

Markteinführungsstrategie, Kooperationen, Feldtesterfahrungen

# Zukunftstechnologie Brennstoffzelle

Andreas Ballhausen\*

*Vier große Unternehmen der Gaswirtschaft haben die „Initiative Brennstoffzelle“ gegründet. Aus Sicht eines Mitgliedes, der EWE, wird nachfolgend u. a. dargelegt, warum die Brennstoffzelle für einen Energieversorger interessant ist, welchen Stellenwert die Zusammenarbeit mit Partnern, wie z. B. dem Handwerk, hat und bis wann mit der Markteinführung realistisch zu rechnen ist. Vorgestellt werden zudem erste Betriebserfahrungen mit einem Brennstoffzellenheizgerät.*

Als zukunftssträchtige Option zur umwelt- und ressourcenschonenden Erzeugung von Strom und Wärme ist die Brennstoffzelle auch für Energieversorger hochaktuell. Deshalb haben vier große Unternehmen der Gaswirtschaft die „Initiative Brennstoffzelle“ (IBZ) gegründet. Um die Brennstoffzellentechnologie voranzubringen, arbeitet die IBZ mit vielen Partnern zusammen. Prinzipiell steht sie allen interessierten Unternehmen oder Institutionen offen, die etwas zu dieser Thematik beitragen können. Mitglieder der IBZ sind die EWE AG (Oldenburg), die MVV Energie AG (Mannheim), die Ruhrgas AG (Essen) und

die VNG – Verbundnetz Gas Aktiengesellschaft (Leipzig). Alle vier Unternehmen haben bereits Erfahrungen mit der Brennstoffzellentechnik. Ihr gemeinsames Ziel: Sie wollen „kleine“ stationäre Brennstoffzellen für die Hausversorgung auf Erdgasbasis technisch und wirtschaftlich wettbewerbsfähig machen. Um das zu erreichen, bündelt und unterstützt die Initiative Aktivitäten von Herstellern, Versorgungsunternehmen und Forschungseinrichtungen. Ihr Arbeitsprogramm schließt den intensiven Know-how-Transfer und Erfahrungsaustausch ebenso ein wie Feldversuche und Demonstrationsprojekte:

- Die EWE AG will durch mehr als 300 Pilotanlagen Praxiserfahrungen mit der dezentralen Strom- und Wärmeerzeugung in kleinen Brennstoffzellen sammeln.
- Die MVV Energie AG hat im Rahmen der IBZ den Arbeitsschwerpunkt Contracting übernommen, also die Entwicklung von Modellen, bei denen Energieversorger als Dienstleister unter anderem Brennstoffzellen installieren, betreiben und warten.
- Die Ruhrgas AG bringt in die Initiative ihre Kapazitäten und Erfahrungen im Bereich Forschung und Entwicklung rund um die Brennstoffzelle ein.
- Die VNG – Verbundnetz Gas Aktiengesellschaft konzentriert sich vor allem auf die Vorbereitung des installierenden Handwerks.

## Zügige Markteinführung

Die IBZ strebt die zügige Markteinführung der Brennstoffzelle an, allerdings zum richtigen Zeitpunkt und mit praxiserprobten Anlagen. Zur gezielten Vorbereitung engagiert sie sich auf vielen Ebenen: bei der Entwicklung von Geräten und Komponenten, bei der Schaffung einheitlicher Normen und Standards, bei der Zertifizierung und Zulassung. Auch die kontinuierliche Information aller wichtigen Zielgruppen gehört dazu. Nicht zuletzt will die Initiative durch eine breit angelegte Kooperation das installierende Handwerk auf die Zukunftstechnologie Brennstoffzelle vorbereiten.



**Die im Kreisinneren angeordneten vier Unternehmen der Gaswirtschaft haben die „Initiative Brennstoffzelle“ (IBZ) gegründet. Die IBZ-Partner sind im äußeren Ring dargestellt**

Die Markteinführung der Brennstoffzelle mit realistischen zeitlichen und technischen Perspektiven ist eine große Aufgabe. Sie kann am besten gelöst werden, wenn sich möglichst viele daran beteiligen. Deshalb arbeitet die IBZ mit Partnern aus vielen Bereichen zusammen. Dazu gehören Gerätehersteller und Forschungseinrichtungen ebenso wie Umweltinstitutionen oder Branchenverbände. Die Partner der Initiative haben aus ganz unterschiedlicher Sicht ein Interesse an der Zukunftstechnologie und können auf unterschiedliche Weise zum Fortschritt der Brennstoffzelle beitragen. Auch die Formen der Zusammenarbeit sind ganz unterschiedlich. Sie reichen vom Erfahrungsaustausch über die Zusammenarbeit in Arbeitskreisen und dem gemeinsamen Auftritt in der Öffentlichkeit bis zum umfangreichen Kooperationsprojekt. Jeder Partner bringt dabei seine Erfahrungen und Stärken ein und treibt die Entwicklung mit spezifi-

\* Dipl.-Ing. Andreas Ballhausen, EWE AG, Oldenburg, Fax (04 41) 8 03-13 96, E-Mail: Andreas.Ballhausen@ewe.de. Die EWE AG ist Dienstleister für Energie, Telekommunikation, Informationstechnologie und Umwelt. Mit etwa 3200 Mitarbeitern, rund 1 Million Stromkunden und knapp 700 000 Gaskunden erwirtschaftete der EWE-Konzern einen Umsatz von ca. 2,65 Milliarden Euro in 2001.

schen Schwerpunkten voran. Deshalb steht die IBZ prinzipiell auch weiteren Unternehmen und Institutionen offen, die an der Brennstoffzelle interessiert sind. Heutige Partner der IBZ sind: Buderus Heiztechnik, Deutsche Energie Agentur, DVGW, Sulzer Hexis, Universität Duisburg, Vaillant, ZV-SHK und Viessmann.

### Dezentrales Energiemanagement

Zum heutigen Zeitpunkt gibt es einen hierarchischen Aufbau der Netze, in dem die Richtung des Stromflusses streng vorgegeben ist. Der elektrische Strom wird von der oberen Spannungsebene zur unteren Spannungsebene bis hin zum Kunden geleitet. Durch den starken Ausbau dezentraler Energiesysteme wurde diese Struktur bereits aufgebrochen. Der Ausbau dezentraler Energiesysteme wurde erheblich durch das Stromeinspeisegesetz gefördert. 1999 kam als weiteres politisches Förderinstrument für die dezentrale Energieerzeugung die erste Stufe der ökologischen Steuerreform hinzu, die seitdem kontinuierlich ausgebaut wird. Hierdurch werden besonders dezentrale Erzeugungsanlagen auf fossiler Basis gestützt. Das im April 2000 verabschiedete Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) führt zu einem weiteren Aufschwung der dezentralen Stromerzeugungsanlagen. Besonders werden Anlagen gefördert, die Biomasse, Deponiegas und Sonnen- und Windenergie als Quelle zur Stromerzeugung nutzen. Mit dem voraussichtlich im Januar 2002 in Kraft tretenden KWK-Gesetz werden weitere Rahmenbedingungen zur Dezentralisierung

der Netze geschaffen. Hierdurch stehen die Netzbetreiber vor einer großen Herausforderung: Wie können die Netze zukünftig mit derselben Qualität und niedrigen Kosten betrieben werden? Daher muß die Veränderung der Netzstruktur hin zu dezentralen Einheiten als Chance für regionale Versorger gesehen werden, eine neue Dienstleistung anzubieten: das dezentrale Energiemanagement.

### Dezentrales Kraftwerk

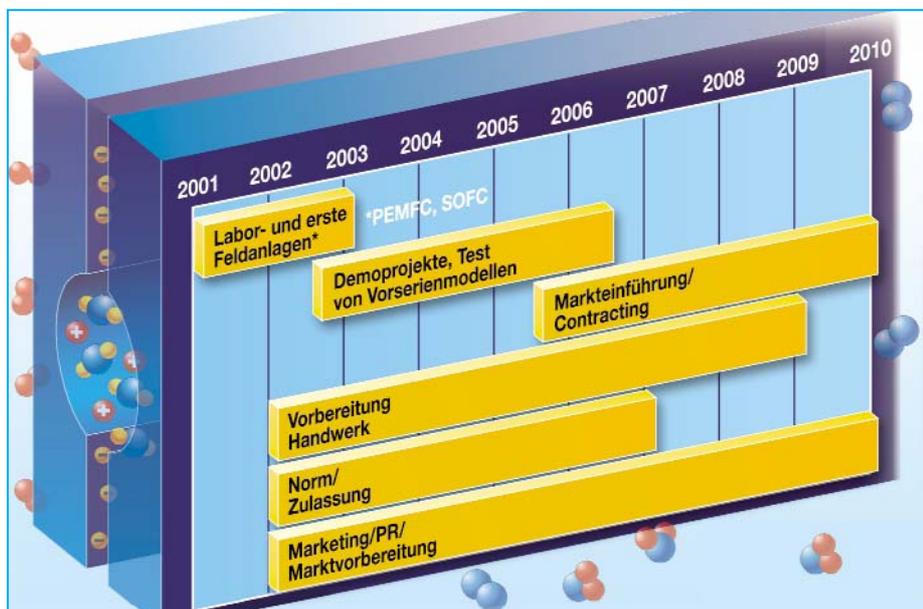
Messungen des elektrischen Energiebedarfes eines Einfamilienhauses haben ergeben, daß der elektrische Grundbedarf deutlich unter 1 kW liegt. Unter Berücksichtigung von Gleichzeitigkeitsfunktionen stellt sich heraus, daß bei einer ausreichend großen Anzahl an Haushalten die Leistung nicht über 1 kW je Haushalt ansteigt. Der Gedanke liegt nahe, diese Haushalte mit Brennstoffzellen zu versorgen, deren elektrische Leistung diesen Messungen angepaßt ist. Der Vorteil liegt auf der Hand. Bei zunehmender Verringerung des spezifischen Raumwärmebedarfes sind Wärmeerzeuger mit geringen thermischen Leistungen gefragt. Die 1 kW<sub>el</sub>-Brennstoffzelle hat eine thermische Leistung von 2 kW und deckt höhere Leistungen über einen integrierten Spitzenkessel. Zudem bietet die Brennstoffzelle die Möglichkeit, neben der Wärme zusätzlich elektrischen Strom zu produzieren. Vorteil der Brennstoffzelle ist somit neben einem hohen Gesamtwirkungsgrad von ca. 90 % eine Verringerung der Betriebskosten für Wärme und Strom sowie eine effiziente Nutzung der Primär-

### Starkes, weltweites Wachstum

Die Gesamtleistung aller stationären Brennstoffzellen weltweit wird in den kommenden zehn Jahren von derzeit 45 auf rund 16 000 Megawatt wachsen und damit um das 350fache steigen. Damit rechnen Experten des amerikanischen Wirtschaftsberatungs-Unternehmens Allied Business Intelligence (ABI) in Oyster Bay (USA). In der Produktentwicklung seien im Lauf des vergangenen Jahres „dramatische Fortschritte“ erzielt worden, heißt es in einem Bericht von ABI. Nachdem sich viele Unternehmen in der Vergangenheit auf Forschung und Entwicklung konzentriert hatten, beginnen nun immer Firmen mehr mit dem Aufbau von Produktionsanlagen für die Serienfertigung.

Der wachsende Druck auf den Finanzmärkten habe viele Unternehmen dazu gebracht, schneller mit Produkten auf den Markt zu gehen, sagt Atakan Ozbek, der Autor des ABI-Berichts. Ozbek: „Die ersten Serienprodukte werden nun in Nischenmärkte drängen“. Dazu zählt der Experte beispielsweise Notstromsysteme für Kläranlagen, Telefonschaltstellen oder Serveranlagen. Als Schlüsselmärkte sieht der Wirtschaftsexperte Deutschland, Japan und die USA.

(Quelle: Ulrich Dewald, 10. 8. 2002, www.initiative-brennstoffzelle.de, Rubrik: Nachrichten)



Arbeitsprogramm und Zeitrahmen der IBZ bis zur Markteinführung der Brennstoffzelle

energie. Aufgrund der oben beschriebenen Veränderung der Netzstruktur kann man sich Wohnsiedlungen vorstellen, deren einzelne Häuser mit einer 1-kW-Brennstoffzelle ausgestattet sind. Diese Brennstoffzellen könnten von einem Dienstleister zu einem „dezentralen Kraftwerk“ zusammengeschlossen werden. Der Dienstleister übernimmt die Betriebsführung der Brennstoffzellen nach Energiebedarf und wirtschaftlichen Randbedingungen. Somit kann der Strombedarf dieser Wohnsiedlungen unabhängig vom übergeordneten Stromnetz durch Steuerung aller vorhandenen Brennstoffzellen gedeckt werden. Das übergeordnete Netz dient dann nur noch zur Sicherheit, Blindstromkompensation und Fre-



**EWE-Vorstandsvorsitzender Dr. Werner Brinker (l.) und der niedersächsische Umweltminister Wolfgang Jüttner bei der Inbetriebnahme des ersten Gerätes aus der Testserie von Sulzer Hexis**

quenzhaltung. Hier wird der zwingende Grund für die Energieversorger erkennbar, sich frühzeitig mit der neuen Technologie zu beschäftigen.

## Motive eines Energieversorgers

Die Motivation für den Aufbau einer Dienstleistung mit Brennstoffzellenheizgeräten kann für einen regionalen Energiedienstleister verschiedene Beweggründe haben. An erster Stelle können im Wesentlichen genannt werden:

- der Aufbau eines neuen Geschäftsfeldes,
- die Bindung bestehender Kunden,
- die Optimierung des Netzbetriebes,
- die Einbindung in das Strombezugsmanagement.

Das aus diesen Beweggründen wachsende Anforderungsprofil an die Brennstoffzelle sowie deren Peripherie kann sehr unterschiedliche Strukturen aufweisen. Wärme-Direkt-Service und Contracting sind bei vielen Energiedienstleistungsunternehmen etablierte Produkte. Häufig wird durch den Dienstleister die Planung, der Bau und Betrieb einer Heizungsanlage im Auftrag des Kunden übernommen. Der weitaus größte Teil der abgeschlossenen Dienstleistungsverträge bewegt sich aber in einem Leistungsbereich zwischen 100 kW und eini-

gen Megawatt thermischer Leistung. Als Kunden treten damit vornehmlich die öffentliche Hand, karitative Einrichtungen, Industriebetriebe sowie Gewerbebetriebe auf. Der Wohnungsbereich, insbesondere der private, ist häufig von diesen Angeboten ausgeschlossen. Eine Ausnahme bilden Wohnungsbaugesellschaften, die hier neben einer Reduktion der Kosten einen Vorteil in der Mietabrechnung sehen. Mit dem Hin-



**Die Brennstoffzelle erfordert entweder eine enge Kooperationen der Handwerksbetriebe in den Bereichen Elektro, Heizung, Gas und Sanitär oder eine kompetente Besetzung der Gewerke innerhalb eines Betriebes**

tergrund, daß in Deutschland jedoch rund 60 % der Wohngebäude aus Ein- und Zweifamilienhäusern bestehen, die nahezu ausschließlich in privatem Besitz sind, ruht hier ein interessanter Markt.

## Kooperationen mit dem Handwerk

Mit einer neuen Technologie „Brennstoffzelle“ kann hier eine neue Möglichkeit der Akzeptanz für Energiedienstleistungen geschaffen werden, da eine nicht bekannte Technologie die Einführung anderer Vertriebs- und Finanzierungswege erleichtert. Um dies bei der Brennstoffzelle zu erreichen, sind enge Kooperationen mit dem Handwerk ein Muß. EWE hat aus diesem Grund die alten Gas- und Elektrogemeinschaften zu Synergiegemeinschaften verschmolzen und wieder neu aufleben lassen. In diesen Gemeinschaften sind Handwerksbetriebe aus den Bereichen Elektro, Heizung, Gas und Sanitär gleichermaßen vertreten. Durch eine regionale Organisation werden dem Handwerk die erforderlichen unternehmerischen und gestalterischen Freiheiten in vollem Umfang gewährt. Dennoch bekennt sich die Vereinigung klar zu dem gewerkübergreifenden Denken. Spätestens die Brennstoffzelle wird deutlich machen, daß enge Kooperationen der Handwerksbetriebe bzw. eine kompetente Besetzung aller Gewerke in einem Betrieb erforderlich sind. Da EWE mit den eigenen Meistern und Monteuren, die sukzessiv alle

eine Doppelausbildung erhalten, mit gutem Beispiel voran geht, ist diese Denkweise in viele Handwerksbetriebe übertragbar. EWE hat bereits mehrere Brennstoffzellen von Sulzer Hexis installiert. Die Installation und die anschließende Wartung und Instandhaltung wird durch ausgewählte Betriebe der Synergiegemeinschaften durchgeführt. Bei der Auswahl wurden zunächst zwei bis vier Unternehmen aus den Gemeinschaften heraus vorgeschlagen. Dann wurde die Auswahl unter anderem nach den Kriterien der Größe des Betriebes, gewerkübergreifende Kompetenz, Bereitschaftsdienst und Innovationsfreude ausgewählt. Die Mitarbeiter der Betriebe wurden bei Sulzer Hexis zwei Tage lang geschult, und lernten dort das Prinzip der Brennstoffzelle sowie den praktischen Umgang mit der modernen Technologie. Bei der Inbetriebnahme der ersten Anlage war ein Mitarbeiter von Sulzer Hexis anwesend, der die Installation überprüfte und eine weitere Schulung „vor Ort“ vornahm.

Das Engagement der EWE zur Installation von ca. 320 Brennstoffzellenheizgeräten in den nächsten Jahren wird dazu führen, daß die Betriebe der Synergiegemeinschaft die Chance erhalten, sich frühzeitig mit der neuen Technologie zu befassen und deren Verbreitung voranzutreiben. Hierdurch werden rechtzeitig Hemmungen beim Handwerk abgebaut und die Markteinführung der Brennstoffzelle langsam, aber stetig vorbereitet.

## Kunden warten auf Brennstoffzelle

EWE hat in der breiten Öffentlichkeit keine Werbemaßnahmen für die Brennstoffzellen durchgeführt. Lediglich Artikel in der Regionalpresse wiesen hin und wieder auf die Aktivitäten hin. Dennoch erhielt EWE mit jeder Notiz in der Zeitung oder im Rundfunk sehr viele Anrufe interessierter Kunden. Die Kunden wurden darauf hingewiesen, daß es sich bei den ersten Anlagen lediglich um Pilotanlagen handelt, die eine erhöhte Störanfälligkeit erwarten lassen. Trotzdem haben sich bisher über 650 Kunden nicht abschrecken lassen und sich in eine Interessentenliste eingetragen. Eine Befragung dieser Kunden ergab, daß bereits ein Grundwissen zur neuen Technologie vorhanden ist. Auch stehen diese 650 Kunden überwiegend einem Contracting sehr offen gegenüber.



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

Sicherlich kann man nicht von diesen Pionieren auf die breite Masse schließen. Aber Pioniere können Vorreiter sein. Es ist also sehr wichtig, diese Pioniere gut und ehrlich über den aktuellen Stand der Technik zu informieren. Pannen werden von diesen Kunden verziehen, wenn sie nachvollziehbar sind. Die Nachvollziehbarkeit ist jedoch für die Stimmung entscheidend und sollte damit den Informationsfluß in den Mittelpunkt der Kommunikation mit dem Kunden stellen. Daher erfolgt die Kundenauswahl für die ersten Brennstoffzellen bei EWE nicht nur nach technischen Gesichtspunkten. Vielmehr wird versucht, durch intensiven Kontakt und Gespräche die Beweggründe des Kunden für diese Technik zu hinterfragen.

Neben dem technischen Stand der Brennstoffzelle ist es ein weiteres Anliegen der EWE, die Vertriebs- und Vertragsmodelle zu erproben. Die ersten Anlagen von Sulzer Hexis werden bereits heute im Rahmen einer solchen Dienstleistung dem Kunden angeboten. Ein Wärmelieferungsvertrag mit einer Laufzeit von 10 Jahren ist mit einem Stromlieferungsvertrag gekoppelt. Die Preisgestaltung richtet sich jedoch nicht nach den Kosten und Aufwendungen für die Installation und Betrieb einer Brennstoffzelle sondern ist vielmehr nach den Voll-

**Bild 3** Nutzt die Hochtemperatur-Brennstoffzelle (SOFC) für den kleinen Leistungsbe- reich: das System „HXS 1000 Premie- re“ von Sulzer Hexis

kosten einer konventionellen Heizungsanlage mit einer Stromlieferung aus dem Netz bemessen. Der Kunde wird mit einem monatlichen Grundpreis und einem Arbeitspreis für jeweils Strom und Wärme abgerechnet. Finanziell ist er damit dem Anwender konventioneller Technik gleichgestellt, er leistet aber seinen Beitrag für

die neue Technik durch die Bereitschaft, einen erhöhten Aufwand bei Installation und Service sowie der Zuverlässigkeit in Kauf zu nehmen.

## Erfahrungen mit dem Probetrieb

Im Jahre 1998 hat EWE mit der Schweizer Sulzer Hexis AG einen Kooperationsvertrag geschlossen. Hierin wurde die Beteiligung von EWE an einem internationalen Feldversuch der Sulzer Hexis AG geregelt und die Voraussetzungen für die Installation und den Betrieb einer 1-kW<sub>el</sub>-Brennstoffzelle geschaffen. Seit Aufnahme des Feldtestversuches im November 1998 konnte bereits umfangreiches Praxiswissen gewonnen werden. Die Anlage wurde am 21. 10. 1998 geliefert. Nach ca. einer Woche Installationsarbeiten und Probeläufen wurde zunächst ein „Dummy-Stack“ verwandt, um die Funktionalität des Systems sicherzustellen. Am 6. 11. 1998 konnte der Betrieb

## IBZ-Infoangebot

Mit Informations- und Kommunikationsmaßnahmen will die Initiative Brennstoffzelle (IBZ) das Thema Brennstoffzelle voranbringen. Dazu gehören u. a.:

– die kostenfreie Publikation „IBZ-Nachrichten“, die mehrmals im Jahr aktuelle Brennstoffzellen-News präsentiert (Bestellung per Fax 0 20 54/95 62 70, per E-Mail: [info@gti-publik.de](mailto:info@gti-publik.de)).

– ein kompaktes Infoangebot im Internet rund um die stationäre und mobile Anwendung der Technologie unter [www.initiative-brennstoffzelle.de](http://www.initiative-brennstoffzelle.de). Auf der Homepage läßt sich auch ein Newsletter abonnieren. Die Website ist in Zusammenarbeit mit der Zeitschrift „Bild der Wissenschaft“ entwickelt worden und wird kontinuierlich von der Online-Redaktion „wissenschaft.de“ betreut. JW

mit einem aktiven Stack aufgenommen werden. Innerhalb der dreijährigen Betriebsphase wurden sieben Brennstoffzellenstacks erprobt. Bei den letzten Stacks konnten eine Lebensdauer von etwa 4000 bis 6000 Betriebsstunden erreicht werden. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, daß innerhalb dieser Zeit die Leistung und der Wirkungsgrad des Stapels nachläßt. Die Degradation betrug etwa 3–5 % je 1.000 Betriebsstunden. Etwaige Abschaltungen haben ebenfalls teilweise zu Leistungsrückgängen geführt.

Etwa ein Dutzend Anlagen von Sulzer Hexis sind derzeit im Netzgebiet der EWE in Betrieb. Derzeit werden monatlich etwa drei bis vier Anlagen installiert. Diese Anlagen sind im ersten Schritt in Einfamilienhäusern von EWE-Mitarbeitern eingebaut worden. Hierdurch kann vorausgesetzt werden, daß Verständnis über den derzeitigen Entwicklungsstand besteht. Bei der Auswahl der Gebäude bilden die heutigen Abmaße der Brennstoffzellen die größte Hürde. Das Gewicht und die benötigte Deckenhöhe bilden in der Regel die begrenzenden Faktoren. Um eine leichte Einbringung zu gewährleisten, wird daher auf einen ebenerdigen Aufstellraum geachtet. Die Betriebsergebnisse zeigen einen zuverlässigen Heizbetrieb und damit eine sichere Energieversorgung des Kunden. Jedoch sind die Degradationen des Brennstoffzellenstapels und die damit verbundenen Laufzeiten nicht befriedigend. Die Ursache für die Begrenzung der Lebensdauer wurde vom Hersteller Sulzer

Hexis erkannt und es wurden entsprechende Maßnahmen zu Verbesserung eingeleitet. Die Ergebnisse dieser Maßnahmen werden voraussichtlich mit dem Beginn des nächsten Jahres zur Verfügung stehen.

## Brennstoffzelle wird sich durchsetzen

Die Ergebnisse des Feldversuchs haben EWE überzeugt, daß sich die Brennstoffzellentechnologie am Markt durchsetzen wird. Es ist ersichtlich, daß in den nächsten Jahren weiterhin intensiv an der Verbesserung der Geräte gearbeitet werden muß. Hierfür ist es aber entscheidend, Betriebsergebnisse aus groß angelegten Pilotserien zu erhalten. Dies hat EWE dazu bewegt, Verträge für die Lieferung von über 300 Brennstoffzellenheizgeräten zu unterzeichnen. Gestaffelt über die nächsten Jahre wurde mit Sulzer Hexis die Lieferung von 155 Geräten vereinbart. Weiterhin nimmt EWE an dem EU-Feldtest „The Virtual Fuel Cell Power Plant“ von Vaillant teil. Die Installation der ersten Anlagen aus diesem Projekt soll ab November 2002 beginnen. Anschließend wurde mit Vaillant die Erprobung von weiteren 150 Brennstoffzellenheizgeräten in 2004/2005 vereinbart. Alle Geräte sollen im Rahmen von Contracting Dienstleistungen bei ausgewählten Kunden installiert werden.

Es zeigt sich, daß die Brennstoffzelle genau wie jede andere Technologie Zeit zur Einführung in einen Massenmarkt benötigt. Wird sind heute an der Schwelle, an der erste Testgeräte, die manuell gefertigt werden, in kleinen Stückzahlen installiert werden. Eine Serienproduktion wird vor 2005/2006 lediglich wenige tausend Einheiten im Jahr am Markt plazieren. Zu diesem Zeitpunkt werden die Geräte jedoch noch nicht technischen oder wirtschaftlichen Vergleichen mit eingeführten Technologien Stand halten. Diese schwierige und kostenintensive Phase der Markteinführung gilt es jedoch zu überbrücken. Dies kann nur gelingen, wenn Entwickler und Energiedienstleister mit einem langen Atem und gezielten Maßnahmen an der umweltschonenden Technik mit hohem wirtschaftlichen Potential festhalten. □