

## Kurs 70.10: Wasserstoffwirtschaftsfachmann/- fachfrau



### Kursbeschreibung

Wasserstoffwirtschaft – hydrogen economy – wird gemäß Jeremy Rifkins Prognose nach „Peak Oil“, d.h. wenn die Hälfte des global verfügbaren Erdöls aufgebraucht ist, unumgänglich. Wasserstoff ist nahezu unbegrenzt verfügbar und eine umweltfreundliche Energiequelle. Das Europäische Parlament hat bis 2025 die Schaffung einer funktionierenden Wasserstoffinfrastruktur gefordert [hier](#).

Seit über 100 Jahren ist die Herstellung von Wasserstoff über das Verfahren der Wasser-Elektrolyse, d.h. durch Einsatz von elektrischer Energie erfolgte Aufspaltung von  $H_2O$  in  $H_2$  und  $O$ , bekannt und angewandt. Wasserstoff ist hoch entzündlich (Knallgas) und verbrennt abgasfrei. Das erste wasserstoffgetriebene Automobil wurde bereits 1940 in Braunschweig von Eduard W. Justi vorgestellt, der später mit John O'M. Bockris ein Konzept für eine Wasserstoffwirtschaft auf allen Ebenen (Herstellung/Erzeugung, Verteilung/Speicherung, Verfügbarkeit/Verbrauch) vorstellte.

Wasserstoff ist Sekundärenergie, muss erzeugt werden, anders als Primärenergien (Erdöl oder Kohle). Bis zur Umstellung auf Erdgas wurde Wasserstoff in rund 50%-iger Beimischung als Stadtgas über Gasleitungen in Haushalten eingesetzt. Ausreichende praktische Erfahrung mit Wasserstoff-Pipelines haben z.B. die Global Player Linde, ICI und Air Liquide. Weltweit existieren mehrere 1000 Kilometer Wasserstoffleitungen und mehrere 100 Wasserstofftankstellen. Sowohl für Wasserstoff pur als auch durch Beimischungen methanisiert.

Der Energiegehalt von einem Kilo Wasserstoff entspricht ungefähr dem von vier Litern Benzin. Auf Grund kostengünstiger und regenerativer Energien (Windstrom, Solarstrom, Wasserkraft) zur Wasserstofferzeugung durch Wasserelektrolyse und Absenkung der Kapitalkosten von alkalischen Elektrolyseuren – z.B. Finanzierungen durch Financial Services der Anlagenhersteller – sind zukünftige Marktpreise von rund zwei Euro/kg Wasserstoff realistisch. Umgerechnet auf Benzinpreise also weniger als ein Euro pro Liter (ohne Steuern). In den USA wird für ganze Automobilflotten mit Verbrennungsmotoren (nach dem Prinzip des 4-Takt-Ottomotors) Wasserstoff als Treibstoff eingesetzt. Dabei sollen nur geringfügige Einstellungsveränderungen im Zündungsbereich vorgenommen worden sein. Als besonders geeignet für die mobile Anwendung gasförmigen Wasserstoffs gelten Kreiskolbenmotoren (Wankelmotoren), insbesondere mit Direkteinspritzung. Ein Problem ist allerdings die Wasserstoffspeicherung.

Die Verflüssigung (bei niedrigen Temperaturen, cryogenics) führt bei Stillstand im Tagesbetrieb zu hohen Verdunstungsverlusten (bis zur Hälfte des Tankinhalts in einer Betriebswoche).

Daher präferieren europäische und ostasiatische Autohersteller (Ausnahmen: BMW H 7 und MAN Busse) derzeit noch den Umwandler „*Brennstoffzelle*“ (Umkehrung der Wasserelektrolyse zu elektrischer Energie).

In diesem Zusammenhang ist eine Vielfalt von Brennstoffzellen (fuel cells) mit sehr unterschiedlichen Preisen und Leistungen entstanden.  
Der Wirkungsgrad liegt bei 60%.

Lösungsmöglichkeiten für verbesserte Wasserstoffspeicherung in Automobilen (onboard storage) sind Hydrid-Tanks. Hydride sind Elemente, die eine Verbindung mit Wasserstoff eingehen, d.h. der Wasserstoff wird wie von einem Schwamm aufgesaugt und über Wärmezuführung (Motorwärme) wieder abgegeben. (Lithiumhydrid hat als Wasserstoffspeicher eine Kapazität von 2,8 m<sup>3</sup> pro Kilogramm Lithium).

Preiswertere Alternativen zum teuren Lithium sind z.B. Bucky-Balls – nach Buckminster Fuller (Fullerane) -, die im Nanobereich (Adsorption/Absorption nanotubes) riesige spezifische Oberflächen/Bindungsflächen bieten, ein Gramm = ca. 2.500 qm. Hydridtanks mit einer Füllmenge von rund 20 Kilo sind in Rollkoffergröße für weniger als 1000 US\$ im industriellen Angebot. Mit einer Tankfüllung (umgerechnet knapp 80 l Benzin) kann damit die von amerikanischen Autokäufern geforderte „good travelling range“ von 380 Meilen (ca. 600 km) erreicht werden. Weitere Käuferforderung: fuel dormancy, das Verbleiben des Treibstoffs im Tank, ohne Verdunstung beim Parken.

In Anbetracht der nicht mehr hinnehmbaren Luftverschmutzung in Großstädten ist mobile Wasserstoffanwendung nur ein Teilbereich. Stationäre Wasserstoffanwendung, etwa zur Hausversorgung über Kraftwärmekopplung – in Japan boomend – sowie Anwendung bei Notstromeinrichtungen lassen Wasserstoff als „Energieträger der Zukunft“ erkennen. Kursteilnehmer erhalten neben einer aktualisierten Übersicht zum technischen Stand (state of the art) eine Fülle von Zahlen und Fakten sowie Zusammenhängen als Raum für Anwendungsfantasien. Gedankenmodelle sind: Tanktausch/Kartuschenwechsel anstelle von Tanknachfüllen, Transport von gespeicherter Energie von entlegenen Stromerzeugern, Termingeschäfte/Bartergeschäfte mit warehouse storage von Tankeinheiten (vgl. UNIRVM-Kurs: Barter-Teilnehmer). Profunde hydrogen economy Sachkenntnis eröffnet der Versicherungswirtschaft neue Geschäftsfelder bei Verbrauch (Autos, Haustechnik, Schiffe, Flugzeuge), Lagerung (Tanks, Kartuschen), Herstellung/Anlagenkonfiguration (z.B. nehmen die teuren Elektrolyseure Schaden bei verminderter/gestörter elektrischer Anschlussleistung (bei Windstrom/Windstille, bei Solarstrom/Dunkelheit, bei Wasserkraft/Trockenheit) und müssen entsprechend stabilisiert werden als Voraussetzung für Versicherungsschutz. Besonders geeignet bei Einsatz von erneuerbaren Energien zur Wasserelektrolyse ist die sogenannte PEM-Technik, die Geräteabschaltung bzw. Nulllastbetrieb erlaubt. Dabei ist der Energieeinsatz auch wesentlich geringer als beim alkalischen Verfahren. Allerdings sind hohe Ansprüche an die Qualität des Rohwassers zur Aufspaltung gestellt, weil die Membranen sehr empfindlich sind und deren Langzeitstabilität direkt betroffen ist.

Alternative zur Elektrolyse für Wasserstoffgewinnung ist ein Hochtemperatur-Verfahren, bei dem Wasserdampf erzeugt und über die Hochtemperatur (800 – 1000 Grad Celsius)

Sauerstoff abgespalten wird. Die hohen Temperaturen werden in Solarkraftwerken (z.B. in Südfrankreich und in Spanien) durch konzentrische Spiegelanordnungen erreicht. Ein neuer Pfad zu kostengünstigen Wasserstoffmengen ist das enzymatische Extrahieren aus Ernteabfällen (z.B. im Maisanbau) mit Summenformeln  $C_6 H_{12} O_6$  bzw.  $C_5 H_{10} O_5$ .

Link: Hydrogenbus in London

<http://www.guardian.co.uk/environment/2010/dec/10/hydrogen-bus-london>

<http://www.fueleconomy.gov/feg/hydrogen.shtml>