

Zwanzig Wasserstoffmythen

Amory Lovins, Chef des Rocky Mountain Instituts, Col., USA veröffentlichte 2003 "Twenty Hydrogen Myths", die Anfang 2004 erschienen sind. In dieser Folgeveröffentlichung werden die Mythen an der Wirklichkeit von 2012 gespiegelt. Hier die Kommentare zu den ersten neun Mythen aus heutiger Sicht.

Mythos 1: „Es würde erforderlich werden, eine komplette Wasserstoffindustrie gleichsam vom Reißbrett ab zu entwickeln.“

Die Wirklichkeit sieht so aus: Ca. 50 Millionen Tonnen Wasserstoff werden jährlich weltweit produziert, zumeist durch Erdgas-Reformierung, sehr viel weniger durch Kohlevergasung oder elektrolytische Wasserzerlegung, letztere nur in „Nachtälern“ und bevorzugt an großen Wasserkraftwerken. Ganze Industriezweige gäbe es nicht ohne Wasserstoff – die Raffinerien für die Herstellung leichter Destillate und zur Entschwefelung von Diesel, die Ammoniaksynthese, die Methanolherstellung, die Raumfahrt, alle stellen sogenannten „captiven“ Wasserstoff selbst her und nutzen ihn gleich wieder vor Ort, ohne dass er in den Handel kommt. Die Technische-Gase-Industrie ist erfahren im Betrieb aller wesentlichen Technologien der Wasserstoffkette – der Reformierung von Erdgas, der Elektrolyse, der Kompression, der Verflüssigung, des Transports gasförmig und verflüssigt, der Speicherung ober- und unterirdisch, schließlich der Nutzung etwa in der Elektronikindustrie, der Lebensmittelwirtschaft, der chemischen Industrie, der Medizin. Nur in der Energiewirtschaft hat Wasserstoff bisher allenfalls den Anfang gemacht, wenn auch die seit 200 Jahren im Gange befindliche Entmaterialisierung und Entkarbonisierung von Energie auf dem Weg von Kohle zu Öl zu Erdgas und innerhalb weiterer 50 bis 100 Jahren zu Wasserstoff deutlich auf den prospektiv zwangsläufigen Weg zu Wasserstoff hinweisen: Auch in der Energiewirtschaft führt letztlich kein Weg an Wasserstoff vorbei, die atomaren Wasserstoff zu Kohlenstoff Verhältnisse verhalten sich für Kohle zu Öl zu Erdgas, letztlich zu Wasserstoff wie $< 1 : 2 : 4 : \text{unendlich}$.

Mythos 2: „Wasserstoff ist zu gefährlich, explosiv und volatil für den allgemeinen Gebrauch als Kraftstoff.“

Jede Energie hat ihre spezifischen Sicherheitsrisiken, so auch Wasserstoff. Er hat eine spezifische Neigung zu Sauerstoff. Wasserstoff/Sauerstoff-Reaktionen bedürfen nur kleinster Zündquellen zur Reaktion. Wasserstoff ist das kleinste Element im Periodensystem der Elemente. Seine Diffusivität in Luft ist sehr hoch, Leckagen und Sauerstoffreaktionen neigen zu raschem Entweichen vertikal nach oben. Dem Wasserstoff-Containment kommt in allen Wasserstoffanlagen sehr große Bedeutung zu. Aber, Wasserstoff im Vergleich zu anderen Energieträgern hat auch große Vorteile. Da Kohlenstoff fehlt, sind operative Beiträge zum Klimawandel Null; und Radioaktivität und Radiotoxizitäten kommen nicht vor. Folglich sind auch langzeitige Schäden Null, wie sie potentiell in der Kernenergiewirtschaft nicht auszuschließen sind.

Mythos 3: „Die Produktion von Wasserstoff verbraucht mehr Energie als er liefert, folglich ist er prohibitiv ineffizient.“

Wie elektrischer Strom ist Wasserstoff Sekundärenergie. Sie bedarf der Primärenergie, um hergestellt zu werden. Und gleichfalls wie elektrischer Strom kann Wasserstoff aus jeder beliebigen Primärenergie hergestellt werden. Von Kohle über Erdgas und Kernenergie bis hin zu Biomasse, Solarenergie, Wasserkraft und Wind. Beide Sekundärenergien sind operativ Umwelt- und Klima-ökologisch sauber. Beide sind bemerkenswert effizient elektro-

chemisch ineinander umwandelbar, Strom in Wasserstoff in der Elektrolyse, Wasserstoff in Strom in der Brennstoffzelle. Selbstverständlich sind die jeweiligen Energiewandlungsketten – von Strom oder Wasserstoff – verlustbehaftet. Jeder Übergang von einem Kettenglied zum nächsten verursacht Verluste. Im Bemühen um hohe Wirkungsgrade geht es also immer um die kürzeste Kette geringster Zahl an Kettengliedern. Die Kette des erneuerbaren Wasserstoffs hat ein (potentiell verlustbehaftetes) Kettenglied weniger als alle anderen Verfahren. Ihr fehlt der operative Primärenergierohstoff, die Kette beginnt mit der Primärenergie. Die Beiträge der einzelnen Kettenübergänge zur Ketteneffizienz sind sehr unterschiedlich. In der Regel sind die Effizienzen der Kettenanfänge mäßig, diejenigen etwa des Automobils mit Verbrennungsmotor am Ende der Kette sehr mäßig. Der bevorstehende Elektroantrieb jedoch, ob mit Batterien oder Brennstoffzellen, verspricht hohe Effizienzen, die kompensierend wirken und die Effizienz der kompletten Kette anheben.

Mythos 4: „Die Anlieferung von Wasserstoff bei den Nutzern verbraucht den Großteil seines Energieinhalts.“

Zunächst: Wasserstoff wird derzeit überwiegend zentral produziert, wird aber selbstverständlich auch dezentral produziert werden - in kleinen Einheiten von Erdgasreformern, solarem Strom von Dächern und freien Feldern, Strom von Windrädern oder Biomasseanlagen. Dann entfällt die großtechnische Speicherung und der Transport über lange Strecken, da der Wasserstoff von dezentralen Nutzern unmittelbar aufgenommen wird. Etwa von Brennstoffzellen an Bord von Automobilen oder Brennstoffzellen in der stationären Hausenergieversorgung. Auch im Fall der Nutzung der Überlandleitungen für die Elektrolyse oder der Erdgaspipelines für Reformer bedarf es einer eigenen Wasserstoffpipeline nicht. Im Gegenteil, die Teilhabe der dezentralen Wasserstoffproduktion in kleinen Reformereinheiten oder kleinen Elektrolyseuren zieht Gewinn aus den erprobten, verlässlichen, flächendeckenden Versorgungsnetzen für Strom und Gas.

Nun zu den meist großen zentral organisierten Elektrolyseanlagen, in der Regel in Schwachlastzeiten von Kernenergiestrom betrieben, und den großen Reformern und Kohlevergasungsanlagen. Sie bedürfen der Wasserstoffspeicherung, in großen Mengen etwa komprimiert in ausgelaugten Salzdomen, und der Wasserstoff-Überlandverteilung zu den Nutzern. Diese kann für gasförmigen Wasserstoff (GH_2) in einer ersten Phase durchaus in den erprobten Erdgasnetzen geschehen (vgl. Mythos 5). Diese können ohne wesentlichen Umbau 10 bis 15 % Wasserstoff aufnehmen. Die Ausspeisung geschieht mithilfe von Membranen oder durch Ausfrieren. Für flüssigen Wasserstoff (LH_2) sind weltweit einige Pipelines in Betrieb, etwa an Raumfahrtzentren. Darüber hinaus sind hier und da die LH_2 -Tanklastwagen auf den Straßen zu sehen. Gasförmigen Hochdruck-Wasserstoff in Stahlflaschen auf der Straße zu transportieren ist in der Tat nicht sehr lukrativ, denn bei der mäßigen Wasserstoffdichte wird eher Stahl des Lastwagens denn Energie des Wasserstoffs transportiert. Hier bietet Dezentralität der Produktion die Lösung.

Mythos 5: „Es ist unmöglich, Wasserstoff im bestehenden (Erdgas-)Pipelinesystem zu transportieren, folglich ist ein komplett neues zu installieren.“

Unter www.NaturalHY.net wird von einer Experimentalstudie der EU berichtet, die das Ziel hatte zu untersuchen, ob, und wenn ja, wie viel Wasserstoff auf den in Betrieb befindlichen Erdgaspipelines transportiert werden kann. Das Ergebnis: Circa 10 bis 15 % Wasserstoff (vol.) können ohne wesentliche technische Modifikationen mitgeführt werden. Die Wasserstoffzufuhr ist problemlos. Das Ausscheiden des Wasserstoffs geschieht über Membranen, die Wasserstoff durchlässig sind. Höhere Prozentsätze an Wasserstoff verlangen andere Stähle für die Pipeline, um der Wasserstoff-Versprödung zu begegnen.

Oder die Rohre erhalten eine innere Wasserstoff-dichte Auskleidung aus einer karbonhaltigen Schicht. Da bei gleichem Energiedurchsatz Wasserstoff den wesentlich höheren Druck voraussetzt als den üblichen Druck in der Erdgasleitung, müsste außen eine faserverstärkte Manschette aufgebracht werden.

Mythos 6: „Wir verfügen über keine Technologie, Autos mit gasförmigem Wasserstoff zu betreiben, folglich bleibt es bei flüssigem Kraftstoff.“

und

Mythos 7: „Wir verfügen über kein sicheres erschwingliches Verfahren, Wasserstoff an Bord von Automobilen zu speichern.“

Reichweiten-adäquate (circa 400 Kilometer) bordeigene Wasserstoffspeicherung für den Betrieb von Brennstoffzellenfahrzeugen geschieht derzeit gasförmig in karbonfaserverstärkten Tanks bei 700 bar, flüssig bei 20 Grad Kelvin in cryogenen Tanks. In beiden Fällen liegt die Tankzeit bei wenigen Minuten, vergleichbar mit der gewohnten. Die Fahrzeuge sind leise, leicht, ungemein anzugsstark, speisen Bremsenergie zurück in eine vergleichsweise kleine (Hilfs-)Batterie und, vielleicht das wichtigste Charakteristikum, sie sind operativ umwelt- und klimaökologisch sauber.

Eine reizvolle Idee, die gleichwohl ökonomisch noch verifiziert werden muss, ist, Brennstoffzellen-Automobile während ihrer Stehzeit (statistische Stehzeit zu Fahrzeit 23:1!) in der häuslichen Garage oder auf dem Parkplatz des Arbeitgebers stationär Strom erzeugen zu lassen (das "Kraftwerk auf Rädern"), der ins Netz eingespeist wird.

Eine Hürde, die von den Brennstoffzellenantrieben erst mit der Auflage marktgerechter Stückzahlen genommen werden wird, ist der spezifische Preis von Verbrennungsmotoren, der nach einem Jahrhundert Entwicklung bei wenigen zig Euro/kW liegt. Die spezifische Leistung eines Verbrennungsmotors liegt bei mehreren zig (bis zu 100 und mehr) kW/Liter Volumen, die von der Brennstoffzelle mit wenigen kW/Liter wohl nie erreicht werden wird. Auch nicht erreicht werden muss, da die Brennstoffzelle einen um die Faktoren 2 bis 3 höheren Wirkungsgrad hat. Das Volumen des Brennstoffzellen-Antriebsstrangs unterscheidet sich kaum von demjenigen der Antriebsstränge von Verbrennungsmotoren. Nur die Wasserstofftanks beanspruchen ein wesentlich größeres Volumen als die bekannten Benzin- oder Dieseltanks.

Ein Wort zu Methanol (CH_3OH): Es ist wasserstoffreich und bei Raumtemperatur flüssig. Es verbrennt mit (Luft-)Sauerstoff zu Kohlendioxid und Wasser. Aber es ist toxisch. Ökonomisch macht es wenig Sinn, Methanol aus (vornehmlich) Erdgas herzustellen, es an den Ort der Reformierung zu transportieren, wo es wieder (etwa auch instationär an Bord) zu Wasserstoff reformiert wird. Die unmittelbare Reformierung von Erdgas zu Wasserstoff, das in den Industrieländern nahezu flächendeckend verfügbar ist, ergibt sehr viel mehr Sinn.

Mythos 8: „Die Verdichtung von Wasserstoff für Autotanks erfordert zu viel Energie.“

Das Volumen des gesamten Brennstoffzellenantriebsstrangs – Brennstoffzelle, Wasserstofftank(s), Batterie, E-Maschine und Hilfsaggregate – ist nur dann mit dem vom Benzinauto gewohnten vergleichbar (oder kleiner), wenn die Tanks auf 700 bar gebracht werden. Eine Druckreduzierung auf den Druck der Brennstoffzelle (0,4 bis 2 bis 3 bar) ist nötig. Sinnvollerweise erfolgt dies nicht schlicht durch ein Reduzierventil, sondern durch einen Mini-Expander, der einen elektrischen Generator antreibt und die Batterie speist. Die Kompressionskosten werden vermindert durch moderne Hochdruck-Elektrolyseure (konventionell 30 bar, Hochdruck bis zu 200 bar). Kompressionsenergie geht logarith-

misch: der Anstieg von 10 auf 100 bar braucht nur unverhältnismäßig mehr Energie als der Anstieg von 1 auf 10 bar.

Mythos 9: „Wasserstoff ist zu teuer, um mit fossilen Kraftstoffen zu konkurrieren.“

Das beste Kohlekraftwerk der Welt wird derzeit mit 50 % elektrischem Wirkungsgrad betrieben. Gaskraftwerke liegen bei 40 %, Kombianlagen aus Gasturbinen und Dampfturbinen erreichen 60 %. Würde Kohle nicht verbrannt, sondern zu Syngas, bestehend aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff, vergast, die Wasserstoffausbeute durch eine Shift-Reaktion von CO zu CO₂ weiter erhöht, schließlich der Wasserstoff zum Betrieb der Niedertemperaturbrennstoffzellen verwendet, entstünden simultan zwei Vorteile. Die Gesamtausbeute des Kohlekraftwerks stiege über die vorgenannten 50 % hinaus. Sie würde weiter zunehmen, wenn es eines Tages große Hochtemperaturbrennstoffzellen gäbe, die in einer Dreifach-Kombianlage den elektrischen Wirkungsgrad weiter erhöhten. Und zum zweiten, der Kraftstoff für die stationären oder mobilen Brennstoffzellen erhielte eine verlässliche Lieferquelle bis zu dem Zeitpunkt, da die erneuerbaren Energien in der Lage wären, eben diese verlässliche Lieferung von jetzt erneuerbarem elektrolytischem Wasserstoff zu gewährleisten. Bleiben wir bei Wasserstoff aus der Kohlevergasung: Die Technologie der Kraftwerke ist beherrscht, die Vergasung ist eine alte, wenn auch bisher selten angewendete Technologie. In beiden Fällen ist das Kostengefüge überschaubar und auf der Grundlage von harter Konkurrenz nicht sprunghaft veränderbar. Das käme auch dem Wasserstoff zugute. Anders die Öl-basierten Kraftstoffe Benzin und Diesel: Rohölpreise unterliegen häufiger Volatilität, die Generaltendenz zeigt klar in Richtung auf immer höhere Preise. In den USA (nicht zu sprechen von Europa mit seinen sehr viel höheren Kraftstoffpreisen) wurden in letzter Zeit gelegentlich Benzinpreise an den Tanksäulen von \$ 4 per gallon ausgeschrieben, d.i. 1,06 \$/Liter, 0,82 Euro/Liter (1 gallon = 3,785 Liter; Euro/\$ = 1,3). Da 1 Gallone Benzin energetisch etwa 1 Kilogramm Wasserstoff entspricht, ergäbe sich eine Preisentsprechung von 4 \$/kg Wasserstoff = 3,08 Euro/kg H₂. Bei einem Tankinhalt von 4 Kilogramm müsste für gut 12 Euro getankt werden. Als Folge des circa 2 bis 3-fach höheren Wirkungsgrad der Brennstoffzelle gegenüber dem Verbrennungsmotor entspräche dies einer Reichweite von gut 400 km.

Mythos 10: „Das ganze Land müsste mit dem Wasserstoffenergiesystem überzogen werden, mit Produktionsanlagen sowie der Infrastruktur für die Verteilung, bevor das erste Wasserstoffauto verkauft werden könnte. Das aber ist bei weitem zu teuer, wahrscheinlich würden Hunderte von Milliarden Dollar benötigt.“

und

Mythos 11: „Die Die Produktion von ausreichend viel Wasserstoff für den Betrieb auch nur einer Flotte von Wasserstoffautos ist eine gigantische und teure Herausforderung.“

Große nationale Infrastruktur-Projekte geschehen nie in Sprungfunktion. Vielmehr werden sie schrittweise über längere Zeiträume entwickelt, so auch die bevorstehende Wasserstoffenergiewirtschaft. Unter Mythos 1 wurde bereits beschrieben, dass die Wasserstoffenergiewirtschaft zu großen Teilen auf erprobte Techniken aufbauen kann. Die Wasserstofftechnologieketten sind gut bestückt, nur im Nutzerbereich ist Nachholbedarf. Bei der Installation von dezentralen Reformern und Elektrolyseuren, bei lokalen Speichern, bei Wasserstofftankstellen, schließlich den ersten Flotten von Brennstoffzellenfahrzeugen und den ersten Losen von stationären Brennstoffzellen zur Hausenergieversorgung. Der Kraftstoff Wasserstoff ist in einer Anfangsphase reichlich vorhanden, zumal bisher gar Mengen Wasserstoff abgefackelt wurden, weil der Markt fehlte. 2012 sind

die ersten 200 Wasserstofftankstellen in Betrieb, circa 1000 Brennstoffzellendemonstrationsautos fahren auf den Straßen weltweit. Wie jeder Markt wird auch die Wasserstoff-Brennstoffzellen-Marktentwicklung S-förmig verlaufen: Noch befindet sich der Markt auf der leicht ansteigenden Grundlinie des S. Dann wird ein Punkt erreicht werden, an dem die Entwicklung selbstläufig wird, bis – nach Jahrzehnten bis zu halben Jahrhunderten – die Erstsättigung erreicht ist und das S asymptotisch ausläuft.

Die Marktauftritte werden nicht mit den verbreiteten Pkws beginnen, sondern mit Bussen, Lieferwagen oder vielleicht Taxen. Mit solchen Fahrzeugen also, die täglich an einen bestimmten Punkt zurückkehren. Hier werden sie gewartet, betankt und für die morgige Mission vorbereitet. Zudem sind sie in der Regel in der Hand von Fachkundigen, die im Umgang mit Wasserstoff und Brennstoffzellenfahrzeugen geschult sind, bei denen also die Sache in guten Händen ist. Mit diesem Erfahrungsgewinn wird die Vermarktung von Individualfahrzeugen erleichtert werden.

Noch ist nicht ausgemacht, ob nicht auch die Luftfahrt zu den ersten Anwendern von Wasserstoff und Brennstoffzellen gehören wird. Sie ist nun wirklich in der Hand von Profis und leidet unter kontinuierlicher Erhöhung des Kerosinpreises und der Aufforderung, schneller Klima-ökologischen Bedingungen gerecht zu werden. In den üblichen interkontinentalen Flughöhen oberhalb der Tropopause ist das Flugzeug der einzige Verschmutzer. Der Transfer zu Wasserstoff und Brennstoffzellen wird nicht mit den Haupttriebwerken beginnen, vielmehr etwa mit dem Ersatz der Auxiliary-Power-Units durch Brennstoffzellen-Stromversorgung an der Rampe oder mit dem elektromotorischen Bugradantrieb, wieder versorgt über eine bordeigene Brennstoffzelle.

Mythos 12: „Da die erneuerbaren Energien derzeit noch zu teuer sind, müsste Wasserstoff aus fossilen Energien oder Kernenergie hergestellt werden.“

Die Entwicklung der erneuerbaren Energien hat unterschiedliche Wege genommen mit jeweils unterschiedlichen Ergebnissen. Wasserkraft ist voll etabliert und in Europa nur mehr bedingt ausbaubar. Biomasseanlagen zur Wärme- und Stromversorgung sowie zur Ethanol-, Biodiesel- und Wasserstoffproduktion haben einen bemerkenswerten Aufschwung genommen. Obgleich bisher nicht letztlich verstanden ist, dass die Biomassekonversion mit einem nur sehr kleinen solaren Wirkungsgrad um 1 Prozent rechnen kann. Außerdem hat sie einen unverhältnismäßig hohen Flächenbedarf, der etwa durch Wind oder Photovoltaik wesentlich besser genutzt werden kann. Wind und Photovoltaik befinden sich in einem zügigen Ausbau, besonders unter der Prämisse der Energiewende in Deutschland. Der Ersatz von 22 Prozent Kernenergiestrom wird erreicht werden, wenn auch große Zweifel bestehen, dass dies bis 2022 erreicht werden wird. Solarthermische Kraftwerke mit zusammen circa 1000 Megawatt werden in den USA und in Spanien betrieben. Planungen für Marokko und andere nordafrikanische Staaten sind im Gange. Der Trend zu erneuerbaren Energien ist ungebrochen, seine Mächtigkeit nimmt zu. Selbst der Weltenergieericht hat sich nach jahrzehntelangem Zögern auf seiner Zusammenkunft 2011 in Rio de Janeiro mit den erneuerbaren Energien identifiziert. Es wird deutlich, dass Wirtschaftszweige, welche die Techniken der erneuerbaren Energien beherrschen, im globalen Energiemarkt die Nase vorn haben werden.

Mit Ausnahme der Biomasseanlagen liefern alle anderen Anlagen erneuerbarer Energien „nur“ Strom, der dann gespeichert und transportiert werden muss, um die Abnahmeprofile und die Lieferprofile zu harmonisieren. Hier steht elektrolytischer Wasserstoff bereit. Dieser sollte dann sinnvollerweise nicht wieder verstromt, sondern im Transport und Verkehr eingesetzt werden! Bei allen Vorzügen erneuerbaren Wasserstoffs wird seine Herstellung aus fossilen Energien (vgl. Mythos 9) sowie aus Kernenergiestrom nicht ausgeschlossen, letzteres unter der Voraussetzung gesellschaftlicher Akzeptanz.

Wenn der Strom aus erneuerbaren Energien zu Teilen noch teurer ist als der aus fossilen

Energien und aus der Kernenergie, so ist das durchaus verständlich, weil marktgerechte Stückzahlen noch nicht erreicht sind und das Entwicklungspotenzial nach wie vor groß ist. Der bisherige beeindruckende Preisabfall bei der Photovoltaik gibt einen Hinweis auf weiteres Potential.

Mythos 13: „Befasste Industrien wie die Öl- oder die Automobilindustrie bekämpfen derzeit Wasserstoff als eine wettbewerbliche Bedrohung. Folglich sind ihre Wasserstoffbemühungen schiere Augenwischerei.“

Es schien zeitweilig so, dass den angestammten Industrien die bevorstehende Wasserstoffenergiewirtschaft durchaus nicht gelegen kam. Man konnte drei Phasen unterscheiden:

Die erste Phase war in der Industrie durch allgemeines Unverständnis gekennzeichnet. Die Argumentation zugunsten von Wasserstoff und seiner Technologien schien allzu sehr von dem Bild abzuweichen, das man über Jahrzehnte von der fossilen und nuklearen Welt gewohnt war. In der zweiten Phase kam Widerstand auf. Er wuchs zuweilen über das Maß der nüchternen Argumentation hinaus, war ja aber wohl bereits das bedauernde stillschweigende Eingeständnis, nicht selbst zu den Proponenten der aufkommenden Wasserstoffenergiewirtschaft zu gehören. Die letzte Phase, die derzeit in vollem Gange ist, sieht die klare Identifikation mit Wasserstoff. So in der Automobilindustrie, die Brennstoffzellendemonstrationsautos nahezu aller Fabrikate auf die Straße brachte; in der Technischen Gase Industrie, die längst die Elektrolyseure, die Verflüssiger, die Reformer, die Wasserstofftankstellen samt aller Infrastruktur liefert und nicht zuletzt bei Herstellern von Zentralheizungen, welche Brennstoffzellenheizgeräte in ersten marktfähigen Losen testet.

Nur Big Oil scheint die Zeichen der Zeit noch nicht erkannt zu haben. Und der Weltenergieerwartung steht Wasserstoff und seinen Technologien nach wie vor abwartend gegenüber: Aber nur Geduld, er hat Jahrzehnte gebraucht, um sich als Nachzügler mit den erneuerbaren Energien zu identifizieren, auch auf den Wasserstoffzug wird er irgendwann aufspringen. Schön wäre, wenn er von vornherein mittäte, seine große Macht und Bedeutung täten dem zügigen Übergang auf die Wasserstoffenergiewirtschaft gut – aber so ist halt die Welt der Energie.

Mythos 14: „Eine großtechnische Wasserstoff-Energiewirtschaft würde das Klima der Erde schädigen, die Wassersystem und die atmosphärische Chemie.“

Wasserstoff kommt in der Natur nicht vor, weder atomar (H), noch molekular (H₂), kann also keinen schädigenden Einfluss ausüben. Wasserstoff muss aus wasserstoffhaltigen Verbindungen hergestellt werden, aus Wasser (H₂O), aus Erdgas (Methan CH₄) oder anderen wasserstoffreichen Verbindungen. Alle Herstellungsverfahren haben Energiebedarf, der dann zum anthropogenen Klimawandel beiträgt, wenn fossile Energien im Spiel sind. Beispiele sind Wasserstoff aus der Erdgasreformierung oder Kohlevergasung oder elektrolytischer Wasserstoff, der Strom aus fossilen Kraftwerken nutzt. Nur erneuerbarer Wasserstoff ist frei von jeglichem Einfluss auf den Klimawandel.

Wird Wasserstoff mit (Luft-)Sauerstoff rekombiniert, entsteht Wasser(-dampf). Auch er trägt zum Klimawandel nicht bei, solange er sich in der unteren Atmosphäre aufhält und dort auf die natürliche Wasserdampfhaltigkeit trifft, deren Mächtigkeit um zwei bis drei Zehnerpotenzen größer ist. Nur oberhalb der Tropopause, wo die interkontinentalen Flüge stattfinden, ist Wasserdampf aus den Schubdüsen der Triebwerke klimarelevant. Die Idee ist nicht von der Hand zu weisen, dass aus Gründen der Treibhausgasminimierung der interkontinentale Flugverkehr unterhalb der Tropopause abgewickelt werden muss. Hier allerdings ist der aerodynamische Reibungswiderstand an der Außenhaut des

Flugzeugs größer, der durch vielfältige Technologien des Wasserstoffflugzeugs kompensiert werden muss. Zum Beispiel durch Außenhautkühlung mittels LH₂-Verdampfung, verlustminimale Operations- und Konfigurationsänderung, die Nutzen aus der Gewichtsverminderung des Kraftstoffs zieht, u.a.m. Vom Einfluss des Wasserstoffs auf das irdische Wassersystem ist nichts bekannt geworden.

Mythos 15: „Es gibt attraktivere Wege zu nachhaltiger Mobilität als sich auf Wasserstoff einzulassen.“

Vorübergehend ist „das Gute der Feind des Besseren“. Die Entwicklungspotentiale zu Nachhaltigkeit in Transport und Verkehr sind durchaus nicht Null. Zwei Tendenzen der Entwicklung sind in vollem Gange. Erstens die Reduktion des Fahrzeuggewichts durch neue Konfigurationen und den Einsatz von Materialien mit geringerem spezifischen Gewichts bei höherer Festigkeit und Steifigkeit wie Aluminium, Magnesium, Kohlenstofffaser verstärktem Kunststoff u. a. Zweitens die Anhebung des thermodynamischen Wirkungsgrads des Verbrennungsmotors und der Übergang zu Hybridantrieben in der Kombination von Verbrennungsmotor und Elektromaschine. ExxonMobil prognostiziert für 2040 allein in Deutschland 12 Millionen (von 42 Millionen) alternative Antriebe, davon die überwiegende Mehrzahl Plug-in-Hybride und Elektrofahrzeuge mit Range Extender. Die Pkw-CO₂-Emissionen sanken von 89 auf 36 Millionen Tonnen pro Jahr. In ersten sehr kleinen Losen kommen die Batterie-gestützten Elektrofahrzeuge hinzu. Deren Marktauftritt ist allerdings sehr schleppend, so dass erwartet wird, dass sie über ein Nischendasein nicht hinauskommen (Drittfahrzeug für städtische Kurzstrecken). Hier ist die Hürde des extrem hohen Preises der Lithium-Ionen Batterien und ihre begrenzten Standzeiten nach wie vor nicht genommen. Gleichwohl, alle verschiedenen Varianten von Elektrofahrzeugen haben eine Summe von Elektro- und Elektronik-Kommunitäten, die auch den künftigen Brennstoffzellen-Fahrzeugen zugute kommen werden.

Mythos 16: „Da die Generationenwechsel der US-Automobilflotte nur alle 14 Jahre stattfindet, kann nur wenig getan werden, um Technologiewechsel in kürzen Zeiträumen zu erreichen.“

In der Tat, Generationswechsel von Dekade zu Dekade werden nicht verlassen werden. Die Entwicklung einer neuen Generation von Fahrzeugen kostet gut eine Dekade und Milliarden. Der Markt honoriert die jeweils neue Generation, gleich ob mit Kohlenwasserstoffen oder Wasserstoff betrieben, welche den Anforderungen an Verbrauch, an Treibhausgasminimum, an Bezahlbarkeit und Tüchtigkeit in Transport und Verkehr gerecht wird. Die Generation der Wasserstofffahrzeuge wird ihren Marktanteil finden, wenn die Forderungen nach minimalem Kraftstoffverbrauch und Treibhausgasminimum so hoch geworden sind, dass sie von den traditionellen Fahrzeugen nicht mehr erreicht werden können. Wird der unaufhörliche Preisanstieg bei fossilen Kraftstoffen gesehen, scheint dieser Zeitpunkt nicht mehr weit.

Mythos 17: „Ein vernünftiger Transit zu Wasserstoff würde 30 bis 50 Jahre oder länger dauern.“

Dem ist zuzustimmen. Wann je wäre der Übergang einer jeweils neuen Energieform in der inzwischen gut zweihundert-jährigen Folge von Übergängen von den erneuerbaren Energien der ersten Zivilisation über Kohle zu Öl zu Erdgas und nun zu den erneuerbaren Energien der zweiten Zivilisation und Wasserstoff schneller gewesen?! Im Gegenteil, „gut Ding' will Weile haben“. Nichts wäre schädlicher für den Wasserstoff und seine Technologien als ein Hype, den es bei anderen Energietechnologien immer wieder gab – mit schlimmen Folgen. Dabei ist der regelmäßig eintretende wirtschaftliche Einbruch noch

nicht der schlimmste. Viel schlimmer ist der Verlust an Vertrauen im Markt, das erst durch mühselige Überzeugungsarbeit wiederhergestellt werden muss. Die derzeit zu beobachtende nahezu überbordende Reklamearbeit zugunsten der Batteriefahrzeuge macht misstrauisch. Klare technische Überlegenheit und angemessene Preise wären soviel überzeugender!

Mythos 18: „Der Wasserstofftransit verlangt ein großes (die Rede ist von 300 bis 500 Milliarden) Crash-Program der Bundesregierung, etwa von der Größenordnung des Apollo-oder Manhattan-Programms.“

sowie

Mythos 19: „Ein Crash-Program ist der einzige realistische Weg zum Wasserstoff, um Öl zu verlassen.“

Dass ein großes Programm nötig ist, um die Wasserstoffenergiewirtschaft marktfähig zu machen, steht außer Frage. Dass das Programm, etwa wie die Apollo- oder Manhattan-Programme, die Identifikation aller Beteiligten der Gesellschaft erfordert – der Politik, der Energiewirtschaft, der Energiewissenschaft – ist gleichfalls unbestritten. Offen sind sehr wohl die finanziellen Lasten, welche die Politik und die Wirtschaft übernehmen müssen. Hier sind unterschiedliche Ansätze zu erwarten in Gesellschaften, welche eher dem staatswirtschaftlichen Gedanken folgen oder welche auf Privatwirtschaft setzen. Mischformen sind überall zu finden.

„... um das Öl zu verlassen“: Dieser Vorgang wird sich über viele Jahrzehnte hinziehen, noch wird das meiste Öl unter natürlichem Druck gefördert. Nächste Generationen werden Öl unter Wasserdampfdruck oder CO₂-Injektion oder der Nutzung von Tensiden fördern, die höhere Ausbeute unter widrigeren Bedingungen versprechen. Nicht ausgeschlossen ist nach wie vor, dass neue Vorkommen erschlossen werden, wenn auch erwartungsgemäß geringerer Mächtigkeit. Hinzukommen Kohlenwasserstoffe aus Ölsänden oder Ölschiefer. Alle künftigen Projekte werden die Ölverfügbarkeit strecken, immer jedoch zu höheren Preisen. Das ist der aufkommenden Wasserstoffenergiewirtschaft nur willkommen.

Ein Gedanke kommt in der bisherigen Auseinandersetzung zu kurz: Die Mineralölwirtschaft hat sich über ein gutes Jahrhundert zu einem weltweit mächtigen und kundigen Baustein im Energiemosaik entwickelt, der nicht „verlassen“ werden wird, nicht verlassen werden sollte, zum Zeitpunkt, da die Wasserstoffenergiewirtschaft sich anschickt, ihrerseits zu einem mächtigen und kundigen Baustein zu werden. Öl (wie selbstverständlich auch Kohle und Erdgas, letzteres vielleicht sogar prioritär) zu entkarbonisieren und damit zu entmaterialisieren, kann der Wasserstoffenergiewirtschaft nur nützen. Das Problem ist hier der großtechnisch und gesellschaftlich ungelöste Verbleib des Treibhausgases CO₂.

Mythos 20: „Das Wasserstoffprogramm der Bush-Regierung ist schlicht eine Vernebelung, um die Einführung von Hybridfahrzeugen und anderer verfügbarer Technologien zu behindern, und es verumumt Kernenergie und fossile Energien in ‚Grün‘.“

Ohne Kommentar

Zusammenfassung

Die "Twenty Hydrogen Myths" wurden vor 2003 geäußert und aufgeschrieben. Inzwischen sind nahezu 10 Jahre vergangen. Aus dem Vergleich mit den Spiegelungen der Mythen an den Entwicklungen dieser 10 Jahre können zwei Lehren gezogen werden. Zum einen sind die geäußerten „mythischen“ Vorstellungen, häufig laienhaft vorgebracht, gar

nicht soweit von der Wirklichkeit der technischen Wasserstofftechnologie Entwicklung entfernt. Und zum zweiten zeigt sich das genaue Gegenteil: der Stand der Entwicklung hat die laienhaften Vorstellungen längst ad absurdum geführt. Der nicht-energetische, seit geraumer Zeit etablierte Markt für Wasserstoff und seine Technologien ist eine exzellente Voraussetzung für den Aufbau der Wasserstoffenergiewirtschaft. Jetzt kommt es vor allem Anderen auf die Brennstoffzelle an, der Kerntechnologie der Wasserstoff-Fahrzeuge und der sauberen, effizienten Hausenergieversorgung. Beide zusammen machen circa zwei Drittel des Sekundärenergiemarktes allein in Deutschland aus.

Es bleibt bei dem letztlichen Ziel des erneuerbaren Wasserstoffs – des Wasserstoffs aus Sonne, Wind, Biomasse und Wasserkraft. Bis es soweit ist, werden noch Jahrzehnte ins Land gehen. Um die mit Hochdruck weiter entwickelte Brennstoffzelle nicht ohne Wasserstoff dastehen zu lassen, spricht nichts dagegen, Wasserstoff im Übergang nach wie vor aus Erdgas zu reformieren oder aus der Kohlevergasung oder der Elektrolyse bereitzustellen.