



05. November 2007

Stand 11/2007

Brennstoffzellen

Was sind Brennstoffzellen?

Vereinfacht dargestellt wird in Brennstoffzellen durch eine Wasserstoffreaktion Strom erzeugt. Brennstoffzellen werden aus mehreren Schichten von speziellen Platten und Membranen aufgebaut. Innerhalb dieser Schichten findet die Reaktion statt, die zur Erzeugung von Gleichstrom und Wärme führt. Die Wärme wird abgeführt oder weiter genutzt und die elektrische Energie der weiteren Nutzung entsprechend umgewandelt. Brennstoffzellen haben einen hohen Wirkungsgrad und sind sehr umweltfreundlich. Als „Abgas“ entsteht reiner Wasserdampf.

Vereinzelt kommt als „Brennstoff“ auch Erdgas, Biogas oder Methanol (DMFC = Direktmethanol Brennstoffzelle) zum Einsatz. Hierbei entsteht als Abgas allerdings auch CO₂.



Bild 1: Aufbau einer Brennstoffzelle

Wo werden Brennstoffzellen eingesetzt?

Die Industrie stellt sich einen Einsatz in folgenden Bereichen vor:

- Stromversorgung in „besonderer Umgebung“

- * Raumfahrt
- * U-Boote
- * Militär

- Portable Stromerzeugung

- * Ersatz von Batterien
- * Portable Stromquellen vergleichbar mit tragbaren Stromerzeugern
- * Ersatzstromversorgung



Bild 2: Tragbarer Stromerzeuger mit Brennstoffzelle

- Kraft- Wärme- Kopplung

- * gewerbliche KWK
- * Hausenergieversorgung



Bild 3: Hausenergieversorgung mit Brennstoffzelle

- Antrieb von Fahrzeugen

- * Busse
- * Personenkraftwagen
- * Schiffsantriebe

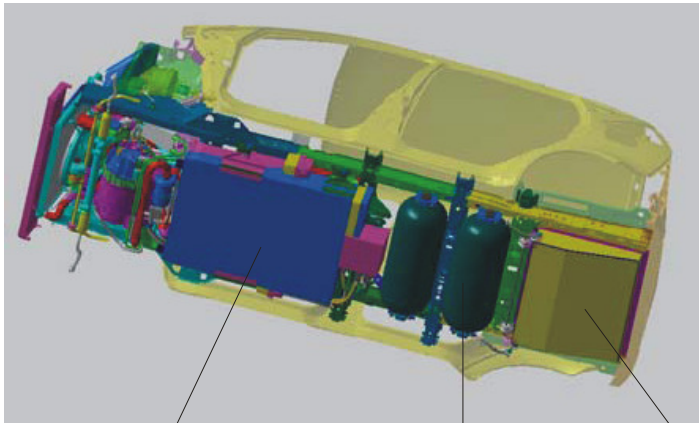
- Großkraftwerke

- * Brennstoffzellen-Kraftwerke mit Turbine (reine Stromerzeugung)

Ob und inwieweit Brennstoffzellen in Großserien zum Einsatz kommen, bleibt trotz ihrer Vorteile abzuwarten. Die Haltbarkeit ist noch relativ kurz und die Kosten sind sehr hoch. Zwischenzeitlich ist für den Kfz – Bereich eine Lebensdauer von 200000 km bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 50 km/h möglich. Allerdings kostet ein 1 kW ca. 2500.- €.

Was bedeuten Brennstoffzellen für die Feuerwehr?

Bisher werden Brennstoffzellen bis auf wenige Ausnahmen in Versuchsanordnungen verwendet. Vor allem bei Kraftfahrzeugen sind ausschließlich Versuchsträger im Einsatz.



Brennstoffzelle

Wasserstofftank

Hochvoltbatterie

Bild 4: Beispiel für den Einbau in ein Kraftfahrzeug

Für die Feuerwehr ist die Brennstoffzelle selber unproblematisch. Bei einem Schaden tritt nur eine sehr geringe Menge Wasserstoff aus. Eine Explosionsgefahr hierdurch kann ausgeschlossen werden.

Probleme ergeben sich aus der Wasserstoff- und Elektroanlage. Der Wasserstoff muss in Tanks gelagert und der Brennstoffzelle zugeführt werden, der elektrische Strom zur Nutzung umgewandelt werden, wobei vergleichbar mit Hybridfahrzeugen sehr hohe Spannungen entstehen.

Elektroseitig sind die Hinweise für Elektroanlagen zu beachten, z.B. Hybridfahrzeuge. Hier eine Zusammenfassung der wichtigsten Punkte.

- Die Hauptrisiken sind hohe Spannungen und Elektrolyte aus der Batterie
- Die Schutzabstände nach DIN VDE 0132 „Brandbekämpfung im Bereich elektrischer Anlagen“ sind einzuhalten, bis das Fahrzeug freigeschaltet ist
- Kein hörbares Motorengeräusch bedeutet nicht „keine Gefahr“
- Zündung abschalten
- Fahrzeug nach Herstellerangaben deaktivieren (Bedienungsanleitung suchen, da hierzu leider kein einheitliches Schema existiert!)
- Kontakt mit farblich gekennzeichneten Leitungen vermeiden
- Brennende Batterien nach Möglichkeit ausbrennen lassen
- Brennende Batterien nur mit Pulver löschen
- Im Bereich der Batterie nur mit Schutzbrille, Visier und Handschuhen arbeiten, Hautkontakt mit austretender Batterieflüssigkeit vermeiden

Wasserstoffseitig sind die Hinweise für Wasserstoffanlagen zu beachten, z.B. der Leitfaden für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge von BMW.

Hier eine Zusammenfassung der wichtigsten Punkte.

- Wasserstoff ist nicht odoriert! Austretendes Wasserstoffgas kann nur mit einem Explosionsgrenzmessgerät festgestellt werden. Bei hohen Wasserstoffkonzentrationen in der Luft kommt es durch die deutlich höhere Schallgeschwindigkeit (1 270 m/s) zu einem piepsigen Klang der Stimme. Ein in größeren Mengen ausströmendes Gas erzeugt ein charakteristisches, pfeifendes Strömungsgeräusch. Falls die flüssige Phase des Wasserstoffgases austritt, kann dies durch Wasserdampf, der an der tiefkalten Flüssigkeit oder dem verdampfenden Gas kondensiert, oder durch entstehendes Eis erkannt werden.
- Bei tiefkalten Flüssigkeiten und dem verdampfenden Gas besteht bei Kontakt mit der Haut oder beim Einatmen die Gefahr von Erfrierungen. Weiterhin werden durch die tiefkalten Temperaturen viele Materialien, einschließlich der Schutzkleidung, spröde.
- Eine weitere Gefahr geht von Kryobehältern (Isolierte Tanks) und Leitungen aus, die flüssigen Wasserstoff beinhalten. Bei einer defekten Isolation kondensiert durch die tiefen Temperaturen (-253°C) an der Oberfläche flüssige Luft. Diese hat eine stark erhöhte Sauerstoffkonzentration, da Sauerstoff im Vergleich zu Stickstoff einen höheren Siedepunkt besitzt. Die flüssige Luft wirkt dadurch stark brandfördernd.
- Wasserstoff ist leichter als Luft. Es steigt mit einer Geschwindigkeit von 9 m/s nach oben. Wasserstoff diffundiert durch sehr viele Stoffe wesentlich schneller als andere Gase. Tritt Wasserstoff in einem Raum aus, verflüchtigt er sicher hierdurch wesentlich schneller. Eine sichere Aussage wie viel Wasserstoff vorhanden ist, erhält man aber nur über eine Messung.
- Wasserstoff benötigt eine sehr geringe Zündenergie. Mit 0,02 mWs beträgt diese ca. 1/10 des Wertes von Erdgas. Wasserstoff verbrennt normalerweise ohne Rauchentwicklung mit einer beinahe unsichtbaren Flamme, nur durch Spuren von Stoffen in der Luft kann es zu einer leichten Färbung der Flamme kommen. Bei Sonnenlicht kann die Flamme nur schwer erkannt werden. Eine Wasserstoffflamme erzeugt trotz der hohen Verbrennungstemperatur eine geringe Wärmestrahlung, weil keine glühenden Kohlenstoff-Partikel vorhanden sind, die an die Umgebung Wärme abgeben können. Bei der Annäherung an ein mit Wasserstoff betriebenes Kraftfahrzeug, bei dem Gas ausströmt, ist dies zu berücksichtigen.
- Bei flüssigen Gasen in Behältern ist zu beachten, dass bei einer Erwärmung der Druck um 5 – 7 bar pro Grad Celsius steigt. Transporttanks für flüssige Gase haben kein Überdruckventil.
- Wenn Wasserstoff in Räumen oder Tunnel austritt kann man es zur Reduzierung der Brandgefahr mit großen Tropfen beregnen. Bei feinen Tropfen besteht die Gefahr einer statischen Aufladung und damit Explosionsgefahr. Ebenso verhält es sich beim Einsatz von CO_2 . Ausströmendes CO_2 kann sich statisch aufladen. Dann besteht ab einer Konzentration von 4% Wasserstoff Explosionsgefahr. Auch der Einsatz von Löschpulver ist sehr kritisch.

Toyota empfiehlt in einem Leitfaden für Rettungskräfte einen Besen als Hilfsmittel, um brennendes Wasserstoffgas aufzuspüren. Der Besen mit leicht entzündbaren Borsten ist, während man sich dem Kraftfahrzeug langsam nähert, vor sich her zu tragen. Er entzündet sich, wenn er in die nahezu unsichtbare Wasserstoffflamme gerät und zeigt dadurch die Flamme an.

Bei der Vorgehensweise kann man sich ergänzend an den Hinweisen für gasbetriebene Fahrzeuge orientieren.

Noch nicht geklärt sind bisher die Herstellung, der Transport und die Lagerung großer Mengen Wasserstoffs. Für den derzeitigen Einsatz sind die überschüssigen Mengen der Chemieindustrie ausreichend. Hier sind auch noch zusätzliche Kapazitäten nutzbar. Für den von der Industrie erhofften Einsatz von Wasserstoff sind diese Mengen aber nicht ausreichend.

Nicht unproblematisch ist die Lagerung größerer Mengen Wasserstoffs. Wasserstoff wird flüssig, tiefkalt (-253°C) gelagert. Durch keine Isolierung lässt sich verhindern, dass sich der Wasserstoff erwärmt und damit ausdehnt. Das hat zur Folge, dass zum Druckabbau immer eine kleine Menge abströmen muss. Hierdurch haben sich nach zwei bis drei Wochen ca. 2/3 der Ursprungsmenge verflüchtigt. Wasserstoff lässt sich also nicht verflüssigt über größere Zeiträume lagern.

Weitere Informationen können nachgelesen werden bei:

www.wbzu.de

www.h2cars.de

www.tes.bam.de/cng/

Quellen:

Symposium Brennstoffzellen, Stuttgart

Weiterbildungszentrum Brennstoffzelle Ulm (WBZU)

Wasserstoffregion Rheinland

Bilder: WBZU 1; 4, LFS 2; 3

Einsatzhinweise für Unfälle mit alternativ angetriebenen Kraftfahrzeugen, LFS 2006