

WIE REVOLUTIONÄR IST DIE SOLARE WASSERSTOFFWIRTSCHAFT?

Karl-Heinz Tetzlaff

Mörikestr. 6 ~ D-65779 Kelkheim ~ www.bio-wasserstoff.de

Schlüsselwörter: Wasserstoff, solar, Wasserstoffwirtschaft, Biomasse, Paradigmenwechsel, Infrastruktur, Potential, Kosten

Zusammenfassung: Was kennzeichnet eine Wasserstoffwirtschaft? Nach Klärung der Begriffe werden die wesentlichen Eigenschaften einer künftigen Wasserstoffwirtschaft erläutert. Die Wahl der Primärenergie und das Konversionsverfahren sind für die Wettbewerbsfähigkeit einer solaren Wasserstoffwirtschaft von entscheidender Bedeutung. Die kostengünstigste Primärenergie ist mit Abstand die Biomasse. Bei dieser Betrachtung müssen auch die verfügbaren Potentiale sowie die ökologischen und politischen Auswirkungen bedacht werden. Da Wasserstoff heute bereits billiger als Erdgas an den Endverbraucher geliefert werden kann, wird deutlich, wie revolutionär eine solare Wasserstoffwirtschaft ist. Danach müssen wir uns fragen, ob unsere jungen Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien wirklich zukunftsfähig sind.

1. Was ist eine solare Wasserstoffwirtschaft?

In einer Stromwirtschaft wird *Strom* an den Endkunden geliefert. In einer Wasserstoffwirtschaft wird *Wasserstoff* an den Endkunden geliefert. So weit so klar. Doch irgendwer scheint unsere Sprache verwirrt zu haben damit wir aus der Öl- und Klimafalle nicht herausfinden.

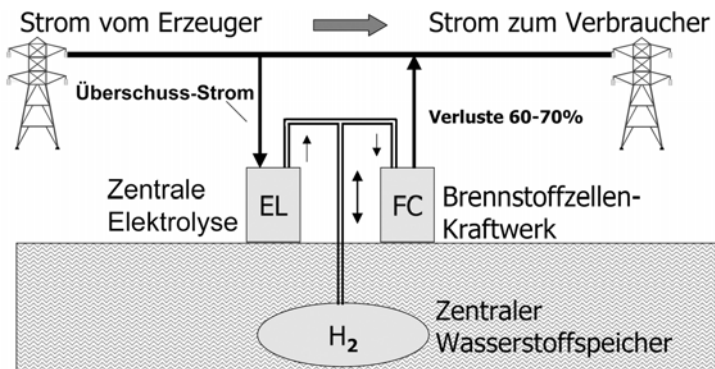


Abbildung 1: Amtliche Wasserstoffwirtschaft, die eine Stromwirtschaft ist

Irgendjemand hat das Konzept nach Abbildung 1 zuerst als „solare Wasserstoffwirtschaft“ in die Welt gesetzt. Damit sollte Wind- und Photovoltaikstrom in zentralen Anlagen gespeichert, und bei Bedarf durch Rückverstromung wieder in das Stromnetz eingespeist werden. Die amtliche und nichtamtliche Welt ist nun verliebt in diese falsche „solare Wasserstoffwirtschaft“. Die Politik der Welt wird danach ausgerichtet. Nun geht es zu wie im Märchen „Des Kaisers neue Kleider“ von Hans Christian Andersen, bis jemand vom UBA sagt: „Der Kaiser ist nackt“ [1]. Recht hat er! Es ist gar keine Wasserstoffwirtschaft, sondern eine Stromwirtschaft, denn letztlich wird *Strom* geliefert. Wegen hoher Verluste und hoher Kosten ist dieses Strommanagement nicht zu empfehlen [2]. Mit dieser unechten Wasserstoffwirtschaft im Kopf investieren wir massiv in Technologien, die wir in einer echten Wasserstoff nicht brauchen.

Eine echte solare Wasserstoffwirtschaft ist dadurch gekennzeichnet, dass *Wasserstoff* an den Endverbraucher geliefert wird. Hier wird also auf allen Ebenen mit Wasserstoff gehandelt und

gewirtschaftet. Wasserstoff lässt sich bekanntlich aus allen Energieformen herstellen. Atomare und fossile Energien sind jedoch heute weder wettbewerbsfähig noch zukunftsfähig. Zur Herstellung von solarem Wasserstoff kommt deshalb nur Solarstrom und Biomasse in Frage.

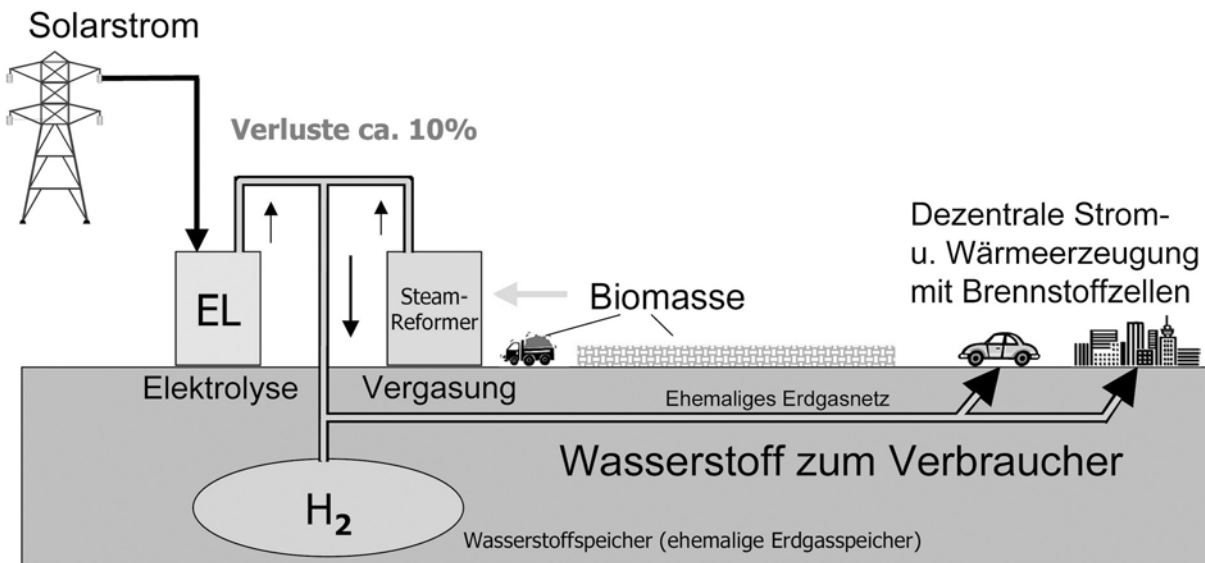


Abbildung 2: Echte solare Wasserstoffwirtschaft

Da die Verluste bei der primären Energiewandlung gering sind, können diese Anlagen groß sein und weit ab vom Verbraucher errichtet werden. Beim Verbraucher wird der Wasserstoff dann mittels Brennstoffzellen je zur Hälfte in Strom und Wärme umgewandelt. Bedingt durch diesen gewaltigen Stromüberschuss, können wir von einer wärmegeführten Energiewirtschaft sprechen, die auf der Anwenderseite prinzipiell keine Energieverluste kennt. So gelangen ca. 90% der Primärenergie als Nutzenergie zum Endverbraucher.

2. Wahl der Primärenergie

Der kostengünstigste Weg zur Herstellung von Wasserstoff ist die thermochemische Vergasung von Biomasse in industriellen Anlagen. Für den Fall, dass der Landwirt 1,5 ct/kWh (73 €/t, Trockenmasse) für Biomasse bekommt, betragen die Herstellkosten für Wasserstoff ca. 2,5 ct/kWh (Hu) bzw 2,1 ct/kWh (Ho). Der Landwirt kann mit unsubventionierter Biomasse zum o. g. Preis besser leben als mit subventioniertem Getreide. Elektrolysewasserstoff wäre bei einem Strompreis von 2,1 ct/kWh konkurrenzfähig, wenn die Umwandlung zu 100% erfolgt und der Elektrolyseur nichts kostet. Man muss wohl davon ausgehen, dass Strom weniger als 1,5 ct/kWh kosten muss, um wettbewerbsfähig zu sein. Das ist weder mit „grünem“ Strom noch mit Atomstrom möglich, auch in Zukunft nicht. Die Vergasung fossiler Energieträger wäre bei einem Preisniveau von etwa 30 US\$/bbl betriebswirtschaftlich wettbewerbsfähig aber volkswirtschaftlich selbst geschenkt zu teuer. Auch die chemische Industrie wäre gut beraten, ihre organische Produktpalette aus Wasserstoff und Kohlendioxid herzustellen.

3. Potentiale in einer Wasserstoffwirtschaft

Wenn Wasserstoff aus Biomasse besonders kostengünstig ist, dann stellt sich die Frage nach dem Potential. Zur Zeit ersetzen wir etwa 1,4% unserer Primärenergie durch Biomasse [3]. Die Gutachter sagen, dass maximal 8,7% technisch nutzbar sind [4]. Solche Aussagen werden auf der Grundlage technisch verfügbarer und wirtschaftlich sinnvoller Umwandlungstechnologien getroffen. Für den Wasserstoff-Pfad liegen keine derartigen Auftragsgutachten vor, weil die

Wasserstoffwirtschaft durch die babylonische Sprachverwirrung (s. o.) mental blockiert ist. So besteht das Biomassepotential der Auftragsgutachter hauptsächlich aus Festbrennstoffen, die natürlich möglichst trocken sein müssen. Ein Steam-Reformer zur Herstellung von Wasserstoff kann dagegen mit nasser Biomasse (Silage) betrieben werden. Damit wird ein neues Potential über grüne (unreife) Energiepflanzen erschlossen. Die Auftragsgutachter berücksichtigen überdies nur das Potential der von der EU verordneten Stilllegungsfläche. Das sind derzeit etwa 1,5 Mio Hektar. Das heikle Thema Agrarexporte zu Dumpingpreisen wird von ihnen nicht aufgegriffen. Die Industrieländer, allen voran die EU, wenden etwa 1 Milliarde Euro pro Tag auf, um die Landwirtschaft in der dritten Welt zu zerstören. Die zuständige Ministerin (Wieczorek-Zeul) nennt das zu Recht „Agrarterror“. Würden wir uns in der EU auf einen Selbstversorgungsgrad von 100% beschränken, stünden in Deutschland ca. 6 Mio. Hektar, also ein Drittel der landwirtschaftlichen Fläche, zur Verfügung [5]. Wenn durch die Osterweiterung der EU die gewaltigen überschüssigen landwirtschaftlichen Flächen solidarisch (prozentual) auf alle EU-Länder verteilt werden, ist fast die gleiche Fläche hinzuzurechnen. Diese Betrachtung ist deshalb gerechtfertigt, weil die EU eine gemeinsame Agrarpolitik (GAP) hat und Wasserstoff über Rohrleitungen leichter transportierbar ist als Agrarprodukte. Das alles führt dazu, dass wir in Europa mehr Energie aus der Landwirtschaft erzeugen könnten als zum Ersatz aller atomaren und fossilen Energien notwendig wäre. Bitte beachten Sie, dass die Hälfte des Potentials durch den Basiseffekt zustande kommt, denn die Effizienz der Energiewirtschaft steigt durch die Wasserstoffwirtschaft von 38% auf ca. 87% [5].

Der pauschale Vorwurf, der Anbau von Energiepflanzen würde zu Monokulturen führen, trifft nicht zu. Da alle Arten von Pflanzen zur Herstellung von Wasserstoff genutzt werden können, wird die Vielfalt höher sein als heute. Unsere Felder werden allerdings ab dem Frühsommer nicht mehr kahl sein, denn die Sonnenenergie sollte das ganze Jahr genutzt werden. Das ermöglicht zwei Ernten pro Jahr mit zwei verschiedenen Kulturen. Dieses Zweikulturnutzungssystem führt zu einem besseren Natur- und Umweltschutz als der Öko-Landbau.

4. Kosten

Die Energiekette einer solaren Wasserstoffwirtschaft mit Biomasse besteht aus folgenden Elementen:

- Regionale Wasserstofffabriken mit einer Leistung von 100-500 MW,
- Ein Rohrnetz (Erdgasnetz) zur Verteilung des Wasserstoffs an die Endverbraucher,
- Dezentrale Nutzung des Wasserstoffs durch den Endverbraucher.

Eine wettbewerbsfähige Wasserstoffwirtschaft wird nicht von Kleinvergäsern in Hinterhöfen starten können. Unsere heutige industrielle Energiewirtschaft ist nur mit industriellen Anlagen zu schlagen. Unter Berücksichtigung der benefits of scale und der Transportkosten, sollte die Anlagengröße aber auf ca. 500 MW Wasserstoffleistung begrenzt werden. Für diese Anlagengröße ergeben sich folgende Herstellkosten für den Wasserstoff bezogen auf den Heizwert (Hu), ohne Steuern [5].

Kostenart	Kosten [ct/kWh]
Kosten der Biomasse	1,5
Verluste bei der Umwandlung	0,5
Investitionsabhängige Kosten	0,5
Herstellkosten	2,5

Tabelle 1: Herstellkosten für Bio-Wasserstoff

Wie aus Tabelle 1 zu entnehmen ist, betragen die Herstellkosten für Bio-Wasserstoff ca. 2,5 ct/kWh (Hu) bzw. 2,1 ct/kWh (Ho). 80% der Herstellkosten entfallen auf die Kosten für Biomasse. Anders als die Verteilung von Strom, ist die Verteilung von Energie über ein Rohrnetz sehr kostengünstig. Unter Berücksichtigung der Verteilungs-, Mess- und Vertriebskosten ergeben sich für die Endkunden folgende Durchschnittspreise.

Tarif	Kosten (Hu) [ct/kWh]	Kosten (Ho) [ct/kWh]
Industrie	2,8	2,4
Haushalt	3,2	2,7
700 bar an der Tankstelle	4,1	3,5

Tabelle 2: Wasserstoff-Tarife

Inklusive MWSt kostet Wasserstoff für den Privathaushalt ca. 3,1 ct/kWh. Erdgas kostet doppelt so viel. Für die aktuellen Kosten der Teilmärkte ergibt sich dann folgendes Bild.

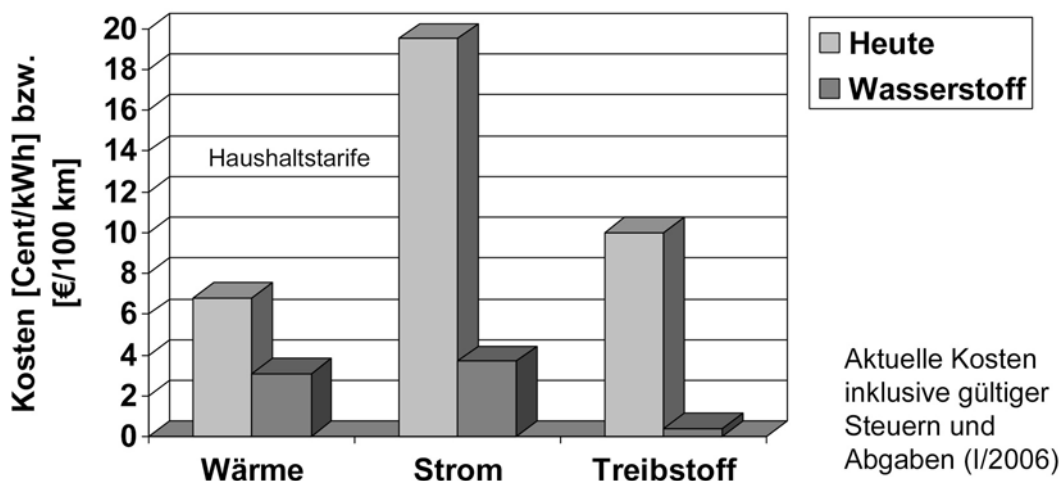


Abbildung 3: Energiekosten heute und morgen

Da Wasserstoff auch auf dem Wärmemarkt billiger ist als eine Wärmeversorgung mit Öl oder Gas, kann die grüne Wasserstoffwirtschaft auch ohne Brennstoffzellen beginnen. Hat erst einmal ein regionaler Gasversorger sein Netz auf Wasserstoff umgestellt, wird auch die Massenfertigung von Brennstoffzellenheizungen beginnen. Wenn der regionale Gasversorger Nachahmer findet, wird auch die Belieferung von Tankstellen zum Geschäft gehören. Stadtwerke können dann unabhängig von Ferngasgesellschaften, Ölwirtschaft und EVU's, den gesamten Energiemarkt beliefern.

Am Anfang ist an den Heizkesseln nur die Erdgas-Brennerdüse gegen eine solche für Wasserstoff auszuwechseln. Das haben wir schon einmal gemacht als von Stadtgas (60% Wasserstoff) auf Erdgas umgestellt wurde. Auch die industrielle Vergasung kohlenstoffhaltiger Energieträger beherrschen wir seit 180 Jahren. Eine revolutionäre Technik ist beides nicht, nur die Auswirkungen auf Wirtschaft und Politik sind revolutionär. Hier liegt das eigentliche Problem!

Bei einer solaren Wasserstoffwirtschaft wird von den Gutachtern immer auf die „immensen“ Kosten für eine Wasserstoffinfrastruktur verwiesen [6]. Für die unechte Wasserstoffwirtschaft mag das richtig sein, nicht jedoch für eine echte solare Wasserstoffwirtschaft. Wenn man für die Installation einer solaren Wasserstoffwirtschaft 15 Jahre veranschlagt, sind nach Tabelle 3 folgende

Investitionskosten zu erwarten. Zum Vergleich werden die Investitionskosten genannt, die anfallen, wenn wir so weiter machen wie bisher.

Business as usual	Mrd. €	Wasserstoffwirtschaft	Mrd. €
Reparatur und Erneuerung von konventionellen Kraftwerken und Stromnetze	200	Wasserstofffabriken	25
Anteil der Erneuerbaren Energien auf 20% anheben (Essener Deklaration 2005)	200	Gasnetzausbau	10
Wärmedämmung zur Reduzierung des Energieverbrauchs	1000	Energiesparen nicht erforderlich	0
Summe	1400	Summe	35

Tabelle 3: Investitionskosten im Zeitraum von 15 Jahren

Wie man sieht, ist die Installation einer kompletten Wasserstoffinfrastruktur mit 35 Mrd. € sehr viel kostengünstiger als die Aufrechterhaltung des Status quo.

5. Revolution durch Marktwirtschaft?

Die revolutionären Eigenschaften der solaren Wasserstoffwirtschaft sind allein schon durch die Kosten begründet. So ein Konzept müsste sich von alleine im Markt durchsetzen, wenn es nach der reinen Lehre ginge. Wie die Auseinandersetzungen der Ferngasgesellschaften mit dem Kartellamt in Bezug auf Lieferverträge mit Stadtwerken zeigt, herrscht aber kein freier Wettbewerb. Damit sich eine Wasserstoffwirtschaft von den Regionen ausbreiten kann, müssten Stadtwerke sich frei für reinen Wasserstoff entscheiden können und danach nicht gezwungen werden „schmutziges“ Erdgas durchzuleiten, das die Brennstoffzellen im Netz zerstören würde. Der Staat hat also die Option, das Netz zu verstaatlichen oder die bestehenden Gesetze und Regelwerke anzupassen. Die Bereitstellung einer zukunftsfähigen Infrastruktur ist eine originäre staatliche Aufgabe.

6. Stranded Investments

In einer solaren Wasserstoffwirtschaft kann nur das bestehende Erdgasnetz übernommen werden. Nicht mehr benötigt werden Investitionen für:

- Atomare und fossile Energieträger wie Uran, Kohle, Erdöl, Erdgas und ihre Umwandlungstechnologien und Verteilungsstrukturen
- Stromerzeugung mit Erneuerbaren Energien, die auf das nationale Stromnetz angewiesen sind
- Fernwärme und Nahwärme, soweit diese auf Kraftwerke angewiesen, oder zu teuer sind
- Alle Treibstoffe, die auf Verbrennungsmotoren angewiesen sind

Investitionen in diesem Bereich sind stranded Investments. Das gilt für die gesamten Energieketten. Diese Strukturen sind gegenüber einer solaren Wasserstoffwirtschaft einfach nicht wettbewerbsfähig. Der Staat muss sich auch entscheiden, ob er die Erneuerbare Energien weiterhin nach dem EEG fördern will, denn diese werden in einer Wasserstoffwelt bis auf wenige Ausnahmen nicht mehr benötigt. Die solare Wasserstoffwirtschaft ist also keine Ergänzung sondern eine Alternative für die heutige Energiewirtschaft.

7. Politische Erdbeben

Eine weltweite solare Wasserstoffwirtschaft bedeutet nicht nur einen Paradigmenwechsel für die Energiewirtschaft, sie hat auch erhebliche politische Auswirkungen:

- Durch eine autonome Energieversorgung werden die Länder außenpolitisch unabhängig.
- Durch Beendigung unseres Agrarerrors kann die 3. Welt gesunden.

- Der ölabhängige Terror der islamischen Fundamentalisten trocknet aus.
- Nationalstaaten und Staatenverbände können von den Bretton-Woods-Institutionen (IWF, WTO, Weltbank) nicht mehr mit Öl, Hunger und Verschuldung diszipliniert werden.
- Militärische Macht wird weitgehend irrelevant.
- Die vom Petrodollar geliehene Macht wird verblassen.

Daraus kann Neues entstehen, vielleicht eine menschendienliche Globalisierung (Kock).

8. Mutprobe

Wie jede typische Revolution, ist auch eine Energierevolution durch die Feigheit der Betroffenen gekennzeichnet. Es fehlt an Mut, seinem eigenen Verstand mehr zu trauen als den Einflüsterungen der Energielobby. Immanuel Kant (1724-1804) hat das im Vorfeld der Französischen Revolution in die Worte gefasst: „Aufklärung ist der Ausgang des Menschen aus seiner selbstverschuldeten Unmündigkeit. Unmündigkeit ist das Unvermögen, sich seines Verstandes ohne die Leitung eines anderen zu bedienen. Selbstverschuldet ist diese Unmündigkeit, wenn die Ursache derselben nicht im Mangel des Verstandes, sondern der Entschließung und des Mutes liegt, sich seiner ohne Leitung eines anderen zu bedienen.“ Daraus ist dann der Schlachtruf der Französischen Revolution entstanden: Sapere aude! „Habe Mut, dich deines eigenen Verstandes zu bedienen.“ Diese Sätze haben die Welt nachhaltiger verändert als alle Kriege zusammen. Sie können es wieder tun!

9. Ein Feuerwerk der Prosperität

Wie gezeigt wurde, werden durch eine solare Wasserstoffwirtschaft erhebliche Finanzmittel frei. Kompetente Wirtschaftsfachleute sagen darum eine Welle der Prosperität voraus, die von ähnlicher Dynamik sein wird wie bei der Einführung der kohlebeheizten Dampfmaschine. Das betrifft zuerst die Region des „first movers“. Hier entsteht ein Hydrogen Valley, das das kalifornische Silicon Valley weit in den Schatten stellen wird.

Literatur

-
- [1] Axel Friedrich et al; Die Wasserstoffflüge; Titelstory in der Zeitschrift TECHNOLOGY REVIEW, 4/2006
 - [2] Karl-Heinz Tetzlaff; Sinn und Unsinn einer solaren Wasserstoffwirtschaft; XII. Symposium REGWA, Fh Stralsund 2005; Tagungsband Seite 153-156
 - [3] Hartmut Spliethoff; Themische Nutzung von Biomasse – Ausgangsstoffe und Konversionsverfahrens; FVS-Jahrestagung 2005
 - [4] Konkurrenzanalyse der energetischen Nutzung von Biomasse; ZES, März 2005
 - [5] Karl-Heinz Tetzlaff; Bio-Wasserstoff – Eine Strategie zur Befreiung aus der selbstverschuldeten Abhängigkeit vom Öl; BoD Verlag 2005, ISBN 3-8334-2616-0
 - [6] bild der wissenschaft 3/2004; Titelstory, Seite 84-101

13. Symposium Nutzung Regenerativer Energiequellen und Wasserstofftechnik, Fh Stralsund 2.-4. Nov. 2006; Tagungsband; ISBN 3-9809953-2-1; Seite 113-118