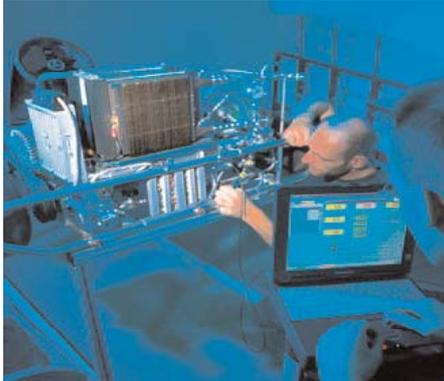


Funktionsprinzip einer Brennstoffzelle



(Bild: „Brennstoffzellen im Test“ / MPG)

A1: SAUBERE ENERGIE?

Brennstoffzellen, die mit Wasserstoff betrieben werden, arbeiten „sauber“ – denn bei der Verbrennung von Wasserstoffgas mit Luftsauerstoff entsteht ausschließlich Wasser. Verständlich, dass sich auch die Automobilindustrie seit Jahren schon für Brennstoffzellen als Antrieb für Elektromotoren interessiert. Umweltfreundlich ist diese Technik allerdings nur, wenn man den Wasserstoff umweltschonend produziert – beispielsweise durch Elektrolyse von Wasser mit Sonnenenergie. Da es genau an dieser Stelle aber technisch noch hapert, arbeiten Ingenieure an der Entwicklung von Brennstoffzellen, die mit Methangas, speziellem Benzin oder auch Methanol betrieben werden können. Solche Aggregate verbrauchen zwar auch fossile Brennstoffe, sie können aber relativ klein gebaut werden. Zudem haben sie einen wesentlich höheren Wirkungsgrad als herkömmliche Verbrennungsmotoren und erzeugen deshalb bei gleicher Leistung weniger Kohlendioxid.

A2: WIE FUNKTIONIERT EINE BRENNSTOFFZELLE?

Die Energieausbeute soll nicht nur hoch, sie muss zugleich auch kontrollierbar sein. Damit die Fahrt mit dem Wasserstoffauto nicht mit einem Knall – und mit Verletzten oder gar Toten – endet, müssen Brennstoffzellen-Entwickler vor allem eines verhindern: Dass Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) explosionsartig miteinander reagieren. Das droht immer dann, wenn beide Reaktionspartner „ungeschützt“ aufeinander treffen – die Chemiker sprechen von einer Knallgasreaktion. Denn H_2 und O_2 speichern wesentlich mehr chemische Energie als ihr Reaktionsprodukt Wasser. Und diese Differenz wird bei der Explosion schlagartig als thermische Energie, also Wärme, frei. Theoretisch könnte man auch diese Energie nutzen, etwa indem man sie in einem Verbrennungsmotor in mechanische Energie umwandelt. Der Wirkungsgrad läge dabei aber wesentlich niedriger als bei der „kalten Verbrennung“, bei der die chemische Energie direkt in elektrische verwandelt wird.

A3: DER SCHWIERIGE WEG VOM PROTOTYPEN ZUR SERIE

Eine „Reaktion ohne Knalleffekt“ gelingt den Ingenieuren, indem sie die Knallgasreaktion in zwei Schritte „zerlegen“ und in einer elektrochemischen Zelle getrennt ablaufen lassen: Dabei wird Wasserstoff an der Anode zu Protonen oxidiert, das heißt, die zwei H-Atome geben ihre Elektronen ab. Der Sauerstoff wird an der Kathode zu negativ geladenen Sauerstoff-Ionen reduziert, jedes O-Atom nimmt dabei zwei Elektronen auf. Die Reaktion verläuft jetzt kontinuierlich, sie lässt sich kontrollieren und – für eine technische Nutzung besonders wichtig – die frei werdende chemische Energie kann zum größten Teil in elektrische Energie umgesetzt werden. Für die räumliche Trennung der beiden Prozesse sorgt eine so genannte Separator- oder Trennmembran, eine 0,05 bis 0,2 Millimeter dünne Kunststoffhaut, deren Eigenschaften an eine biologische Membran erinnern (sie muss für bestimmte Stoffe dicht, für andere wiederum durchlässig sein), und die je nach Brennstoffzellentyp aus unterschiedlichen Materialien besteht.

Damit die Gesamtreaktion ablaufen kann, müssen Elektronen und Protonen von der Anodenseite zur Kathodenseite fließen. Die Membran-Brennstoffzelle stellt dafür zwei getrennte Wege zur Verfügung: Die Elektronen fließen über eine „externe Leitung“ von der Anode zur Kathode und treiben dabei zum Beispiel einen Elektromotor an, während die Protonen „intern“ durch den Separator wandern und sich auf der Kathodenseite mit den Sauerstoff-Ionen zum Endprodukt Wasser verbinden. Theoretisch liefert eine solche Brennstoffzelle eine elektrische Spannung von 1,23 Volt – in der Praxis liegt der Wert meist etwas niedriger. Um höhere Betriebsspannungen zu erreichen, werden deshalb mehrere Zellen zu einem Zellstapel (engl.: *stack*) kombiniert.

Prinzipiell haben Forscher und Ingenieure bereits unzählige Prototypen von Brennstoffzellen entwickelt – in Großserie produziert wird allerdings bisher keine; dazu sind noch einige Probleme zu lösen ...