

Wasserstoff als Energieträger

Wasserstoffherstellung

Wasserstoff wird heutzutage meist aus Erdgas durch Dampfreformierung, $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$, oder mittels Koks (Kohle) $\text{C} + 2\text{H}_2\text{O} + 170 \text{ kJ/mol} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2$ gewonnen. Solcher Wasserstoff kostet aufgrund der Anlagekosten und der Prozessverluste etwa ein 3-faches der Ausgangsenergie.

Aktuell ist das Ziel aus (öko)religiösen Gründen den Strom umweltschädlicher Windmühlen und Solaranlagen zur Wasserstoffherstellung zu nutzen. Die Subventions-/Vergütungssätze von Wind- und Solarstrom liegen bei einem Vielfachen der Kosten von Erdgas, oder Koks. Wind und Sonne liefern Energie entsprechend der Launen des Wetters, der Tages- und Jahreszeit. Dadurch werden Elektrolyseanlagen schlecht und ungleichmässig ausgelastet, müssen jedoch dauerhaft beheizt und betrieben werden. Wasserstoff aus Windmühlen und Solaranlagen ist ein Vielfaches teurer als Wasserstoff aus Erdgas, oder die Energieträger Benzin, Diesel, oder Erdgas, s. Artikel

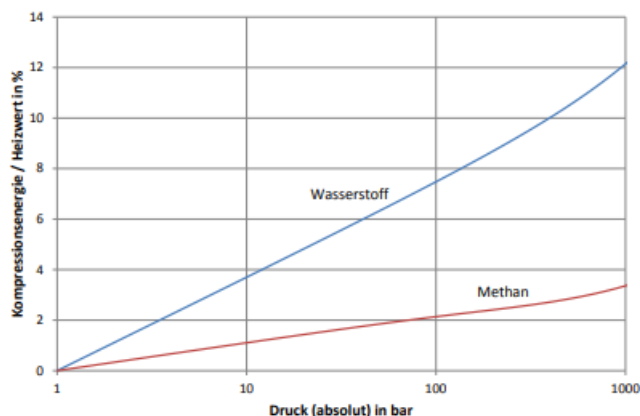
https://holgernarrog.hpage.com/get_file.php?id=33573427&vnr=654007

Artikel **Vision und Realität „Erneuerbarer Energien“**.

Handhabung von Wasserstoff

Wasserstoff hat eine 8-fach niedrigere Dichte als Erdgas und bedarf grösserer Leitungen, Verdichter und Speicher als bei Erdgas. Alternativ kann auch der Leitungs-, bzw. Speicherdruck höher gewählt werden was wiederum, s.u., höhere Energieverluste bedeutet.

Der Energieverlust beim Pumpen und verdichten ist etwa 3 x höher als bei Erdgas. Aufgrund des höheren Volumens bauen Pumpen und Verdichter grösser und sind teurer.



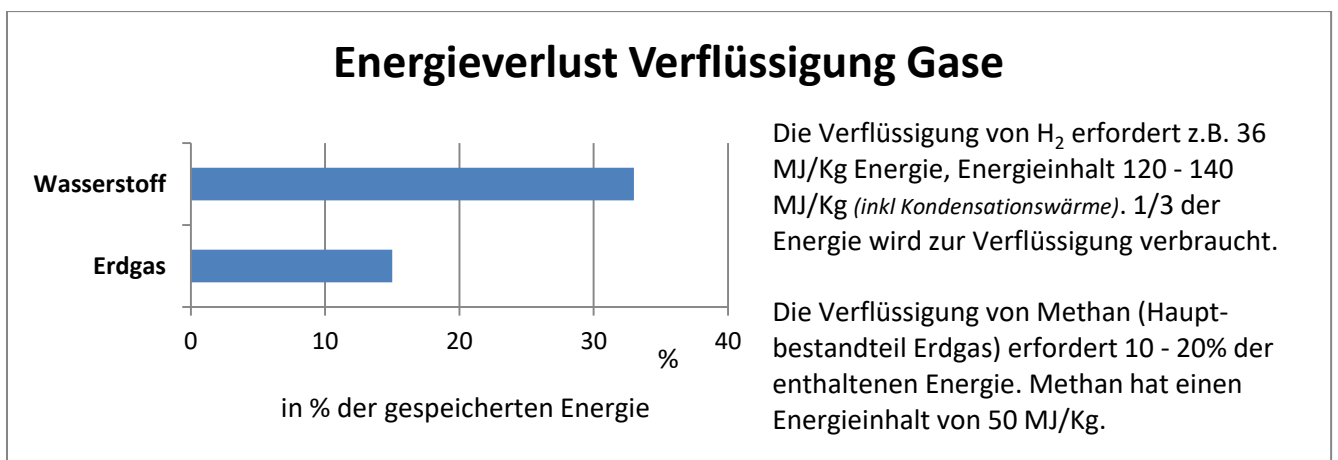
Die **Verdichtung von Wasserstoff** auf 70 bar zum Transport in Pipelines erfordert z.B. 6% des Energiegehalts, die Verdichtung von Erdgas auf 70 bar 2%.

Abbildung 2: Relative Arbeit für Gaskompression mit einem isothermen Wirkungsgrad von 60% (Reale Gase, 20 °C).



Wasserstoff H_2 ist ein sehr kleines Molekül. Dadurch kann es leicht durch andere Materialien diffundieren. Es diffundiert durch Kunststoffe und Gummi und auch durch dünne Metallwände, z.B. Dichtungen. Für Wasserstoff beträgt die untere Explosionsgrenze 4,0 Vol. -%, die obere Explosionsgrenze 75,6 Vol. -%. Daher erfordert die Handhabung in geschlossenen Räumen teurer Ex-Schutz Vorrichtungen.

Aufgrund der niedrigen Dichte ist ein Verflüssigung zur Speicherung und z.B. Transport mit Schiffen oder Fahrzeugen notwendig.



Insgesamt ist Wasserstoff ein wesentlich schlechterer Energieträger als Erdgas, Strom, Benzin, oder Diesel.

Stahlerzeugung mit Wasserstoff statt Koks

Die Stahlerzeugung ist Grundlage unserer modernen Wirtschaft und demzufolge ein Dorn im Auge der Ökoreligion. Im Zuge des Dogmas vom „Klimawandel“ wird die Stahlerzeugung mittels Koks, Kohle und Erdgas thematisiert. Die Stahlerzeugung ist sehr energieintensiv und wird für etwa 10% der weltweiten CO_2 Emissionen verantwortlich gemacht.

Deshalb wird im Zuge dieser Religion eine „ CO_2 -freie Stahlerzeugung“ propagiert und seitens der Industrie – die auf Subventionen hofft – untersucht.

Roheisenerzeugung Traditionell

Traditionell wird aus Eisenerz und Koks mit einigen Zuschlägen im Hochofen zunächst Roheisen erzeugt. Chemisch wird dabei Fe_3O_4 und C in ein kohlenstoffreiches Gusseisen verwandelt. Bei diesem Prozess wird mindestens 1100 Kg Mengen CO_2 je Tonne Roheisen und CO erzeugt. Letzteres

wird meist energetisch genutzt. Das ist im Sinne des ökoreligiösen Dogmas vom Klimawandel eine Sünde.

Alternativ wird Eisenerz in einem Drehrohrföfen mit Erdgas zu Eisenschwamm reduziert $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CH}_4 \rightarrow \text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$ und CO_2 und der Eisenschwamm zusammen mit Schrott als Einsatzmaterial im Elektrostahlverfahren genutzt.

Roheisenerzeugung mit Wasserstoff

Für den ökoreligiösen CO_2 freien Stahl verwendet man in Drehrohrföfen anstelle des Erdgases H_2 Gas um das Eisenerz zu Eisenschwamm zu reduzieren. $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2 \rightarrow 3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}$. Für den weiteren Prozess kommt das Elektrostahlverfahren zum Einsatz.

Stahlerzeugung aus Roheisen

In einem weiteren Prozess wird das Roheisen zusammen mit Schrott in einem Converter mit Sauerstoff gefrischt, sprich der im Eisen enthaltene Kohlenstoff verbrennt zu CO_2 und das Eisen wird mit zugesetzten Legierungsbestandteilen zu Stahl umgesetzt. Alternativ werden Schrott und Roheisen und Zuschläge mit einem Lichtbogen (Elektrostahl) erhitzt, aufgeschmolzen und zu Stahl konvertiert. Aufgrund des geringen Kohlenstoffgehalts kommt bei mit Wasserstoff erzeugten Roheisen in erster Linie das Elektrostahlverfahren zum Einsatz.

Preis ökoreligiöser Stahl Einfache Abschätzung

Annahmen (04/2021):

Betonstahl aktuell 400\$/t, Koks 300\$/t, Erdgas 1.5c/Kwh, Wasserstoff aus "Erneuerbaren Energien" 25c/Kwh entsprechend 8,5 €/Kg, Eisenerz (63%) 160\$/t. Invest je Millionen to Eisenerzeugungskapazität 1 Mrd. \$ (1) Die Reduzierung von reinem Eisenerz zu 1 to Roheisen erfordert theoretisch 35 Kg Wasserstoff, Bei einem Wirkungsgrad von 80% des realen Prozesses mit realem Erz erfordert dies 44 Kg Wasserstoff.

Rechnung :

Die Reduzierung von Eisenerz zu 1 to Eisen erfordert 300 Kg Koks entsprechend 90\$

Die Reduzierung von Eisenerz zu 1 to Eisenschwamm erfordert bei einem Wirkungsgrad von 80% 44 Kg Wasserstoff entsprechend 374\$

Ergebnisse:

Das bedeutet, dass der Preis einer Tonne einfachen Baustahls sich zunächst um 284\$, oder **70% verteuert**. Ein Auto dürfte bei einem Bruttostahleinsatz (Verschnitt etc.) von z.B. 1.4 Tonnen um 550 \$ inkl. Gemeinkosten teurer werden.

Nicht berücksichtigt ist, der Ersatz der Anlagen, entsprechend 1000\$/to Kapazität, die Nutzung umweltschädlichen Ökostroms für den Prozess, die Verwendung von Ökostahl entlang der Wertschöpfungskette für das Eisenerz Bergwerk, Schiff, das Stahlwerk, die Eisenbahn, usw. Eine komplette Umstellung auf Ökostahl dürfte diesen um mehr als ein 4 - faches verteuern.

Fazit: Ohne stabiles Stromnetz und massiver, dauerhafter Subventionen gibt es keinen CO_2 freien Stahl.

Brennstoffzellenautos vs. Elektroautos

Ein Elektroauto lässt sich mit Strom aus dem Netz betreiben. Das bestehende Stromnetz müsste dazu in Teilen ausgebaut werden. Mit Kohle und Kernenergie lässt sich preiswerter, zuverlässiger Strom herstellen. Der Gedanke diesen Strom mit Windmühlen, oder Solarenergie herzustellen ist sachlich so abwegig wie eine Stromversorgung basierend auf Wind und Sonne allgemein ist. Für

Wasserstoffautos müsste eine völlig neue Infrastruktur auf Erzeugerebene wie auf Verteilerebene geschaffen werden.

Holger Narrog

(1) <http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=60749>

(2) https://holgernarrog.hpage.com/get_file.php?id=33573427&vnr=654007

(3) <http://www.diebrennstoffzelle.de/wasserstoff/speicherung.shtml>

(4) Energieaufwand für Gaskomprimierung, Hochschule für Technik Rapperswil Boris Meier, Dok. 06, 11.11.2014