

Über Wasserstoff und Kohle¹

Von
Carl-Jochen Winter, Überlingen²

Einführung

Nie hat die Menschheit nur eine Energie genutzt, nie hat eine jeweils neue Energie ihre Vorgängerinnen ganz verdrängt, der zunehmende Energiebedarf der wachsenden Menschheit brauchte sie alle. Die jeweilige Zusammensetzung jedoch des Energiemix' veränderte sich radikal: Bis weit in das 18. Jahrhundert waren es ausschließlich die erneuerbaren Energien der ersten solaren Zivilisation; das 19. Jahrhundert war das Jahrhundert der Kohle, sie schuf die Voraussetzung für die Industrialisierung der Welt; gegen Ende des 19. und dann im 20. Jahrhundert kamen Mineralöl, Erdgas und Kernspaltungsenergie hinzu. Energievielfalt wuchs, die Entwicklung steht nicht still.

Wofür also wird das 21. Jahrhundert stehen? Drei Entwicklungen sind im Gange: (1) Das riesige unausgeschöpfte Potential der rationellen Energiewandlung und rationellen Energieanwendung sowie der Energie- und vor allem Exergieeffizienzgewinne {Energie = Exergie (technische Arbeitsfähigkeit) + Anergie} wird ausgeschöpft werden – physikalisch keine Energien, aber in ihrer Wirkung Energie gleichkommend. Deutschland ist auch nach 200 Jahren Energiewirtschaft nur zu 30% energieeffizient (die Welt zu 10%) und, noch weniger überzeugend, zu 15% exergieeffizient (Welt wenige Prozent) - weiter Raum also für entscheidene Verbesserungen! – (2) Es werden die erneuerbaren Energien der zweiten solaren Zivilisation hinzugefügt werden, acht an der Zahl, davon sechs in Deutschland verfügbar - Sonnenenergie, Wind, Wasserkraft, Biomasse, Umgebungswärme, Erdwärme, (Gezeiten und Meeresenergie); und (3), der Energieträger Wasserstoff tritt an die Seite von Strom und stärkt die Bedeutung der Sekundärenergiewirtschaft; er hat für uneingeschränkte Speicherbarkeit und Transportierbarkeit von erneuerbaren Energien zu sorgen und verschafft ihnen so erst die uneingeschränkte Teilnahme am Weltenergiehandel; er garantiert, wieder wie Strom, – einmal hergestellt – umwelt- und klimaökologisch saubere Energiewandlung auf allen dann folgenden Energiewandlungsstufen. Das 21. Jahrhundert wird den Schwerpunkt innerhalb der Energiewandlungskette gegen ihr Ende rücken, mehr Energiedienstleistungen aus weniger Primärenergierohstoffen machen und dem Mix die sauberen erneuerbaren Energien und den Energieträger Wasserstoff hinzufügen, bevor das 22. Jahrhundert – vielleicht – das erste Jahrhundert energetischer Nachhaltigkeit werden wird. Das Ende der Energiewandlungskette erwartet dringend Professionalisierung, wie sie am Anfang der Kette nahezu unbeachtete Selbstverständlichkeit ist; Endenergie, Nutzenergie und die effiziente Erbringung von Energiedienstleistungen dürfen nicht in den Händen von 82 Millionen Laien bleiben.

¹ Beitrag für das Jahrbuch 2004 des Wissenschaftszentrums Nordrhein-Westfalen

² Professor Dr.-Ing. Carl-Jochen Winter, ENERGON Carl-Jochen Winter GmbH und Vice-President for Europe, The International Association for Hydrogen Energy (IAHE); Autorenadresse: Obere St.-Leonhardstr.9, 88662 Überlingen, T/F ++49 7551 944 5940/5941; CJWinter.ENERGON@t-online.de

Die Wasserstoff-Energiewirtschaft besteht, wie jede Energiewirtschaft, aus den drei Sektoren (1) Produktion, (2) Speicherung und Transport sowie (3) Nutzung von Energie. Die beiden letztgenannten Sektoren Speicherung und Transport sowie Nutzung von Wasserstoff sind entweder längst operationelles Tagesgeschäft oder auf gutem Wege in den Markt. Seit mehr als einem Jahrhundert sind gasförmiger (gaseous hydrogen, GH₂) oder verflüssigter (liquefied hydrogen, LH₂) Wasserstoff in den erfahrenen Händen der Wasserstoffchemie, der Raffinerien der Mineralöl- und Gaswirtschaft oder der Technischen Gase Industrie. Die Raumfahrt, übrigens die einzige industrielle Branche, die bisher Wasserstoff energetisch nutzt, ist auf Wasserstoff angewiesen, ohne ihn gäbe es sie nicht. Aber ihr Markt ist viel zu klein, um für die nationale Wasserstoffenergiewirtschaft eines Industrielandes wie Deutschland mustergebend zu sein. - An Hochdruck-GH₂-Speicherung bis 700 bar und an LH₂-Speichern weiter sinkender Abdampfzraten wird gearbeitet.

Wasserstoffnutzung wird über Brennstoffzellen geschehen, in portablen Geräten und stationären Anlagen sowie mobil über Verbrennungsmotoren und wieder Brennstoffzellen an Bord von Automobilen und Bussen, später auch Lokomotiven, Schiffen und Flugzeugen. Es zeichnet sich ab, als geschehe die Annäherung an den Markt etwa in dieser Reihenfolge: Portable Geräte sind auf dem Weg in den Markt; stationäre Anlagen von 1 kWe bis 1(10) MWe befinden sich in ihrer Demonstrationsphase; und Wasserstoffautomobile oder – Busse, gleich ob mit Verbrennungsmotor oder Brennstoffzelle unter der Haube, werden entwickelt, demonstriert und in ersten Losen im Alltagsbetrieb erprobt.

Wasserstoff woher?

Alle Entwicklungen von Brennstoffzellen, für den Thermodynamiker höchst erfreulich, weil keine Wärmekraftmaschinen und folglich nicht von immer höheren Eingangstemperaturen und damit temperaturfesten, teuren Werkstoffen begrenzter Lebensdauer abhängig, wurden und werden nach wie vor ohne Rücksicht auf eine schlüssige nationale, gar internationale Wasserstoffinfrastruktur vorangetrieben, entsprechend bunt ist der Strauß der bisher verwendeten Energieträger: Portablen Brennstoffzellen werden Kartuschen mit Wasserstoff oder wasserstoffreichen Verbindungen wie Methanol aufgeschaltet; stationäre Anlagen laufen mit Wasserstoff, Erdgas, Biogas, Klärgas oder Deponiegas, sie können auch mit Kohlegas betrieben werden; die mobilen Anwendungen experimentieren mit Wasserstoff, Methanol, gar Benzin oder Diesel. Alle Entwicklungen, die nicht reinen Wasserstoff, sondern wasserstoffreiche Verbindungen verwenden, bedürfen der vorangehenden portablen/mobilen oder stationären internen oder externen Reformierung zu Wasserstoff bei Temperaturen von 300 (Methanol) bis 900°C (Erdgas). Besonders die mobilen Reformer müssen hochdynamisch den Laständerungen folgen und haben gegenüber den stationären Reformern den empfindlichen Nachteil, mit einem Kapazitätsfaktor von nicht viel höher als 1% zurecht kommen zu müssen – investiv und energiewirtschaftlich ein höchst fragwürdiges Faktum! Zudem müssen sie unter den Temperaturbedingungen der Umgebung des Automobils von –40 bis +50°C uneingeschränkt funktionstüchtig sein – keine leichte technische Aufgabe.

Entwicklungsgeschichtlich wurde und wird weltweit nach wie vor Wasserstoff weitaus überwiegend in zentralen Anlagen aus fossilen Energierohstoffen wie Erdgas, Naphta, Kohle hergestellt, 50 Millionen Tonnen sind es pro Jahr; wenige Prozent Wasserstoff stammen aus der Elektrolyse, dort, wo Strom, etwa aus großen Wasserkraftwerken, billig ist, etwa am Assuan-damm, in Norwegen, Kanada und anderswo. Da der Strompreis nicht nur in Deutschland, son-

dem weltweit in der Regel wohl eher nach oben denn nach unten tendiert, wird es nicht leicht werden, den elektrolytischen Wasserstoffanteil nennenswert auszuweiten. Allenfalls Strom aus Unterlastzeiten mag hinreichend wettbewerbsfähig sein. – Wasserstoffanteile aus Biogas, Klärgas, Deponiegas, Grubengas werden ergänzen. Hinzukommen kann einst Wasserstoff als Speicher- und Transportmedium für Strom aus Solarkraftwerken auf anderen Kontinenten oder Strom aus off shore – Windkraftwerken, immer dann, wenn Hochspannung – Gleichstrom - Übertragung (HGÜ) von Strom nicht vorteilhafter wäre. Immer aber geht es hier zuerst um die Bereitstellung wirtschaftlicher Energiewandler erneuerbarer Energien, bevor die Ankopplung eines Elektrolyseurs sinnvoll wird.

Wasserstoff aus fossilen Energierohstoffen

Es bleibt also bis auf weiteres bei Wasserstoff aus fossilen Energien, jetzt aber unter der Bedingung, das jeweils mitproduzierte Treibhausgas Kohlendioxid (CO₂) zu sequestrieren (=einzusammeln), zu nutzen oder unter Vermeidung seines Beitrags zum anthropogenen Treibhauseffekt endzulagern, etwa unterirdisch in leergeförderten Öl- oder Erdgaslagerstätten, in nicht abbauwürdigen Kohleflözen, jeweils unter gasdichten Deckschichten, oder nach Mineralisierung auch oberirdisch.

Wasserstoff aus wasserdampfreformiertem Erdgas ist marktgängig; gleichwohl fehlt auch ihm bisher die CO₂-Sequestrierung. Ähnliches gilt für Wasserstoff aus der partiellen Oxidation schwerer Kohlenwasserstoffe in der Erdölverarbeitung. Wasserstoff aus Kohle hat unter Ausnahmehedingungen Geschichte, etwa in den 1930/40er Jahren in Deutschland oder aus der Zeit der Apartheid bis heute in Südafrika. Die in den letzten Jahren begonnene internationale Entwicklung des CO₂-freien Kohlekraftwerks kehrt wieder zu Wasserstoff aus Kohle zurück. Dort wird in einer anaeroben (= unter Luftabschluss stattfindenden) Reaktion einer Kohle – Wasser – Kalziumoxid – Suspension Wasserstoff und Kalziumcarbonat erzeugt. Der Wasserstoff wird in einer Hochtemperaturbrennstoffzelle exergetisch effizient verstromt, könnte ja aber auch im dezentralen Wärme- und Strommarkt durch Brennstoffzellen genutzt oder im Fahrzeugmarkt an Bord genommen werden. Das mitproduzierte Kalziumcarbonat wird mithilfe der hochtemperaturigen Brennstoffzellenabwärme für die anaerobe Eingangsreaktion in einem geschlossenen Stoffkreislauf wieder zu Kalziumoxid rezykliert; das dabei entstehende Kohlendioxid wird mineralisiert und endgelagert: Der Beitrag von Kohle zum anthropogenen Treibhauseffekt wäre damit buchstäblich zu Null geworden! Kohle zöge so mit den erneuerbaren Energien umwelt- und klimaökologisch gleich!

Welche weiteren Argumente sprechen für Wasserstoff aus Kohle? – Kohle war da, ist da und wird da sein, bevor, während und nachdem Mineralöl und Erdgas zum Energiemix der Welt hinzutreten, genutzt werden und aufgebraucht sind. Kohle, über alle Erdteile verteilt, bietet kaum die Chance, in einer vergleichbar etwa der für Öl und Erdgas bevorstehenden Konzentration in einer „energiestrategischen Ellipse“ (vom Persischen Golf über Mittelasien bis nach Sibirien) oligopolisiert zu werden, in der sich drei Viertel der weltweit bekannten Erdöl- und ein großer Teil der Erdgasvorräte befinden. Eine „Kohle – OPEC“ erscheint höchst unwahrscheinlich. Jene deutlich sichtbaren, für die Stabilität der Weltenergieversorgung beängstigenden Konzentrationstrends bei Öl und Gas sind wegen ihrer Ubiquität für Kohle kaum vorstellbar.

Jetzt, nachdem die modernen Techniken der Entcarbonisierung (relativ weniger Kohlenstoff), Hydrogenisierung (mehr Wasserstoff) und damit – da die Atomgewichte von Kohlenstoff

und Wasserstoff 12 und 1 sind – Entmaterialisierung (Energie wird leichter) auch klima-ökologisch verantwortbare Kohlenutzung wirtschaftlich vertretbar sein lassen, kann Kohle das Stigma der „schmutzigen Energie“ abstreifen und den Wettbewerb mit den von der Natur mit umwelt- und klimaökologischer Sauberkeit ausgestatteten erneuerbaren Energien aufnehmen. An sich ist Entcarbonisierung nichts Neues, denn die Energie bezogene Tonnage Kohlenstoff fiel im Zuge des Aufkommens von Öl und Erdgas sowie im Zuge der kontinuierlichen rationellen Energiewandlung und rationellen Energieanwendung und damit der einhergehenden Effizienzgewinne in den letzten 120 Jahren bereits um ca. 35% (Bild 1). Die Entwicklung setzt sich fort. An ihrem Ende steht Wasserstoff.

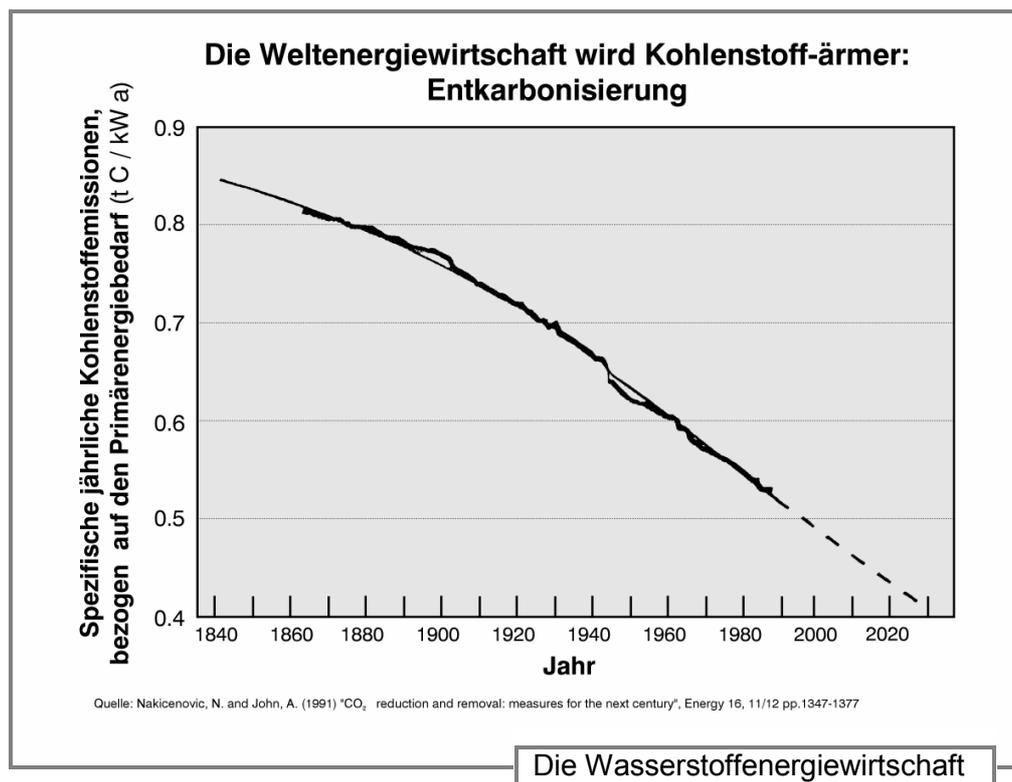


Bild 1

Das atomare Wasserstoff-/Kohlenstoffverhältnis von Kohle zu Öl zu Erdgas ist $<1 : 2 : 4$. Bei Übergang auf die kohlenstofffreie Wasserstoffenergiewirtschaft nähert es sich dem Wert unendlich (∞) und korrespondiert so mit dem ohnedies beobachtbaren Übergang von fest über flüssig zu gasförmig: Feste Energierohstoffe waren und sind Holz, Torf, Kohle und Uran; flüssige Walöl, Mineralöl, Wasser; und gasförmige Stadtgas, Erdgas, Wasserstoff. Beginnend in der Mitte des 19. Jahrhunderts, fiel der relative Anteil der festen Energierohstoffe ständig ab: Holz, Torf etc sind statistisch inzwischen längst verschwunden, Kohle und Uran liegen weltweit bei 20 bis 30%. Flüssige Energierohstoffe liegen zwischen den festen und gasförmigen, sind in einer Transitionsphase und haben derzeit ein Plateau bei etwa 40% erreicht; Stadtgas ging zu Ende und wurde durch Erdgas ersetzt, das sich im steilen Anstieg befindet, Wasserstoff wartet schon hinter dem Horizont. – Es erscheint plausibel, den historischen Übergang von fest über flüssig zu gasförmig in die Zukunft fortzusetzen und Wasserstoff aus Kohle daran teilhaben zu lassen. Kohle würde über Wasserstoff leitungsgebunden werden und trüge damit zu dem derzeitigen Innovationszyklus bei, dessen innovatorische Produkte und

Verfahren samt und sonders durch ihr kleines spezifisches Gewicht geprägt sind, „The Era-of-Light“ (Bild 2): Keramiken und faserverstärkte Werkstoffe sind leichter als Stahl, ja, leichter selbst als Aluminium; Laser als Werkzeuge nutzen gewichtsloses gebündeltes Licht; biotechnologische Produkte wiegen weniger als Massenkunststoffe; schnelle Elektronen in der Informations- und Kommunikationstechnik sind leichter als sperrige Briefe; elektromagnetische Wellen zur Informationsübertragung wiegen gar nichts. Und im Energiebereich: Rationelle Energiewandlung, rationelle Energieanwendung, Energieeffizienz und besonders Exergieeffizienz machen mehr Energiedienstleistungen aus weniger schwergewichtigen Primärenergierohstoffen, erneuerbare Energien haben erst gar keinen operationellen Primärenergierohstoff, und schließlich ist Wasserstoff das leichteste Element im Periodensystem der Elemente, es hat die Ordnungszahl 1.

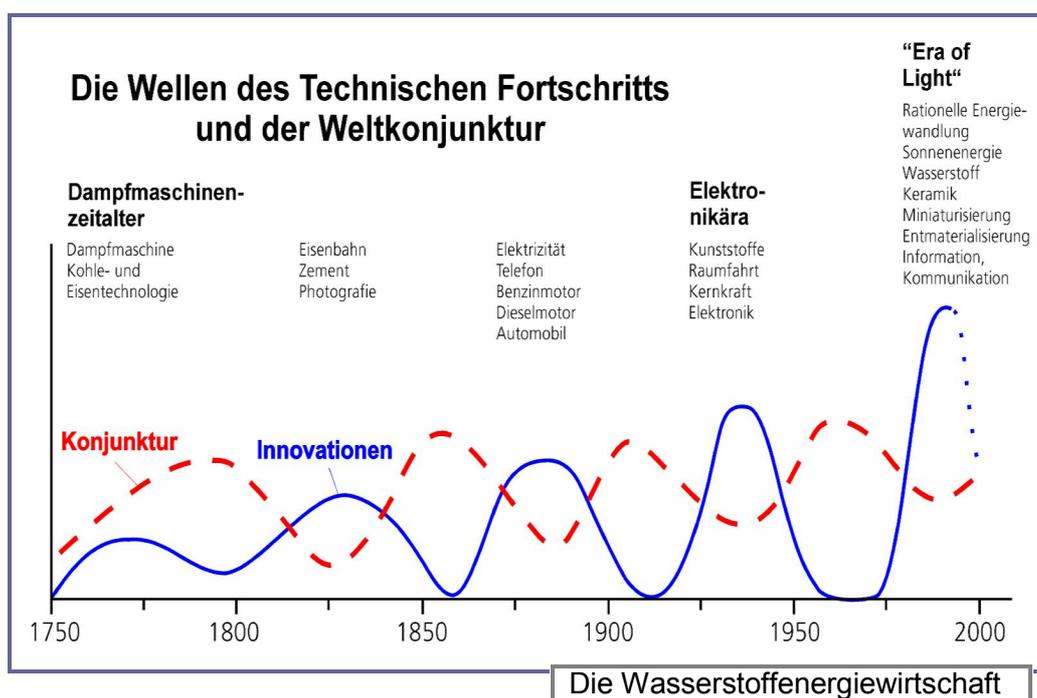


Bild 2

Argumentation

Machen wir uns nichts vor, Energie braucht Zeit, die Sache hat noch Jahrzehnte vor sich, hohe Zeit also („it’s HYtime“! (HYdrogen Wasserstoff)), mit ihr zu beginnen und sie durchzuhalten. Immer waren es viele Jahrzehnte bis zu halbe Jahrhunderte für wirklich signifikante erste Beiträge von der Energieinnovation bis zur Energiewirtschaft. Erinnern wir uns, von James Watts Dampfmaschine mit 1% energetischem Wirkungsgrad bis zu den modernen Kombianlagen mit nahezu 60% mussten mehr als 200 Jahre vergehen! (Bild 3) Oder, die erste öffentliche Benzintankstelle in Deutschland wurde Anfang der 1920er Jahre eröffnet, Sättigung war wohl erst in den 1960er Jahren erreicht. Jetzt, 1999 gingen die beiden ersten Wasserstofftankstellen in Hamburg und München in Betrieb, eine weitere in Berlin folgte, wann wird hier Sättigung erreicht sein? Oder, die heute durch Energieindustrie, Kraftfahrzeugindustrie, Heizungsbranche u.a. vorangetriebene Einführung von Brennstoffzellen geht auf die ersten Veröffentlichungen 1839 durch den Schwaben Christian Friedrich Schönbein (1799 – 1868) und den Waliser William Grove (1811 – 1896) zurück, Brennstoffzellen wurden bisher nur in Raumstationen und an Bord von U-Booten operationell eingesetzt. So eigentümlich es

klings, der Jahrhunderte währende grandiose Erfolg des französischen Ingenieurs Sadi Carnot (1796 – 1832), auf dessen Carnotgesetz alle Energiewandlungsprozesse, folglich auch die dominierenden Wärmekraftmaschinenprozesse, zurückgehen, hat dazu beigetragen, die Brennstoffzelle über anderthalb Jahrhunderte nahezu in Vergessenheit geraten zu lassen. Erst jetzt, da der Bewältigung der geforderten hohen Carnotschen Eingangstemperaturen für thermische Energiewandler hoher Effizienz immer engere Grenzen gesetzt sind und der Gedanke der dezentralen Energiewandlung Gemeingut zu werden beginnt, verschafft sich die Brennstoffzelle die ihr gebührende Berechtigung.

Ermutigend wirkt, dass Wasserstoff offensichtlich dem Trend folgt, der Energiepolitik immer mehr zu Energietechnologiepolitik werden lässt, denn Wasserstoff ist, wie Strom, Sekundärenergie, die, wieder wie Strom, aus allen sich bietenden Primärenergien hergestellt werden kann! Primärenergierohstoffe verlieren, Techniken zu ihrer effizienten Umwandlung gewinnen an Bedeutung. Die Zeiten, da mangelnde Effizienz schlicht mit einem Mehr wohlfeilen Primärenergierohstoffs zuge deckt wurde, sind ein- für allemal vorbei! Energiepolitik wird Technologiepolitik. Technologie der Energiewandlung ist physikalisch zwar keine Energie, aber sie kommt Energie gleich, wenn sie zur Energieeffizienz beiträgt. Effizienzgewinne machen mehr Energiedienstleistungen aus weniger Primärenergierohstoffen – ein volkswirtschaftlich eminent wichtiges Kriterium gerade für solche Länder die zu sehr hohen Anteilen ihres Bedarfs auf Importe angewiesen sind: Deutschland importiert nahezu drei Viertel – energiepolitisch nicht ohne große Besorgnis!

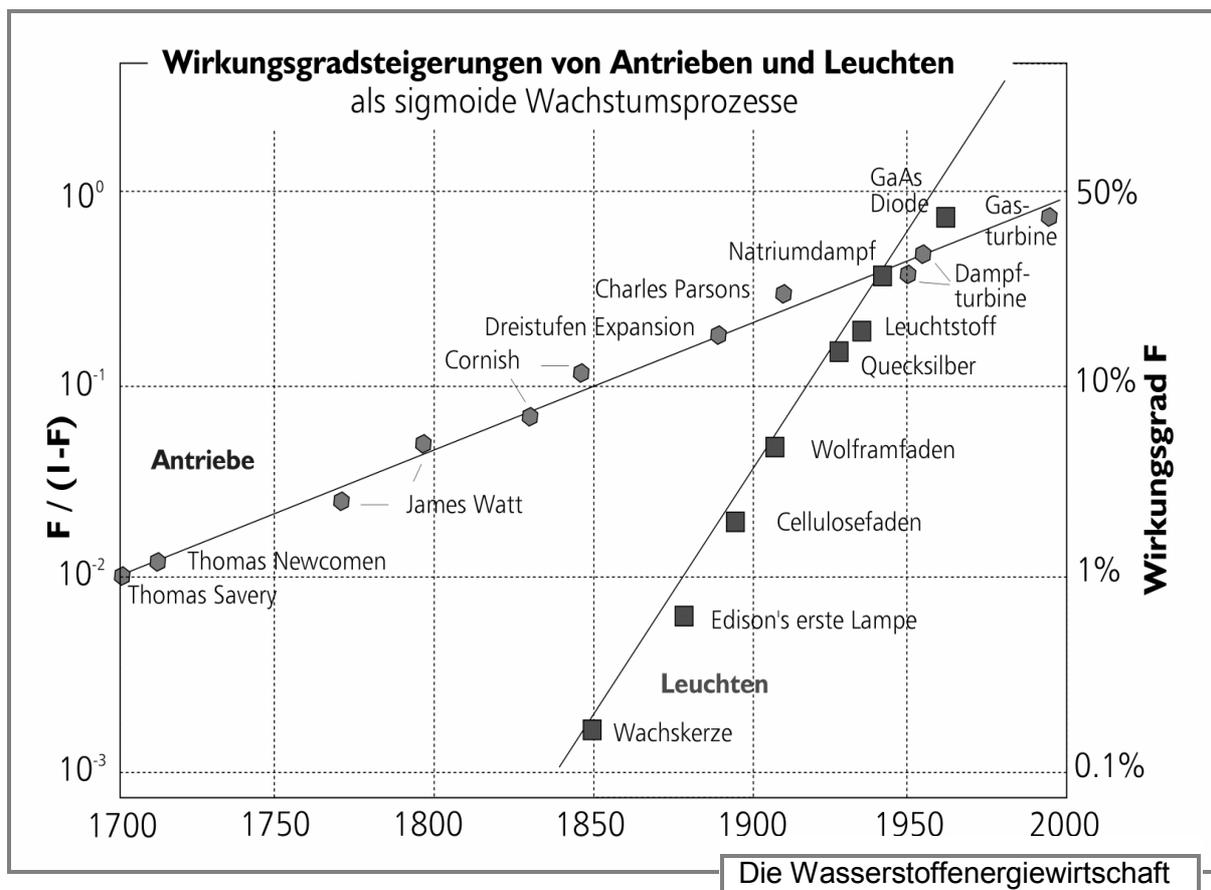


Bild 3 (Courtesy C. Marchetti)

Langmütig stimmt, dass die Dinge vorgezeichnet zu sein scheinen: Denn an die Entwicklungserfolge der exzellenten modernen Gasturbinenkraftwerke mit nahezu 40% elektrischem Wirkungsgrad, an die ebenso exzellenten Dampfkraftwerke mit fast 50% und darüber sowie die Kombianlagen (GuD – Gas- und Dampfturbinenprozesse) mit 60% schließen sich die Hochtemperaturbrennstoffzellen (HTBZ) an, welche das Triade-Kraftwerk Hochtemperaturbrennstoffzelle – Gasturbine – Dampfturbine (HTBZ-GuD) auf 70% zu bringen, durchaus nicht illusionär sein lassen. Und, wir erwähnten es, die HTBZ wird nicht nur für die Triade gebraucht, sondern auch für das erwähnte CO₂-freie Kraftwerk, das aus Kohle Wasserstoff macht, der verstromt wird, und das den Kohlenstoff mineralisiert; er wird für Umwelt und Klima unschädlich in der Lithosphäre eingelagert und konserviert so die vage Chance, wiedergewonnen zu werden, sollte dies je gewünscht sein – ein Nachhaltigkeitsaspekt, nebenbei bemerkt.

Unter „machen wir uns nichts vor“ gehört auch, dass Energie, folglich auch der Energieträger Wasserstoff, nie etwas nur Nationales gewesen ist, und schon gar nicht je sein wird. Energie geht die ganze Welt an! Kohlelagerstätten oder Öl- und Gasfelder werden in dem einen Kontinent ausgebeutet, Kohle, Öl und Gas gehen von da um die ganze Welt; Kraftwerke werden hier entwickelt, dort gebaut und betrieben; Autos werden hier gebaut, dort betankt und gefahren; Brennstoffzellen werden hier durchdacht, entwickelt und gebaut, dort mit dem Brennstoff versehen und betrieben; der Strom- oder Erdgasverbund überdeckt Kontinente. Die gelegentlich inkriminierte Globalisierung, hier ist sie gleichsam natürlicherweise vorgegeben: Kohle aus allen Erdteilen, Technik zu ihrer effizienten Umwandlung und Wasserstoff aus ihr für alle Erdteile. Es ist nicht zu weit hergeholt, dass ein Welt-Wasserstoffenergiehandelssystem und das gewachsene Welthandelssystem fossiler Energierohstoffe durchaus verwandte Züge haben. Mit einem kardinalen Unterschied: Das eine ist umwelt- und klimaökologisch sauber, das andere wird es vollständig nie werden!

Dezentral/Zentral

Wenn Wasserstoff aus erneuerbaren Energien oder Erdgas eher dezentral erzeugt werden wird, weil erneuerbare Energien von Natur aus ubiquitär (= überall vorkommend) sind und die zumindest in den Industrieländern dicht verlegten Erdgasnetze der Ubiquität nahe kommen, so wird Wasserstoff aus Kohle wohl eher zentral erzeugt werden, dort, wo die Kohlebergwerke stehen, oder für das CO₂-freie Kohlekraftwerk einschließlich der Carbonisierung von Magnesiumsilikat (Serpentin) dort, wo der Serpentinebergbau ist. Es ist ein Verteilernetz für Wasserstoff zu verlegen, das zentrale Produktion mit dezentraler Nutzung in der Fläche verbindet. Das allerdings mag sich als Achillesferse erweisen, denn es ist schwerlich vorstellbar, dass neben die beiden bestehenden, flächendeckenden Sekundärenergienetze für Strom und Gas ein drittes für Wasserstoff gelegt werden wird. Zumal Studien^{3, 4} für das US-Department of Energy darlegen, dass der investive Aufwand für Transport und Verteilung aus dezentraler Produktion von Wasserstoff aus Erdgas (solange der Vorrat reicht!) um Größenordnungen unter dem aus zentraler Produktion liegt! Um also die Achillesferse nicht allzu

³ Joan M. Ogden, Developing an infrastructure for hydrogen vehicles, Int'l J. Hydrogen Energy 24 (1999), 709-730

⁴ C.E.(Sandy) Thomas et al., Fuel Options for the Fuel Cell Vehicle: Hydrogen, Methanol or Gasoline? Interner Bericht

schmerzhaft werden zu lassen, wird Wasserstoff aus Kohle in einem ersten Schritt in nicht zu großer Entfernung vom Produktionsstandort genutzt werden – in dicht besiedelten Weltgegenden, wie etwa im Ruhrgebiet – und, ohne nennenswerte technische Probleme, in einem zweiten Schritt bis zu 10% huckepack dem Erdgas beigemischt; ein dritter Schritt würde die bestehenden Erdgastrassen weiterverwenden und sie mit wasserstoffgerechten Hochdruckrohren und –kompressoren ausstatten.

Wasserstoff aus Kohle: Vorteile/Nachteile

Positiv ist die unbestritten langwellige Verfügbarkeit von Kohle über mehrere Jahrhunderte auf allen Erdteilen und ihre wirtschaftliche Gewinnung; die in 200 Jahren gewachsene Expertise im Umgang mit Kohle, das etablierte Wissen um die umweltökologisch saubere Verstromung von Kohle; schließlich, nicht zuletzt, die begonnene Entwicklung des CO₂-freien Kohlekraftwerks, das Wasserstoff für die Verstromung, den Wärmemarkt oder für den Fahrzeugmarkt auch klimaökologisch sauber bereitzustellen verspricht und damit der drohenden Besteuerung durch eine etwaig bevorstehende CO₂-Steuer entgeht. Dass Wasserstoff Kohle von der – bildhaft - Gefangenheit in der zentralen Verstromung (und Stahlerzeugung) befreit und ihr – in einer Renaissance – die dezentralen Wärme- und Strommärkte (wieder) eröffnet sowie den Zugang zu den saubereren Kraftstoffmärkten der Zukunft erst ermöglicht, mag sich als der eigentliche Kardinalpunkt erweisen!

Kohlesicherheit (safety) hat einen Standard erreicht, von dem kaum mehr gesprochen wird – ein gutes Zeichen. Wenn Bergwerksunfälle passieren, so dort, wo die anerkannten Sicherheitsvorschriften nicht befolgt oder verletzt wurden. Tankerunfälle mit ihren verheerenden Folgen sind für seegängigen Kohletransport nicht berichtet worden. – Unbeständige Versorgungssicherheit (security of supply) ist keines Gedankens wert.

Auf der anderen Seite stehen Nachhaltigkeitsdefizite: Die klimaökologische Sauberkeit von Kohle wird erst gewährleistet sein, wenn das mitproduzierte CO₂ sequestriert und für die Atmosphäre schadlos genutzt oder endgelagert wird. Und, Reversibilität der Auskohlung von Lagerstätten ist nicht gegeben, Irreversibilität ist nicht nachhaltig! Allerdings bietet die Mineralisierung von Kohlenstoff, wie sie das CO₂-freie Kraftwerk vorsieht, die Chance, beiden Defiziten zu begegnen, der klimaökologischen Verantwortbarkeit und der potentiellen Wiedergewinnbarkeit von Kohlenstoff – wir sagten es. Schließlich fehlt Kohle im Vergleich zu den erneuerbaren Energien prinzipiell die natürlicherweise gegebene Kompensation eines jeden Entropiezuwachses (= einer jeden Energieentwertung) im Zuge der Nutzung durch den Negentropiezustrom von der Sonne. Das aber hat die Schöpfung so vorgesehen, die Menschen können daran nichts ändern. –

In aller Voraussicht werden die Kosten des CO₂-freien Kraftwerks zu **dem** Kriterium schlechthin werden. Moderate Preisvolatilität bei Kohle hilft. Aber die zu erwartenden Forschungs-, Entwicklungs-, Demonstrations- und Markteinführungskosten (F, E, D & M) bis zum ersten operationellen Kraftwerk werden hoch werden. Staat, Wirtschaft und Wissenschaft müssen zusammenwirken. Internationalität in der vorwettbewerblichen Phase kann die finanziellen Lasten auf mehrere Schultern verteilen. Rekapitalisierung des „learning investments“ ist durch die potentielle Vermeidung von CO₂-Steuern und die über Wasserstoff möglich werdende Wiederbeteiligung von Kohle an den dezentralen Märkten für Nahwärme, für dezentralen Strom und saubere Kraftstoffe zu erwarten.

Fazit

Wasserstoff und Kohle brauchen die Innovation. Innovation ist die Regel, das Festhalten an Überkommenem die Ausnahme, die Ausnahme mit gelegentlich verheerenden Auswirkungen. Wieder ist es J.A. Schumpeters (1883-1950) „schöpferische Zerstörung“, die auch den Weg zu Wasserstoff aus Kohle weisen wird. Und der Kohle eine Renaissance eröffnen wird, in **allen** Energiemärkten den Wettbewerb wiederaufzunehmen, zentral im Strom- und Fernwärmemarkt ohnedies sowie dezentral in den wachsenden dislozierten Strom- und Nahwärmemarkten, schließlich im Kraftstoffmarkt für sauberen Transport und Verkehr.

Fairness verlangt das Eingeständnis, das der Entwicklungsprozess zu Wasserstoff aus Kohle eine Menge Stolpersteine und Enttäuschungen bereithalten wird, wie das bei Projekten ähnlicher Größenordnung so üblich ist. Und die Zeit bis zum ersten operationellen CO₂-freien, Wasserstoff gestützten Kohlekraftwerk wird viele Jahrzehnte betragen, eher denn Jahre. Folglich, was Wasserstoff und Kohle brauchen, sind Mut, nicht Kleinmut; Geld, nicht Kleingeld; Hartnäckigkeit und Beharrlichkeit, nicht Überstürzung; und schließlich, wohl das Wichtigste, Überzeugung, nicht Ambivalenz!

... und merke: www.ItsHytime.de