Wasserstoff unverzichtbar – aber keine Universallösung der Energiewende



Dr. Michael Huber, VDI Hannover AK Umwelttechnik,
FG Energie, FG Kommunaler Klimaschutz, AG Wärmewende der Scientists for Future,
Climate Watch Celle, Vertreter der Celler Klimaplattform
in den Klimaschutzausschüssen von Stadtrat und Kreistag Celle









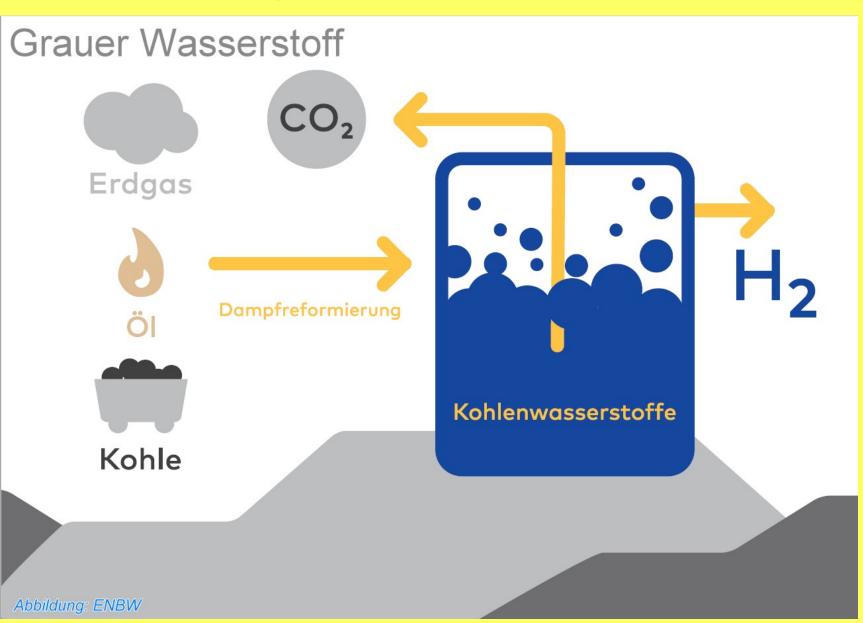


Die Farben des Wasserstoffs 1

Wasserstoff hat, je nachdem, wie er gewonnen wird, entscheidende Vor- und Nachteile

Dies wird auch durch Farben charakterisiert ...

Grauer Wasserstoff – ein Klimakiller



Durch Mischen mit ca. 500 °C heißem Wasserdampf entstehen Wasserstoff und CO2.

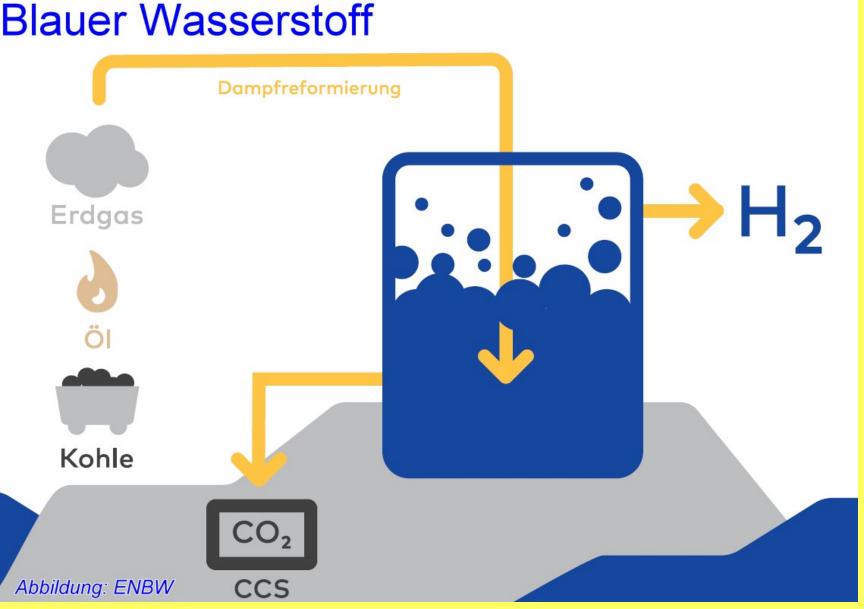
Nachteile:

- Die CO2-Emission
- Der hohe Energieverbrauch (pro 1 kWh H2 zusätzlich ca. 0,3 bis 4.4 kWh Energie)
- CH4-Emissionen bei Förderung und Transport von Erdgas.

Vorteile:

Solange Erdgas billig war (z. T. unter 1 Cent/kWh für die Industrie), sehr wirtschaftlich.

Blauer Wasserstoff - eine Ersatzhandlung



Wie grauer Wasserstoff, doch das CO2 wird unterirdisch gespeichert.

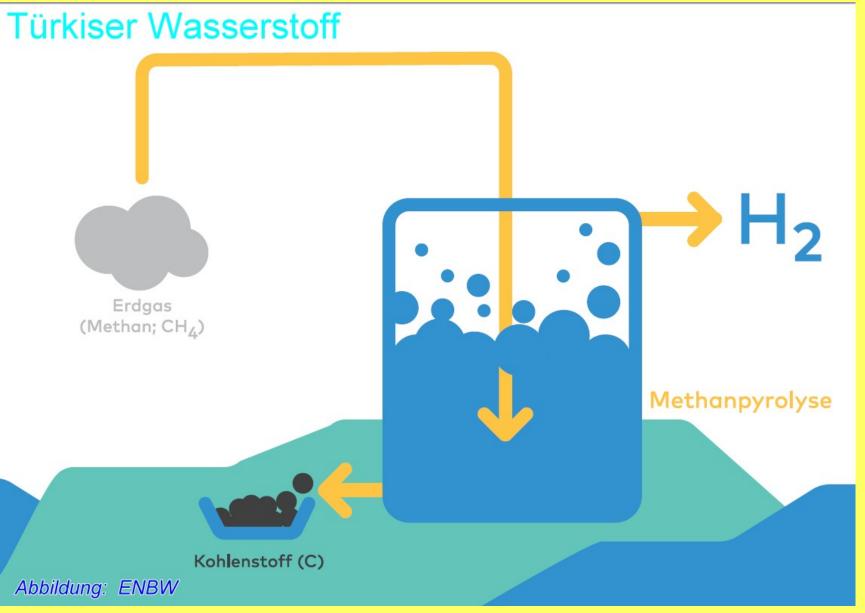
Nachteile:

- Zusätzliche Kosten für die CO2-Speicherung
- Zusätzlicher Energieverbrauch für die CO2-Speicherung.
- Die CH4-Emissionen bei Förderung und Transport von Erdgas bestehen weiter.
- Das IPCC sagt, Carbon Capture ist aus Kosten- und Energieeffizienzgründen, eine Maßnahme, die erst nach 2050 zum Tragen kommt.

Vorteile:

Die Fossil-Mafia suggeriert damit eine Alternative zur Umstellung auf Erneuerbare Energien.

Türkiser Wasserstoff – eher Fiktion statt Realität



Erdgas wird bei hohen Temperatur (bis ca. 2000 °C) in Wasserstoff und Kohlenstoff zersetzt (Pyrolyse), der dann z. B. in Bergwerksstollen abgelagert wird.

Nachteile:

- Zusätzliche Kosten für die Kohlenstoff-Speicherung.
- Theoretisch thermodynamischer Vorteil gegenüber der Elektrolyse, praktisch energetisch kaum besser.
- Der entstehende Kohlenstoff kann nicht klimaneutral genutzt werden.
- Die CH4-Emissionen bei Förderung und Transport von Methan bestehen weiter.
- Ohne wirtschaftliche Nutzung des Kohlenstoffs zu teuer.

"Vorteile":

Die Fossil-Mafia kann damit eine Alternative zur Umstellung auf Erneuerbare Energien suggerieren.

Pinker oder gelber Wasserstoff – die Hoffnung der Atommafia



Dabei wird Wasserstoff mit Strom aus der Kernenergie durch Elektrolyse gewonnen.

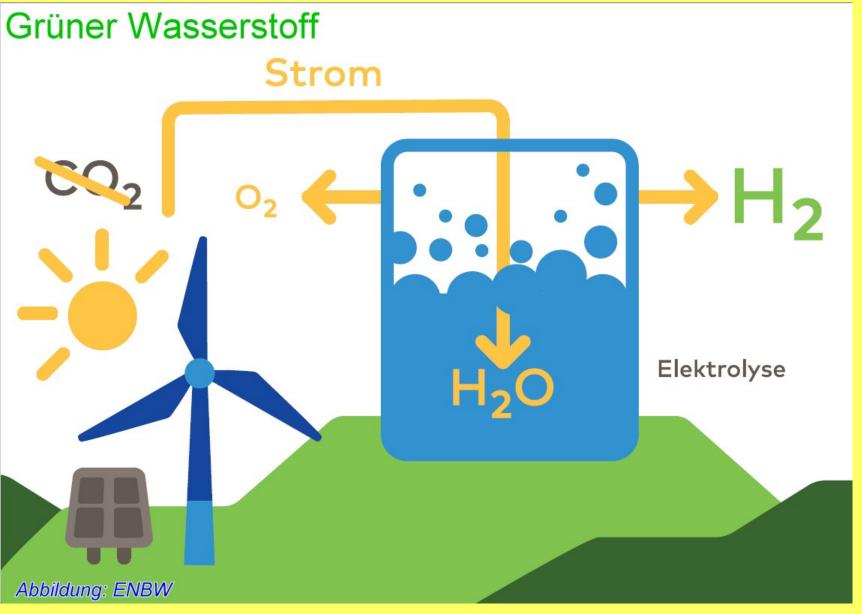
Nachteile:

- Risikoreiche Stromquelle.
- Produktion von Atommüll
- Bei Berücksichtigung des Invests in AKWs und der Entsorgungskosten extrem teuer.

"Vorteile":

- Wenig CO2-Emission
- Scheinbar (!) billig
- Ideales Greenwashing der Kernenergie
- (Vor dem Ukraine-Krieg war mit Atomstrom in Russland erzeugter Wasserstoff angeblich Plan B eines großen Chemiekonzerns)

Grüner Wasserstoff – wohldosiert eine gute Lösung



Wird durch Elektrolyse, Aufspaltung von Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff mit EE-Strom hergestellt.

Nachteile:

- Hoher Aufwand an Technik und Energie.
- Dadurch wesentlich teurer als bislang Heizöl oder Diesel.
- Zusätzlich ist der Energieverlust bei der Elektrolyse relativ groß (30 bis 50%).
- Die direkte Verwendung von EE-Strom ist dagegen energetisch und wirtschaftlich wesentlich günstiger.

Vorteile:

- Bei Verwendung von EE-Strom keine CO2-Emission.
- Für die Speicherung großer Energiemengen gut geeignet.
- Kann fossile Rohstoffe in Chemie- und Stahlindustrie ersetzen.

Impuls Statement

Grüner Wasserstoff ist für die Energiewende unverzichtbar.

Die Erzeugung, Verteilung und Speicherung von Wasserstoff werden einen wesentlichen Beitrag zur Energiewende auf dem Weg zu CO2-Null leisten müssen.

Grüner Wasserstoff ist aber nur eine relativ beschränkte, wenn auch unverzichtbare Teillösung der Energiewende!

Welche Probleme müssen wir für Energiewende und CO2-Null lösen?

Aktueller Endenergieverbrauch ca. 2500 TWh

Stromanteil 560 TWh

Regenerative Energieträger ca. 470 TWh

Wasser-, Wind- und Solarstrom* ca. 240 TWh

EE-Strombedarf bis 2045 ca. 800 TWh bis 1250** TWh

Voraussetzungen sind massive Energieverbrauchs-Reduzierungen:

Verkehr ca. - 80 %

Gebäudewärme ca. - 80 %

Industrie ca. 50%

Hinweis: Meine Daten beziehen sich u. a. auf die T45 Langfristszenarien 3 - Wissenschaftliche Analysen zur Dekarbonisierung Deutschlands; (11.2022); Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI; und die Studie "Klimaneutrales Deutschland 2045"; (04.2021); AGORA. Immer unter der Voraussetzung, das wesentliche Energieimporte vermieden werden.

^{**}Bei den 1250 TWh muss der Strom für Wasserstoff enthalten sein.

^{*} Biogas und Biomasse ist nicht mehr steigerbar, sondern müssen sogar bis 2045 um 50% bis 90% reduziert werden

Warum brauchen wir für THG*-Null Wasserstoff?

Stahlindustrie

Direktreduktion des Eisenoxids mit Wasserstoff.

(Für Massenstahl in Deutschland fragwürdig, aber Deutschland ist weltweit technologisch noch führend bei der Produktion von Spezialstählen. Ca. 35% des Stahls in D stammt aus Recycling und kann wirtschaftlich und energetisch günstig, direkt in D verwendet werden).

Chemische Industrie

Ersatz von fossilem Wasserstoff als Rohstoff für chemische Produkte.

Umstellung auf EE-Strom und EE-H2 und Verzicht auf Erdgas, Erdöl oder Kohle basierte Rohstoffe

Prozesswärme in der Industrie

Überall wo EE-Strom nicht induktiv oder resistiv das Erdgas ersetzen kann.

(Evtl. lässt sich die Wärme z. B. in der Glasindustrie oder Zementindustrie nicht (komplett) durch Strom erzeugen).

Für Rest(!)bereiche im Personen und Güterverkehr

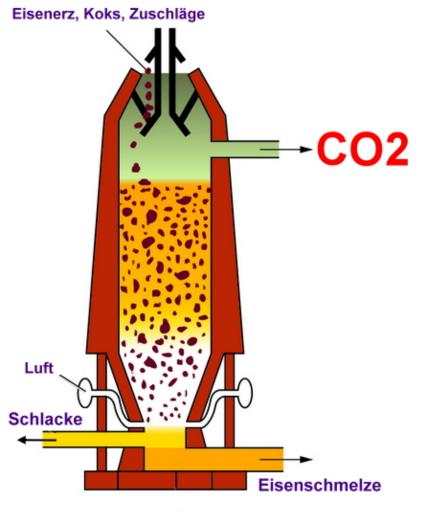
Allerdings müssen min. 90% des Verkehrs durch den direkten Einsatz von EE-Strom abgedeckt werden!

Als Speichermedium zur Überbrückung von EE-Stromschwankungen und Dunkelflauten

Aus temporär überschüssigem EE-Strom muss Wasserstoff (Power-to-Gas, PtG) erzeugt werden.

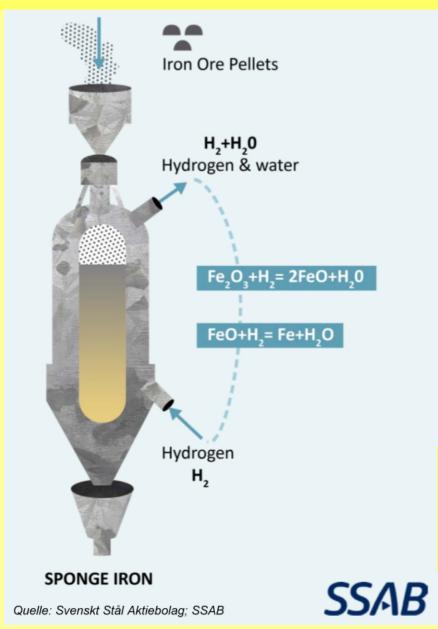
Teils zur lokalen Speicherung zur späteren Verwendung bei Strommangel mittels Brennstoffzelle oder BHKW, teils zur Konvertierung in Methan zur Speicherung und nationalen Verteilung im ehemaligen Erdgasnetz zur Stromerzeugung in großen Gaskraftwerken bei längeren Dunkelflauten.

Beispiel: Wasserstoff für die CO2-freie Stahlherstellung



Quelle: chem.libretexts.org

Die Stahlherstellung mit Reduktion des Eisenerz mit Kohle erzeugt 6% -8%* der Treibhausgasemissionen in Deutschland.



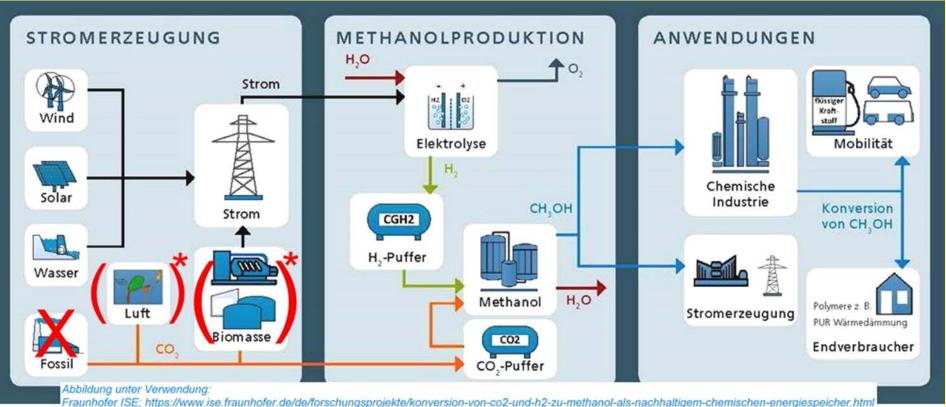
Bei der Direktreduktion von Eisenerz Pellets mit Wasserstoff entstehen nur Wasser und Eisenschwamm-Pellets.

Diese Eisen-Pellets können dann (bevorzugt) mit Induktionsöfen weiter verarbeitet werden.

Also prinzipiell CO2-frei!

* Die Emissionswerte sind konjunkturabhängig!

Beispiel: Wasserstoff für die Chemie-Industrie



Dazu wird mit EE-Strom Wasserstoff erzeugt und daraus zusammen mit CO2 z. B. Methanol (CH3OH).

Mit Erneuerbarer-Energie kann man alles machen, sauberes Wasser, Arzneimittel, Treibstoffe (soweit noch nötig), Kunststoffe ja sogar Lebensmittel.

* statt aufwändig CO2 aus Luft (Gehalt nur 400 ppm) zu verwenden, sollten CO2-haltige Abfallgase genutzt werden. Biomasse sollte soweit überhaupt verfügbar, besser nicht zur Stromerzeugung sondern zur direkten stofflichen Konversion genutzt werden.

Methanol z. B. aus EE-Wasserstoff und CO2 kann als Ausgangsstoff Erdöl und Erdgas bei der Herstellung sämtlicher chemischer Stoffe voll ersetzen!

Ohne Wasserstoff-Erzeugung in Deutschland droht Deindustrialierung!

Beispiel Stahlindustrie:

Für Thyssen-Krupp gab es bereits 2 Übernahmeangebote, die Umwandlung in reine Vertriebstochter und Stilllegung der Stahlproduktion in Deutschland vorsahen. Verlagerung der Produktion nach Schweden bzw. Australien unter Nutzung des dort vor Ort erzeugten Wasserstoffs.

Bei Deutschlands Stahlindustrie geht es nicht um billigen Massenstahl, sondern z. B. Salzgitter, Dillinger Hütte und Thyssen-Krupp sind nach wie vor noch in der internationalen Spitzengruppe bei Spezialstählen.

Nicht nur die Arbeitsplätze wären weg, sondern auch das Knowhow!

Ohne überwiegend nationale und lokale Wasserstofferzeugung werden wir den Industriestandort Deutschland nicht halten!

Wieviel Wasserstoff brauchen wir wirklich?

bis 2030

Für Industrie (Stahl, Chemie etc.) ca.
 7 Mio. t

Rest-Güter-Lkw-Verkehr und Binnenschifffahrt ca.
 3 Mio. t

Dafür nötige Wasserstoff Elektrolyseurleistung. ca. 40 GW

bis 2040

für Flugverkehr direkt mit H2 oder mit PtL ca. 1,5 Mio. t

zur Speicherung und Verstromung bei Dunkelflauten ca. 3 – 6 Mio. t

also für zusätzliche Elektrolyseurleistung. ca. 20 – 30 GW

D. h. insgesamt ca. 60 GW bis 70 GW Elektrolyseurleistung bis 2040

Ist bis 2045 genug Strom für Wasserstoff verfügbar?

- Windstrom ca. 200 bis 300 GW Peakleistung* Erzeugung, derzeit ca. 62 GW
- Solarstrom ca. 500 GW Peakleistung Erzeugung, derzeit ca. 52 GW
- **Netzleistung** ca. **140 GW** bei Spitzenverbrauch in 2045
- Elektrolyseure ca. 70 GW bei Spitzenverbrauch in 2045

- → Bei Normalnachfrage und Erzeugungsleistung kann nur ein relativ geringer Teil des Stroms für die kontinuierliche Erzeugung von Wasserstoff verwendet werden.
- → Oftmals kann Wasserstoff nur in größerem Maßstab erzeugt werden, wenn Wind und/oder Strom über ca. 140 GW Erzeugungsleistung kommen.

^{*} bei OffShore WEAs ist wg. Der erhöhten Effizienz die erforderte Zubaukapazität bis zu 60% geringer im Vergleich zu OnShore WEAs

Energetische und stoffliche Umsätze bei Wasserstoff-Elektrolyse oder Nutzung

> Zusätzlicher Energieverlust bei der Elektrolyse, da der Wirkungsgrad nur bei 50% – 70% liegt.

Energetische Verluste bei der Wasserstoffnutzung im Verkehr und zur Stromerzeugung

| Verluste bei der Elektrolyse zur Wasserstoffherstellung , Stand der Technik ca. | 30% - 50% |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Verluste bei Rückgewinnung von Strom aus Wasserstoff mit Brennstoffzellen , Stand der Technik ca. Gesamtverlust bezogen auf EE-Strom ca. | 30% - 50% 50% - 75% |
| Verluste bei Rückgewinnung von Strom aus Wasserstoff mit Gas-Dieselaggregaten ; Stand der Technik Gesamtverlust bezogen auf EE-Strom ca. | 50% 75% |
| Verluste beim Einsatz in Verbrennungsmotoren von Fahrzeugen* , Stand der Technik weitere Gesamtverlust bezogen auf EE-Strom Strom min. | 60% 80%* |
| Verluste beim Einsatz in Fahrzeugen* mit Brennstoffzelle und E-Motor (Wasserstoff Elektrolyse 30% bis 50%, Brennstoffzelle 50%, E-Motor 10%) Gesamtverlust bezogen auf EE-Strom ca. | 70% - 75% |

Verluste beim Einsatz von PtL als Synthetischer Sprit in Fahrzeugen*;

(PtG 30% bis 50%, Wasserstoff zu PtL ca. 30%; V-Motor 60%) Gesamtverlust bezogen auf EE-Strom ca.

85% - 90%

Verluste bei Reservestrom aus Wasserstoff mit Gasturbinenkraftwerke oder GuD (60% bei GKW, 40% bei GuD)

Gesamtverlust bezogen auf EE-Strom bei GuD ca.

60% - 70%

Hinweise: * Bei Fahrzeugen gelten die Angaben nur bis "Nachmotor", dazu kommen interne Reibungsverluste, Rollwiderstand und Luftwiderstand von insgesamt ca. 20% Dass in einem Teil der Beispiele die als Abwärme auftretenden Verluste z. B. als Fernwärme genutzt werden können, zählt nicht, wenn der Zweck des Imports oder der Zuleitung von Wasserstoff die Stromgewinnung vor Ort ist, um den Ausbau des Stromnetzes zu sparen. Die zugrunde gelegten Wirkungsgrade sind der aktuelle Stand der angewendeten Technik im Durchschnittsbetrieb und nicht bei optimalem Dauerbetrieb, oder gar "theoretische" Werte, die vielleicht in 10 Jahren oder nie erreichbar sind.

Energetische Verluste bei direktem Einsatz von EE-Strom

Energieverlust beim Stromtransport über 1000 km

im HGÜ*-Netz auf 1000 km (induktive und kapazitive Verluste entfallen) 3% bis 6%

im AC*-Netz auf 1000 km 8% bis 12%

Energieverluste mit Batteriespeichern, (Aufladen + Entladen + evtl. Umrichterverluste) ca.

Energieverluste mit modernen Elektromotoren

5 % bis 10%

10% bis 15%

Zum Vergleich

> 10% Energieverlust beim Erdgasäquivalentem Wasserstofftransport in Pipeline über 1000 km

Direkte Verwendung und Ferntransport von Strom ist energetisch viel günstiger als Erzeugung, Ferntransport und Umwandlung von Wasserstoff in Nutzenergie.

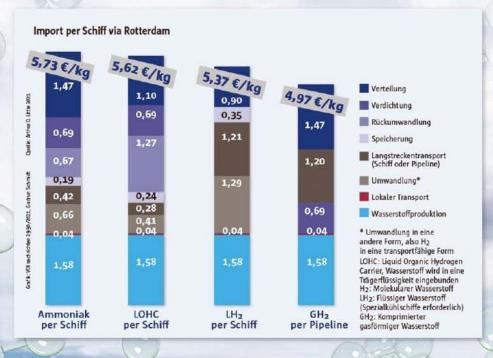
^{*} HGÜ Hochspannung Gleichstrom Übertragung arbeitet bei modernen Leitungen meist mit 2 x 550 kV Im AC-Netz wird für Fernübertragung in D und EU meist mit 380 kV gearbeitet.

Wie teuer ist grüner Wasserstoff?

- Der Wissenschaftliche Dienst des Bundestags (WDB) stellte 2020 fest, dass grüner Wasserstoff aus EE-Strom zu Strombörsen-Tiefstandspreisen als Gestehungspreis (also ohne Angaben und Handelsgewinne) ca. 7,2 Cent/kWh kosten würde.
- Das ist aber nur scheinbar billiger als der Gestehungspreis für Wind- und Solarstrom, der bei ca. 4 Cent/kWh bis 8 Cent/kWh liegt. Denn als Überschussstrom würde der EE-Strom an der Börse ca. 2 Cent/kWh kosten.
- D. h. Wasserstoff ist als Energieträger mindestens 3-mal teurer als EE-Direktstrom.
- Bei "normalen" Börsenstrompreisen liegt laut WDB der Wasserstoff bei ca. 21,5 Cent/kWh wäre also ebenfalls ca. 3-mal teurer als EE-Direktstrom, der an der Börse ja dann auch teurer gehandelt wird.

Wäre nicht importierter grüner Wasserstoff die Lösung?

Importkosten für grünen Wasserstoff am Beispiel einer Lieferung aus Saudi-Arabien 2025



Das Narrativ (neudeutsch für Märchen) lautet, in Ländern mit billiger EE-Stromerzeugung (Afrika, Australien, Kanada) wird "billiger" grüner Wasserstoff erzeugt und nach Deutschland importiert.

- Doch Ferntransport von komprimiertem Wasserstoffgas ist energetisch und wirtschaftlich ineffizient.
- Erzeugung und Transport von verflüssigtem Wasserstoff ist energetisch und wirtschaftlich noch ineffizienter.
- Ferntransport von Wasserstoff gebunden als Ammoniak, ist technisch gut machbar, aber ebenfalls energetisch und wirtschaftlich ineffizienter.
- Habeck plant deshalb der Industrie bei Verwendung von Ammoniak-Wasserstoff 15-Jahre lang die Differenzkosten zum Vorkriegs-Erdgaspreis zu erstatten. Manchmal frag ich mich, vom wem sich der zum Wirtschaftsminister gewordene Kinderbuchautor beraten lässt.

Die Kosten in der Grafik sind ohne Steuern und Abgaben und ohne Vertriebskosten und Gewinne der Versorger in Deutschland. Vergleichsweise kostete die Brennwert gleiche Menge Benzin Ende Oktober 2021 ohne Steuern und Abgaben aber mit Vertriebskosten und Gewinnen der Versorger in D 1,70 Euro.

Kosten der Betankung

Die Kosten einer Tankinfrastruktur für Wasserstoff (ohne das Verteilnetz) liegen bei 0,64 €/kg. Hinzu kommen entsprechende Kosten des Verteilnetzes (s. Grafik). Nach Angaben von Arthur D. Little sind Verteilung und Betankung von Benzin grob gerechnet mindestens dreimal so effizient wie die für Wasserstoff aufgrund massiver Skaleneffekte, der langen Historie und technologischer Faktoren.



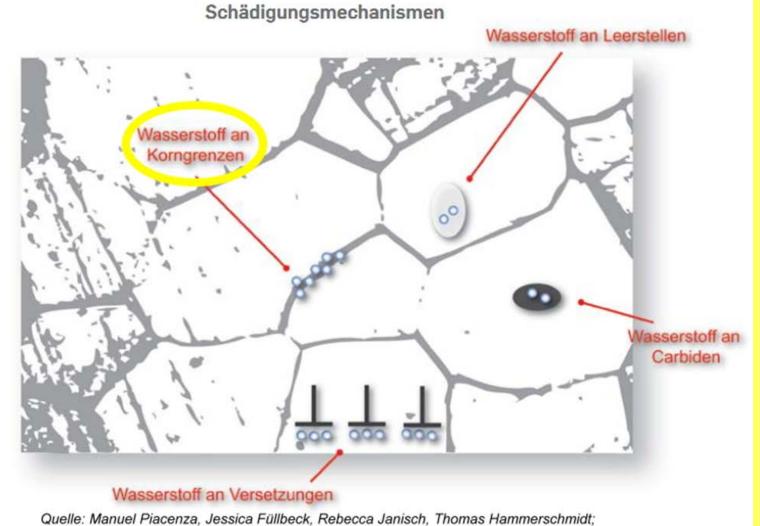
Für den Endverbraucher bedeutet also auch die Umstellung auf importierten grünen Wasserstoff ein Vielfaches an Kosten!

Warum ist Wasserstoff in Leitungsnetzen problematisch?

- Die Wasserstoffmoleküle sind kleiner als die Methanmoleküle des Erdgases.
- Wasserstoff ist extrem leicht entzündlich und bildet mit Luft extrem explosive Mischungen.
 - → Deshalb sind die Ansprüche an Wasserstoffleitungen bezüglich Dichtheit und Sicherheit wesentlich höher als für Erdgas.
- Wasserstoff hat beim Transport höhere Reibungsverluste als Erdgas, d. h. er braucht beim Ferntransport neue und mehr Verdichterstationen als Erdgas und die Verdichter müssen für Wasserstoff konstruiert sein.
- Wasserstoff muss dreimal stärker verdichtet werden als Erdgas um dieselbe Energiemenge zu transportieren. Im Fernnetz würde das Wasserstoff-Drücke von ca. 240 bar bedeuten.
- Bei hohen Wasserstoffdrücken kommt es aber bei herkömmlichen Erdgasleitungen zur Versprödung. Weshalb nicht nur die Verdichter sondern auch herkömmliche Erdgas-Pipelines teuer umgerüstet werden müssten.

Das ist keine Meinung sondern wissenschaftlicher Fakt

Wie kommt der Wasserstoff in den Stahl

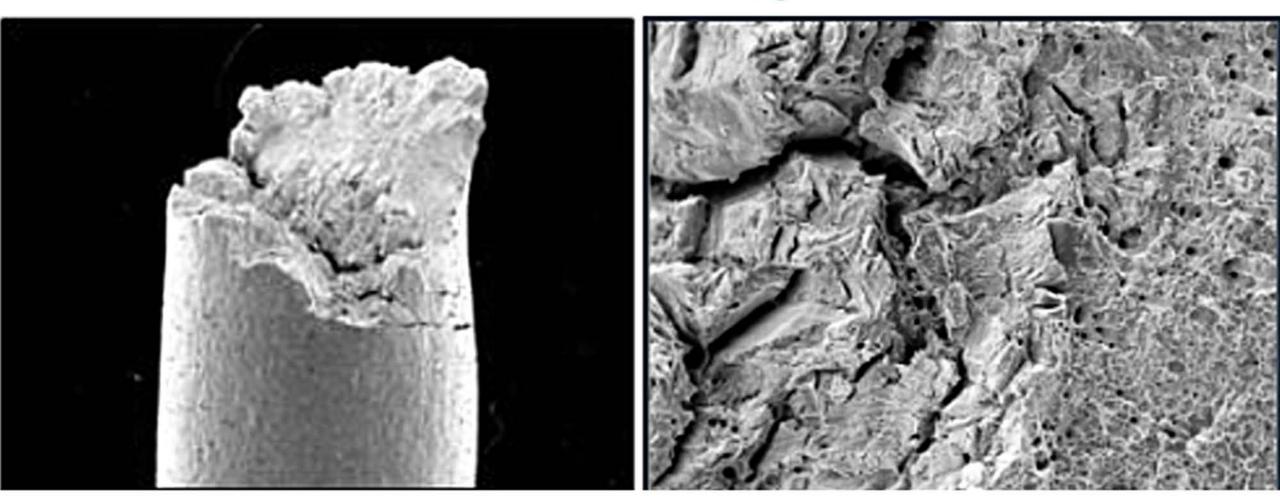


Interdisziplinäre Materialsimulation zu leichten Elementen in Eisen und Stahl

Interdisciplinary Centre for Advanced Materials Simulation (ICAMS) der Ruhr-Universität

- Bei höheren Drücken führt Korngrenzendiffusion auch bei den für Erdgasleitungen verwendeten Stahlsorten zur Versprödung.
- Wasserstofffeste Stahlsorten oder Auskleidung der Leitungen mit HD-PE, macht Wasserstoffpipelines wesentlich teurer.
- Die deutsche Erdgas-Wasserstoff-Lobby leugnet das Problem* und suggeriert >> alles Easy <<. (* die Schweizer Erdgasversorger übrigens nicht!).
- Die aktuelle Wissenschaft bis hin zu fraunhofer freut sich über neue Waserstoff-Forschungsaufträge.
- Dabei weiß die seriöse Wissenschaft seit Jahrzehnten um die Wasserstoffprobleme in Stahlleitungen*. (*Wurde u. a. wg. Sicherheit der AKWs schon in den 80-er bis Anfang 2000-er Jahre gründlich erforscht).

Durch Wasserstoff verursachter Sprödbruch von Stahl



Quelle: Dipl.-Ing. Stefan Zickler; Material Prüfungs Anstalt Universität Stuttgart; aus Vortrag beim VDI

Kann Wasserstoff ins Erdgasnetz eingespeist werden?

Das hängt vom Anteil und Druckbereich ab:

- In das 80 bar Hochdruck-Erdgasnetz wohl nur zu wenigen Prozent.
- Im Mitteldruck-Netz mit ca. 750 millibar evtl. bis zu 30%.
- Im Niederdrucknetz (hin zu den Haushaltsanschlüssen) mit 25 millibar wohl bis zu 100 %.
- Allerdings müssten für hohe Prozentgehalte oder 100% Wasserstoff im Niederdrucknetz die Zähler und die Gasbrenner und evtl. auch die Ventile ausgetauscht werden.

Welches Interesse hat die Erdgas-Lobby am Wasserstoff

- Bislang waren die Industrie, die Privathaushalte und die großen Gaskraftwerke (zur Spitzenlast-Abdeckung mit ca. 4400 Volllaststunden im Jahr) verlässliche Erdgasabnehmer und das Erdgasnetz war profitabel ausgelastet.
- Das heutige Erdgasnetz würde nach der Empfehlung herkömmlicher Studien ab ca. 2035 zunehmend und stätestes ab 2045 komplett nur noch für den Transport von grünem Methan (aus grünem Wasserstoff erzeugt) hin zu dem großen Reserve-Kraftwerken genutzt.
- Diese Reservekraftwerke würden zum Ausgleich von EE-Stromschwankungen und Dunkelflauten aber nur noch ca. 1250 Volllaststunden im Jahr laufen und wären durch Wegfall von Privatkunden und Industrie die einzigen Abnehmer. Das würde einen extremen Umsatz- und Gewinnrückgang bedeuten.
- Der von der Erdgas-Lobby mitgeschürte Wasserstoffhype ist also eine Bremsstrategie der Energiewende: >> Wir müssen ja EE-Erzeugung, Stromnetze und Speicher gar nicht so schnell ausbauen, da wir ja das Erdgasnetz auch für (importierten) Wasserstoff nutzen können. <<
- Andererseits ist der Wasserstoffhype der Erdgas-Lobby auch die Hoffnung, bei Durchsetzung von Wasserstoff als Hauptenergieträger das Erdgas durch einen neuen für sie hochlukrativen Geschäftszweig zu ersetzen.
- Ob das auch dem Interesse der Privatkunden und der Industrie an bezahlbaren Energiepreisen - zumal für Heizung - entspricht, muss bezweifelt werden.

Ist grüner Wasserstoff sinnvoll zur Erzeugung von Wärme?

- Für Prozesswärme in der Industrie kann fast überall aus EE-Strom ohmsche oder induktive Wärme erzeugt werden. (Sogar in der Glasindustrie läuft bereits eine elektrische Wanne im Pilotbetrieb.)
- Auch in der Stahlindustrie kann, bis auf die Reduktion des Eisenoxids mit Wasserstoff, die sonstige Proesswärme 100% mit EE-Strom erzeugt werden.
- Es bleiben wenige Bereiche, z. B. die Zementindustrie oder Glasindustrie, wo Wasserstoff evtl. überwiegend zur Wärmerzeugung eingesetzt werden muss.

Völlig absurd ist Wasserstoff in der Gebäudewärme:

- Erst aus EE-Strom Wasserstoff erzeugen, um ihn dann über (umgerüstete) Erdgasnetze wieder zu verheizen ist teurer und ineffizienter als den EE-Stromdirekt zum Betrieb von Wärmepumpen einzusetzen.
- Selbst das direkte Erzeugen von Wärme mit Überschuss-EE-Strom mittels "Heizstab" in großen Wärmespeichern* ist effizienter und kostengünstiger als der Umweg über Wasserstoff. (*Einige große Fernwärmeversorger machen das übrigens schon).

Fazit:

Grüner Wasserstoff ist als Energieträger immer ineffizienter als direkte Verwendung von EE-Strom!

Das bedeutet für die Gebäudewärme auf jeden Fall Umstellung auf direkten Einsatz von Wärmepumpen bzw. Umstellung auf Wärmenetze, die i. d. R. ebenfalls über Wärmepumpen Abfallwärme und Umweltwärme aller Art nutzen.

Wasserstoff in der Energiewende

unverzichtbar, aber keine Universallösung



Clausen, Jens; Huber, Michael; Linow, Sven; Gerhards, Christoph; Ehrhardt, Helge; Seifert, Thomas

Zur weiteren Lektüre empfehle ich auch das aktuelle Policy Paper der Scientists for Future Deutschland, das relevante, evidenzbasierte Informationen für politische Entscheider, Journalisten, Akteure in der staatlichen Verwaltung und der Wirtschaft, sowie für Akteure der am Thema Energiewende interessierten Zivilgesellschaft bietet.

Download hier:

https://info-de.scientists4future.org/wasserstoff-in-der-energiewende/

So und jetzt dürft ihr mich befragen ...