

Wasserstoff: Klimaretter oder Fata Morgana?



Kurzbericht -persönl. ergänzt- von Dipl.-Ing. Martin Lindemann, Do. 26.11.20, über die weiterführendsten Ergebnisse des Vortrags von Professor Agar (Lehrstuhl für Chemische Verfahrenstechnik der TU-Dortmund) über **Wasserstoff, Klimaretter oder Fata Morgana**, am 20.11.2020 um 16Uhr, gehalten auf Moodle.de mit anschließender Diskussion. **Schluss-Fazits S. 6-7**

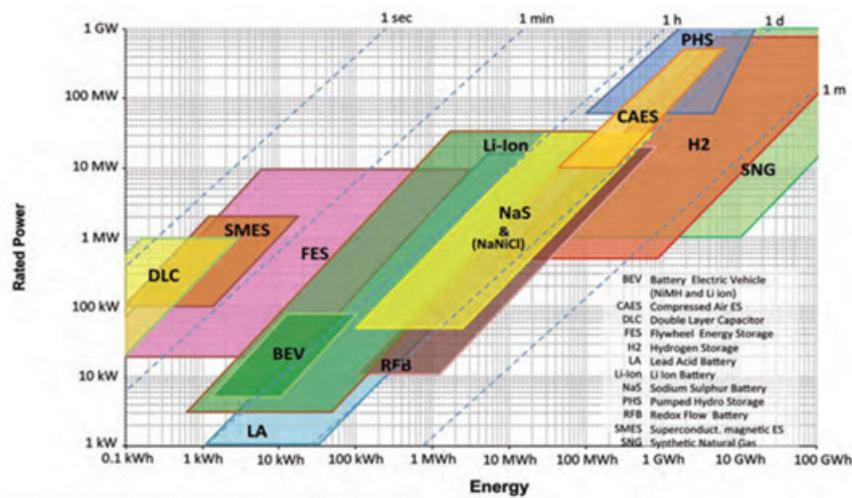
Einleitung: Der **Klimawandel** ist Realität. Lt. Graphic des Mauna Loa Observatory, Hawaii, vergrößert sich der CO₂-Gehalt in der Atmosphäre seit den fünfziger Jahren von 315 auf heute 410ppm exponentiell. Lediglich dieses Jahr 2020 könnte pandemiebedingt ein etwas schwächerer Anstieg erfolgen.

Problem der Energiespeicherung in windarmen Dunkelzeiten

Will man dem Klimawandel mit grüner Energie (im wesentlichen Biomasse, Erdwärme per Wärmepumpe, Wind und Solar) begegnen, muss man für windarme Dunkelzeiten, die im kalten Winter gehäuft auftreten, grüne Energie speichern. Neben Biomasse/Holz kommen dafür im großen Maßstab Energieträger wie E-fuels (mit schlechterem Wirkungsgrad Methanol, Ethanol, Biodiesel) sowie bei besserem Wirkungsgrad synthetisches Erdgas, Ammoniak und Wasserstoff in Frage.

Lücken der Elektrifizierung

Energiespeicherung



<https://pdiwan.medium.com/battery-energy-storage-system-eb0e9a57d546>

1. Technisch vielversprechend wären türkiser und grüner Wasserstoff bzw. Ammoniak

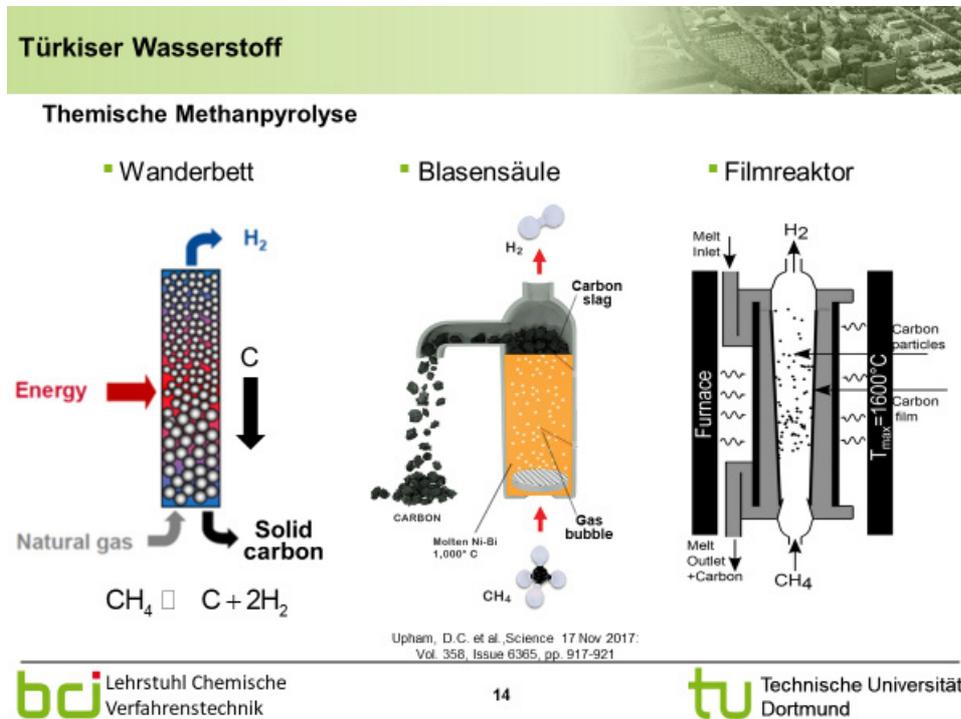
a) „türkiser“ Wasserstoff aus Erdgas-Pyrolyse mit Kohlenstoff-Abscheidung

Zur Energiespeicherung kommt entweder „türkiser“ Wasserstoff aus Erdgas in Frage, dessen Kohlenstoff durch Pyrolyse bei etwa 1000°C als deponiefähige (Staub)Partikel abgetrennt wird. Sowohl Wanderbettverfahren, als auch Filmreaktoren oder Schmelzmetall-Verfahren sind aufgrund Rußablagerungen und Verkokung in den Reaktionsrohren leider als etwas anspruchsvoll, störanfällig und noch im Entwicklungsstadium befindlich einzustufen. Andere Verfahren, wie die chemische Pyrolyse, sind ebenso anspruchsvoll (teure säureresistente Werkstoffe) und enthalten u.U. die Gefahr von Fluor- oder Chlor-Verunreinigungen im abgetrennten Kohlenstoff bei seiner Deponierung.

Ein weiterer Nachteil ist das zur Pyrolyse benötigte (fossile) **Methan**, was aus den Erdgasbohrlöchern und Pipelines entweicht. Das entspricht momentan 20% des Gesamt-Methan, was in die Atmosphäre entweicht. Zum Vergleich ist der Anteil des Methans aus der Rinderhaltung 29%, Reisfelder 10%, Abwasser 9%.

Anmerkung von Martin Lindemann: bleibt festzustellen, dass nach 12-15 Jahren durchschnittlicher Halbwertszeit von (insofern „harmloserem Rinder“- & Reis-“)Methan in der Atmosphäre dieses wieder zu CO₂ oxidiert wird (Wikipedia). Was über den Nahrungskette-Photosynthese/Atmungskreislauf der Rinder letztendlich wieder im nachwachsenden Futtergrashalm -quasi- „verschwindet“. Während sich schädlicheres fossiles Methan darüberhinausgehend nach dem photochemischen Abbau langfristig als überschüssiges CO₂ in der Atmosphäre anreichert, ohne*

durch den, im Kreislauf begrenzten, Pflanzenwuchs resorbiert werden zu können.
 *) Deshalb waren sogar auch riesige nordamerikanische Büffelherden in den vergangenen Hunderten von Jahren augenscheinlich nicht in der Lage, mit ihrem erheblichen „Kreislauf-Methan“ einen Klimawandel hervorzurufen (??..!)



b) „Grüner“ Wasserstoff (oder Ammoniak) aus Wind und Solarstrom
 Er wird durch Elektrolyse hergestellt, die mit überschüssigem Windstrom und Photovoltaik betrieben wird. Neben kleineren Drucktanks oder größeren Kalttanks lassen sich große Mengen Wasserstoff sich trotz grundsätzlich hoher Flüchtigkeit in Salzstöcken speichern. Der Verlust für die Kompression auf z.B. 700 bar (PKW) beträgt um die 12% des Energieinhalts des Wasserstoffs (Wikipedia). Da Wasserstoff durch viele Metalle, besonders Eisen, in erheblichem Masse hindurchdiffundiert und auch versprödet wirkt, lässt sich das vorhandene Erdgasnetz nicht ohne weiteres auf Wasserstoff umstellen. Wasserstoff-Beimischungen bis zu 20% wurden jedoch schon getestet. Wasserstoff-Kaltverflüssigung scheidet wg. (zu) hoher Verluste eher aus, die – hiernach von Martin Lindemann angemerkt - zwischen 28 -48% des Energieinhalts (überkritische Semidruck- bzw. drucklose Kalt-Verflüssigung) nebst zusätzlicher Verdampfungsverluste beim Lagern von 3% pro Tag liegen (Wikipedia). Das an sich zwar hochgiftige Ammoniak wäre mit seiner höheren Energiedichte in flüssiger Form zumindest für sichere Großlager in Gasturbinen-Kraftwerken oder auf Schiffen der geeigneteren Energiespeicher. nachträgl. Einwand Peter Silberg (Dortmunder Klimabündnis) wg Methanol oder Harnstoff beantwortet M. Lindemann: beides wäre langfristig suboptimal, da sie zur Synthese immer noch eine Kohlenstoffquelle benötigen; hierzu also einem fossilen Kraftwerk eine CCUS nachgeschaltet werden muss.

2. Grüner Strom umgewandelt für Autos

Vom Gesamtwirkungsgrad Windrad ans PKW-Antriebsrad liegt das E-Auto mit 73% weit vorn. Das Wasserstoffauto kommt auf 22%, das mit E-fuels betriebene bei lediglich 13%.

Biomasse umgewandelt in Auto-km: auch liegt ebenso der Weg über Verbrennung zwecks Verstromung doppelt so günstig wie der über Biomethan oder Biofuels, bzw. viermal so günstig wie über Biodiesel oder Biomethanol.



Nutzbarkeit von Überschussstrom zur Energiespeicherung über grünen Wasserstoff?

Das günstigste „grüne“ Verfahren zur Wasserstoffherstellung ist die Alkali-Elektrolyse. Allerdings wird sie unterhalb einer Teillast von 40% aufgrund gleichbleibend hoher Anlagen- sowie Chemikalienverbrauchs-Kosten unwirtschaftlich und spezifisch zu teuer. Da hierzulande Wind- und Solarstrom-Überschusszeiten aber deutlich unter 20% der Jahresstunden zu erwarten sind, scheidet grüner Überschuss-Wasserstoff zur Energiespeicherung somit als wirtschaftlich -deutlich- unrentabel eher aus. *Anm. M. Lindemann: Optimale Elektrolysebedingungen erforderten eigentlich eine möglichst stetige Grundlast wie fossile Energie (am besten nur als „türkise“ Gaspolyse) oder Atom. Was allerdings nur noch eingeschränkt bzw. kaum mehr vertretbar erscheint... (?)*

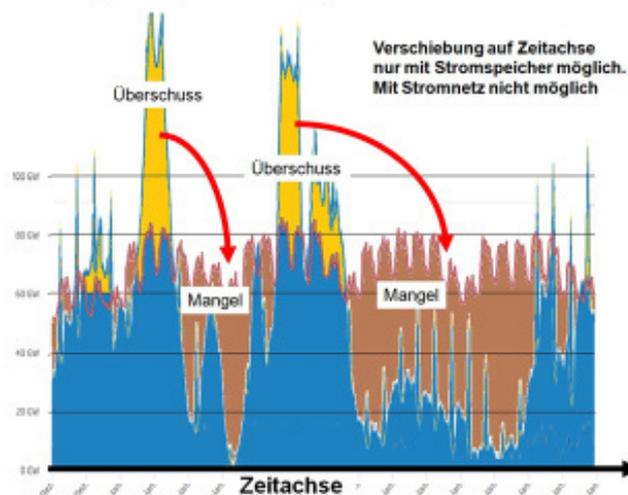
zu 1. und 2. von Martin Lindemann angemerkt: weil der Wirkungsgrad bei Rückverstromung inkl. Elektrolyse, Druckspeicherung und -teurer-Brennstoffzelle oder GUD-Kraftwerk bei höchstens $80\% \times 88\% \times 60\% = 42\%$ liegt, ist es von der CO₂-Bilanz deutlich günstiger, mit Wind/Solarstrom

zunächst fossile Brennstoffe 100%-ig zu ersetzen und erst nachrangig Wasserstoff zu erzeugen. Da das dann aber per se grüner Überschussstrom sein müsste, ist der **grüne Wasserstoff-Pfad zur Energiespeicherung** von den real erwartbar viel zu hohen Teillast-Kosten gesehen **ein von vornherein „totes Pferd“**! (Hierin stimmte mir Prof. Agar in der anschließenden Diskussion im Grundsatz zu.)

Lücken der Elektrifizierung

Nachfrage und Angebot

- Benötigte Energiespeicherkapazität für 100% erneuerbare Energie: 55-74 TWh (6-8 Tage)
- 360 TWh Erdgasspeicherkapazität in Deutschland



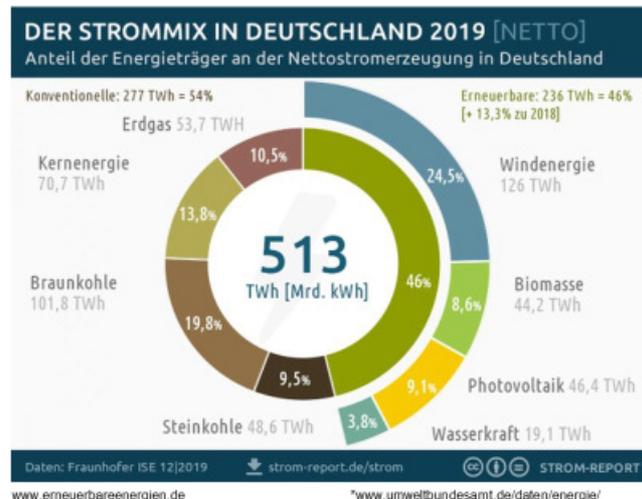
https://www.sfv.de/artikel/fernleitungen_ungeeignet_zum_ausgleich_fluktuierender_erneuerbarer_energien

3. Erneuerbare Energie nimmt im deutschen Strommix immerhin bereits 46% ein, Primärenergieverbrauch jedoch lediglich 15%. Wenn man nebst Gebäudeheizung im Winter auch Stahl und Zement usw. grün machen will, braucht man überschlägig 7 x so viel erneuerbaren Strom wie heute. Wobei eine tages- und jahreszeitlich schwankende, benötigte Speicherung des Stroms ja noch einmal eine anteilige Ver-2 ½-fachung des Ökostrombedarfs bedeutet. Grob geschätzt eine Ver-10-fachung der heutigen Windräder und Solar-Paneels für uns, sofern wir nicht in der Lage sind, unseren Bedarf besser an das Wind- und Sonne-Angebot der Natur anzupassen. Hier brachte Prof. Agar eine Angebot/Nachfrage-Preissteuerung des Stroms mittels intelligenter Stromzähler ins Spiel. Was nur bei deutlich höheren CO₂-Preisen oberhalb 50,- die Tonne funktioniert. – Anm. Martin Lindemann: dazu bedarf es wirksamer Einfuhr-Abgabe „zölle“ auf nicht-grüne Produkte wie z.B. konventionell

hergestellten Stahl aus China oder Zement aus Nigeria (sowie ggf. CO₂-Erstattungen für den Export in solche Länder ohne ausreichend hohen CO₂-Preis, bzw. für sozial schwache Geringverdiener hierzulande Erstattungskontingente zum Ausgleich, usw.)

Lücken der Elektrifizierung

Erneuerbare Energie



Nur 15% vom Primär-Energieverbrauch!*

Speicherproblematik?

Um die Größenordnungen zu veranschaulichen: Das Kohlekraftwerk Datteln4 leistet ca. 1 Gigawatt. Deutschlands Strombedarf 2019 betrug im Jahresschnitt 58 Gigawatt, wovon Windkraft 14, Photovoltaik 5 und Biomasse ebenfalls 5 Gigawatt (Wasserkraft 2) lieferten. Der Primärenergiebedarf lag im Jahresschnitt 2019 mit 400 Gigawatt noch 7-fach höher!

Der Mittags-Spitzenbedarf liegt in Deutschland bei 78 GW, die Nachtabsenkung aber immer noch bei 50GW. Da bleibt wenig übrig für eine Elektrolyse, die am wirtschaftlichsten mit stetiger Grundlast zu betreiben ist.

Schluss-Fazits

Prof. Agar: Auf Wasserstoff bezogen müsste die heutige jährliche Produktion meist grauen Wasserstoffs von 70 Mio. Tonnen weltweit ver Hundertfacht werden, um fossile Brennstoffe zu ersetzen.

Martin Lindemann: Dies erscheint allerdings illusorisch, wenn man sich bereits einmal die heutigen Auswirkungen einer „Verspargelung“ in den letzten Rückzugsgebieten der Landtier- und Meeresfische-Welt zu Gemüte führt. Merke: Auch Tiere sind -nachts- höchst geräuschempfindlich und ihre Rückzugsräume sind weder eingehaust, noch von Abstandsregelungen geschützt – ein Dilemma, was nicht nur der BUND zunehmend erkennt...

Rein rechnerisch müsste man die erneuerbaren Energien ver-16-fachen, um den Primärenergiebedarf hierzulande zu decken. Und selbst dann bleibt aufgrund des unwirtschaftlich/unökologischen Wasserstoffpfads lediglich der geringe Anteil von gut 1% an bislang verfügbarer Biomasse zur Speicherung für windarme Dunkelzeiten übrig. Wind- und Solar-Überschussstrom in Wasserstoff umzuwandeln, wird sich aufgrund hoher Investitionskosten und ungünstiger Jahresenergieauslastung auch in Zukunft kaum wirtschaftsökologisch rechnen. Das einzige sinnvolle Verwertung ansonsten abgeregelter Wind- und Solarenergie scheint im Moment die Heißwasserspeicherung in großen Tank/lagern. Da nachwachsendes Holz/Biomasse aber in direkter Konkurrenz zur heimischen Nahrungsmittelproduktion steht, ist auch hierüber eine ausreichende Speicherbevorratung kaum in Sicht. Es sei denn,

- a) - a u c h - unsere Bevölkerungsdichte verringert sich auf friedlichen Wegen drastisch,**
- b) wir verbrauchen viel weniger Energie pro Kopf, und passen**
- c) den Energieverbrauch weitestmöglich an das zur Verfügung stehende, natürliche Wind/Solar-Angebot an (intelligente Stromzähler mit stark variablen Öko-Angebots/Nachfrage-Preisen bei hohem CO₂-Preis > 60 Euro pro Tonne nebst Sozialausgleich, usw.)**

Energieimporte großen Stils z.B. aus Visionsprojekten wie Desertec können - ähnlich wie Regenwald-Soya für Tierfuttermittelimporte- leider kaum wirklich zur Lösung beitragen. Weil sie

- a) hohen Transportverlusten unterliegen,
- b) dem berechtigten Interesse Afrikas an entwicklungspolitischen Eigenbedarfs-Steigerungen entgegenstehen (Stichwort: zu billiger „Neokolonialismus“ mit Nahrungsmitteln wie Soya, Palmöl und Mais, Industrierohstoffen/gütern von Lithium bis Textilien, sowie Energie)
- c) zu oft in politisch instabilen Regionen liegen.

Prof. Agar fasst zusammen: H₂-Technologien können einen sinnvollen Beitrag leisten, sind aber kein Allheilmittel! (Vgl. die weitergehende Diskuss. mit P. Silberg!)

Zusammenfassung und Wertung

- Umstellung auf CO₂-freie Technologie muss schnell erfolgen
- keine Zeit für Perfektionismus oder Dogmatismus!
- vorhandene Infrastrukturen möglichst effektiv erschließen
- mit türkischem Wasserstoff einsteigen, auf grünen Wasserstoff umsteigen
- sinnvoller Beitrag: Industrie, Schifffahrt, Luftverkehr,..
-aber kein Allheilmittel