

HIRNGESPINSTE

Grüne Märchenstunde Teil I: die Legende von der Wasserstoffwirtschaft und ihr Erzfeind, die Physik.

[Matthias Müller]

Was hat der Zeppelin Hindenburg in Lakehurst mit dem Raumschiff „Challenger“ und den Turbinengebäuden der Reaktorblöcke in Fukushima gemeinsam? Sie wurden durch die Explosion von Wasserstoff zerstört. Wasserstoff wird als die Wunderwaffe der Energiewende gehandelt, hat aber offensichtlich ein großes Zerstörungspotenzial. Wasserstoff ist das kleinste und häufigste Element des Universums. Es ist das chemische Element mit der geringsten Atommasse. Sein häufigstes Isotop enthält kein Neutron, sondern besteht aus nur einem Proton und einem Elektron. Anders als auf der Sonne,

dem Saturn oder Jupiter kommt das farb- und geruchslose Gas auf der Erde fast ausschließlich in gebundener Form vor: Es steckt in fossilen Rohstoffen wie Erdgas und Erdöl sowie in über der Hälfte aller bekannten Mineralien. Und wie sein Name und sein chemisches Symbol „H₂“ bereits sagt, ist Wasserstoff auf der Erde vor allem in H₂O, also in Wasser, gebunden.

Wasserstoff – besser noch „Grüner“ Wasserstoff wird heute als Wundermittel der Energiewende gehandelt. „Grün“ ist Wasserstoff dann, wenn die Energie für seine Erzeugung und Verbringung ausschließlich aus so genannten „Erneuerbaren“

stammt. Mit ihm sollen, geht es nach dem Willen der Ampel, nicht nur die Speicherprobleme von Wind- und Sonnenenergie, sondern die gesamten energetischen Probleme Deutschlands und letztlich der ganzen Welt gelöst werden. Man will nichts weniger als Deutschland bis 2045 vollständig „dekarbonisieren“. Das bedeutet, dass der gesamte Primärenergiebedarf des Landes ohne Kohlenwasserstoffe auskommen soll. Klingt zu gut, um wahr zu sein. Und deswegen ist es natürlich auch nicht wahr. Denn leider, leider, wie so oft, zerschellen die rotgrünen Weltrettungsideologien beim Thema Wasserstoff an

der knallharten Wirklichkeit – die in diesem Fall nicht nur Robert Habeck so sehr ängstigt, dass er sich von ihr, so wörtlich, „umzingelt“ fühlt, sondern gleich ihren unbarmherzigsten Scharfrichter auf die märchenhaften Geschichten loslässt: die Gesetze der Physik.

„Grüner Wasserstoff“ ist das wahrscheinlich bis jetzt irrwitzigste Energiewendeprojekt, dessen staatliche Zeit- und Umfangsvorhaben geprägt sind von Größenwahn, Allmachbarkeitsphantasien und physikalisch-ökonomischer Inkompetenz. Nicht mal die Staatliche Plankommission der DDR hätte es gewagt, mit derartigem Unfug

an die Öffentlichkeit zu gehen. Im von Zensur jedweder abweichenden Expertise und Cancel-Culture geprägten medialen Mainstream jedoch finden selbst die dümmlichsten Parolen ein formidables Ökosystem. Kein Schwachsinn ist zu groß, solange er nur grün genug ist. Begleiten Sie uns auf eine kleine Reise durch die Wirklichkeit, liebe Leser, es wird lustig, versprochen!

Die physikalischen Eigenschaften von Wasserstoff und die Naturgesetze kann man nicht ändern. Sie sind Grundlage für alle Überlegungen. Es reicht nicht, Wasserstoff als klimaneutral einzustufen, weil bei der Verbrennung nur Wasserdampf entsteht, der angeblich klimaneutral sei. Das ist übrigens eine Falschaussage: Wasserdampf steuert maßgeblich unser Klima einschließlich der Erdtemperatur. Wasserstoff als Energieträger kann nicht das Klima retten, aber zumindest könnte er, rein theoretisch, fossile Brennstoffe ersetzen. Wasserstoff steht auf unserer Erde tatsächlich praktisch unbegrenzt zur Verfügung, weil dessen Verbrennung wieder Wasser entstehen lässt, aus dem sich wiederum Wasserstoff gewinnen ließe.

Indes sind jedoch die Energieverluste und die Kosten für Gewinnung, Transport, Lagerung und Nutzung von Wasserstoff gewaltig. Sie werden von unserer Regierung und den meisten Politikern nicht beachtet, die nur durch ihre ideologische Brille die Weltklimarettung im Auge haben. Zur Klimarettung wären „ambitionierte Maßnahmen erforderlich“, heißt es. Dies ist die Neusprech-Umschreibung für den Weg zu einer nicht bezahlbaren, technisch nicht realisierbaren und unsicheren Energieversorgung. Lesen wir im Dokument „Update der Nationalen Wasserstoffstrategie: Turbo für die H₂-Wirtschaft“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) vom 26.07.2023, was die Größenwahn-

sinnigen selbst über ihre absurden Pläne schreiben:

„Deutschland wird zur Wasserstoff-Wirtschaft. Ziel ist die Marktführerschaft in einem ganz neu entstehenden Markt. Die Nationale Wasserstoffstrategie hat dafür die Basis geschaffen. Ein Update setzt noch ehrgeizigere Ziele und zeigt auf, wie sich Deutschland in den kommenden Jahren aufstellt.“ Im Klartext heißt das: okay, wir haben die alten Ziele nicht erreicht. Wir halten aber daran fest und setzen uns noch viel höhere Ziele. Weiter heißt es: *„Nur mit Wasserstoff lassen sich große Teile der Industrie und des Verkehrs klimafreundlich gestalten. Noch ist klimafreundlicher Wasserstoff allerdings auf dem Sprung – raus aus dem Labor, rein in die Praxis: Ein ganz neuer Markt entsteht. Deutschland will von Anfang an mit dabei sein und sich eine Vorreiter-Position im internationalen Wettbewerb sichern – und selbst Wasserstoff nutzen, um unsere Klimaziele zu erreichen“.* Aha. Das ist schon mal gelogen. Die Idee, Wasserstoff mittels PV-Elektrolyse zu erzeugen und damit z.B. Autos zu betanken ist nicht neu, sondern uralte. Schon vor über 30 Jahren gab es dazu z.B. eine Versuchsanlage im oberpfälzischen Windischeschenbach, die der Autor damals schon persönlich besucht hat - zu diesem Zeitpunkt hatte Annalena Baerbock gerade mal gelernt, nicht vom Trampolin zu fallen. BMW hatte zu Testzwecken einen 7er auf Wasserstoff umgebaut. Ein nennenswerter Markt für diese Technologie ist damals nicht, und bis heute nicht entstanden, und das aus guten Gründen. Aber lesen wir erst mal weiter, was das BMBF herbeiphantasiert: *„Grundvoraussetzung für den Hochlauf der Wasserstoff-Wirtschaft ist, dass Wasserstoff überhaupt in ausreichendem Maße zur Verfügung steht. Und zwar dort, wo er gebraucht wird. Ein über 11.000 Kilometer langes Wasserstoff-Kern-*

netz soll daher bis 2032 alle großen Wasserstoff-Einspeiser mit allen großen Verbrauchern verbinden. Zudem soll das Wasserstoff-Tankstellennetz umfangreich ausgebaut werden.“ (Orthografische Fehler des Originaltextes beibehalten)

Liebe Visionäre, 2032 ist in acht Jahren. Ihr forscht gerade daran, aus welchem Material denn solche Rohre sein könnten, damit der Wasserstoff nicht durch die Rohrwände entweicht. Für die 11.000 Kilometer gibt es keine Technologie, keine Ausschreibung, kein Planfeststellungsverfahren, keine Investoren, kein Kapital, keine Genehmigungen... Und vor allem – es gibt keinen Wasserstoff. Und es gibt auch keine Wasserstoffwirtschaft. Das ist Neo-Lysenkoismus. Googeln Sie ruhig, denn genau da sind wir angekommen.

Es ist erschütternd und bezeichnend zugleich, dass sich ein deutsches Ministerium mit einem derartigen Dokument an die Öffentlichkeit wagt. Für beide Seiten. Das Dokument zeigt nämlich, dass es beim Ministerium weder einen Qualitätssicherungsprozess für Ausdruck und Orthografie gibt, noch einen Plausibilitätscheck des Inhaltes. Und es zeigt sich auch, dass es auf der Seite der Bürger keinerlei Interesse dafür gibt, wofür und wie das mühsam erarbeitete Steuergeld zum Fenster hinausgeworfen wird.

DER WAHNSINN NIMMT SEINEN LAUF

Immer, wenn „Das beste Deutschland aller Zeiten“ sich auf eine Vorreiter-Position drängelt, sollte der aufmerksame Bürger aufpassen, denn dann wird's richtig teuer. Und vermutlich verfassungswidrig. In Zukunft soll also Wasserstoff der Hauptenergieträger werden. Dazu werden jetzt Elektrolyse-Pilotanlagen zur Erzeugung von Wasserstoff mit „grünem“ Strom staatlich finanziert, denn private

Investoren finden sich nicht für diese utopische Energiepolitik. Stark unterstützt wird sie dagegen von den Profiteuren, die durch die staatlichen Hilfen hohe Gewinne einfahren. Dazu gehört auch Thyssen-Krupp. Dem Stahlkonzern wurde gerade ein Milliarden-Zuschuss zum Bau einer Wasserstoff-Direktreduktionsanlage zur Gewinnung von Stahl durch den grünen Wirtschaftsminister Habeck zugesagt. Offen bleibt, woher der Wasserstoff kommen soll und welche Stahlkosten nach diesem Verfahren erwartet werden. Das ist aber auch egal, denn um staatliche (Steuer-)Fördergelder in Milliardenhöhe abzugreifen, braucht man kein funktionierendes Businessmodell, sondern nur eine funktionierende Powerpoint-Präsentation.

Inzwischen wurde in den Ministerien ein wenig gerechnet. Die Strommenge für die Wasserstoffherzeugung zur Deckung des gesamten Energiebedarfs in Deutschland ist so riesig, dass sie im Land nicht mit Wind und Sonne gewonnen werden kann. Die gesamte Staatsfläche in Deutschland reicht dafür schlicht und einfach nicht aus. So sollen nun 70 Prozent des Wasserstoffs mit Sonnenstrom in den wolkenarmen Wüstengebieten der Erde erzeugt und nach Deutschland verschifft werden. Klingt erst mal gut - was könnte man mit den Wüstengebieten der Erde denn Besseres anstellen?

Nun, vor Kurzem war in den Nachrichten zu lesen, dass die nigerianische Armee „versehentlich“ 85 Zivilisten getötet habe. Es handelte sich um Dorfbewohner, die ein muslimisches Fest feierten, unter ihnen viele Frauen und Kinder.

Was hat das mit Wasserstoffwirtschaft zu tun, werden Sie, verehrte Leser, berechtigt fragen? Nun, dann erinnern wir uns mal kurz an eine Meldung vom 30.10.2023: *„Bundeskanzler Olaf Scholz sieht Nigeria als möglichen Lieferanten von Was-*

serstoff und auch Flüssiggas für Deutschland.“ Im Zuge der Energiewende benötige die Bundesrepublik insbesondere Wasserstoff-Importe, dabei komme Nigeria ins Spiel. „Nigeria hat einen ehrgeizigen Plan für die Energiewende“, sagte Scholz auf einem Wirtschaftsforum in Lagos. Das Land sei „auch gut aufgestellt, um ein zentraler Akteur für Erneuerbare Energie und Wasserstoff zu bleiben – ebenso wie für Flüssigerdgas, das wir in den kommenden Jahren weiterhin brauchen werden, bis der Wasserstoffmarkt voll etabliert ist“. Nigeria bekommt vom deutschen Steuerzahler nächstes Jahr 640 Millionen Euro für „Klimaprojekte“. Noch Fragen?

Derzeit gibt es weltweit noch keine nennenswerte industrielle Produktion von „Grünem Wasserstoff“. Die Bundesregierung erwartet bis 2030 einen Wasserstoffbedarf von 90 bis 110 Terawattstunden. Die in Deutschland erzeugte Menge an Erneuerbaren Energien wird aber bei Weitem nicht ausreichen, um den benötigten Wasserstoff klimaneutral herzustellen, das zeigt sogar die Nationale Wasserstoffstrategie. Um den zukünftigen Bedarf zu decken, will die Bundesregierung daher auf Wasserstoffimporte und internationale Kooperationen setzen. Das Problem: Auch mit Importen kann die Versorgungslücke mit Sicherheit nicht geschlossen werden. Warum?

DAS WASSERSTOFF-MENGENPROBLEM

In Leipzig wurde vor wenigen Wochen die erste Wasserstoffready-Gasturbine mit einer Leistung von 123 MW in Betrieb genommen – das ist etwa ein Zehntel der Leistung eines Kernkraftwerkes. Nicht einmal dafür gibt es den Wasserstoff – sie läuft mit schnödem Erdgas. Irgendwann in ein paar Jahren soll auf Wasserstoff umgestellt werden. Nach den offiziellen Planungen der Bundesregierung zum Ausbau der Wasserstoffready-Gaskraft-

werkskapazität auf 21 GW müssten bis 2030 etwa 160 Gaskraftwerke dieses Typs gebaut werden. Oder eben 70 mit größerer Leistung von ca. 300 MW. Die 100.000-Dollar-Frage ist: Wo soll der ganze grüne Wasserstoff dafür herkommen?

Die Bundesregierung strebt in der Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie bis 2030 eine Elektrolyse-Leistung von 10 Gigawatt (GW) grünen Wasserstoffs in Deutschland an. Damit gemeint ist die installierte Leistung. Das heißt, die Leistung, die theoretisch unter Vollast genutzt werden kann. Diese ist mit Wind und Sonne aber praktisch nicht nutzbar, sondern nur weniger als 20 Prozent. Die deutsche Elektrolyse-Kapazität liegt im Jahr 2022 übrigens laut Statista bei knapp 0,057 GW oder 57 Megawatt.

Einige Fachleute, promovierte Physiker, haben dazu eine seriöse Rechnung aufgemacht, die darauf fußt, dass es das erklärte Ziel der Bundesregierung ist, bis 2045 das gesamte Land zu dekarbonisieren. Koste es, was es wolle. Dabei muss man vom Primärenergieverbrauch ausgehen statt vom Stromverbrauch. Denn der Strom stellt nur ein Viertel des Primärenergieverbrauchs dar.

Die folgende Rechnung ist eine Überschlagsrechnung und erhebt keinen Anspruch auf Genauigkeit. Die ist auch nicht möglich, da die zur Verfügung stehenden Zahlen meist Schätzungen oder Hochrechnungen sind. Eine Steigerung des Energiebedarfs in der Zukunft ist beispielsweise nicht berücksichtigt. Die Überschlagsrechnung dient nur der Versinnbildlichung der für den Laien sonst schwer vorstellbaren Größenverhältnisse. Beginnen wir mit dem Energieverbrauch unseres Landes.

Strom macht nur ein Viertel des gesamten deutschen Primärenergieverbrauchs von etwa 12.000 Petajoule aus. 12.000 Petajoule sind

etwa 3.300.000 Gigawattstunden Primärenergieverbrauch pro Jahr. Davon stemmen die „Erneuerbaren“ derzeit gerade mal ca. 17 Prozent, also etwa 560.000 GWh/a in Form von nicht grundlastfähigem Flatterstrom. Bleiben 2.740.000 GWh/a Primärenergie, die bei vollständiger Dekarbonisierung – also die Umstellung von Wohnen, Industrie und Verkehr – irgendwie durch Wasserstoff ersetzt werden müssen.

Aus einem Kilogramm Wasserstoff kann man etwa 30 Kilowattstunden Strom erzeugen, also braucht man rund 30 Tonnen Wasserstoff für 1 GWh. Um den gesamten verbleibenden Primärenergieverbrauch von 2.740.000 GWh, der heute noch von konventionellen Energieträgern bereitgestellt wird, zu elektrifizieren, benötigt man ca. 82 Millionen Tonnen Wasserstoff. Um ein Kilogramm grünen Wasserstoff in einem Elektrolyseur zu erzeugen, werden schätzungsweise 20 Liter extrem aufwändig aufbereitetes Reinstwasser benötigt. Für die 82 Mio. Tonnen Wasserstoff werden also 1.640 Mio. Tonnen hochreines Wasser benötigt. Diese Wasserentnahme aus der Umwelt der Elektrolyseure, aber auch deren Abwässer stellen ein Umwelt-Problem dar, das der Lösung bedarf.

Erschwerend kommt hinzu: Viele Menschen glauben den Schönfärbern, dass aus einer Wasserstoff-Gasturbine am Ende nur etwas Wasser und warme Luft austritt. Leider stimmt das nicht. Das Abgas einer Wasserstoff-Gasturbine enthält jede Menge hochgiftiger Stickoxide (NOx), und auch das Abwasser kann nicht einfach so in den nächsten Bach abgelassen werden. Genaues weiß man noch nicht, an diesem Thema wird gegenwärtig noch geforscht. Aber bleiben wir spaßeshalber bei den Visionen und nehmen an, das sonnenreiche Nigeria würde seine gesamte Staatsfläche für die deutschen Ampelmänner zur Verfügung stellen.

Vizekanzler Habeck erläuterte auf einem seiner Wasserstoff-Trips seine Wasserstoff-Importvision: „Namibia hat, gemessen auch an europäischen Standorten, natürlich sehr, sehr große Standortvorteile – sehr sonnenreich, sehr starke Windgebiete, gerade am Atlantik“. Da hat Robert Habeck natürlich recht, in der Wüste gibt es viel Sonne, die man zur Wasserstoffproduktion nutzen könnte. Aber wie es bei Visionen so ist, es gibt oft kleine, für den Visionär fast unsichtbare Realitäts-Problemchen. Da stellen wir uns mal ganz dumm und denken die Praxis der Vision durch.

ALLES, WIRKLICH ALLES MUSS ERST MAL GEBAUT WERDEN

Es fängt schon blöd an: In der Wüste gibt es leider kein Wasser, denn sonst wäre es ja keine Wüste. Aber die Elektrolyseure machen den Wasserstoff aus Wasser, viel Wasser. Also müssen erst mal Wasserentsalzungsanlagen ans Meer gebaut werden. Die brauchen aber Strom, den es in der Wüste auch nicht gibt. Also muss ein Solarkraftwerk für die Wasseraufbereitungsanlagen gebaut werden. Auch ein paar Stromkabel und Pufferstromspeicher werden gebraucht. Dann braucht man noch ein paar Wasserleitungen zu den Elektrolyseuren, die auch noch gebaut werden müssen. Um die Elektrolyseure anzutreiben, braucht man mehr Solar- und Windkraftanlagen, sonst wird es kein grüner Wasserstoff. Dann benötigt man noch ein Wasserstoff-Speicherlager mit Verdichteranlagen für die 700 bar, Kühlanlagen zur Verflüssigung bei minus 250 Grad und dann Rohrleitungen zu einem Hafen, wo die Wasserstofftankschiffe festmachen und laden können.

Auch die Speicher und Verarbeitungsanlagen und den Hafen gibt es nicht, alles muss gebaut werden. Die Wasserstoff-Transportschiffe, die in ihren Tanks den Wasserstoff

weiter bei minus 250 Grad halten, gibt es auch nicht. Bisher gibt es nur ein japanisches Wasserstoff-Versuchstankschiff „Suiso Frontier“ mit 1.250 Kubikmeter Transportvolumen, das aber leider noch mit stinkendem Schweröl angetrieben wird. Also gilt es, eine Wasserstoff-Tankerflotte für die 82 Millionen Tonnen Wasserstoff zu bauen, die natürlich auch mit Wasserstoff angetrieben wird. Dann braucht man noch Wasserstoffterminals zum Anlanden in Deutschland, Wiedervergasungsanlagen, 11.000 Kilometer Wasserstoff-Transportautobahnen und die vielen Gaskraftwerke. Was unter diesen Bedingungen wohl eine Tonne Wasserstoff oder eine Kilowattstunde grüner Strom kosten wird? Und das ist noch gar nicht einmal das Schlimmste.

Prof. Dr. Ing. Hans-Günter Appel, Pressesprecher des NAEB e.V. Stromverbraucherschutz, hat weitere Faktoren rund um den Mythos „Grüner Wasserstoff“ durchgerechnet und damit die Idee der „Wasserstoff-Import-Wirtschaft“ weiter entzaubert. Es geht dabei hauptsächlich um die unfassbaren Energieverluste durch den Transport – selbst wenn dieser technisch, logistisch und finanziell stemmbar wäre (was er nicht ist), könnte die gesamte Vision zu einem Nullsummenspiel werden, das heißt, der gesamte Solarstrom geht auf dem Weg zum Verbraucher verloren. Was genau bedeutet „verloren gehen“? Nun, es bedeutet, dass z.B. zur Herstellung des Energieäquivalents von 1 kWh Wasserstoff bereits mindestens 0,4 kWh Strom für die Elektrolyse eingesetzt werden müssen, aber das ist nicht alles.

Die Elektrolyse allein frisst also bereits mindestens 40 Prozent. Die Chinesen geben für ihre Elektrolysen-Anlagen sogar 50 Prozent an. Hinzu kommen Verluste zur Aufbereitung des Wassers, denn die Elektrolyseure brauchen Reinstwasser, das in den wasserarmen Wüsten

durch Meerwasser-Entsalzung gewonnen werden müsste. Weiterhin energieintensiv ist die Verflüssigung des Wasserstoffs (21 K = - 252 °C), der Transport in Tankern für flüssigen Wasserstoff (23-faches Volumen von verflüssigten Erdgas), Verdampfung, Transport und Lagerung in Deutschland (3-faches Gasvolumen von Erdgas). Nach sehr wohlwollenden Berechnungen vom Stromverbraucherschutz NAEB summieren sich die Verluste, bis der Wasserstoff den Verbraucher erreicht, auf mindestens 85 Prozent.

Es ist aufgrund des Transportvolumens grundsätzlich physikalisch sinnvoll, praktisch jedoch völlig unwirtschaftlich, Wasserstoff wegen seines niedrigen Siedepunkts zu verflüssigen. In Wilhelmshaven, das sich für den Wasserstoff-Import stark macht, werden daher Pläne geschmiedet, den Wasserstoff an Stickstoff zu Ammoniak (NH₃) nach dem Haber-Bosch-Verfahren zu binden. Ammoniak siedet bei -33 °C und kann nach Verflüssigung mit vorhandenen Gastankern transportiert werden. Flüssiges Ammoniak hat einen Brennwert von 3,3 kWh/Liter und damit ein 3-mal höheres Transportvolumen als Benzin und Diesel (Brennwert ca. 10 kWh/Liter). Ammoniak kann direkt als Brenn- und Treibstoff verwendet werden, doch die Verbrennung ist nicht vollständig. Die Abgase enthalten noch Ammoniak mit dem stechenden Geruch, der eine Abgasreinigung erfordert. Auch für die Ammoniak-Synthese geht viel Energie verloren. Das Verfahren läuft unter Druck bei etwa 400 °C. In Japan wurde ein Ammoniak-Speicher-Projekt bereits vor 2 Jahren wieder gestoppt, weil das Verfahren unwirtschaftlich und gefährlich ist.

Es gibt inzwischen glaubhafte Berechnungen von Physikern, die die gesamten Energieverluste zur Erzeugung von Wasserstoff in der Sahara und in der arabischen

Wüste bis hin zum Endverbraucher in Deutschland ermittelt haben. Sie übertreffen die Stromerzeugung, wenn sinnvollerweise der Energieaufwand für Bau und Betrieb der notwendigen Anlagen mit eingerechnet wird. Die Idee, Energie aus der Sahara, an Wasserstoff gebunden, in Deutschland zu nutzen, wird folglich sehr wahrscheinlich ein Nullsummenspiel werden. Trotzdem werden bereits jetzt Fördermittel (Steuergelder) in gigantischem Ausmaß sowohl für diese Import-Konzeption ebenso wie auch für die Vorbereitung von Offshore-Windparks mit Wasserstoff-Erzeugung bereits in der Nordsee mit Pipeline-Anschluß an das zukünftige Wasserstoff-Pipeline-Netz ausgelobt.

Nun haben wir bereits zwei sehr große Probleme mit den grünen Weltrettungsphantasien: alle technischen Anlagen, Produktionskapazitäten, Verkehrsnetze, Logistik und sonstigen Betriebsstätten, die dazu notwendig sind, existieren nicht und müssen erst erfunden und gebaut werden. Doch selbst wenn man davon ausginge, dass dies technisch, praktisch und finanziell lösbar wäre, kommt ein Energieversorgungsnetzwerk dabei heraus, in dem die technisch bedingten Energieverluste über alle Produktionsschritte hinweg so hoch sind, dass sie die Menge der erzeugten Energie nahezu vollständig verbrauchen. Und das wird für immer so bleiben, da das technische Prinzip ihr Entwicklungsende erreicht hat: die Energiebilanz der Elektrolyse ist eine physikalische Konstante – auch nach weiteren 5.000 Jahren des technischen Fortschritts werden die Gesetze der Physik noch dieselben sein.

WASSERSTOFFVERLUSTE UND VERSPRÖDUNG DURCH DIFFUSION

Eine weitere, äußerst unangenehme physikalische Eigenschaft des Wasserstoffs wurde bisher politisch

überhaupt nicht thematisiert: Wasserstoff ist das leichteste Element mit dem geringsten Atomdurchmesser. Die kleinen Atome können durch Metalle und Kunststoffe diffundieren. Diffusion ist ein Platzwechsel von Atomen oder Molekülen durch Wärmeschwingungen. Diffusion ist ein langsamer Prozess. Er wird beschleunigt mit steigender Temperatur. Wasserstoff entweicht durch Diffusion aus unter Druck stehenden Gasleitungen und Tanks. Füllt man normale Autotanks für Gas mit Wasserstoff, ist ein Großteil davon nach einigen Tagen durch Diffusion verschwunden.

Kritisch wird es, wenn zwei diffundierende Wasserstoffatome in den Gitterfehlstellen von Metallen zusammenkommen und sich zum H₂-Molekül vereinigen. Das Molekül ist zu groß, um weiter zu diffundieren. Es blockiert in der Folge Gleitebenen. Eine plastische Verformung des Materials ist dann nicht mehr möglich. Die Folge: das Metall oder jedes andere Material wird spröde und kann wie Glas brechen. Kommen in einer Fehlstelle mehrere Moleküle zusammen, bilden sie eine kleine Gasblase mit extrem hohem Druck, der zu inneren Spannungen bis hin zum Bruch führt. Es sind schon große Bauwerke durch Wasserstoff-Verstäuchung zusammengebrochen. Beim Transport und Lagerung muss auch mit der Wasserstoff-Verstäuchung gerechnet werden.

Doch es gibt noch ein weiteres Problem. Ja, tatsächlich kann die Wirklichkeit ziemlich lästig sein, vor allem für realitätsfremde Ökosekten und ihre Anhänger. Wir kennen das Problem bereits vom ehemals kostengünstigen Erdgas: um Lieferprobleme und Engpässe überbrücken zu können, braucht man Zwischenspeicher. Der offizielle Plan der Bundesregierung dafür lautet, Wasserstoff in seinem gasförmigen Zustand in unterirdischen Salzkavernen zu lagern. Wieviel

Wasserstoff bei der Lagerung in Salzkavernen durch Diffusion in den Salzstock verloren geht, ist nicht bekannt. Im Kavernenfeld Etzel bei Wilhelmshaven werden dazu erste Erprobungen durchgeführt. Die Lagerung in Salzkavernen ist fest geplant.

Die Vorratshaltung von Wasserstoff würde in der Menge eines Drittel-Jahresbedarfes zwei Millionen Kavernen (40 Meter Durchmesser, 200 Meter hoch) in den Salzstöcken Norddeutschlands und unter der Nordsee bedeuten (abgeleitet aus der heutigen Vorratssituation in Kombination mit gesicherten Beschaffungen z.B. aus Braunkohleabbau, Kohlehalden, Öl und Erdgas in Kavernen und oberirdischen Tanks, Holzinschlag). Der Energie-Gesamtbedarf (Primär- und Sekundärenergie) Deutschlands wird mit 4.000 Terawattstunden (TWh) angenommen. Vergleichsweise würde eine konventionelle Energie-Vorhaltung des deutschen Gesamtbedarfes in Steinkohle eine Quaderförmige Halde von 7,5 km Länge, 100 m Breite und 20 m Höhe ausmachen – eine überschaubare Größe.

Die unvorstellbare Zahl von zwei Millionen Kavernen, die sich räumlich wegen der exzellenten deutschen, weltweit vermutlich einzigartigen, Salzstockstrukturen sogar herstellen ließen, resultiert aus den sehr ungünstigen physikalisch-chemischen Eigenschaften von Wasserstoff. Es ist das kleinste/erste Element in der Periodentafel, woraus letztlich die geringe Energiedichte resultiert. Ob allerdings die Kavernen-Speicherung überhaupt sicherheitstechnisch vertretbar ist, wird derzeit in einem Feldversuch getestet, womit allerdings selbst bei Erfolg durchaus keine Gewähr für eine generelle Eignung gegeben ist.

Wasserstoff ist ein sehr reaktionsfreudiges Element – und was sich in den vielen hundert Millionen Jah-

ren des Entstehens an Einlagerungen in den Salzstöcken ergeben hat und dann an den Kontaktflächen nach dem Spülen der Kavernen (Bierflaschenform) zu chemischen Reaktionen bis hin zum Knallgas-Effekt entstehen kann, sprengt vermutlich menschliche Vorstellungskräfte, jedoch lassen wir dies aus Gründen der Einfachheit außer Acht. Die Realität ist hart genug, wir wollen sie nicht noch mit Unwägbarkeiten vollends unerträglich machen. Also gehen wir davon aus, dass wir zwei Millionen Kavernen bauen können und dass diese völlig sicher wären.

Das Spülen (Herstellen durch Wegspülen des Salzes) einer derartigen Kaverne dauert heute rund zwei Jahre und es ist eine Pipeline für An- und Abtransport von Wasser zum Meer erforderlich. Die Dauer der Spülzeit, die ja nach den deutschen Politiker-Plänen 2045 abgeschlossen sein müsste, würde bei angenommen 4.000 parallelen Kavernen-Spülvorgängen (derzeit dürften weniger als 10 parallele Spülungen in Arbeit sein) 500 Jahre, also bis etwa ins Jahr 2520 dauern.

Fassen wir zusammen: Um den „Grünen Wasserstoff“, den unsere Berliner Welterlöser brauchen, um ihre Phantasien umzusetzen, zu produzieren, bräuchte es unter großzügiger und äußerst optimistischer Schätzung eines Gesamtwirkungsgrades von 15 Prozent eine Photovoltaik-Fläche in der Größe Nordafrikas ab etwa dem zehnten nördlichen Breitengrad. Vermutlich würde eine weltweite Umstellung weit mehr Fläche als die gesamte Erdoberfläche einschließlich der Meere beanspruchen. Doch allein für Deutschland wäre ein Großteil der Landfläche Afrikas erforderlich. Übrigens: China beherrscht den Weltmarkt bei PV-Modulen. Technologieabhängigkeit? Egal. Da sich hoffentlich alle afrikanischen Warlords, Terrorbandenführer,

Politiker und sonstigen Gauner gerne von „Annalena der Schönen“ entweder maßregeln oder mit deutschem Steuergeld schmieren lassen, gehen wir davon aus, das klappt schon irgendwie. Dann bleibt immer noch das Problem, dass wir den schönen „Grünen Wasserstoff“ nicht nach Europa transportieren können, weil es erstens die Tankerflotte für den Transport nicht gibt, es auch keine Pipelines dafür gibt und selbst wenn es beides gäbe, der Wasserstoff alles aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften (Versprödung) sofort wieder kaputt machen würde. Doch selbst wenn es uns auf wundersame Weise gelänge, dieses Problem zu lösen, so wären wir frühestens im Jahr 2500 in der Lage, den Wasserstoff so zu lagern, dass wir tatsächlich eine versorgungssichere Wasserstoffwirtschaft in Deutschland betreiben könnten – unter der Voraussetzung, dass wir unser derzeitiges Tempo bei der Herstellung von Lagerstätten ver-400-fachen. Das alles zusammen gerechnet summiert sich dann in einem Strompreis von locker 2,50 Euro pro Kilowattstunde. Geil. Sonst noch was?

Achja, die Mobilität. Hätten wir fast vergessen. Wasserstoff gilt ja als „der bessere Elektroantrieb“. Was hat es damit auf sich?

WASSERSTOFF IM TRANSPORTWESEN

Technologisch hat sich im Wasserstoff-Fahrzeugbau der Brennstoffzellenantrieb durchgesetzt. Er funktioniert wie ein umgedrehter Elektrolyseur: Wasserstoff wird mit Sauerstoff aus der Umgebungsluft in Wasser und Strom aufgespalten. Ersteres sickert aus dem Auspuff, letzterer treibt einen Elektromotor an. Brennstoffzellenautos sind also auch E-Fahrzeuge. Im Vergleich zu den reinen Batteriefahrzeugen versprechen sie aber eine größere Reichweite und lassen sich fast ebenso schnell betanken wie ein Verbrenner – so die Argumente der

Wasserstoffbefürworter.

Wasserstoff soll auch Flugzeuge und Schiffe antreiben. Über lange Distanzen werden wir Menschen und Waren auch in fernerer Zukunft nicht vollelektrisch ans Ziel fliegen oder große Schiffe bewegen können. Denn dazu sind Batterien zu groß und zu schwer. Neben Bio-kraftstoffen setzt die Politik ihre Hoffnungen daher auf Wasserstoff.

Es hört sich so einfach an. Mit dem grünen Wasserstoffauto an die Tankstelle fahren, in drei Minuten volltanken, und auf geht's zur Langstrecke. Doch so einfach ist das nicht. Wasserstoff muss nämlich entweder gasförmig unter hohem Druck oder flüssig bei minus 253°C gespeichert werden. Die Automobilbranche setzt auf den Einsatz von Drucktanks, bei denen das Druckniveau bis zu 700 bar beträgt. In Brennstoffzellenfahrzeugen kommen kohlefaserummantelte Behälter aus Aluminium oder Kunststoff zum Einsatz. Schon ein Behälter mit einem Innendruck von 700 bar stellt ein extremes Sicherheitsrisiko dar. 700 bar entspricht dem Druck einer 7 km tiefen Wassersäule. Zum Vergleich: moderne Atom-U-Boote der US-Navy tauchen maximal 900 Meter tief, mehr Druck halten sie nicht aus. Wenn ein Behälter mit 700 bar Innendruck beschädigt wird, knallt es ganz erheblich. Dazu kommt noch das Explosionsrisiko der austretenden Wasserstoffwolke. Ein Wasserstofftank stellt bei einem schweren Unfall eine Bombe an Bord dar.

Betrachten wir mal einige kritische Risikofaktoren durch die Eigenschaften des kleinsten aller Moleküle:

Explosivität: Wasserstoff kann in seiner Reinform nicht explodieren. Das Risiko entsteht jedoch, wenn Wasserstoff in Kontakt mit Luft gerät. Treffen Wasserstoff und Sauerstoff aufeinander, reagieren sie explosiv. Diese Gefahr besteht, wenn

Wasserstoff in einer Konzentration zwischen 4 und 77 Volumenprozent in der Luft liegt. Das bedeutet: Wenn Wasserstoff entweicht, kann bereits ein statischer Funke an der Kleidung ausreichen, um eine Explosion auszulösen.

Unsichtbare Flamme: Die Wasserstoff-Flamme ist sehr blass und bei Tageslicht nicht oder kaum sichtbar. Sie gibt nur wenig von der Infrarotstrahlung ab, die Menschen als Wärme wahrnehmen und kann daher nicht als solche empfunden werden. Sie emittiert erhebliche ultraviolette Strahlung. Daher sind spezielle UV-Detektoren erforderlich, um auf das Vorhandensein von Wasserstoff-Flammen hinzuweisen.

Leckagen: Aufgrund seiner geringen Molekülgröße und niedrigen Viskosität kann Wasserstoff schnell aus Druckgasleitungen und -behältern austreten. Wasserstoff kann sogar durch Stahlwände kriechen. Neben der richtigen Auslegung und Konstruktion sind Instandhaltung und regelmäßige Inspektionen unbedingt notwendig, um die Sicherheit einer Anlage zu gewährleisten. Stationäre Gasmesstechnik und Frühwarnsysteme sorgen für zusätzliche Sicherheit.

Materialversprödung: Wasserstoff ist das kleinste aller Moleküle und kann leicht durch Materialien dringen und diese in manchen Fällen verspröden. Die richtige Auswahl, Handhabung und Instandhaltung von Materialien sind entscheidend. Aus diesem Grund werden für Lagertanks in der Regel Edelstahl und Verbundwerkstoffe verwendet. Wie Ammoniak und Methan hat auch Wasserstoff eine geringere Dichte

als Luft und bildet bei Undichtigkeiten Gaswolken an Innendecken. Diese sind hochexplosiv. Gasmesstechnik in Garagen wird daher in der Regel oben installiert. Wasserstoff hat keinen Geruch und keine Farbe, ist also für den Menschen nicht wahrnehmbar. Bei Methan wird dieses Problem durch die Zugabe von Duftstoffen entschärft. Ob dies auch bei Wasserstoff möglich ist, wird derzeit erst erforscht. Momentan gibt es keine technische Lösung Wasserstoff mit Duftstoffen zu versehen, da sich alle Gemische aufgrund der chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wasserstoffs sofort wieder entmischen. Gas- und Leckagedetektoren sind hier unerlässlich.

Wenn man sich vorstellt, dass Millionen von Menschen, die bezüglich des Umgangs mit einem hochexplosiven Gas absolute Laien sind, auf diese Technologie losgelassen werden – bei 40 Millionen Personenkraftwagen, vier Millionen Lastkraftwagen und Millionen von Landwirtschafts- und Baumaschinen – fragt man sich unwillkürlich, mit wie vielen Wasserstoff-Austritten pro Tag gerechnet werden muss. Wird es Idioten geben, die versuchen, Wasserstoff aus Tanks zu klauen? Wie viele Tanks fliegen bei den 6.000 Verkehrsunfällen pro Tag in Deutschland in die Luft? Welche Auswirkung wird dies auf die Versicherungsprämien haben, wenn ein an sich harmloser Blechschaden ein ganzes Stadtviertel in Schutt und Asche legen kann? Auch an die Wartung der Tanks, Tanksäulen und Kraftstoffleitungen werden Ansprüche gestellt, die mit einem Benzin- oder Dieselmotorsys-

tem, das weitestgehend drucklos funktioniert, nicht im Geringsten vergleichbar ist. Auch sind Benzin und Diesel zwar brennbar, bilden aber mit Luft kein annähernd so hochexplosives Gemisch wie Wasserstoff. Kurzum: die ganze Idee ist gefährlicher Unfug.

Wasserstoff ist eine Nischentechnologie, die in ganz speziellen Anwendungsgebieten durchaus ihre Berechtigung haben kann. Eine Lösung für die Breite kann Wasserstoff nicht sein und wird es auch nicht werden. Dennoch verbeißt sich die Ampel in diese Ideologie wie ein tollwütiger Pitbull auf Koks. (Apropos Koks: Ich wäre übrigens für wöchentliche Drogentests im Bundestag, das könnte vermutlich Einiges erklären.) Es gibt auch offensichtlich keine Opposition, die mittels der Medien die überforderten Bürger auf den Regierungswahnsinn hinweisen könnte. Die Oppositionsparteien, die medienwirksam wären, sind selbst machtgeile, rückgratlose Dilettanten. Und die einzige Oppositionspartei, die warnt und mahnt, wird von den Medien dämonisiert und totgeschwiegen. Der Bürger wird im Dunkeln gelassen. Der Kanzler sagt zur Presse: „Halt du sie dumm, ich halt sie arm“. Klima-Kanzler, Klima-Vizekanzler, Klima-Außenministerin, Umweltministerin und andere klimabewegte Ampel-Häuptlinge reisen mit großen Worten und noch größeren Geldkoffern durch die Welt, um Norweger, Australier und vor allem Afrikaner davon zu überzeugen, dass sie den Wasserstoff, den die tugendhaften grünen Musterschüler so nötig brauchen, in ihren Ländern für die Deutschen

produzieren müssen. Die deutsche Regierung hat sich offenbar vorgenommen, eine ganze Industrie in Afrika und ein dazugehöriges weltumspannendes Transportsystem nach Deutschland aus dem Wüstensand zu stampfen.

Bezeichnenderweise sind die Deutschen hier weltweit im Alleingang unterwegs. Kein anderes Land auf dem Planeten denkt auch nur im Traum daran, einen derartigen Quatsch auch nur eine Sekunde lang überhaupt in Erwägung zu ziehen. Doch Deutschland weiß es wie immer besser. Wir besiegen die Physik, wir müssen nur fest genug daran glauben. Was das kostet? Robert Habeck nichts. Sie, liebe Leser, kostet es vermutlich ihren Wohlstand. Egal, ist ja nur Geld. Sicher kommt bald der „Wasserstoff-Hochlauf-Dreifach-Wumms im Deutschlandtempo“. Dann muss die Ampel nur noch die Ärmel hochkrepeln und am Verfassungsgericht vorbei ein weiteres, illegales Wasserstoff-Hochlauf-„Sondervermögen“ in Höhe von ein paar Phantastilliarden aufgleisen, damit diese nachhaltige Zukunftsvision auch von den nächsten 10 Generationen finanziert werden muss. Die ganze Sache wird unfassbar teuer. Jeder wird es zu spüren bekommen. Sie, liebe Leser, werden für diese Visionen fürchterlich zur Kasse gebeten werden, machen Sie sich darüber keine Illusionen. Und Ihre Kinder werden es entsetzlich schwer haben, finanziell jemals auf einen grünen Zweig zu kommen. Aber vielleicht ist ja gerade das gewünscht?