



## Brennstoffzellen

### Neueste Möglichkeit zur Versorgung mit elektrischer Energie



Die Brennstoffzelle als elektrochemischer Energiewandler hat der britische Physiker Sir William Robert Grove (1811 - 1896) 1839 entdeckt und labormäßig realisiert. Zur technischen Anwendung gelangte das Prinzip aber erst durch die Raumfahrt, weil die erforderlichen Gase - Wasserstoff und Sauerstoff - ohnehin an Bord sind. Die zivile Nutzung setzte in den 90er Jahren ein.

1994 stellte DaimlerChrysler mit dem NECAR 1 das erste Brennstoffzellen-Auto der Welt vor. Der Antrieb war noch so groß und schwer, dass er in einen Kleintransporter untergebracht werden musste. Doch die Entwicklung ließ die Aggregate - bei wachsender Leistung - rasch schrumpfen. Die Firma Ballard in Kanada hat als Hersteller der Brennstoffzellen großen Anteil an diesem Fortschritt. Beim NECAR 4 passte fünf Jahre später (1999) die gesamte Brennstoffzelleneinheit in den Sandwichboden einer Mercedes A-Klasse. Damals noch im Kofferraum: der sehr aufwendig isolierte Tiefkühltank für Wasserstoff. Denn Wasserstoff wird erst bei Minus 253° C flüssig.

Toyota baut deshalb in sein Brennstoffzellenauto weder Druckflaschen noch Tiefkühltanks ein, sondern einen Metallhydrid-Speicher. Er bindet Wasserstoff in einem feinporigen Kristallgitter. Auch das ist teuer und aufwendig. Und dann ist da immer noch die Sache mit den Tankstellen. Busse mit Brennstoffzellen werden in vielen Städten bereits getestet. Sie tanken einfach im Depot. Auch für andere Fahrzeugflotten wie Kurierdienste oder Taxis ist das möglich. Für den Individualverkehr aber müssten – zigtausend teure neue Tankstellen eingerichtet werden. Da spielen die Mineralölfirmen nicht mit.

DaimlerChrysler stellte deshalb im November 2000 die Neuentwicklung NECAR 5 vor. Das Fahrzeug wird mit Methanol betankt. Mittels eines sogenannten "Reformers" wird daraus dann der notwendige Wasserstoff gewonnen. Methanol, volkstümlich "Methylalkohol" genannt, hat den Vorteil, ganz normal gepumpt werden zu können. Jede Tankstelle könnte ihn praktisch ab sofort verkaufen. Für die Umwelt ist dieses ein Kompromiss. Denn NECAR 5 lässt eben nicht nur Wasserdampf aus dem Auspuff, sondern auch Kohlendioxid.

#### Die Motivation

Üblicherweise wird elektrischer Strom in Wärmekraftmaschinen erzeugt. Energieträger - Kohle, Öl, Gas, Holz etc - werden verbrannt, um über mechanische Energie zur elektrischen Energie zu gelangen. Ein unwirtschaftlicher Prozess, die Wirkungsgrade betragen in Kraftwerken 40 Prozent, in Kraftfahrzeugen 20 bis 30 %. Man glaubt, dass Brennstoffzellen eine bessere Effizienz erreichen können.

Das wichtigste Argument aber ist, dass durch die Begrenzung der Ölvorkommen einerseits und der wachsenden Nachfrage andererseits alternative Kraftstoffe dringend gebraucht werden.

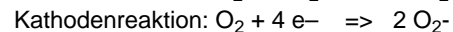
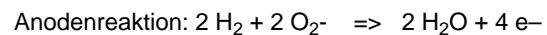
Natürlich muss auch der Betriebsstoff - also Wasserstoff - produziert werden. Die Windrädchen der Grün-Alternativen sind angesichts der benötigten Mengen hierfür völlig unzulänglich, die Lösung kann nur von der Kernenergie kommen.

#### Die Wirkungsweise

Die Brennstoffzellen-Technik ist ein Verfahren zur direkten Umwandlung von chemischer Energie in elektrische Energie. "Brennstoffe" sind Wasserstoff und Sauerstoff.

Die Apparatur ist ähnlich wie ein Akkumulator aufgebaut, es gibt Anode, Kathode und Elektrolyt. Jedoch entlädt sich eine Brennstoffzelle nicht. Solange von außen Brennstoff und Oxidationsmittel zugeführt werden, liefert sie Strom.

Der Anode werden Wasserstoff oder wasserstofffreie Gase zugeführt, der Kathode das Oxidationsmittel, meist Luft oder Sauerstoff. Beide befinden sich in einem Elektrolyt, z.B. verdünnte Schwefelsäure, sind aber durch einen elektrolytischen Ionenleiter voneinander getrennt, welcher nur Protonen, also positiv geladene Wasserstoff-Ionen (H<sup>+</sup>), passieren lässt. Die Elektronen der Wasserstoff-Atome werden beim Durchgang zurückgehalten, während die Wasserstoff-Ionen mit Sauerstoffteilchen an der Kathode chemisch reagieren. Durch den Elektronenüberschuß auf der Wasserstoffs-Seite und Elektronenmangel auf der Sauerstoff-Seite des Elektrolyts bilden sich Plus- und Minuspol (Kathode/Anode), an denen elektrische Energie entnommen werden kann. Die Energie stammt aus der Reaktion der Wasserstoffteilchen mit den Sauerstoffteilchen.



An der Anode entsteht Wasser, an der Kathode Sauerstoff.

**Die Entwicklung** hat jetzt stürmisch eingesetzt, es gibt inzwischen mehrere Verfahren:

- Solid Oxide Fuel Cell (SOFC), Hochtemperaturbrennstoffzelle, die bei Temperaturen von etwa 1000°C arbeitet
- Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEM-FC). Mit 80-100°C Betriebstemperatur eignet sich dieser Brennstoffzellentyp für mobile Anwendungen. Der NECAR 4 von DaimlerChrysler verwendet beispielsweise die PEM-FC-Technik und wird mit Flüssigwasserstoff angetrieben, der sich in einem zylindrischen, an eine große Thermosflasche erinnernden Kältetank im hinteren Fahrzeugbereich befindet.
- DMFC Direkt-Methanol-Brennstoffzellen werden mit Methanol versorgt. Die Firma SFC Smart Fuel Cell AG hat dieses Verfahren für den Einsatz in Reisemobile durchgebildet, es wird nachfolgend beschrieben.



## Brennstoffzelle EFOY 1200

### Neueste Möglichkeit zur Versorgung mit elektrischer Energie

#### Die Brennstoffzelle EFOY 1200



ist ein Gerät, welches durch kaltes Verbrennen von Methanol elektrische Energie in Form von Gleichstrom im Bereich 11,0 bis 14,0 VDC erzeugt. Der Strom wird in einen Akkumulator eingespeist. Im Reisemobil ist dies die Versorgungsbatterie.

#### Allgemeine technische Daten.

Von  $-20\text{ °C}$  bis  $+40\text{ °C}$  arbeitet die EFOY 1200 bestimmungsgemäß. Außerhalb dieses Bereichs schaltet das Gerät selbsttätig ab. Da in Reisemobilen häufig Temperaturen oberhalb von  $40\text{ °C}$  auftreten, empfiehlt sich Frischluftzuführung von außen. Dauerbetrieb ist unbeschränkt zulässig.

Abmessungen des Gerätes:

(T x B x H) 390 x 157 x 261 mm, Gewicht 8 kg.

Abmessungen des 5 l Methanolbehälters incl. Halter:

(T x B x H) mm, 150 x 200 x 290 mm, Gewicht 5 kg.

Geräuschentwicklung ca. 47 LWA.

Standardlieferungsumfang:

5-Liter-Tankpatrone, Prozessmedium, Elektromaterial, Tankpatronenhalter, Montagebleche, Kühlluftset, Abgasschlauch, Fernbedienung, Installationsset für Kühlluftführung, Software mit Anschlusskabel für den Anschluss an einen PC.

Lebensdauer:

Das Gerät ist ausgelegt für eine Lebensdauer von 6 Jahren.

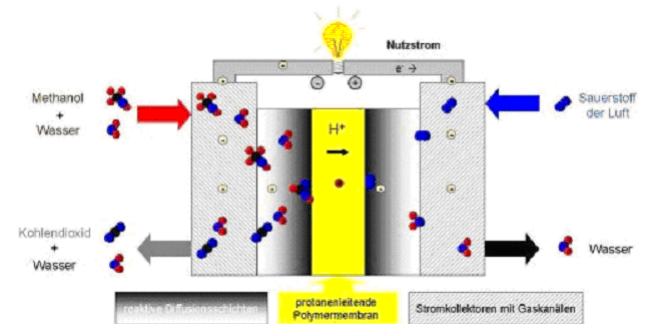
#### Elektrische Daten

Die Nennleistung = Dauerleistung ist 50 Watt. Beträgt die Spannung der angeschlossenen Batterie (Bordbatterie) 11,0 V, fließt ein Strom von 4,4 A, bei 14,0 V fließen 3,5 A.

Im Stand-by schaltet sich das Gerät unterhalb einer Batteriespannung von 12,5 VDC ein und oberhalb von 14 VDC aus. Wer will, kann das Gerät auch während der Fahrt arbeiten lassen. (Die EFOY-Serie ist bauartgenehmigt). Dies ist aber nicht sinnvoll, weil ihr Beitrag zur Batterieladung sehr gering ist im Vergleich zur Lichtmaschinenladung.

Die Einspeisung des von der EFOY 1200 erzeugten Stroms erfolgt unabhängig von anderen Stromquellen. Das heißt, Lichtmaschine, Ladegerät etc können gleichzeitig laden. Im Automatikbetrieb schaltet sich das Gerät aber nicht ein, falls die Batteriespannung 12,5 VDC nicht unterschreitet.

#### Schematische Darstellung



Die SFC Brennstoffzelle wird mit Methanol betrieben. Methanol ist der einfachste, einwertige Alkohol, er bildet im Bereich 6 - 36,5 Vol.-% Luft ein explosionsfähiges Gemisch.. Es ist leicht wasserlöslich, biologisch abbaubar und geruchsneutral. Die offene Verbrennung erfolgt zu Kohlenstoffdioxid und Wasser. Dichte = 0,79 kg/Liter, Schmelztemperatur (Tripelpunkt) minus  $98\text{ °C}$ , Siedetemperatur:  $65\text{ °C}$ .

Methanol zum Betrieb der EFOY wird geliefert in sicherheitsgeprüften Behältern (Tankpatronen genannt). Die Handhabung ist einfach, man braucht nur den Versorgungsschlauch auf die Tankpatrone aufzuschrauben. Üblich sind Behälter mit 5 und 10 Liter Inhalt. SFC Tankpatronen sind weltweit verfügbar und für den Versand per Luftfracht zugelassen. Zum Betrieb benötigt wird außerdem ein Prozessmedium, welches sich bei Auslieferung bereits im Gerät befindet. Ein Nachfüllset gehört zum Lieferumfang.

Der Methanolverbrauch liegt bei 1,1l/kWh. Mit 5 Liter kann man das Gerät 75 Stunden lang Strom erzeugen lassen. Abgas sind Kohlensäure und Wasser, welche mit einem Schlauch ins Freie oder - wenn möglich - in den Grauwassertank abgeleitet werden.

**Reine Betriebskosten im Vergleich: Mittlerer Preis pro kWh effektive Batterieladung** (ohne Abschreibungskosten): Brennstoffzelle 2,4 €, Lichtmaschine 1 €, Knattermax 1,2 €, Laden am häuslichen Netz 0,2 €

#### Investitionskosten

Der Richtpreis für Lieferung und Einbau einer EFOY 1200 in ein Reisemobil liegt bei 3.300 €



Im letzten Krieg erzeugte man ein brennbares Gasgemisch - bestehend aus Methanol + Wasserstoff + Kohlenoxid - zum Betrieb von Autos im sog. Holzvergaser.

**Brennstoffzellen gibt es auch in anderen Größen**  
**EFOY 600 mit Nennleistung 600 Watt für 2.000 €**  
**EFOY1500 mit Nennleistung 1500 Watt für 3.500 €**