

Richtungweisende Tagungen in Ulm und Leipzig

## Brennstoffzellen für Stromversorgung und Straßenfahrzeuge

Schon in zwei bis drei Jahren werden in den USA die ersten in Serie produzierten Brennstoffzellen (BZ) auf den Markt kommen. Sie leiten damit eine Ära neuer, umweltfreundlicherer Stromgewinnung und -nutzung ein. Kennzeichnend für die Vermarktungsnähe auch in Deutschland sind die intensivierten Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten der letzten Jahre.

Mehr als 160 Jahre nach ihrer Entdeckung dringt die Brennstoffzelle im kommenden Jahrzehnt in kommerzielle Anwendungen ein. Das gilt sowohl für die für die dezentrale Energieversorgung im Gebäudebereich wie auch für den mobilen Einsatz in Geräten und Fahrzeugen.

Die Bedeutung dieser Technologie zeigt auch die Zunahme einschlägiger Tagungen. Zu den herausragenden Veranstaltungen zählen die vom 15. bis 16. 9. 1999 in Ulm durchgeführte Jahrestagung des Forschungsverbundes Sonnenenergie (FVS, vgl. ep 01/99 Luk S.1-3) und das vom 4. bis 5. 10. 1999 in Leipzig ebenfalls auf Brennstoffzellen- und Wassertechnologie orientierte sechste Fachforum des Regensburger OTTI-Technologie-Kollegs.

Dabei nahmen Fragen zu Brennstoffangebot und -aufbereitung sowie der Entwicklung der notwendigen Infrastruktur einen breiten Raum ein.

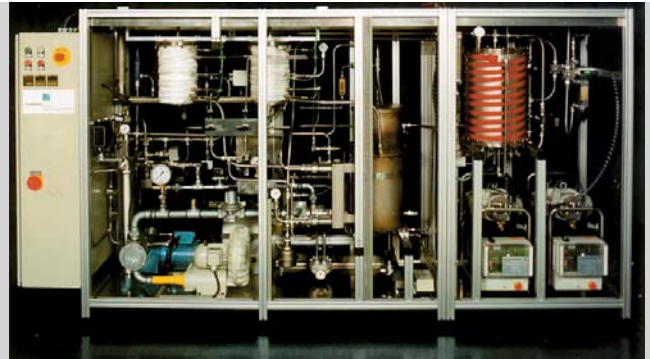
Die Schwerpunkte der Leipziger Fachtagung lagen stärker bei der Vermittlung praktischer Erfahrungen. Diese Praxisnähe ergänzten Besuche zweier Testanlagen in der Umgebung von Leipzig. Die Veranstaltung knüpfte damit an die Vorstellung des weltweit ersten BZ-BHKW in einem Einfamilienhaus bei Leipzig an (vgl. ep 05/99, S. 390).

### Biomasse – Wasserstofflieferant der Zukunft

In BZ wird je nach Typ mehr oder weniger reines Wasserstoffgas zusammen mit (Luft-)Sauerstoff direkt, also in einer einzigen Stufe, zum Stromlieferanten. Nur Was-

ser ( $H_2O$ ) bleibt im Idealfall übrig. In den nächsten Jahrzehnten werden zunächst fast ausschließlich Erdgas (für den stationären Bereich), Methanol und evtl. auch Benzin oder Dieselmotorkraftstoff (für Fahrzeuge) sowie Propangas (für Geräte und Inselsysteme im Kleinleistungsbereich) Wasserstoff liefern. Das erfordert für die Gruppe der im Niedertemperaturbereich arbeitenden BZ die Vorschaltung verschiedenartig aufgebauter Reformier- und Gasreiniger (Bild 1). An Verkleinerung und Verringerung insbesondere der für die spätere Serienfertigung vorgesehenen Kompaktgeräte wird intensiv gearbeitet. In einer zweiten Entwicklungsstufe sind für Fahrzeuge und leistungsstärkere BHKW reformerlose Hochtemperatur-BZ in Vorbereitung. Parallel dazu arbeiten Forscher an Verfahren zur Nutzung von Biomüll und Biomasse. Erste Konzepte werden getestet. Ziel ist der sanfte Übergang auf noch mehr Ressourcenschonung und Klimaschutz. So gehen beispielsweise der Ölmulti Shell und andere davon aus, dass bis zum Jahr 2050 der Weltenergieverbrauch von Biomasse für die Stromerzeugung einen ähnlichen Umfang wie heute Öl und Gas haben kann. Ergänzend zur Biomasse wird langfristig auch der Wasserstoffgewinnung durch Strom im Elektrolyseur<sup>1</sup> eine größere Bedeutung zukommen. Schon heute existieren auch in Deutschland

zahlreiche Testanlagen, wird an besseren Elektrolyseuren und Energiespeichern gearbeitet. In den USA und in Deutschland gibt es Konzepte, mit kleinräumigen wiederaufladbaren Wasserstoffpatronen herkömmliche Batterien zu ersetzen (vgl. ep 07/98, S. 670). Endziel ist aber der Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur mit einem flächendeckenden Angebot. Dabei könnte mit regenerativen Energiequellen gewonnener Wasserstoff aus dem In- und Ausland die Biomasse ergänzen.

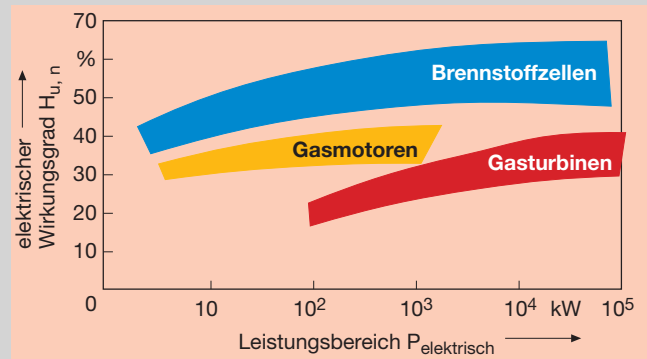


1 Erdgasaufbereitung für BZ-Experimentieranlagen bis 15 kW, eingesetzt in Riesa und Ulm. Der großräumige Aufbau (Abmessungen 4,5 x 0,6 m) erlaubt die leichte Zugänglichkeit zu den einzelnen Komponenten während der Entwicklungsarbeiten.

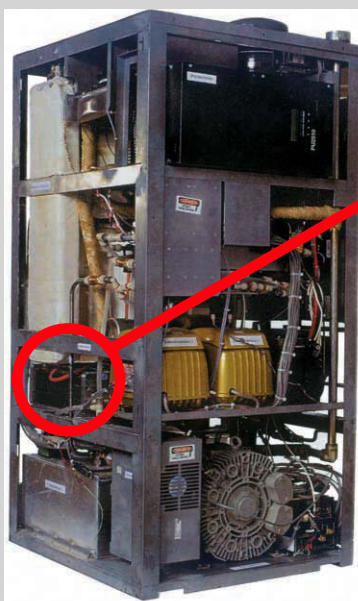
### Brennstoffzellen im stationären Bereich

Die infrastrukturellen Voraussetzungen, um in Deutschland schon bald in größerem Umfang BZ einzusetzen, sind gut. Erdgas wird in vielen Regionen flächendeckend angeboten und das bis in den Gebäudebereich verzweigte Netz wird laufend modernisiert und erweitert. Durch zunehmende Wärmedämmung, Solarthermieanlagen und Wärmepumpen sinkt die Auslastung der Erdgasnetze.

zahlreiche Testanlagen, wird an besseren Elektrolyseuren und Energiespeichern gearbeitet. In den USA und in Deutschland gibt es Konzepte, mit kleinräumigen wiederaufladbaren Wasserstoffpatronen herkömmliche Batterien zu ersetzen (vgl. ep 07/98, S. 670). Endziel ist aber der Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur mit einem flächendeckenden Angebot. Dabei könnte mit regenerativen Energiequellen gewonnener Wasserstoff aus dem In- und Ausland die Biomasse ergänzen.



2 Der elektrische Wirkungsgrad vollentwickelter Brennstoffzellen liegt weit über dem heute dominierenden Stromerzeuger vom BHKW oder Wärmekraftwerk mit Gasmotoren bzw. -turbinen. Während die Brennstoffzellen 40-65 % erreichen, liegen die gezeigten thermischen Stromerzeugungssysteme zwischen 20-55 %.



3 Hausenergiezentrale mit einer Brennstoffzelle Typ PEM für 3 kW elektrisch und 8 kW thermisch. Oben der Zellstapel, bestehend aus vielen scheibenförmigen einzelnen Zellen.

Quellen: 1 Frauenhofer ISE, 2 BGW, 3 HGC, 4 Vaillant, 5 Toyota

1) Elektrolyseur: Anlage zur Gewinnung von Wasserstoff durch die Spaltung von Wasser ( $H_2O$ ) in Sauerstoff und Wasserstoff.



**Brennstoffzellen**

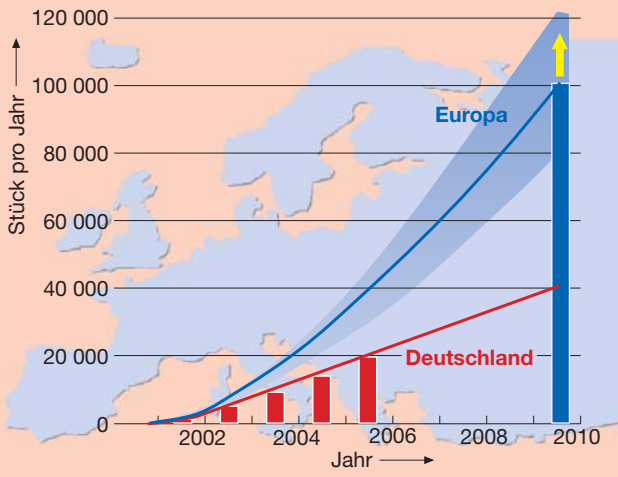
**Grundlagen**

Einen Beitrag zur grundlegenden Technik der Brennstoffzelle finden Sie in der Beilage Lernen und Können, in diesem Heft auf Seite 11–13.

Beitrag zur Lärminderung und Luftverbesserung, sondern sie reduzieren auch die globale Klimafährdung. Reichweite und andere wichtige Gebrauchswerte des Fahrzeugs mit BZ-Antrieb sollen dem der „Benziner“ entsprechen. Die Vorteile des Elektroantriebes werden schrittweise das Fahrverhalten noch weiter verbessern. Nahezu alle bekannten PKW-Hersteller wollen um das Jahr 2004 Fahrzeuge mit BZ-Antrieb anbieten. Sie setzen gegenwärtig auf Methanol, könnten sich aber auch für Benzin entscheiden. Toyota favorisiert beispielsweise eine leistungsschwächere BZ mit erheblicher Batterieunterstützung. Dabei wird Bremsenergie gespeichert und im Fahrbetrieb überschüssige Energie zur Batterieladung genutzt. Der im Bild 5 erkennbare Antriebsstrang kann komplett im traditionellen Motorraum und unter dem Wagenboden untergebracht werden. Andere Hersteller setzen auf eine wesentlich größere BZ-Leistung. Anfang 2000 will DaimlerChrysler seinen leistungstärkeren neuesten Versuchsträger Necar 5 als Prototyp für die A-Klassen-Fahrzeuge vorstellen. Dann wird auch entschieden, welcher Brennstoff endgültig zum Einsatz kommt.

Während für PKW das Tankstellennetz auf neue Kraftstoffe wie Methanol umgerüstet werden muss, könnten sich in einzelnen lärm- und schadstoffreichen Regionen wasserstoffversorgte Busse mittelfristig durchsetzen (siehe ep 08/99, LuK S. 1-3). Versuchsfahrzeuge zweier Hersteller werden in den USA und Europa erprobt. Dabei ist der Tagesbedarf in Wasserstofftanks auf dem Dach der Fahrzeuge untergebracht. Sie und andere Nutzfahrzeuge sowie PKW stehen in Konkurrenz zu Kraftfahrzeugen, deren Verbrennungsmotoren mit Biobrennstoffen, Erdgas und versuchsweise auch Wasserstoff betrieben werden. Auch BMW setzt auf den Wasserstoff-Verbrennungsmotor, will aber das batteriegestützte Bordnetz auf BZ umstellen.

H. Kabisch ■



4 Vom Brennstoffzellenhersteller in den USA für Europa autorisiert soll nach Lieferung erster Testgeräte im Jahr 2001 der breite Verkaufsstart 2003 erfolgen. Durch die etwa zeitgleiche Erschließung des USA- und des europäischen Marktes wird kurzfristig mit sinkenden Kosten durch Serienproduktion gerechnet.

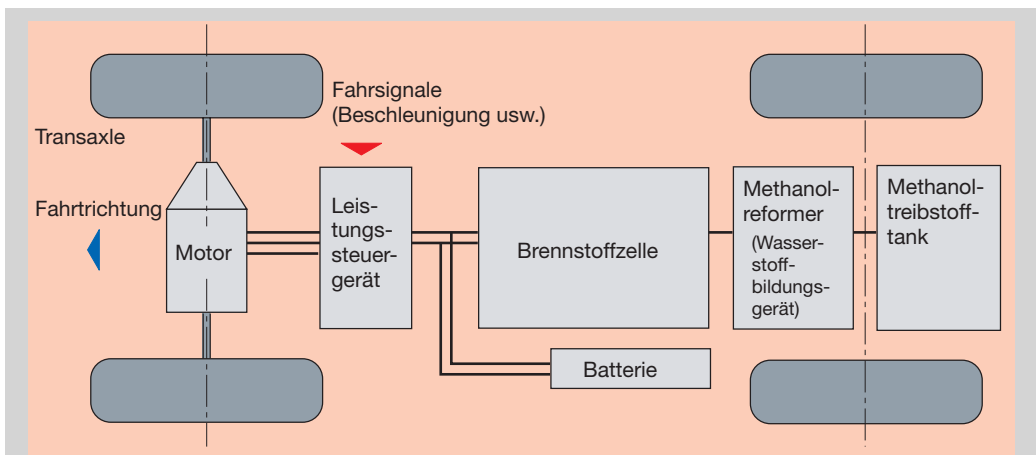
BZ-Anlagen kommen diesem Angebot u. a. durch den im Vergleich zu Gasmotoren höheren Wirkungsgrad entgegen, mit dem die Brennstoffe in Elektroenergie umgewandelt werden (Bild 2). Das betrifft auch den untersten Leistungsbereich, in dem schon bald konventionelle, mit Gasmotoren angetriebene Kleinst-BHKW in Konkurrenz zu BZ-Zellen im Gebäudebereich treten. Das gilt gleichermaßen für Ein- und Mehrfamilienhäuser und auch für Gewerbebetriebe. Als Wettbewerber haben sich die Sulzer Hexis aus der Schweiz, die Hamburger Gas Consult (HGC) und Vaillant aus Remscheid in Deutschland herausgebildet. Die BZ mit Nennleistungen von 1 bis 10 kW werden durch integrierte Gasbrenner ergänzt, die zusammen mit der Abwärme die jeweils erforderliche thermische Höchstleistung bereitstellen (vgl. ep 04/99, S. 334-335, und ep 05/99, S. 390). Die HGC hat zwei Vorläufer der Seriengeräte bereits im Testbetrieb (Bild 3). Allein Vaillant erwartet bis zum Ende des

nächsten Jahrzehnts ein rasantes Wachstum für das eigene Erzeugnis (Bild 4).

Zur Versorgung ganzer Gebäudekomplexe mit Nahwärme eignen sich besonders anschlussfertige BZ-Anlagen der Leistungsklasse 200-250 kW elektrisch. Mehrere dieser seit Jahren in Deutschland betriebenen USA-Erzeugnisse bestätigen diese Nutzungsmöglichkeit. Dazu gehört auch eine Anlage, die nach erfolgreichem Test mit Erdgas inzwischen befristet auf industriell hergestellten Wasserstoff umgestellt wurde. Verbesserte Typen dieser Leistungsklasse will die französische Fa. Alstom ab Frühjahr 2000 testen und in den Folgejahren in Dresden fertigen. Längerfristig ist eine Erweiterung der abgegebenen Leistung eines modular aufgebauten BZ-BHKW bis 10 MW wirtschaftlich realisierbar. Stehen Hochtemperaturzellen zur Verfügung, ist die Abwärme nicht nur für Produktionsprozesse nutzbar. Sie kann alternativ über einen Turbogenerator-Block zusätzlich in Elektroenergie umge-

**Brennstoffzellen für Fahrzeuge**

Nach wie vor geht die Klimabedrohung durch CO<sub>2</sub> auch vom steigenden Mobilitätsbedürfnis in den Industrieländern aus. Dazu kommt der Nachholbedarf in den Schwellenländern. Dieses Gefährdungspotential steht dem der stationären Stromerzeugung nicht nach. Daran ändern auch die Bemühungen der Automobilindustrie nichts. Sie will den bereits in den letzten Jahren um über 20 % gesenkten Kraftstoffverbrauch bis zum Jahr 2005 um weitere 25 % senken. Der Katalysator mindert nur die Schadstoffemissionen; gegen das CO<sub>2</sub>-Gas ist er bekanntlich machtlos. Der BZ-Antrieb löst das Problem. Im Gegensatz zur Masse der heute angebotenen Elektrofahrzeuge mit Batteriespeicher verlagern die geplanten BZ-Antriebe keine „Klimagase“ zum Kraftwerk. Indem sie CO<sub>2</sub>-frei „verbrennen“, leisten sie nicht nur im Fahrbetrieb einen wichtigen



5 Systemdiagramm des Toyota FCEV. Die Brennstoffzelle in den Abmessungen 108 x 50 x 24 cm<sup>3</sup> mit einer Nennleistung von 25 kW wird von einer Nickel-Metallhydrid-Batterie gestützt, damit der Gesamtantrieb Leistungsspitzen bis 50 kW bewältigt.