Strom aus Brennstoff ohne Feuer

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **89 (1998)**

Heft 10

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-902072

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

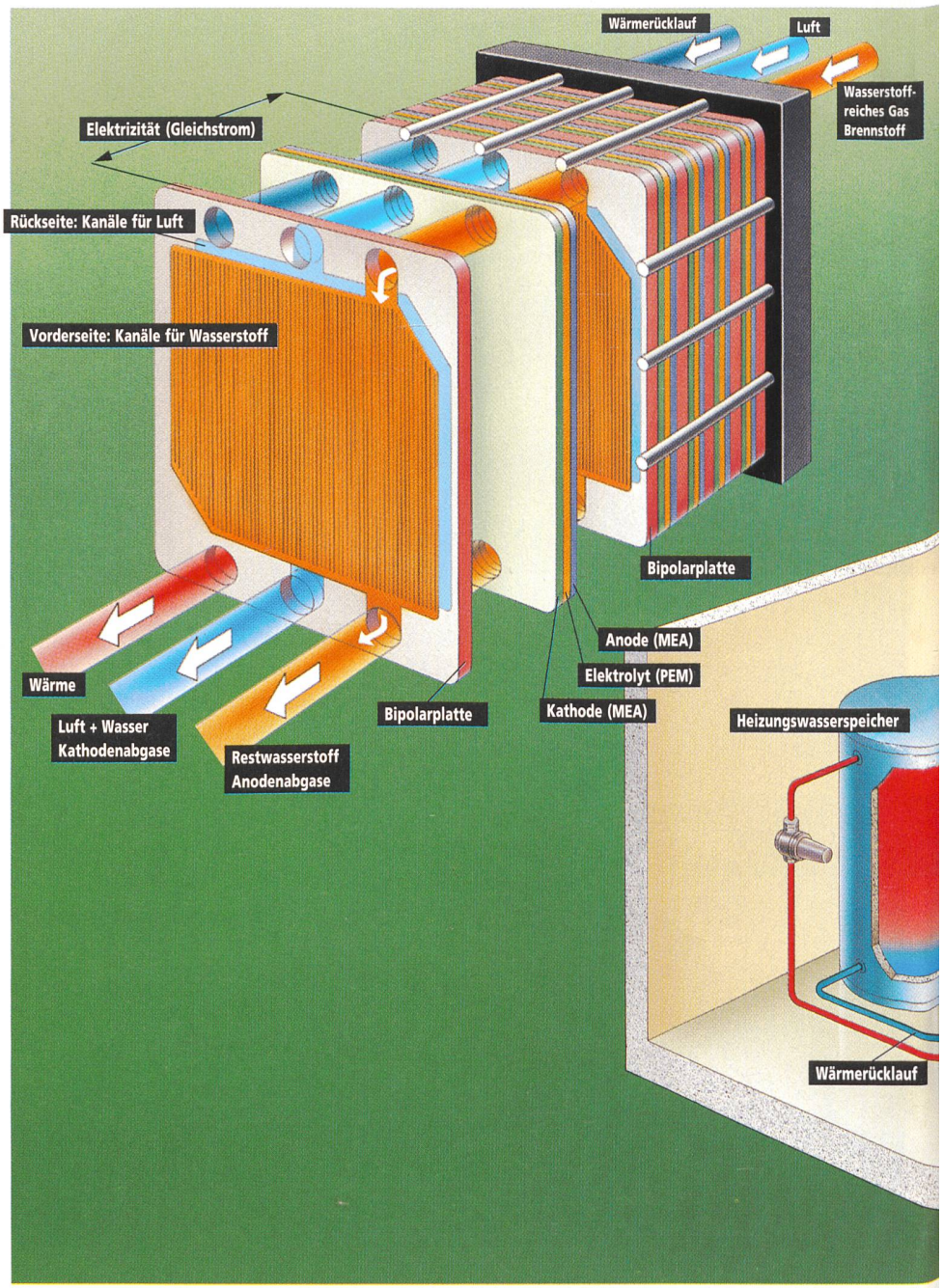
Eine Energietechnik mit hohem Wirkungsgrad und fast ohne Schadstoffe klingt verlockend. In der Brennstoffzelle reagieren Wasserstoff und Sauerstoff, vermittelt durch einen sogenannten Elektrolyten, auf elektrochemischem Wege und verbinden sich zu Wasser. Dabei wird Energie frei: Strom und Wärme. Doch die Tücken liegen noch in den Kleinigkeiten. Langsam wird die Brennstoffzelle für die Energieerzeugung jedoch interessant. Zurzeit erfährt sie einen bedeutsamen Entwicklungsschub.

Strom aus Brennstoff ohne Feuer

Strom und Wärme aus Wasserstoff und Sauerstoff

Wenn Wasserstoff und Sauerstoff zusammenkommen und erhitzt werden, knallt's. Das lernen Schüler im Chemieunterricht. Finden beide Stoffe jedoch ganz langsam zueinander, wird die Reaktion soweit abgebremst, dass elektrische Energie und Wärme entstehen. Schon vor mehr als 150 Jahren baute der englische Physiker William Grove (1811 bis 1896) einen Kasten, in dem dieser Prozess ablief – die erste Brennstoffzelle.

In der Zelle sind beide Gase durch eine dünne Folie oder einen Säurefilm getrennt. Die kann das Wasserstoffatom nur durchdringen, wenn es ein Elektron abstreift. Mit dem Sauerstoffatom auf der anderen Seite verbindet es sich zu Wasser. Da der Wasserstoff nur seine positive Ladung mitnimmt, entstehen Minus- und Pluspol, an denen wie bei Batterien Strom abgezapft werden kann.



Quellen
Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW)
Dr. Klaus-Peter Schäffer, Elektra Baselland (EBL)

Im Weltraum fing es an

Anders als eine Batterie, die sich entlädt, liefert die Zelle Strom, so lange sie mit Wasserstoff versorgt wird. Zurück bleibt nur Wasserdampf. Das machten sich die Amerikaner bei den ersten Weltraumexkursionen zunutze: In den Gemini- und Apollo-Kapseln der 60er Jahre lieferten Brennstoffzellen ausser Strom auch Wasser für die Besatzung.

Auf der Erde werden Brennstoffzellen als Fahrzeugantrieb und zur Strom- und Wärmeerzeugung erprobt. In Fahrzeuge werden bevorzugt Niedertemperatur-Brennstoffzellen eingebaut. Die Betriebstemperatur liegt zwischen 50 und 100 Grad. Ein Vorglühen ist nicht erforderlich, die Fahrt kann sofort losgehen. Betankt werden die Autos und Busse mit Wasserstoff oder Methanol, die im Fahrzeug in Wasserstoff umgewandelt werden.

Heizkraftwerke

Brennstoffzellen-Heizkraftwerke (Bild 1) arbeiten bei grösserer Hitze und meist mit Erdgas, aus dem Wasserstoff durch chemische Umwandlung erzeugt wird. Wegen des Erhitzens dauert es länger, bis das Kraftwerk anspringt. Der Vorteil: Neben Strom entsteht auch Wärme zum Heizen.

Warum wird Strom aus der Steckdose nicht mit Brennstoffzellen erzeugt – fast ohne Schadstoffe? Die Tücke liegt im Kleinen. Brennstoffzellen sind äusserst kompakt und vielfältig aufgebaut. Zum Beispiel müssen der Brennstoff durch Membranen oder Poren laufend zugeführt und das entstehende Wasser abgeführt werden. Brennstoffzellen sind deshalb teuer. Für den Weltraum war das egal – auf Erden müssen sie billiger werden.

Mit dem technischen Fortschritt bekommen die Ingenieure heute auch Brennstoffzellen besser in den Griff. Weltweit wird die Technik in verschiedenen Bauweisen erforscht und erprobt. Zwar liefern Grosskraftwerke mit Brennstoffzellen Strom bisher nur auf dem Reissbrett. Blockheizkraftwerke mit dieser Technik werden jedoch bereits getestet.

Wasserdampf statt Abgase

Viel verspricht man sich langfristig zum Beispiel von Kraftwerken mit Hochtemperatur-Brennstoffzellen. Da diese Zellen im Betrieb Hitze bis zu tausend Grad erzeugen, könnten sie auf doppelte Weise Strom erzeugen: Zum direkt gewonnenen Strom aus der Zelle käme noch der aus einem normalen Dampfprozess hinzu, der von der Hitze der Brennstoffzellen gespeist wird.

Auch die Automobilindustrie beschäftigt sich mit diesem Thema. Brennstoffzellen mit geringeren Betriebstemperaturen könnten endlich genug Kraft für den Elektroantrieb liefern.

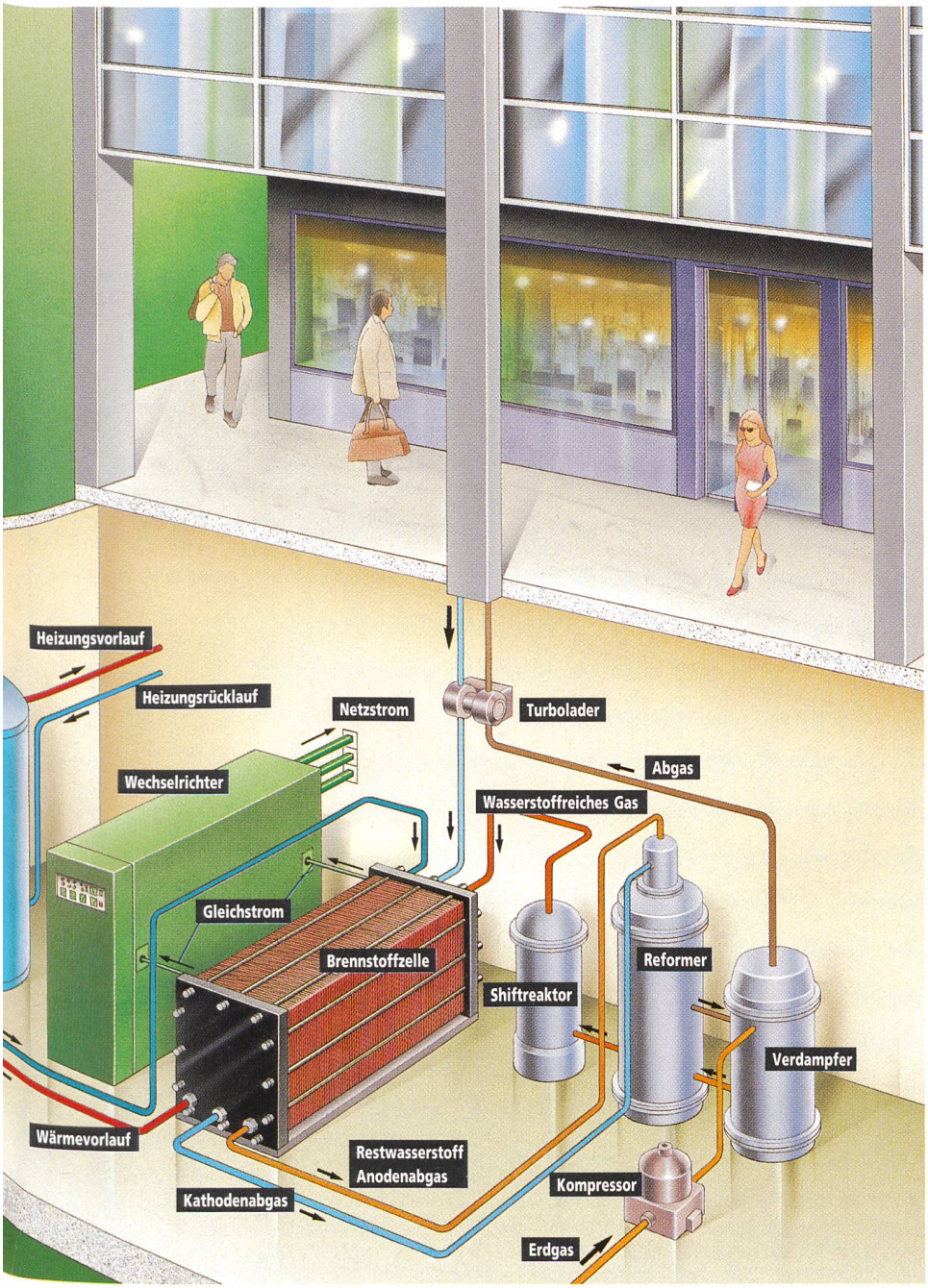


Bild 1 Brennstoffzellen-Kraftwerk (links oben ein Brennstoffzellen-Stapel) – lautlos und ohne Abgase (Bild Strom/Infel/P. Schoch).

Typ	Abkürzung	Hersteller
• Alkalische Brennstoffzelle	AFC	
• Polymer-Membran-Brennstoffzelle	PEMFC	Ballard, Siemens
• Phosphorsäure-Brennstoffzelle	PAFC	Onsi
• Karbonatschmelze-Brennstoffzelle	MCFC	Energy Research Corp.
• Oxidkeramik-Brennstoffzelle	SOFC	Westinghouse, Sulzer

Tabelle I Brennstoffzellentypen.

Typ	Arbeitstemperatur	Elektrischer Wirkungsgrad	Einsatzgebiet
AFC (Alkali)	70–85 °C (Niedertemp.)	63%	Verkehr, Raumfahrt
PEMFC (Polymer)	80–120 °C (Niedertemp.)	60%	Verkehr
PAFC (Phosphors.)	200 °C (Niedertemp.)	40–46%	Kraftwerk, BHKW
MCFC (Karbonat)	650 °C (Hochtemp.)	48–56%	Kraftwerk
SOFC (Oxidkeramik)	900–1000 °C (Hochtemp.)	55–65%	Kraftwerk, BHKW, Verkehr

Tabelle II Merkmale der Brennstoffzellen und Einsatzgebiete.

Brennstoffzellentypen [1]

Mit Beginn der 90er Jahre kennt, erforscht und entwickelt man fünf Grundtypen von Brennstoffzellen (Tabelle I), die sich durch Elektrolyt und Betriebstemperatur voneinander unterscheiden: Alkalische Zellen haben Kalilauge als Elektrolyt, Betriebstemperatur unter 100 °C; in der phosphorsauren Zelle ist Phosphorsäure, in der ähnlich wirkenden Festpolymer-Zelle ein Kunststoff-Elektrolyt, Betriebstemperatur unter 200 °C; Elektrolyt in der Salzschmelzen- oder Karbonat-Zelle ist geschmolzenes Salz, Betriebstemperatur um 650 °C; und in der zwischen 900 und 1000 °C arbeitenden Festoxid-Brennstoffzelle dient eine feste Keramik als Trennmedium.

Jeder Typ hat im Vergleich zu den anderen Typen Vor- und Nachteile. Beispielsweise arbeitet die alkalische Zelle und die mit Festpolymer nur mit reinem Wasserstoff als Brennstoff und mit reinem Sauerstoff, während man die Verwendbarkeit von Erdgas und Luft anstrebt. Der Phosphorsäure-Typ wiederum scheidet für Anwendungen in Elektrofahrzeugen aus, weil die Säure bei Unfällen gefährlich werden könnte.

In Tabelle II sind die Merkmale der Brennstoffzellen und deren Einsatzgebiete dargestellt.

Alkali-BZ (AFC)

Die Alkali-Brennstoffzelle (BZ) wird von Siemens entwickelt. Heute wird dieser Typ vor allem im Verkehr und in der Raumfahrt eingesetzt. Wegen zu hoher Kosten und weil dieser BZ-Typ ein reines Gas (Wasserstoff und Sauerstoff) als Brennstoff benötigt, scheitert heute noch eine breite Anwendung.

Interessant bei diesem Typ ist der hohe elektrische Wirkungsgrad. Bei Vollast liegt er bei hervorragenden 63%, bei Teillast werden sogar bis zu 72% erreicht. Es existiert keine andere Energieumwandlungsanlage mit einem derart hohen elektrischen Wirkungsgrad.

Polymer-BZ (PEMFC)

Die Polymer-BZ wird von Siemens und GEC Alsthom entwickelt. Der Wirkungsgrad ist etwas tiefer als bei der Alkali-BZ, dafür muss hier kein Reingas verwendet werden.

Aus heutiger Sicht hat dieser Typ das grössere Anwendungspotential als die Alkali-BZ, wenn die Kosten gesenkt werden können. Es sind jedoch noch erhebliche Anstrengungen nötig.

Phosphorsäure-BZ (PAFC)

Dieser Typ ist heute für den kommerziellen Anwendungszweck am weitesten entwickelt. Er eignet sich für die Verwendung im Stationärbetrieb und wird mit Erdgas oder direkt mit Wasserstoff betrieben. Pilotanlagen haben bereits eine Leistung von 11 MW erreicht. Die Entwicklung wird vor allem in Japan und in den USA vorangetrieben. Die Arbeitstemperatur beträgt 200 °C. Zur Verstärkung des elektrochemischen Prozesses werden bei den Elektroden platinbeschichtete Edelmetall-Katalysatoren verwendet.

Für den breiten Anwendungszweck ist heute eine Anlage mit 200 kW_{el} Leistung auf dem Markt erhältlich. Diese Anlage (Typ PC 25C) wird in den USA von Onsi-Corporation hergestellt und ist bereits in der dritten Generation verfügbar. Betriebserfahrungen sind von mehreren in Europa installierten Anlagen erhältlich und bestätigen die positiven Erwartungen.

Karbonatschmelze-BZ (MCFC)

Bei der Karbonatschmelze-BZ handelt es sich um eine Hochtemperatur-BZ. Die Abwärme ist auf einem bedeutend höheren Niveau als bei den Niedertemperatur-BZ. Dies ermöglicht eine zusätzliche Verstromung der Abwärme, zum Beispiel mit einer Dampfturbine. Dadurch werden

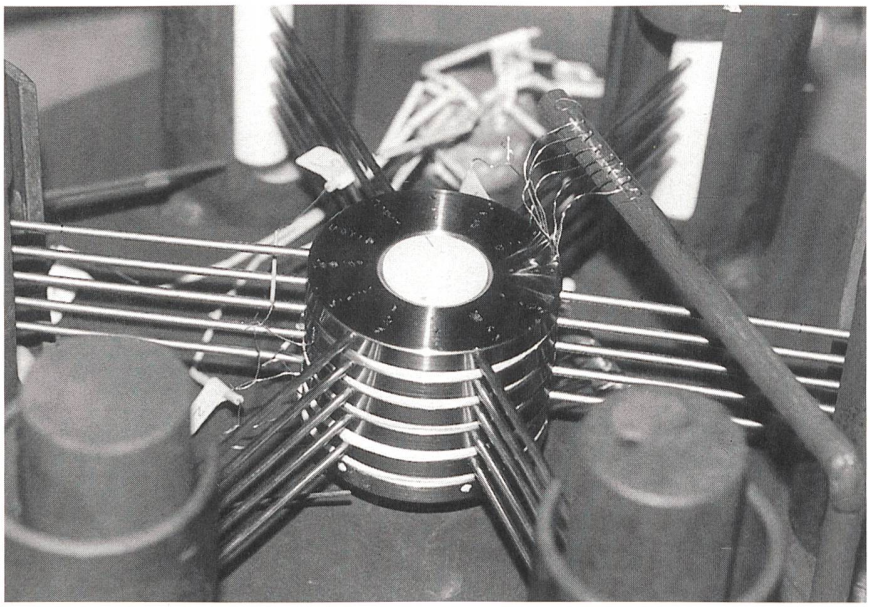


Bild 2 Fünf Festoxid-Stapelelemente (SOFC) von 7 cm Durchmesser für Grundlagenversuche im Hexis-Labor. Rechts oben elektrische Messleitungen. Die Rohre vorne, rechts und links im Bild dienen als Luftzuführungen, der Brennstoff tritt von unten in den Zellenstapel ein.

Prinzip der Brennstoffzelle

Brennstoffzellen wird chemische Energie in Form eines Brennstoffs kontinuierlich zugeführt. Dazu sind zwei flächige Elektroden durch einen Elektrolyten getrennt, einen Stoff, der nur Ionen einer bestimmten Art leitet. In der Festoxid-Brennstoffzelle dient als Elektrolyt eine Keramik aus Zirkonoxid, die ausschliesslich Sauerstoff-Ionen durchlässt: Für ihren Betrieb lässt man zur einen Elektrode, der Kathode, Luft strömen. Bei der hohen Betriebstemperatur von 900 bis 1000 °C und infolge der Katalysatorwirkung von Elektrolyt und Elektrode werden die Atome des Luftsauerstoffs ionisiert, das heisst sie nehmen je zwei (elektrisch negative) Elektronen auf. Diese Ionen wandern durch den Elektrolyt zur anderen Elektrode, der Anode. Sie geben die beiden Elektronen an die Anode ab und reagieren chemisch mit Brennstoff-Atomen. An der Anode besteht nun Elektronenüberschuss, an der Kathode Elektronenmangel, mithin dazwischen eine elektrische Spannung in der Grössenordnung von einem Volt – eine leitende äussere Verbindung lässt Gleichstrom fliessen.

hohe Wirkungsgrade von gegen 60% erreicht.

Hochtemperatursysteme sind besonders für den stationären Einsatz geeignet. Interessant ist diese Technologie, weil verschiedene Gase wie Kohlegas, Biogas, Erdgas oder Wasserstoff verwendet werden können. Es sind bereits einige Demonstrationsanlagen in Betrieb, was auf den fortgeschrittenen Entwicklungsstand hinweist. Weil der verfahrenstechnische Aufwand erheblich ist und sich zudem Probleme bezüglich Korrosion und Abnützung ergeben, ist die Zukunft dieses Typs jedoch unsicher.

Oxidkeramische-BZ (SOFC)

Dieser Typ ist für die Zukunft dank seiner einfachen Systemtechnik und dank seines breiten Anwendungsspektrums am erfolgversprechendsten. Die SOFC-BZ kann als dezentrale Stromerzeugung im Kraftwerkbereich, aber auch im Verkehr eingesetzt werden. Dank der hohen Abwärme (bis zu 1000 °C) kann diese Hochtemperatur-BZ im Kraftwerksektor mit nachgeschalteter Dampfturbine hohe Wirkungsgrade von über 60% erreichen. Wegen des tiefen Entwicklungsstands ist jedoch erst ab dem Jahr 2000 mit Anlagen im grösseren Leistungsbereich zu rechnen.

Das zentrale Problem bei diesem BZ-Typ ist die hohe Arbeitstemperatur von bis zu 1000 °C und die damit erforderlichen hohen Anforderungen an die verwendeten Keramik-Materialien. Die ständigen Spannungen kalt–heiss stellen eine enorme Herausforderung dar. Dafür müssen bei diesen hohen Temperaturen keine Edelmetall-Katalysatoren eingesetzt werden. Als Elektrolyt scheint sich yttriumstabilisiertes Zirkonoxid (gasdicht) durchzusetzen.

In Europa sind die Firmen Sulzer Innotec (Bild 2), Siemens (Bild 3) und das Forschungszentrum KFA in Jülich mit der Forschung am weitesten fortgeschritten. Westinghouse in den USA hat seit acht Jahren die bisher einzige, zuverlässig funktionierende SOFC-Anlage in Betrieb. Dessen Konstruktionsprinzip ist allerdings viel zu aufwendig für eine Kommerzialisierung. Die Firma Sulzer Innotec in Winterthur hat den SOFC-Typ «Hexis» entwickelt. Ziel ist, für den dezentralen Anwendungsbereich modular aufgebaute Anlagen bis etwa 200 kW_{el}, anzubieten. KFA in Jülich möchte eine Massenproduktion mit Einheiten bis zu 10 kW_{el} realisieren.

Dem BZ-Typ SOFC wird die beste Aussicht für eine breite kommerzielle Anwendung gegeben. Nach Meinung von Experten soll die SOFC weltweit in der Zeitspanne von 2000 bis 2010 bereits ein Marktvolumen von jährlich über einer Milliarde Dollar erreichen.

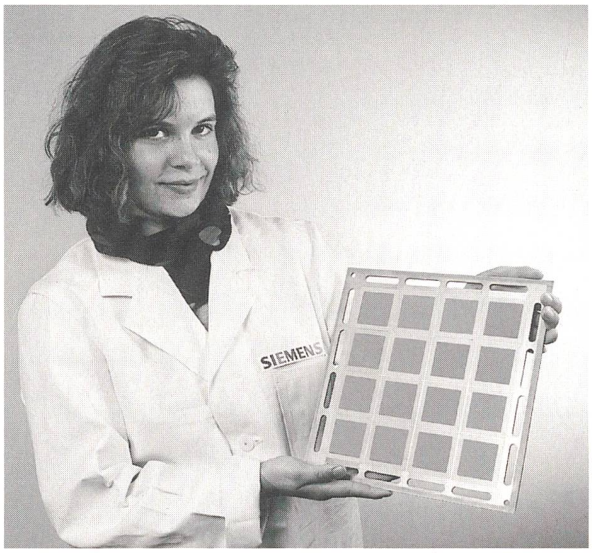


Bild 3 Hochtemperatur-Brennstoffzelle Typ SOFC von Siemens. Das Bild zeigt eine bipolare Platte mit den eigentlichen Brennstoffzellen.

Literatur

[1] K.P. Schäffer: Brennstoffzellen – die Technologie der Zukunft. Vortrag, 12. Juni 1997, Arisdorf.

Piles à combustibles: des installations de production d'électricité et de chaleur propres et silencieuses

La pile à combustible offre une «combustion vive» de gaz naturel et d'air produisant de manière quasi non polluante et silencieuse de l'électricité et de la chaleur à un rendement élevé. De l'énergie chimique est amenée continuellement sous la forme de combustible aux piles à combustible. Deux électrodes plates sont séparées à cette fin par un électrolyte, un corps qui ne conduit le courant électrique que par le mouvement d'ions dissociés. Le miracle de l'énergie n'est pas pour demain, mais plusieurs installations d'essai sont en exploitation après des décennies de recherche et développement. Malgré la simplicité du principe, la difficulté réside ici dans le détail. Il s'agit de surmonter les problèmes techniques et de diminuer les frais.

INTELLIGENZ.....

heisst, entscheiden zu können.

Der Rundsteuerempfänger RO entscheidet selbständig, ob er bei fehlendem Rundsteuersignal autonom arbeiten soll.

ENERMET

ENERMET AG ▪ UNDERMÜLISTRASSE 28 ▪ CH-8320 FEHRALTORF ▪ TEL. 01/954 81 11 ▪ FAX 01/954 81 01