

https://corporate.vattenfall.de/globalassets/deutschland/geschaeftsfelder/erzeugung/gas/3c_gaskaverne_hochkant.jpg)

Der Brennwert eines Normkubikmeter Erdgas (Nm³) beträgt fast 10 kWh. Der Energieinhalt von Wasserstoff ist etwa das Dreifache von

Erdgas bezogen auf das Gewicht, bezogen auf das Volumen nur etwa ein Drittel, da es sehr leicht ist.

Ausblicke und neuartige Verfahren

Die Firma Hydrogenious Technologies aus Erlangen hat Wasserstoff chemisch an organische Moleküle gebunden und hat damit eine pumpfähige Flüssigkeit. 2018 war sie für den Deutschen Umweltpreis nominiert. Sie arbeitet mit der Universität Erlangen und dem dort befindlichen Helmholtz-Institut für Erneuerbare Energie HI-ERN zusammen.

Sie schreibt: *Hydrogenious Technologies ist ein Unternehmen welches es sich zum Ziel gesetzt hat, die viel diskutierte Wasserstoffwirtschaft weltweit in die Realität umzusetzen. Als Technologieführer im Bereich der Wasserstoffspeicherung in flüssigen organischen Wasserstoffträgern (Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC)) entwickeln wir eine sichere und effiziente Methode für die Speicherung und den Transport von Wasserstoff in ungefährlichen und nichtexplosiven Ölen.* (12)

Inzwischen sind auch handliche Brennstoffzellen als Batterieersatz auf dem Markt. Der Wasserstoff befindet sich in einer wieder auffüllbaren Patrone.(Im Bild unten rechts) Der Prozess erfolgt mit dem Luftsauerstoff.



Hydrogen Reactor mit Wasserstoffpatrone

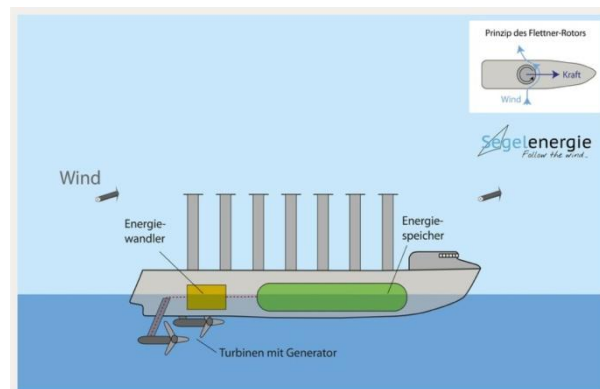


Zum Aufladen von Handys, Kameras, GPS-Geräten usw.

Quelle: www.bergwelten.com/a/strom-to-go-der-hydrogen-reactor-von-brunton-im-test

Biogas kann heute zu grünem Wasserstoff umgewandelt werden. Immer noch in der Entwicklung sind die biologische Produktion mit Algen und Bakterien, die fotokatalytische Spaltung mit Sonnenlicht und thermochemische Prozesse, wobei die Energie des elektrischen Stroms teilweise durch Wärme ersetzt wird.

2016 habe ich auf der Herbsttagung des Vereins für Implosionsforschung e. V. einen Vortrag mit dem Titel „Antriebssysteme mit Flettnerrotoren und Oloid“ gehalten. Ich stellte das E-ship1 mit Flettnerrotoren vor und wie eine Erweiterung dieses Schiffes vollautomatisch die Meere befahren könnte und dabei mit umweltverträglichen Methoden Wasserstoff erzeugt, speichert und anlandet. Der Sauerstoff kann separat gespeichert oder freigesetzt werden. Hier erscheint mir eine vollautomatische Steuerung eher angebracht als bei unseren PKW.



(Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/E-Ship_1)

Nach eigenen langjährigen Erfahrungen mit selbstgepresstem Pflanzenöl und Wassereinspritzung in meinem Citroen BX Break mit 1,9 l-Dieselmotor überlegte ich in den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts, ob es durch pulsierenden Strom nicht möglich wäre, das Wassermolekül mit geringerem Energieaufwand zu spalten. Es zeigte sich, dass die Eigenresonanz sehr hoch ist.

Furore machte der Artikel im NET-Journal (15):

Nanopuls-Elektrolyse aus Indien - 31mal effektiver in der
Gasausbeute.

Dort wird der Artikel, den die beiden indischen Wissenschaftler C. H. Dharmaraj , S. AdishKumar 2012 im INTERNATIONAL

JOURNAL OF ENERGY AND ENVIRONMENT (Vol. 3, issue 1) veröffentlicht haben, besprochen. Ihr Schaltkreis und einige zugehörigen Graphen der Experimente und der Link zur Originalveröffentlichung, die erst 2018 in Deutschland bekannt wurde, werden ebenfalls abgedruckt.

Die Herausgeber des NET-Journals, das Ehepaar A. und I. Schneider, haben in ihrem Verlag ein umfangreiches Buch mit dem Titel „Der Wassermotor ... zum Selberrichten für Motorräder und Autos!“ herausgegeben(16). Im ersten Teil werden verschiedene Elektrolyse- und Umwandlungsverfahren aus verschiedenen Ländern vorgestellt, im zweiten Teil stellt der Erfinder Jose' Vaesken Guillen, der heute in Brasilien lebt, ausführlich den erforderlichen PKW-Motorumbau dar, um ihn mit Aquaflex zu betreiben, eine Mischung aus 20 bis 30 % Alkohol und 70 bis 80% Wasser.

Schon 2014 hatte demonstrierte er sein Moped damit, dann setzte er es für den PKW-Motor ein.

Wem seine Versuche etwas unglaubwürdig vorkommen, dem möchte ich sagen, dass mir meine Kollegen zu Anfang meiner Rapsöl- und Wasser- und HHO-Experimente weissagten, dass der Dieselmotor garantiert nach 100 km kaputt sei. Ich fuhr aber noch über 350.000 km damit und verschenkte das fahrbereite Auto mit einem Kilometerstand von 444.444 km an eine Hauptschule, wo für Jungen und Mädchen praktischer KFZ-Unterricht stattfinden sollte.



Baujahr 1991, Diesel und anderes
1,9l Hubraum, 64 PS



444444-km-Stand im Aug. 2012 aus
dem fahrenden Auto fotografiert

Wandel für eine Zukunft

Dass der ab 2012 zu erwartende Bewusstseinswandel voll im Gange ist, sieht man auch an den weltweiten Demonstrationen der Jugend. Die größten und umfangreichsten fanden im März statt. In Deutschland waren es am 15. 3. über 300. 000 Teilnehmer, allein in Münster über 2500, am 24. 5. schon über 6000 in Münster. In mehr als der Hälfte der Länder dieser Erde wurde für eine gesündere Zukunft demonstriert. Man sprach von etwa 120 Ländern in allen 5 Kontinenten.

Im Gegensatz zu 1983, als die Bevölkerung sich gegen die Stationierung von atomaren amerikanischen Mittelstreckenraketen in Deutschland wandte und der damalige Bundeskanzler Kohl sich rühmte, dass er die Stationierung gegen den Willen der Mehrheit der Bevölkerung durchgesetzt habe, wird das so nicht mehr gehen. Jetzt sympathisieren schon viele Erwachsene mit der Jugend und sie sagt deutlich, das sei erst der Anfang, da es um die Vergiftung der Umwelt und damit um den Bestand der Zukunft geht.

Die jungen Leute haben kaum etwas zu verlieren und können nur gewinnen.

Ich denke, dass ihre Entschlossenheit ausreicht, einen kompletten Wandel im Energiebereich herbeizuführen und damit sind sie die Vorreiter für den Bewusstseins-Wandel.

Ich habe an der Demonstration in Münster teilgenommen und festgestellt, dass die Forderungen nach Einhaltung des Pariser Abkommens von 2015 mit maximal 1,5⁰- 2⁰ Grad an durchschnittlicher Temperatursteigerung und die von 2038 auf 2030 geforderte Einstellung der Kohleverbrennung für Deutschland allerdings recht zahm, um nicht zu sagen zurückhaltend ist.

Es gilt wie immer: Je mehr du forderst, desto mehr wird man dir zugestehen.

Wir brauchen den Bewusstseins-Wandel für eine friedliche Welt mit der umfassenden solaren Wasserstoffwirtschaft und einem gesunden Klima – ohne jegliche Vergiftung unserer Erde.

Man sollte einmal darstellen, wieviel Blausäure ein

Verbrennungsmotor ausstößt, welche Unmengen an Atemluft in giftige Abgase umgewandelt werden.

Und jetzt machen Sie sich bitte klar, dass Toyota und VW jedes Jahr um die 10 Millionen neue Autos auf den Markt bringen, BMW 2,5 Millionen in 31 Werken weltweit, bei Daimler, Audi und anderen sind es auch nicht viel weniger. Dazu kommen noch LKW, Busse und Flugzeuge.

Es hilft unserer Atemluft, wenn sie alle nicht gefahren werden, aber was soll dann die Produktion? Denn die Städte stehen jetzt schon voll und es wird dringend mehr Platz für Radler benötigt.

Zu den Schulpflichtverletzungen der Kinder hat der Solarförderverein ein rechtliches Gutachten in Auftrag gegeben.(14) Unabhängig davon halte ich es als ehemaliger Lehrer zweier katholischer Schulen mit dem Papst Johannes XXIII, der in seiner Friedenszyklika „Pacem in Terris“ von 1963 (13) schreibt, dass die Anordnungen des Staates eine Gewalttätigkeit sein können, wenn sie von der Vernunft abweichen und dann sind sie nicht zu beachten.

Greta Thunberg, die seit dem 20.8.2018 aus Angst aktiv demonstriert, sagt „Change is coming!“ Ihr Vater Svante spricht zusammen mit seiner Tochter Ende 2018 auf der Klimakonferenz in Kattowitz sogar von einem kommenden Systemwechsel, „*denn wir können Krisen nicht mit den gleichen Methoden lösen, mit denen sie ausgelöst wurden*“.(17)

Quellen und weitere Hinweise:

(1) aus meiner Website:

<http://www.nuetec-forschung.de/Kretzschmarplan/Kretzschmarplan.html>

(2) <https://www.h-tec-systems.com>

(3) <https://blog.daimler.com/2019/04/11/necar1-brennstoffzelle-entwicklung>

(4) John O`M. Bockris und Eduard W. Justi, Wasserstoff – Energie für alle Zeiten, Erstausgabe München , 1980, erweiterte Sonderausgabe, Augsburg 1990

(5) Johannes Töpler und Jochen Lehman (Hrsg.), Wasserstoff und Brennstoffzelle, Technologien und Marktperspektiven, 2. aktualis. und erweiterte Auflage, Berlin, 2017

(6) <https://www.energieagentur.nrw/>
EnergieAgentur.NRW Wasserstoff – Schlüssel zur Energiewende, Düsseldorf, 2018

(7) Coradia iLint:

<https://www.alstom.com/de/coradia-ilint-der-weltweit-erste-wasserstoffzug>

<https://www.partners.alstom.com/Assets/View/92a183b6-b12a-4561-b356-76a587d0de4e>

(8) Hydrogenics Kanada:

<https://www.hzwei.info/blog/2018/07/17/hydrogenics-quartal-nicht-repraesentativ/>

<https://www.iwr.de/news.php?id=35508>

<http://www.deraktionaer.de/aktie/ballard-power--nel-und-co--das-ist-der-durchbruch-428610.htm>

(9) Ballard und AFCC:

https://en.wikipedia.org/wiki/Automotive_Fuel_Cell_Cooperation

(10) https://www.focus.de/auto/videos/klickdown/praxistest-hyundai-ix35-fuel-cell-die-deutsche-autoindustrie-will-nicht-dass-sie-dieses-suv-kaufen_id_4894756.html

(11) Implosion Nr. 112, Seite 43, Zell a. H., 1995

(12) Hydrogenious Technologies - LOHC Technologie für das Wasserstoffzeitalter:

https://www.youtube.com/watch?time_continue=117&v=uBuCMfgoXz8

(13) Papst Johannes XXIII, Die Friedenszyklika Pacem in Terris, Freiburg i. Br., 1963

(14) Solarförderverein Deutschland e.V. (SFV), www.sfv.de

Solarbrief 1/2019 des SFV, Aachen

(15) Neue Energie Technologien, NET-Journal Jg. Nr. 22, Heft 9/10, CH-Schaffhausen 2017

- (16) A. u. I. Schneider und Jose' Vaesken Guillen, Der Wassermotor, Schaffhausen 2018
- (17) Greta & Svante Thunberg, Beata & Malena Ernman, Szenen aus dem Herzen – Unser Leben für das Klima, Frankfurt/M, 2019
- (18) <https://www.faz.net/aktuell/rhein-main/region-und-hessen/rmv-tochter-zuege-mit-brennstoffzelle-fuer-den-taunus-16198528.html>
- (19) <http://www.nuetec-forschung.de/Kretzschmarplan/Phantastische%20Zukunft.pdf>
- (20) Süddeutsche Zeitung vom 26./27.10. 2019, Seite 27: Wasserstoff im Tank
- (21) Süddeutsche Zeitung vom 2./3.11. 2019, Seite 35: Kampfzone Ozean

Alle Internetseiten habe ich zuletzt am 13.5. 2019 aufgerufen.

Alle Bilder ohne Quellenangabe sind eigene Fotos.

Eine aufladbare Batterie ist ein Akkumulator (Kurzform Akku). Wie in der englischen Sprache setzt sich auch im deutschen Sprachgebrauch zunehmend nur ein Begriff „Batterie“ durch.

Werner Rückamp, Silberbrink 73, D 48167 Münster