

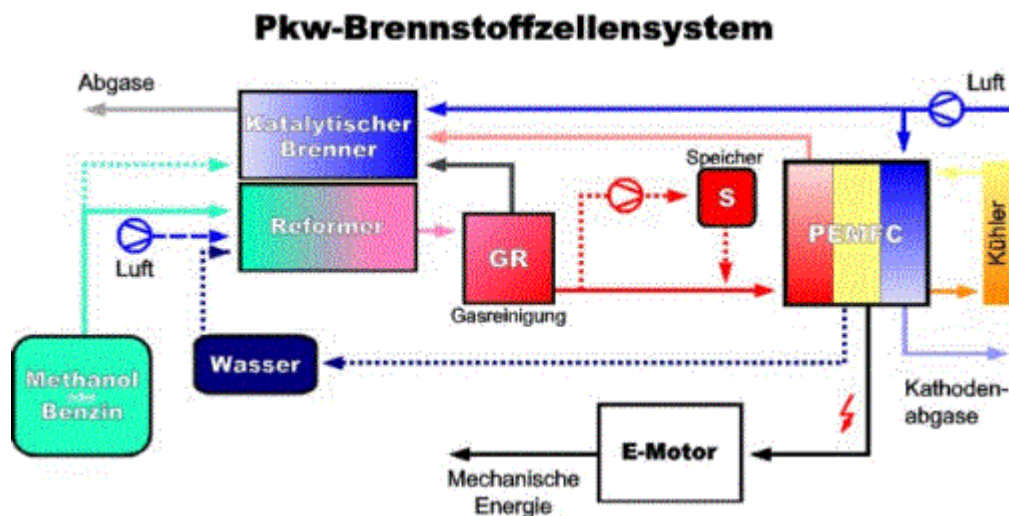
Anwendung Brennstoffzelle

Der Einsatz von Brennstoffzellen im mobilen Bereich

Der zunehmende Bedarf an Mobilität führt zu immer höherer Verkehrsbelastung und damit zu einer Zunahme der Emissionen im Straßenverkehr. Elektrofahrzeuge haben am Fahrzeug selbst keine Emissionen, besitzen aber mit Batteriespeicher eine relativ geringe Reichweite bei langen Ladezeiten. Brennstoffzellen im Automobil können elektrischen Strom sehr effizient direkt aus chemisch gespeicherten Energie gewinnen. Etwa 70% aller Autofahrten erfolgen im Stadtverkehr. Insbesondere im dort vorherrschende Betrieb des Pkw im Teillastbereich ist der Wirkungsgrad von Brennstoffzellen erheblich höher als der von Verbrennungsmotoren), wodurch sich der Energieverbrauch und die Emissionen deutlich reduzieren.



Wird Wasserstoff als Energieträger verwendet, so ist das Auto sogar emissionsfrei, da lediglich Wasser produziert wird. Wasserstoff besitzt allerdings eine geringe Speicherdichte, wodurch Wasserstoffdrucktanks voluminös und schwer sind. Die flüssigen Treibstoffe Benzin, Diesel und Methanol besitzen im Vergleich dazu um eine bis zu zehnfach höhere spezifische Energie. Mit diesen Trägern von Wasserstoff lassen sich Reichweiten wie mit Verbrennungsmotoren erzielen, da auch die Reichweite von Brennstoffzellenfahrzeugen allein durch die Menge des mitgeführten Treibstoffes bestimmt wird. Auch für Methanol könnte das bestehende Tankstellennetz weitgehend unverändert zur schnellen und einfachen Wiederbetankung verwendet werden.



Sowohl Methanol als auch die höheren Kohlenwasserstoffe lassen sich im Fahrzeug in einem der Brennstoffzelle vorgeschalteten Prozeß, der sogenannten Reformierung, katalytisch im wesentlichen in Wasserstoff und Kohlendioxid zerlegen. Das dabei auch auftretende Kohlenmonoxid ist ein ausgesprochenes Katalysatorgift, das den Wirkungsgrad der Brennstoffzelle verringert. In beiden Fällen muß daher der Anteil von Kohlenmonoxid im erzeugten Synthesegas in einer Gasnachbehandlung auf ein für die Brennstoffzelle akzeptables Maß reduziert werden.

Obwohl die Reformierung von Methanol im Vergleich zur Benzinreformierung sich einfacher gestaltet und auch effizienter ist, sind die Wirkungsgrade über die gesamte Energieumwandlungskette beider Konzepte in etwa gleich, da Benzin aus Erdöl mit einem wesentlich höheren Wirkungsgrad zu gewinnen ist als Methanol aus Erdgas. Im Vergleich zu herkömmlichen Verbrennungsmotoren sind die Wirkungsgrade eines Brennstoffzellenantriebsystems mit Reformierung höher, wodurch auch die Kohlendioxidemissionen deutlich reduziert sind. Bei der katalytischen Reformierung inklusive katalytischer Nachverbrennung der Abgase entstehen keine flüchtigen Kohlenwasserstoffe. Da die Energieumwandlung bei wesentlich niedrigeren Temperaturen als bei der Verbrennung erfolgt, werden auch keine Stickstoffoxide gebildet. Die Abbildung zeigt eindrucksvoll die Schadstoffarmut von Brennstoffzellenfahrzeugen.

Die PEMFC-Brennstoffzelle wird wegen ihres guten Lastwechselverhaltens, der kurzen Startzeit aufgrund ihrer niedrigen Betriebstemperatur und nicht zuletzt wegen ihrer hohen Leistungsdichte in ersten Prototypen von Automobilen mit Brennstoffzellen eingesetzt. Daimler-Benz hat neben den schon älteren Entwicklungen von mit Wasserstoff betriebenen Fahrzeugen (Necar I und II) als jüngste Entwicklung auf der IAA 1997 sein Methanol-Brennstoffzellenauto Necar III vorgestellt. In den USA hat Arthur de Little einen Multi-Fuel-Reformer entwickelt, der auch mit Benzin zu betreiben ist. Beides sind herausragende Beispiele der starken Aktivitäten aller namhaften Automobilhersteller weltweit auf dem Gebiet der Brennstoffzellen-Technologie für den mobilen Einsatz.



Brennstoffzellen für den Einsatz in portablen Kleingeräten

Der Einsatz von PEM-Brennstoffzellen in portablen Kleinsystemen ist auch am unteren Ende der Leistungsskala (ca. 10W) vorstellbar. Die Stromversorgung für tragbare Geräte wie Notebooks, Camcorder und Handys könnte beispielsweise durch Miniaturbrennstoffzellen realisiert werden und dadurch einen Bereich der Batterietechnik revolutionieren.

Im Gegensatz zu Batterien sind Brennstoffzellen eher leicht, haben eine hohe spezifische Leistungsdichte und erlauben einen kontinuierlichen Langzeitbetrieb. Allerdings benötigen sie einen Speicher für den Energieträger, dessen Größe die maximale Betriebsdauer bestimmt.



Um eine wirkliche Alternative zu den bislang verwendeten Lithium-Ionen-Akkus darzustellen, müssen die Kleinbrennstoffzellen einfach, kostengünstig und zuverlässig sein. Die Brennstoffzellenstacks müssen von der Systemseite daher so kompakt, wie möglich sein. Ansätze, die zur Zeit erprobt werden, sind "luftatmende" Brennstoffzellen, die mit Wasserstoff aus Metallhydrid-Speichern betrieben werden. Der Wasserstoffvorrat kann mit Hilfe eines Miniaturelektrolyseurs an der

Steckdose regeneriert werden.

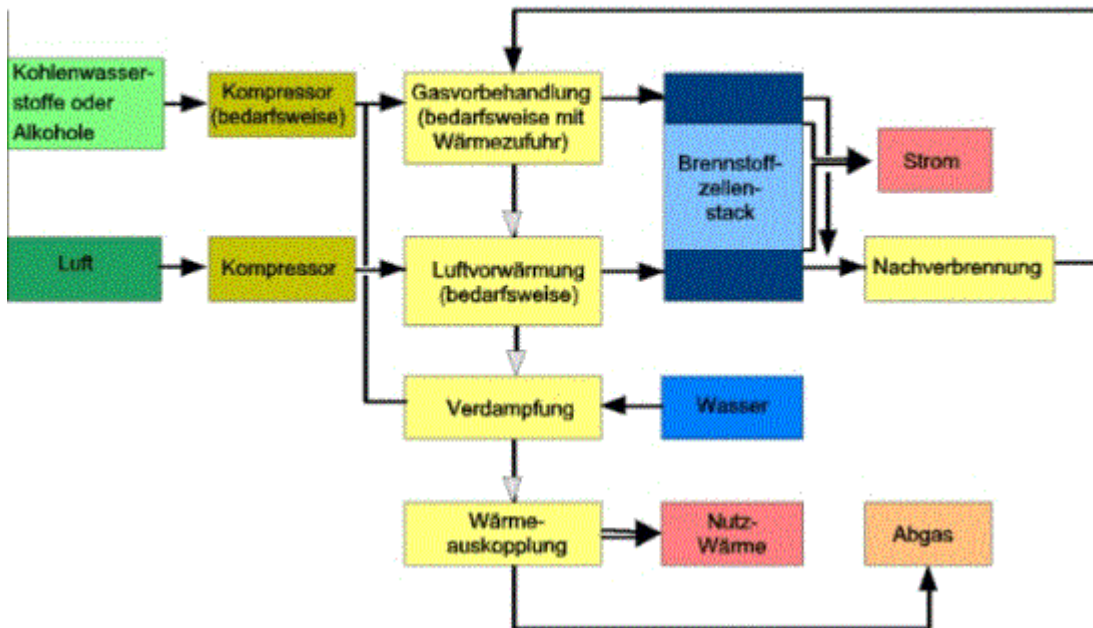
Mit den bislang entwickelten Prototypen können Laptops (ca. 20W) bei vergleichbarem Platzbedarf und Gewicht im Vergleich zu konventionellen Batterien etwa 10 Stunden betrieben werden. Bei einer weiteren Verbesserung und gleichzeitigen Verbilligung der Komponenten könnten Geräte mit Brennstoffzellenversorgung in etwa zwei bis fünf Jahren auf dem Markt zu kaufen sein.



Brennstoffzellen in stationärer Anwendung

In Brennstoffzellen können kohlenstoffhaltige Brennstoffe elektrochemisch umgesetzt werden, wodurch chemische Energie mit hohem energetischen Wirkungsgrad und minimaler Schadstoff-Emission in Elektrizität umgewandelt werden kann. Somit finden sie Anwendung in der stationären Elektrizitätsproduktion mit dem Schwerpunkt dezentraler Energieversorgung.

Brennstoffzellen-Anlage zur stationären Strom- und Wärmeproduktion



Es ist ein wichtiges Ziel der stationären Elektrizitätsproduktion, einen hohen Wirkungsgrad bei akzeptablen Kosten zu erreichen, wobei auch im Teillastbereich hohe Wirkungsgrade erzielt werden sollten. Dabei dienen fossile Energieträger als Energiequelle.

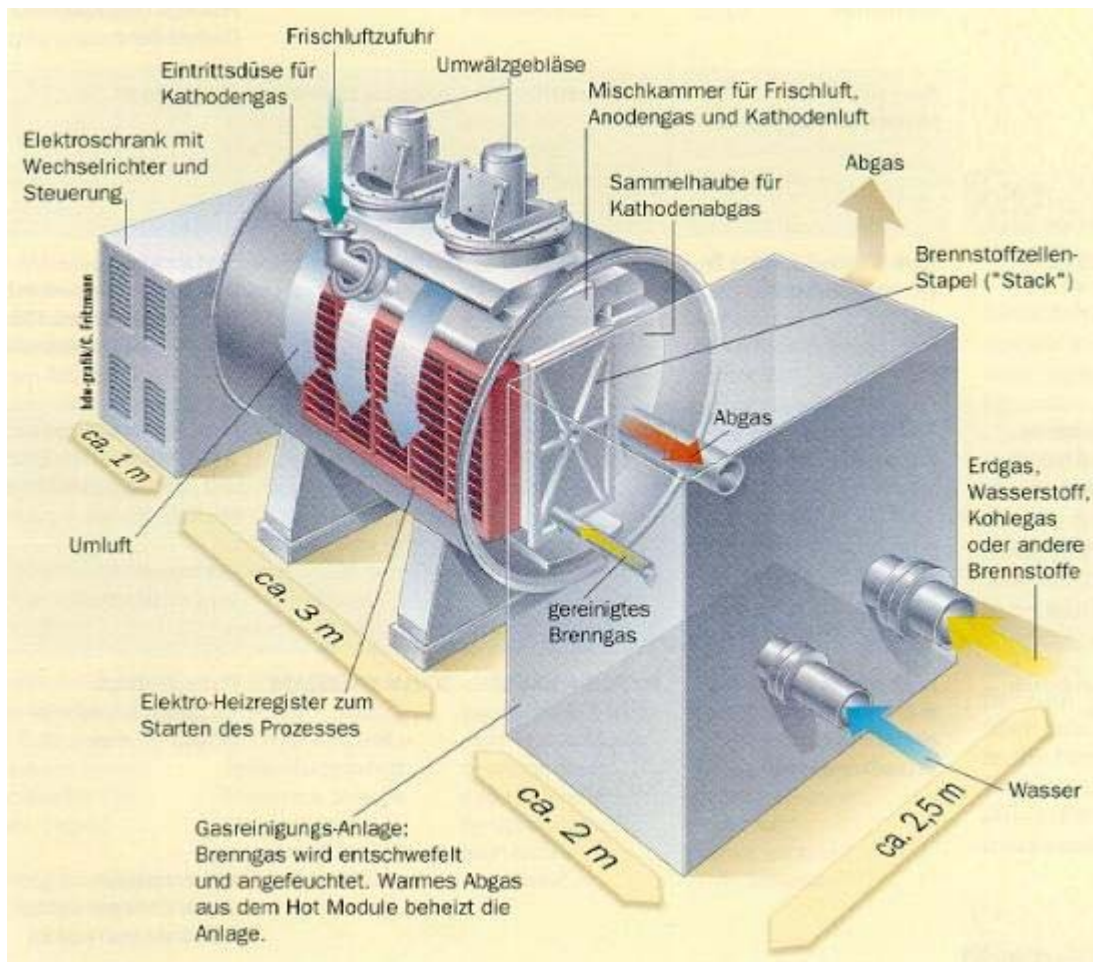
Neben dem reinen Wasserstoff können auch Erdgas, Kohlegas oder Biogas für den Betrieb der Brennstoffzelle eingesetzt werden. Aus diesen Brennstoffen wird durch Reformierung Wasserstoff gewonnen, der bei der Stromerzeugung verbraucht wird.

Die Brennstoffzellen, die für den Einsatz in Kraftwerken diskutiert werden, arbeiten hauptsächlich bei Temperaturen über 100°C. Durch Integration der Zelle in ein umfangreicheres System kann die Abwärme ebenfalls genutzt werden.

Phosphorsäure-Brennstoffzellen PAFC eignen sich zur dezentralen Strom- und Wärmeerzeugung und werden heute weltweit in Anlagen mit elektrischen Leistungen von 100 kW bis 10 MW betrieben. Die Abwärme kann in Form von 60 bis 80°C heißem Wasser abgekoppelt werden, wodurch man einen Gesamtsystemwirkungsgrad von bis zu 80% erhält.

Für die gleichzeitige Erzeugung von Wärme und elektrischem Strom sind die sogenannten Hochtemperaturbrennstoffzellen wie Festoxid-Brennstoffzelle SOFC oder Karbonatschmelze-Brennstoffzellen MCFC von großer Bedeutung. Aufgrund der hohen Betriebstemperatur von 600 bis 1000°C wird hier die interne Erdgasreformierung ermöglicht. Außerdem kann die Restabwärme in eine nachgeschaltete GuD-Einheit eingespeist werden. Solche Kombinationskraftwerke erreichen ebenfalls einen Gesamtwirkungsgrad von 70 bis 80%.

Ein großer Vorteil von Brennstoffzellen gegenüber den Verbrennungsanlagen ist der eigentliche Reaktionsmechanismus, der die Stromversorgung gewährleistet: Wird reiner Wasserstoff verwendet, der mit Oxidans Sauerstoff reagiert, so entsteht nur Wasser bzw. Wasserdampf. Die Emission von Schwefel- oder Stickoxiden ist somit in Kombinationskraftwerken im Vergleich zu den konventionellen Kraftwerken mindestens um eine Größenordnung niedriger.



Brennstoffzellen für die Hausenergieversorgung

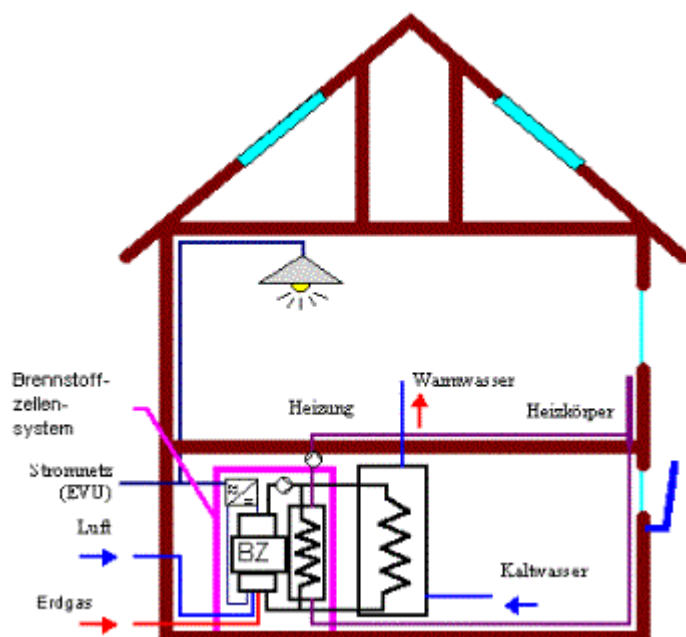
Bei den in der Zukunft immer knapper werdenden Energieresourcen spielt eine rationelle und effiziente Energienutzung eine immer bedeutendere Rolle. Brennstoffzellen liefern hier einen sehr guten Ansatzpunkt, da sie gleichzeitig elektrische - und thermische Energie mit einem hohen Wirkungsgrad produzieren. Bedingt durch diesen hohen Wirkungsgrad und in Verbindung mit Erdgas als Energieträger sind die entstehenden Schadstoffemissionen äußerst gering.

Eine Anwendungsmöglichkeit der Brennstoffzellentechnologie ist die dezentrale elektrische und thermische Energieversorgung mit kleinen stationären Brennstoffzellen BHKW's in Ein- und Mehrfamilienhäusern.

Die Energieversorgung dieser Brennstoffzellen BHKW's kann über das großflächige ausgebaute Erdgasversorgungsnetz der Energieversorgungsunternehmen stattfinden. Erdgas kann der Brennstoffzelle entweder direkt (SOFC) oder, mit Hilfe von Reformierungs- sowie vor- und nachgeschalteten Reinigungsprozessen in H_2 umgewandelt, zugeführt werden (PEMFC).

Die Vorteile der Brennstoffzelle gegenüber konventionellen Energieerzeugungssystemen sind u.a.:

- Ein schnelles Ansprechverhalten auf



Energieanforderungen seitens des Energieabnehmers wie sie z.B. bei Einspeisung des Überschußstroms in das öffentliche Stromnetz auftreten können.

- Die Energie (Strom, Wärme bzw. bei Bedarf auch Kälte mittels Absorptionskältemaschinen) wird direkt am Ort des Verbrauchers erzeugt und somit entfallen die bei zentraler Energieerzeugung üblichen Transportverluste.
- Die hohen Flexibilität bezüglich der verschiedenen Betriebszustände Tag/Nacht und Winter/Sommer führt dazu, daß das Brennstoffzellensystem nicht im Nennpunkt, sondern bei kleinerer Auslastung betrieben wird, und damit der Wirkungsgrad steigt.

Während bei Anlagen die an das öffentliche Stromnetz angeschlossen sind, eine Einspeisung des Überschußstromes in das Netz sinnvoll ist, kann bei netzfernen Inselanlagen über den Einsatz von kleinen Speichern nachgedacht werden, um die Brennstoffzelle optimal dimensionieren zu können. Im Hinblick auf die zukünftige Energieversorgung mittels regenerativer gewonnenem H_2 stellen Brennstoffzellen den wichtigsten Energieumwandler dar, weil sie H_2 emissionsfrei in elektrische - und thermische Energie umwandeln.

Maßgeblich beteiligt an einer rationellen und effizienten Energieverwendung im Sektor Haushalt ist also sowohl die verstärkte Benutzung von sparsamen Elektrogeräten und die breite Einführung von Häusern in der Niedrigenergiebauweise (mit geringer spezifischer Heizenergie pro m^2), als auch die Entwicklung neuer Energieversorgungssystemen.

Auf diesem Gebiet ist noch große Forschungs- und Entwicklungsarbeit zu leisten, insbesondere bei der Fragestellung wie sich die Einzelkomponenten bei der Verschaltung zum Gesamtsystem verhalten (Energieverbräuche, Wirkungsgrade etc.).

Im Rahmen des **Tag der offenen Tür** in Garching hält Prof. Dr. U. Stimming einen Vortrag über das Thema:

"Brennstoffzelle - Eine neue Methode der Energieumwandlung?"

Physik Department Hörsaal 2, 25.10.2003
Veranstaltungsbeginn: 15:15 Uhr

