

---

## Historie und Histörchen (48): Wasserstoff auf Irrwegen

Von Hanns-Peter von Thyssen Bornemissza

An einem trüben Novembertag 1988 übergaben BMW-Manager einem besonderen Mann ein ganz besonderes Auto - vor genau 30 Jahren. Der damalige kalifornische Gouverneur Arnold Schwarzenegger, selbst ein Kämpfer für abgasfreie Luft, erhielt gegen Vorzugskonditionen einen BMW Hydrogen 7 mit einem Wasserstoff-Motor ausgehändigt. Hernach erhielten bis 1991 auch andere Spitzenpolitiker und Wirtschaftsführer solche Limousinen auf dem langen Radstand des BMW 750 mit dem von Benzin- auf Wasserstoffbetrieb umschaltbaren Motor.

Entwickelt wurde der Antrieb unter der Führung des damaligen BMW-Technik-Entwicklungschefs Dr. Wolfgang Reitzle. Mit diesem Projekt führte BMW die Entwicklung des Wasserstoff-Antriebs weiter, die bereits seit mehreren Jahren bearbeitet wurde. Das Betreiben des Hubkolben-Motors mit Flüssig-Wasserstoff vereinte mehrere Vorteile in sich. Es war eine Möglichkeit, das Problem zu lösen, das in der Endlichkeit von fossilen Ressourcen bestand. Wasserstoff ist ungiftig, und bei seiner energetischen Nutzung entstanden im Gegensatz zu der von fossilen Energieträgern praktisch keine Schadstoffe, außer Stickoxide. Schon 1989 waren mit Wasserstoffmotoren Leistungswerte möglich, die denen herkömmlich betriebener Aggregate recht nahe kamen.

Von der Funktion her gleicht der Wasserstoff-Verbrennungsmotor einem herkömmlichen Benziner. Bei der Gemischbildung werden zwei Wege unterschieden. Einer besteht in der „äußeren Gemischbildung“ oder „Saugrohr-Einblasung“. Hier wird gasförmiger Wasserstoff mit leichtem Überdruck in den Motor geblasen oder aber flüssiger Wasserstoff vom Tank zum Motor so erhitzt, dass der Kraftstoff gasförmig wird. Vor der Verbrennung wird dem Wasserstoff Luft beigemischt, im Verbrennungsraum erfolgt dann die Zündung beispielsweise durch den Funken einer Zündkerze.

Bei der „Inneren Gemischbildung“ oder „Direkt-Einblasung“ wird Wasserstoff in Form von Gas mit hohem Druck um die 80 bis 120 bar eingeblasen, erst im Verbrennungsraum mit Luft gemischt und gezündet. Vorteil bei der Direkt-Einblasung ist die höhere Verdichtung und somit ein besserer Wirkungsgrad, Minus: Wegen der nun hier nötigen zwei Einspritzsysteme sind die Kosten für die optimierte Gemischbildung viel teurer und auch technisch recht schwierig, trotzdem arbeitete zum Beispiel BMW intensiv an diesem System. Denn der Wasserstoff-Verbrennungsmotor bietet einige interessante Eigenschaften.

Größter Vorteil: Kohlendioxid oder Feinstaub sind beim Wasserstoffmotor unbekannt, lediglich Wasserdampf, Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid entstehen bei der Verbrennung von Wasserstoff. Dabei werden Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid im Gegensatz zum konventionellen Verbrennungsmotor um gut 50 Prozent minimiert. Weitere Vorteile: Der Wirkungsgrad eines Wasserstoffmotors liegt bei bis zu 45 Prozent, der eines Benziners hingegen nur bei 25 Prozent. Beim Betrieb mit Wasserstoff wird ein normaler Verbrennungsmotor benutzt, mit einem speziellen Gemischaufbereitungs-System.

Trotz des höheren Wirkungsgrads nämlich fehlt es dem H<sub>2</sub>-Motor auf einen Benziner gesehen an Leistung. Wasserstoff hat im gasförmigen Zustand beim Gemisch einen niedrigeren Energiegehalt als ein Benzin-Luft-Gemisch einen hohen Volumenanteil aufweist. Außerdem neigt Wasserstoff dazu, eine unregelmäßige Verbrennung zu zeigen. Frühzündungen oder Klopfgeräusche wären die Folgen – allerdings nur beim Hubkolbenmotor, beim Wankel-Drehkolbenmotor fand sich dieses Problem nicht.

---

Außerdem zeigt Wasserstoff eine schlechte Schmierung, da dem Treibstoff Kohlenstoff fehlt, was jedoch durch den Einsatz von Keramik ausgeglichen werden kann.

Flüssiger Wasserstoff wiederum benötigt eine Temperatur von minus -253 Grad Celsius, womit ein recht hoher Aufwand nötig wird, zum einen am Auto selbst, zum anderen ebenso beim Tanken. Hoher Aufwand deswegen, da es erstens verschiedene widerstandsfähige Materialien braucht, zweitens der flüssige (kalte) Wasserstoff sich erwärmt und dadurch ausdehnt. Ebenso aufwendig und deswegen vor allem teuer ist die nötige Infrastruktur, also Tankstellen für Wasserstoff.

Das ist heute noch ein Problem für die Wasserstofftechnologie. Aber weltweit arbeiten Automobilhersteller und Energiekonzerne an einer Verbesserung der Infrastruktur. In Deutschland gingen im vergangenen Jahr 24 öffentliche Wasserstoff-Tankstellen in Betrieb. Mit insgesamt 45 Tankstellen besitzt die Bundesrepublik das derzeit weltweit zweitgrößte Netz noch vor den USA (40 Tankstellen). Auf Platz eins liegt mit 91 öffentlichen Wasserstoff-Tankstellen Japan. Weltweit wurden im vergangenen Jahr insgesamt 64 Tankstellen eröffnet, berichtet die vom TÜV SÜD zusammen mit Ludwig-Bölkow-Systemtechnik (LBST) betriebene Website H2stations.org.

Zum Jahresende 2017 gab es in Deutschland 56 Wasserstoff-Tankstellen, von denen 43 wie konventionelle Tankstellen benutzt werden konnten. Zwei weitere waren nach vorheriger Anmeldung öffentlich nutzbar. Bis 2019 soll die Zahl auf 100 Tankstellen wachsen. Für 31 weitere Tankstellen haben bereits Planungen an konkreten Standorten begonnen. In Deutschland befinden sich die meisten öffentlichen Tankstellen in Baden-Württemberg (13), gefolgt von Bayern (8) und Nordrhein-Westfalen (7). Bei Wasserstoff-Tankstellen pro Einwohner liegt Deutschland an vierter Stelle hinter Dänemark, Norwegen, Japan und Österreich.

Auch in dieser Zeit, in der es so aussieht, als müsse allein die Batterie die geforderte Elektromobilität ermöglichen, nimmt die Zahl derer, die dem Wasserstoff als Energieträger der nächsten Generation der Elektrofahrzeuge gute Chancen einräumen. Dafür spricht unter anderem die Bereitschaft von Unternehmen, die recht hohen Investitionssummen für Wasserstofftankstellen in die Hand zu nehmen. (ampnet/hpr)

---

## Bilder zum Artikel



BMW Hydrogen 7 (E68).

Foto: Auto-Medienportal.Net/BMW



BMW Hydrogen 7.

Foto: Auto-Medienportal.Net/BMW



BMW Hydrogen 7 (E68).

Foto: Auto-Medienportal.Net/BMW



HydroGen4 von General Motors

Foto: Auto-Medienportal.Net/ADAC



Opel Hydrogen4.

Foto: Auto-Medienportal.Net/Opel



Mazda Premacy Hydrogen RE Hybrid.

Foto: Auto-Medienportal.Net



Invisible Mercedes-Benz B-Klasse F-Cell.

Foto: Auto-Medienportal.Net



Von Toyota auf Wasserstoffbetrieb umgerüsteter Kenworth Glider mit Brennstoffzelle.

Foto: Auto-Medienportal.Net/Toyota



BMW 5er GT mit Brennstoffzelle.

Foto: Auto-Medienportal.Net/BMW/Tom Kirkpatrick



Brennstoffzellen bei Mercedes-Benz: Es begann 1993 mit einem Transporter MB 100. Die Brennstoffzellen- und Messtechnik an Bord wog 800 Kilogramm.

Foto: Auto-Medienportal.Net



Brennstoffzellen-Studie Toyota FCV.

Foto: Auto-Medienportal.Net



Tokio 2011: Brennstoffzellen-Roller von Suzuki.

Foto: Auto-Medienportal.Net