

Sulzer Hexis startet mit ehrgeizigen Zielen

# Markteinführung eines Brennstoffzellensystems

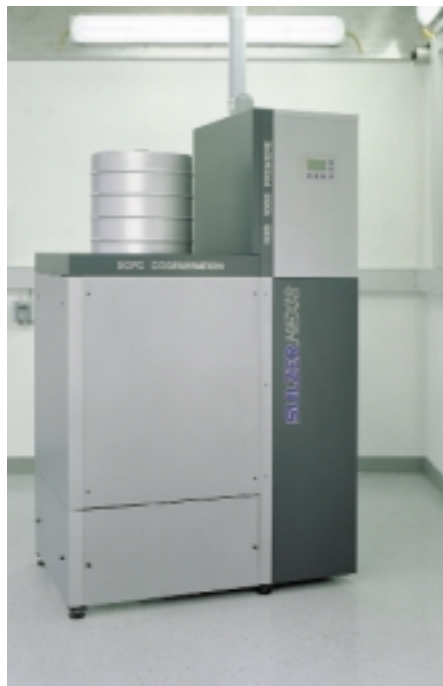
Harald Raak\*

*Die Anstrengungen zum Schutz der Erdatmosphäre verlangen die möglichst effektive Nutzung fossiler Brennstoffe. Ein viel versprechender Weg, den Ausstoß des Klimagases CO<sub>2</sub> zu reduzieren, ist die dezentrale Erzeugung von Strom und Wärme in Brennstoffzellen. Sulzer Hexis steht unmittelbar vor der Markteinführung des Brennstoffzellensystems „HXS 1000 Premiere“, das den gesamten Wärmebedarf sowie die elektrische Grundlast eines Einfamilienhauses decken kann.*

Die konventionelle Erzeugung elektrischer Energie in thermischen Kraftwerken ist ein vielstufiger Prozeß, der mehrere Umwandlungen erfordert. Die chemische Energie des Brennstoffs wird in Wärme gewandelt, die Wärme in mechanische Energie und diese schließlich in elektrischen Strom. Jede dieser Energiewandlungen ist mit Verlusten verbunden. In großen thermischen Kraftwerken werden bis zu zwei Drittel der eingesetzten fossilen Energie über Kühltürme ungenutzt als Abwärme an die Umwelt abgegeben. Die Kraft-Wärme-Kopplung, bei der neben dem erzeugten Strom auch die anfallende Abwärme verwendet wird, nutzt die eingesetzte Energie wesentlich effektiver.

## Geräuschloser Vorgang

Von allen Möglichkeiten zur Kraft-Wärme-Kopplung haben Brennstoffzellen das größte Potential, hohe elektrische Wirkungsgrade bei gleichzeitig hohen Gesamtwirkungsgraden zu erzielen. Vor allem für Systeme mit kleinerer Leistung zwischen wenigen hundert Watt und mehreren Kilowatt gibt es viele mögliche Anwendungen. So werden in naher Zukunft Heizsysteme mit Brennstoffzellen in den Kellern von Einfamilienhäusern Wärme und Strom produzieren. Ähnlich wie bei einer Batterie erzeugt



**Bild 1** Das Brennstoffzellensystem „HXS 1000 Premiere“ deckt den elektrischen Grundlastbedarf eines durchschnittlichen Einfamilienhauses

in der Brennstoffzelle ein elektrochemischer Prozeß elektrischen Strom und Wärme. Da nur eine einzige Umwandlung stattfindet, sind die Verluste geringer als bei der konventionellen Stromerzeugung. Dieser Vorgang läuft nahezu geräuschlos und ohne bewegte Teile ab. Die Brennstoffzelle von Sulzer Hexis besteht aus zwei Elektroden,

die durch eine gasdichte Elektrolytschicht aus Zirkoniumoxid getrennt sind. An der Anode oxidiert der Brennstoff (reformiertes Erdgas) unter Wärmeerzeugung zu Wasser und Kohlendioxid. Die bei der Anodenreaktion frei werdenden Elektronen fließen über einen äußeren Stromkreis zur Kathode. Dabei verrichten sie elektrische Arbeit. An der Kathode findet die Elektronenaufnahme durch den Luftsauerstoff statt. Der Ladungsaustausch erfolgt durch den Transport der Sauerstoffionen im Elektrolyt. Das Ergebnis dieser Reaktionen sind Strom, Wärme, reines Wasser und Kohlendioxid. Anders als bei einer Batterie werden die Elektroden aber nicht verbraucht, da Luft und Brennstoff kontinuierlich zugeführt werden. Die von Sulzer Hexis gewählte Hochtemperaturtechnologie mit Zellen des Typs SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) erfordert keine aufwendige Gasaufbereitung, d. h., neben Erdgas ist die Nutzung von Heizöl, Flüssiggas und auch von erneuerbaren Brennstoffen wie Biogas oder Holzgas technisch machbar. Allerdings stellt das Verfahren hohe Anforderungen an

\* Harald Raak, Sulzer Hexis AG, Postfach 65, CH-8404 Winterthur, Telefax: +41(0)52-2 62 63 33, E-Mail: hexis@sulzer.com



**Bild 2 Die Stromsammler (Scheibe rechts) dienen der Gaszufuhr und stellen den elektrischen Kontakt zwischen den einzelnen Segmenten der Brennstoffzelle (links) sicher**

die eingesetzten Werkstoffe, da die Reaktionen in der Brennstoffzelle bei Temperaturen von über 900 °C ablaufen.

### Funktion und Leistungsdaten des Systems

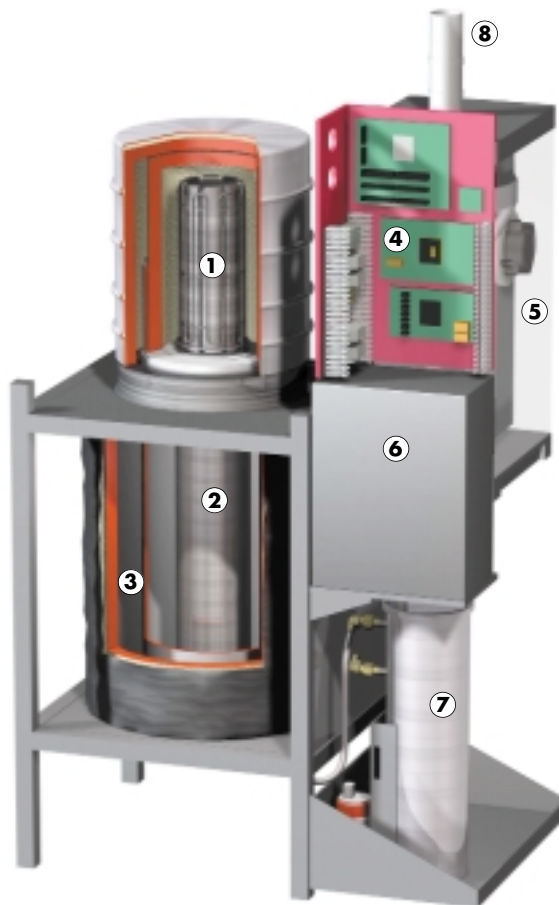
Die ersten Feldversuche mit einem Brennstoffzellensystem wurden bereits 1994 in Deutschland bei den Dortmunder Energie- und Wasserwerken begonnen. Seit 1997 wird ein internationaler Feldversuch in verschiedenen Klimazonen in Europa und Asien durchgeführt. Bis zum planmäßigen Abschluß dieser Tests am Ende des Jahres 2001 werden die Sulzer-Hexis-Anlagen über 90 000 Betriebsstunden absolviert haben. Das Herz der Brennstoffzellensysteme ist ein Stapel von etwa 50 Hochtemperatur-Brennstoffzellen und Stromsammlern, die als Verbindungsstücke zwischen den Zellen dienen (Bild 2). Ein Zellenstapel erzeugt eine elektrische Leistung von 1 kW und eine thermische Leistung von maximal 3 kW. Bei höherem Wärmebedarf wird eine Brennwerttherme zugeschaltet, die im jetzt einzuführenden Vorseriensystem „HXS 1000 Premiere“ bis zu 22 kW Wärmeleistung liefern kann. Diese zwei Komponenten sind mit einem Pufferspeicher, der Steuerung und weiteren Elementen in einem Gehäuse untergebracht (Bild 3). Ein Energiemanager, der auf das Brennstoffzellensystem abgestimmt ist, sorgt für einen effizienten Betrieb. Die elektrische Leistung wird ins öffentliche Netz eingespeist oder im Haushalt selbst verwendet.

Im praktischen Einsatz werden die Anlagen parallel zum Stromnetz betrieben, das auch die Abdeckung der Strombedarfsspitzen übernimmt. Die Regelung folgt dem Wärmebedarf im Haus. Das System bleibt auf Betriebstemperatur, solange die Wärmeauskopplung 200 bis 300 W nicht unterschreitet, und kann in kurzer Zeit die volle elek-

trische Leistung liefern. Der Energiemanager der Sulzer-Hexis-Brennstoffzelle regelt die Wärmeerzeugung nach Kundenbedarf. Dabei berücksichtigt er vor allem die Wärmeerzeugung der Brennstoffzelle, den Pufferspeicher der Heizung und den Brauchwarmwasserspeicher. Das Zusammenspiel der wärmegeführten Regelung, der Rückspeisung mit optimiertem elektrischem Wirkungsgrad und der Bewirtschaftung des Wärme- und Brauchwarmwasserspeichers ermöglicht eine effiziente Ausnutzung des Brennstoffs.

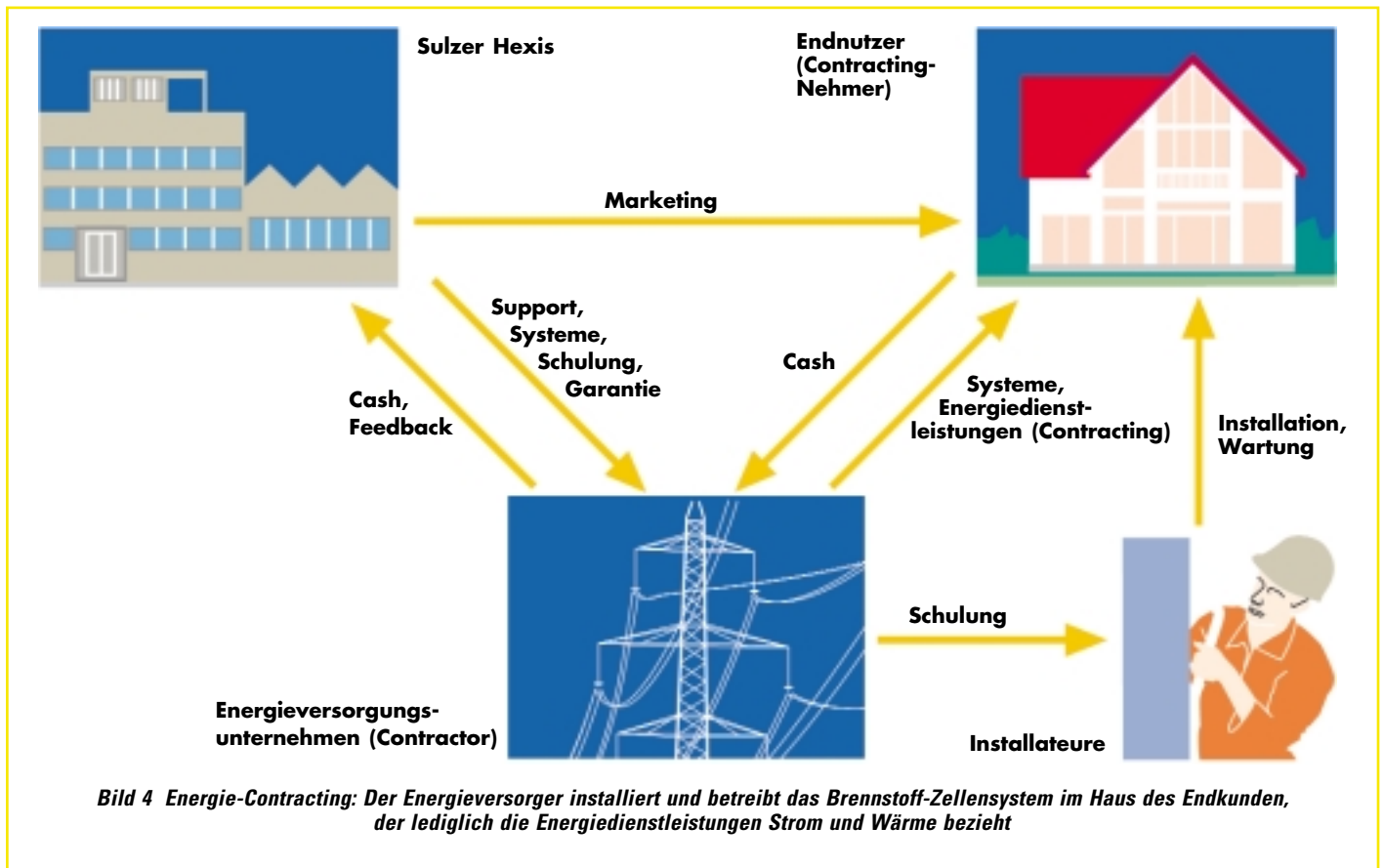
### Markteinführung mit Partnern

Gleichzeitig mit den Feldtests haben die Ingenieure von Sulzer Hexis ein verbessertes Vorserienmodell (Typ HXS 1000 Premiere) entwickelt, das im Herbst 2001 im Markt eingeführt wird. Sulzer Hexis bildet bei der Markteinführung Partnerschaften mit Unternehmen der Energieversorgung. Schon während der Phase der Feldversuche ist es gelungen, Vertriebsvereinbarungen für über



**Bild 3 Das erdgasbetriebene Vorseriensystem der Brennstoffzelle von Sulzer Hexis ist problemlos in die bestehende Infrastruktur eines Wohnhauses integrierbar**

- |                  |                     |
|------------------|---------------------|
| ① Zellenstapel   | ⑤ Zusatzheizgerät   |
| ② Wärmetauscher  | ⑥ Wechselrichter    |
| ③ Pufferspeicher | ⑦ Gasentschwefelung |
| ④ Steuerung      | ⑧ Abgas             |



200 Anlagen abzuschließen. Die Energieversorger haben Interesse an kleinen, dezentralen Anlagen zur Erzeugung von Strom und Wärme. „Die dezentrale Stromerzeugung durch Brennstoffzellen wird in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Durch intelligente Vernetzung der Systeme werden sie zu einem Baustein der künftigen Energieversorgung“, äußerte sich Werner Brinker, Vorstandsvorsitzender der EWE AG aus Oldenburg, die mit Sulzer Hexis eine Vertriebsvereinbarung für 155 Anlagen (2001 bis 2003) abgeschlossen hat. Der Energieversorger EnBW aus Baden-Württemberg hat im März 2001 eine Bestellung für 40 Anlagen unterzeichnet, der Kauf von 55 Anlagen ist vom Vorstand freigegeben. Während der Markteinführung sind die Vertriebspartner gleichzeitig Besitzer und Betreiber des Brennstoffzellensystems. Sie bieten dem Endkunden im Rahmen eines Versorgungsvertrags ein maßgeschneidertes Paket von Energiedienstleistungen (Contracting) an. Installation und Wartung

der Brennstoffzelle erfolgen in enger Zusammenarbeit mit den lokalen Installateuren, die besonders für diese neue Aufgabe geschult werden. Der Endkunde bezieht und bezahlt dann Strom und Wärme aus dem Brennstoffzellen-Heizsystem, das in seinem Keller installiert ist, vermeidet aber die Investitions- und Betriebsrisiken (Bild 4). Neben der Vertriebspartnerschaft gibt es im Rahmen von Demonstrationsprojekten die Möglichkeit, daß Interessenten einzelne Brennstoffzellensysteme von Sulzer Hexis beziehen, ohne eine längerfristige Vertriebsvereinbarung abschließen zu müssen.

### 200 000 Stück bis 2010

Bis zum Ende der Markteinführungsphase im Jahr 2003 werden etwa 600 Systeme installiert sein. Die Prognosen erwarten nach der Erschließung des amerikanischen Markts einen Umsatz von 15 000 Stück bis 2006 und von über 200 000 Einheiten zum Ende der Dekade. Bei dieser Stückzahl wird die Zahl der Beschäftigten von jetzt 35 auf über 200 Personen ansteigen. Der Übergang von der Einzelfertigung zur Serienproduktion erfordert die Anpassung vieler Prozeßschritte. In der Montagehalle in Winterthur läuft bereits der Aufbau der industriellen Fertigung der Brennstoffzellensysteme. Im Jahr 2000 wurde die vollautomatische Zel-

lenfertigung installiert. Sie absolviert seitdem Testläufe, wobei bereits Brennstoffzellen für die aktuellen Systeme produziert werden. Beim Zusammenbau der Stapel werden teilautomatische Prozessschritte eingeführt, die dann sukzessive voll automatisiert werden.

Die Herstellungskosten sind eine kritische Größe, wenn der Durchbruch am Markt erreicht werden soll. Brennstoffzellensysteme für Einfamilienhäuser müssen im Massenmarkt mit herkömmlichen Heizsystemen konkurrieren. Das Gerät darf nur um so viel teurer sein als eine herkömmliche Gastherme, wie durch eingesparten oder ins Netz gespeisten Strom erwirtschaftet werden kann. Durch die Serienfertigung wird der Preis so weit sinken, daß ein Brennstoffzellensystem noch etwa 2500–3000 CHF mehr kosten wird als ein vergleichbares konventionelles Heizsystem. Damit wird sich die Anschaffung nach rund fünf Jahren wirtschaftlich amortisiert haben, wobei der ökologische Nutzen durch die effiziente Brennstoffnutzung noch nicht einmal bewertet ist. □