

**Die Wasserstoffenergiewirtschaft
Zehn Steine auf dem Weg in die reale Energiewelt¹**

**von
Carl-Jochen Winter, Überlingen²**

**“We have no everlasting energy supply security
And we have no everlasting supply insecurity
We have everlasting energy supply interests
And following these interests is our duty.”
Lord Palmerston, paraphrased**

1 Nationale „Energie“

Deutschland ist energetisch in eine geradezu lebensgefährliche Situation geraten: Mehr als drei Viertel des Primärenergiebedarfs des Landes müssen durch Importe gedeckt werden, mit wachsender Tendenz, und Preisdiktaten ist das Land damit nahezu schutzlos ausgesetzt: 100% des Urans kommen aus dem Ausland, 60% der Steinkohle, fast 100% des Mineralöls, 84% des Erdgases. - Deutschland besitzt Braunkohle und nutzt zunehmend erneuerbare Energien, die nach Geografie und Topologie hierzulande allerdings eher begrenztes Potential haben, Windkonverter müssen bereits auf die Hohe See ausweichen. Die Kernkraftwerke zu schließen, ist beschlossen, desgleichen die Förderung der nationalen Steinkohle zu beenden: Alles in allem kein Zustand, der Zuversicht vermittelt!

Jedoch: Eine nationale „Energie“ besitzt das Land, die ihm nicht genommen werden kann und zudem erneuerbar ist: das Wissen seiner Wissenschaftler und das Können seiner Ingenieure und Handwerker. Sie werden verlangt, denn das Zeitalter der (zu importierenden) Primärenergierohstoffe neigt sich dem Ende zu und das Zeitalter des energietechnologischen Wissens und Könnens hat längst begonnen. Hier hat das high tech – Land seine Domäne. Mehr Energiedienstleistungen aus weniger Primärenergierohstoffen ist das Ziel. Das gilt für alle Energiearten, besonders für diejenigen, die energierohstoffarm sind (Kernenergie) oder die ohne betriebliche Energierohstoffe auskommen (erneuerbare Energien). Sie sind ausschließlich durch energietechnologisches Wissen und Können aufzuschließen, ebenso wie Wasserstoff als Energieträger: Energiepolitik ist Technologiepolitik!

2 Rationalität

Energie ist Naturwissenschaft und Technik. Energie ist Unternehmertum und Wirtschaft. Energie ist Ökologie, und Energie ist gesellschaftliches Anliegen. –

¹ Steine können Stolpersteine sein, aber auch Wegmarken

² Professor Dr.-Ing. C.-J. Winter, Vice President - The International Association for Hydrogen Energy (IAHE), c/o ENERGON Carl-Jochen Winter, Obere St.-Leonhardstr. 9, 88662 Überlingen, T/F +49 7551 944 5940/1, cjwinter.ENERGON@t-online.de, www.itsHYtime.de

Hingegen: Energie ist nicht Ideologie und Irrationalität: Wie ist zu verstehen, dass zwei aufgeklärte nachbarliche Nationen Europas kernenergetisch diametral unterschiedliche Wege gehen? Entideologisierung und Objektivierung sind Gebot. Verstehen und verständlich machen ist in parlamentarisch - demokratischen Gemeinwesen Pflicht derer, die wissen und können. Education of politicians and the open public, heißt es im Englischen.

3 Zeit

Energie geht nach Jahrhunderten. Bis weit in das 18. Jahrhundert waren es ausschließlich die erneuerbaren Energien der ersten solaren Zivilisation; das 19. Jahrhundert war das Jahrhundert der Kohle, gegen Ende des 19. und dann im 20. Jahrhundert ergänzt und zunehmend abgelöst durch Mineralöl und Erdgas, später durch Kernspaltungsenergie. – Und was wird das soeben begonnene 21. Jahrhundert bringen? Drei Dinge: (1) strikt rationelle Energiewandlung und Energieanwendung, (2) die erneuerbaren Energien, jetzt der zweiten solaren Zivilisation, und (3) den Energieträger Wasserstoff. Ein klare Tendenz ist sichtbar: Von betrieblicher Kohlenstofffreiheit im 18. Jahrhundert zu hoher Kohlenstoffintensität im 19., zu sinkender Kohlenstoffintensität im 20., schließlich wieder zu Kohlenstofffreiheit im 21. Jahrhundert. Die Atomgewichte von Wasserstoff zu Kohlenstoff H/C verhalten sich für Kohle zu Öl zu Erdgas zu Wasserstoff wie $< 1 : 2 : 4 : \infty$. Nie haben sich die Menschen mit nur einer Energie versorgt, nie hat eine jeweils neu hinzukommende die „alten“ vollständig verdrängt, die wachsende Energienachfrage brauchte sie alle. Vielfalt nahm zu und nimmt weiter zu. Eigentlich ist es immer zu spät, den nächsten energetischen Schritt zu tun.

4 Effizienz

Deutschlands nationale Energieeffizienz ist wenig mehr als 30%, diejenige der Welt ca. 10% - bitter zu sagen. - Deutschland muss drei Kilowattstunden Primärenergie in die Volkswirtschaft einführen, um eine Kilowattstunde der vier Energiedienstleistungen warme und kühle Räume, Kraftunterstützung in Transport und Produktion, Beleuchtung sowie Kommunikation bereitzustellen, die Welt liegt bei 10:1! Nach mehr als zwei Jahrhunderten anthropogener Energiegeschichte sind beide Werte wahrlich nicht überzeugend. Die Energieeffizienz Deutschlands um den Faktor 2 anzuheben, die der Welt um Faktoren 3 bis 4 verlangt keine Wunderdinge: Die Technologien sind da, die Potentiale in allen Gliedern der Energiewandlungskette sind riesig, vom Primärenergierohstoff zur Primärenergie, weiter zu den Sekundärenergien, zur Endenergie, Nutzenergie, schließlich zu den Energiedienstleistungen, um derentwillen letztlich allein alle Energiewirtschaft geschieht, es gibt keinen anderen Grund. Und wieder sind technologisches Wissen und Können die Schlüssel, sie sind „Energie“. Worauf es ankommt, ist Wirtschaftlichkeit und politischer Wille.

Jedoch: verkennen wir nicht, dass Energieeffizienz nur die eine Seite der Medaille ist, so bewundernswert die elektrischen Wirkungsgrade von fast 50% der modernen Kohlekraftwerke sind, der Kombianlagen von bald 60%, der Dieselmotoren von 40%, u.a.m.. Alle diese Maßnahmen aber bleiben im System, sie sind systemimmanent. Sie nähern sich nur mehr asymptotisch dem Carnotischen Maximum, das um die Wende vom 18. ins 19. Jahrhundert formuliert wurde. Es wird immer schwerer, ein wenig mehr an Effizienz zu erreichen.

Die andere, und wichtigere, Medailleseite ist die Exergieeffizienz, die angibt, wie viel technische Arbeitsfähigkeit aus Energie extrahiert wird: $\text{Energie} = \text{Exergie} + \text{Anergie}$. Exergie kann in jede andere beliebige Energieform umgewandelt werden, Anergie nicht. Deutschlands Exergieeffizienz ist etwas mehr als 15%, diejenige der Welt kaum angebar. Es sind im wesentlichen die Irreversibilitäten beim Durchlauf durch die Energiewandler der überkommenen Energiewandlungsketten, die Exergie vernichten: in Feuerungen und Brennkammern, in Wärmeübergängen auf Rohrregister der Kessel, im Strömungsdurchlauf, u.a.m.. Das System produziert viel zu viel Wärme der falschen Temperatur am falschen Ort, wo es keinen Abnehmer für sie gibt. Selbst die bewunderten 50% - Kraftwerke nutzen die anderen 50% des Energieinhalts der Kohle nicht; oder, die bis zu 1000 °C Feuerungstemperatur in den Zentralheizungskesseln sind exergothermodynamisch absurd, denn die Radiatoren des Hauses nehmen nur 60°C ab; und die Wärmen in Kühlwasser und Abgas von Automotoren finden keinen Nutzer, sie werden zu Umgebungswärme (= Anergie), nur mehr tauglich für die Abstrahlung in den Weltraum, auf der Erde findet sich kein niedrigeres Temperaturniveau mehr, auf das sie fließen könnte (Ausnahme Wärmepumpe).

Der exergothermodynamische Systemwechsel verlangt die Kombination: Strom und Wasserstoff aus der Luftzerlegung, der Kohlevergasung und anschließenden GuD-Anlage; Strom und Wärme der „richtigen“ Radiortemperatur aus der Brennstoffzelle an Stelle des Heizkessels; die schrittweise Elektrifizierung des Autoantriebs durch Hybride, Brennstoffzelle oder Turbogeneratoren in den Abwärmeströmen der Verbrennungsmotoren. Alles zielt auf die Vermeidung von Exergievernichtung (exergy destruction) und Exergieverluste (exergy losses) und verschafft dem importanhängigen und Preisdiktaten unterworfenen Land das höchste Maß an „nationaler Energie“: Exergie ist das Maximum aus Energie gewinnbarer technischer Arbeitsfähigkeit! An vielen Ecken und Enden hilft Wasserstoff, an manchen ist er unerlässlich!

5 Dynamik

Energie ist nichts Statisches. Fortentwicklung ist die Regel. Festhalten am Überkommenen (eine nur zu verständliche menschliche Neigung) verletzt diese Regel. Nach Kohle, Öl, Erdgas, Kernspaltungsenergie, Elektrizität stehen an: die radikale rationelle Energiewandlung und Energieanwendung, die erneuerbaren Energien der zweiten solaren Zivilisation und der Sekundärenergieträger Wasserstoff. Die erste und zweite solare Zivilisation unterscheiden sich dadurch, dass in der zweiten Energiewandler hinzukamen (wohl auch noch hinzukommen werden), die von Menschen gemacht wurden und die es so in der Natur nicht gibt, die Photovoltaik, die Brennstoffzelle. Beide verschaffen uns die Ergänzung der Carnotischen Energieumwandlung, später die Abkehr von ihr, hin zur photoelektrischen und chemoelektrischen Energiewandlung.

6 Wasserstoff

Wasserstoff, der wie Strom Teil der Sekundärenergiewirtschaft ist, ist keine Frage des „ob“ oder „vielleicht“ oder „möglicherweise“, sondern des wie und wann, aus drei Gründen vor vielen anderen:

- Alle bisherige Nutzung der erneuerbaren Energien geschieht lokal, allenfalls regional. Sollen erneuerbare Energien die Kohlenwasserstoffe ablösen und große Teile des Weltenergiehandels übernehmen, brauchen sie den chemischen

Energieträger Wasserstoff, denn ihre beiden Sekundärenergien Wärme und Strom sind in makroökonomischen Dimensionen nicht speicherbar und über globale Entfernungen nicht transportierbar: Wind aus Patagonien weht solange „umsonst“, wie er nicht speicherbar und transportierbar gemacht wird, um die Energiezentren den Welt zu versorgen; Sonne aus Australien, Wasserkraft aus Sibirien, u.a.m., finden ihren Weg an den Weltenergiemarkt nur über den Wasserstoff.

- Und der zweite, viel wichtigere Grund: Wasserstoff exergetisiert. Die ökologisch saubere Niedertemperaturbrennstoffzelle ist auf Wasserstoff (reiner Wasserstoff oder Reformat aus Erdgas) angewiesen, sie generiert zunächst Strom (= reine Exergie), und die Restwärme - in stationärer Anwendung - reicht über große Teile des Jahres, um das Haus zu heizen; oder, die erwähnte Kombiproduktion von Strom und Wasserstoff aus Kohle liefert mithilfe marktgängiger Technologien der Luftzerlegung, Kohlevergasung, Abstreifung von Kohlendioxid und Wasserstoff, schließlich Restwärmenutzung in nachgeschalteter GuD-Anlage einen exergetischen Gesamtwirkungsgrad von 60%; werden 10% zur Kohlendioxidsequestrierung reserviert, bleiben noch immer 50%! (zum Vergleich: Nähern sich die besten derzeitigen Kohlekraftwerke 50% und werden 10% für die Sequestrierung abgezogen, so ergeben sich 40%).
- Schließlich der dritte Grund: Für Transport und Verkehr ist Wasserstoff unverzichtbar, weil er umwelt- und klimaökologisch sauber ist. Jedes Quantum Kohlenstoff im Kraftstoff wird in Kohlendioxid umgewandelt, das weltweit aus Hunderten von Millionen Fahrzeugen (bald eine Milliarde) einzusammeln und klimaökologisch schadlos endzulagern, technisch unmöglich ist. (Ausnahme bildet erneuerbarer Kohlenstoff aus verflüssigter oder vergaster Biomasse).

7 Energie dezentral

Jede Kilowattstunde Energiedienstleistung, die am Ende der Energiewandlungskette nicht nachgefragt wird, braucht verdreifacht (Deutschland) oder verzehnfacht (Welt) am Anfang der Kette als Primärenergie nicht eingeführt zu werden. Das Potential der rationellen Energieanwendung und der Effizienz der Energienutzung am Ende der Kette ist besonders groß: Häuser haben technologisch das Zeug, Null-Energie-Häuser zu werden (null = Energie vom Markt); Automobile demonstrieren soeben, welches Potential in ihnen steckt, höhereffizient sauber zu werden (und dabei sind die zuvor erwähnten Systemwechsel noch nicht eingeführt); und Industrieanlagen sind ohnedies längst auf dem Weg zu Energieeffizienzsteigerungen um 1 bis 2 % pro Jahr.

Wasserstoff dezentralisiert. Wir sprachen davon, dass für die saubere stationäre Niedertemperatur- bis Mitteltemperaturbrennstoffzelle Wasserstoff unverzichtbar ist. Hier entsteht ein IT-geführtes virtuelles dezentrales „Kraftwerk“, das leicht an die installierte Leistung im Lande heranreichen kann. 15 Millionen Brennstoffzellen in Deutschlands Zentralheizungskellern à 10 Kilowatt bringen es auf 150.000 MW (und dabei sind die „rollenden Kraftwerke“ der Autos noch unberücksichtigt). Man mag solche Gedanken für illusionär halten, in der Regel aber steckt ein wahrer Kern in ihnen, an den man sich spätestens dann erinnern wird, wenn die Milliarden Klimaflüchtlinge sich in die höhergelegenen Länder der Wohlhabenden aufmachen werden.

Gewöhnlich wird Strom am Anfang der nationalen Energiewandlungskette produziert und an ihrem Ende genutzt. Energie dezentral (Photovoltaik auf den Dächern oder in den Fassaden, Brennstoffzellen in den Kellern, ...) ermöglicht Stromproduktion auch am Ende der nationalen Energiewandlungskette. Anfang und Ende treten in

Wettbewerb zueinander. Oder anders formuliert, die Kilowattstunde, die am Ende der Kette den Bedarf des Betreibers des dezentralen Energiewandlers deckt, braucht vom Kettenanfang nicht mehr herantransportiert zu werden. - Die Sache ist viel zu neu, als dass die zugehörigen unternehmerischen Strukturen schon fixiert wären. Eines aber ist unverkennbar: das Ende der Energiewandlungskette muss professionalisiert werden, es darf nicht in den Händen von Millionen Energielaien bleiben, denn hier entscheidet sich zunehmend, was am Anfang der Kette und dann im Zuge des Durchlaufs durch sie geschieht!

8 Wasserstoff aus Erneuerbaren Energien oder Kohle

Woher der Wasserstoff kommt, ist eine häufig wiederholte Frage, auf die es gleichwohl eine einfache Antwort gibt: Wie Strom, der andere Sekundärenergieträger, aus allen verfügbaren Primärenergien. Derzeit wird Wasserstoff überwiegend aus Erdgas reformiert oder aus Wasser elektrolysiert. Beides kann so nicht bleiben. Denn mit 84% Importanteil, davon ca. 40% aus Sibirien, wird Erdgas zunehmend zu einem politisch und diplomatisch „gefährlichen“ Gut. Unser Land ist gut beraten, den Importanteil zu reduzieren. Und Elektrolyseure können nur dort Wasserstoff erzeugen, wo es billigen Strom gibt.

Wenn also Wasserstoff aus Hochtemperaturreaktoren wegen mangelnder gesellschaftlicher Akzeptanz ausgeschlossen ist, bleiben zwei Optionen: Wasserstoff aus erneuerbaren Energien oder aus Kohle.

- Solarer Wasserstoff (Wasserstoff aus erneuerbaren Energien) ist die ultima ratio, manchmal hört man, die prima ratio. Und in der Tat, die umwelt- und klimaökologisch sauberen Primärenergien und der saubere Sekundärenergieträger ergeben zusammen ein Energiesystem, das sich um Umwelt und Klima nicht weiter zu kümmern braucht. Nur, auch hier besteht die Welt nicht nur aus Vorteilen: immer wird zu entscheiden sein, ob der erneuerbare Strom für die Elektrolyseure nicht wirtschaftlicher als Strom an den Markt geht; und, so bewundernswert die Erfolge der neueren Zeit sind, Gigawattkapazitäten an erneuerbaren Energien zu errichten und zu betreiben, werden sie gleichwohl noch viele Jahrzehnte vor sich haben, um zu einem Weltmarktfaktor zu werden, wiewohl sie schon viele Jahrzehnte der Forschung, der Entwicklung und Demonstration, schließlich des Markteintritts hinter sich haben. Am ultimativen Ziel des solaren Wasserstoffs ist festzuhalten, aber er ist nicht die Voraussetzung für den Eintritt in die Wasserstoffenergiewirtschaft.
- Für Wasserstoff aus Kohle gibt es viel mehr Verfahren als das eine oben dargestellte. Immer steigt der Exergiewirkungsgrad an. Immer aber auch muss das mitproduzierte Kohlendioxid sequestriert, verflüssigt und endgelagert werden, woran hart zu arbeiten ist. Noch sind die Langzeitfolgen der Speicherung von Kohlendioxid in der Tiefsee, in ausgekohlten Kohleflözen, in geleerten Erdgaslagern oder im salinen Untergrund weitgehend unbekannt! Vorteilhaft ist, dass die Produktionstechnologien für Wasserstoff und Kohlendioxid seit vielen Jahrzehnten bekannt sind, einige hundert Kohlevergasungsanlagen sind weltweit in Betrieb. Deutschland produzierte in den 1930er und 40er Jahren Kraftstoffe aus Kohle, Südafrika tut es noch heute. Kohle ist ubiquitär, sie wird auf allen Kontinenten geschürft, verfügt über ein weltweit eingespieltes Transportsystem und war bisher preislich mäßig volatil. Zudem ergäbe sich die Chance, Wasserstoff aus Kohle am Bergwerk zu

produzieren und den gewonnenen Wasserstoff verflüssigt zu verschiffen; das mitproduzierte Kohlendioxid bliebe vor Ort und entlastete den Energiekäufer, der heute nicht nur die Energie erwirbt, sondern in aller Regel die Schadstoffe und potentiellen Klimagase gleich mit; es obliegt ihm, sie für Umwelt und Atmosphäre schadlos zu beseitigen, der Energieverkäufer ist bisher hiervon freigestellt.

9 Phasen

Die Wege der Energietechnologien von der Vision bis zum Markt unterscheiden sich regelmäßig in drei Phasen: In der ersten Phase trifft die Vision bei Fachkundigen auf Unverständnis; sie ist zu weit entfernt vom Gewohnten, um realistisch oder gar „wahr“ zu sein. Gleichwohl gilt auch hier Einsteins Wort, wonach „Visionen wichtiger sind als Wissen, denn Wissen ist endlich“. - In der zweite Phase gibt es Gegenhaltungen; sie aber zeugen bereits davon, dass die Vision überdacht wurde, und dass vielleicht bedauert wird, seinerseits nicht beteiligt gewesen zu sein. – Und in der dritten Phase schließlich beginnt die Operationalisierung.

In der Energietechnik überstreichen die drei Phasen Jahrzehnte: Die modernen F,E&D – Arbeiten an der Photovoltaik oder den solarthermischen Kraftwerken sowie an der energetischen Nutzung des Wasserstoffs begannen etwa mit der ersten Ölkrise. Heute, 30 bis 40 Jahre später, ist die Photovoltaik weltweit mit einigen - ansehnlichen, gleichwohl im Vergleich nach wie vor nahezu vernachlässigbaren - Gigawatt am Markt, die in Betrieb, im Bau oder in der Planung befindlichen solarthermischen Kraftwerke haben es zusammen bisher auf nicht mehr als einige hundert Megawatt gebracht, und die energetische Nutzung von Wasserstoff beschränkt sich auf die Raumfahrt, die Raffinerien und wenige Spezialfälle wie Brennstoffzellen – U-Boot – Antriebe; die nicht-energetische Nutzung dominiert nach wie vor.

Die klassischen Marktentwicklungen vom Start bis zur Sättigung folgen S-förmigem Verlauf: Noch haben Wasserstoff und seine Technologien den Wendepunkt in den marktlichen Selbstlauf nicht erreicht. Erreichen werden ihn wohl als Erste die portablen Elektroniken, deren Brennstoffzellen an Stelle der Batterien die mehrfache Lebensdauer versprechen; danach kommen die stationären Brennstoffzellen an den Markt, deren Einstandskosten sich der Wirtschaftlichkeit nähern; und schließlich wird der Wasserstoff an Bord der Fahrzeuge genommen werden. Das Rennen zwischen dem Wasserstoff versorgten Verbrennungsmotor und der Brennstoffzelle ist hochspannend, aber es ist noch nicht entschieden: die Brennstoffzelle muss noch Kostensprünge nach unten machen, um sich dem Motor zu nähern, der für einige zehn €/kW auf dem Markt zu haben ist. Und der Motor hat durchaus Potential, er wartet nicht darauf, zum alten Eisen geworfen zu werden.

10 Fazit

Energie ist nichts für Pessimisten. Energie ist auch nichts für Ideologen und Träumer. Der Ingenieur als Realist steht auf dem Fundament der Exergothermodynamik, die den Wasserstoff und seine Technologien unabdingbar macht. Der Marktwirtschaftler muss die externe Kosten internalisieren, um auf dem Wege zur Wirtschaftlichkeit Kostenvergleichbarkeit zu gewährleisten. Und der Politiker, der deutsche Politiker zumal, darf nicht zulassen, dass die Energieimportabhängigkeit seines Landes geradezu lebensgefährliches Ausmaß annimmt.

Deutschland wird abhängiger Energieimporteur bleiben. Aber rationelle Energieumwandlung und Energieanwendung, die heimische Nutzung erneuerbarer

Energien sowie Wasserstoff und seine Technologien verschaffen dem Land die Mittel, diese Abhängigkeit zu mildern. Deutschland ist auch mit der Hälfte der Primärenergie „zu betreiben“, beschloss schon in den frühen 1990er Jahren die Bundestags-Enquête „Schutz der Erdatmosphäre“ - einstimmig!

Gibt es „Beschleuniger“? Soll überhaupt beschleunigt werden? - Gewiss, die Klimaökologie drängt und begünstigt die Wasserstoffenergiewirtschaft, denn Wasserstoff ist kein Klimagas. Der galoppierende Ölpreis reduziert den Kostenabstand und schafft realistische Wirtschaftlichkeitsvergleiche umso früher. Und selbstverständlich sind die neuen Technologien als Exportgut des - noch - „Exportweltmeisters“ nur willkommen.

Aber, es gibt Zweifel, ob Beschleunigung überhaupt geht. Erinnern wir uns: die Gasturbine wurde 1791 in einem englischen Patent erstmals erwähnt, 150 Jahre später flog sie zunächst als Jettriebwerk an Bord von Messerschmitts oder Junkers' Flugzeugen, und heute erst ist sie sehr erfolgreich als Bestandteil hocheffizienter GuD-Anlagen am Boden. – Oder die Kernenergie: die erste Kernspaltung wurde 1938 von Otto Hahn in Berlin demonstriert, heute, 70 Jahre später liegt Kernenergie weltweit bei 7 bis 8% Primärenergieäquivalent (und es gibt ein Land, das die Kernenergienutzung bereits wieder beenden will). Und schließlich die Brennstoffzelle, die erstmals 1838 von Grove und Schönbein beschrieben wurde, auch sie flog zunächst in der Mitte des 20. Jahrhunderts an Bord von Raumflugkörpern und lieferte Strom und Trinkwasser für die Astronauten. Heute, 170 Jahre nach ihrer ersten Erwähnung, hat sie noch immer den unumkehrbaren Markteintritt vor sich.

Die wohl allerwichtigste noch ungenommene Hürde aber ist das Bewusstsein der Menschen, das nicht beschleunigt werden kann, vielmehr Überzeugung und die Kraft des Faktischen braucht. Und Führung! Noch immer finden sich Wasserstoff und seine Technologien „nur“ in den Forschungs- und Entwicklungsbudgets der Bundesregierung, noch immer kommen Wasserstoff und seine Technologien in den Protokollen der Gipfel der G8 oder der Bundesregierung kaum vor. Länderregierungen gehen voran.

Woraus gewinnt der Realist sein Verhalten, in der Beförderung der Wasserstoffenergiewirtschaft nicht nachzulassen? – Aus der Erfahrung, dass die exergetisch hocheffizienten Wasserstofftechnologien in die reale Energiewelt gehören, dass Umwelt- und Klimaökologie die sauberen Wasserstofftechnologien brauchen, besonders die des solaren Wasserstoffs, und dass der erforderliche Bewusstseinswandel in der Gesellschaft zwar nicht letztlich vollzogen, aber positiv ist: „Immer siegt in der Politik die langsame Zähigkeit über die unbeherrschte Kraft“ (Stefan Zweig).

... und merke: www.itsHYtime.de