Hydrogeit Verlag / www.hzwei.info / 8. Jahrgang / Januar 2008 / 7 €

HZwei

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN

- KLEIN, KLEINER, MIKRO – BRENNSTOFFZELLEN FÜR NOTEBOOKS UND HANDYS
- CLEAN ENERGY PARTNERSHIP (CEP) STARTET MIT ZWEITER PROJEKTPHASE

2. TEIL: PATENTINFORMATIONEN ZUR WASSERSTOFFTECHNIK
Mit Anleitungen zur Eigenrecherche

KLEIN, KLEINER, AM KLEINSTEN

Liebe Leserinnen und Leser!

Energie sparen – darum dreht sich derzeit fast alles; sei es in der Politik, in den Medien oder im eigenen Auto. Auch auf Bali ging es mal wieder ums Klima, um Energie und CO_2. So recht weiß zwar niemand, ob dieser Gipfel ein Erfolg gewesen ist oder wegen der Uneinsichtigkeit von US-Präsident Bush gescheitert ist, aber klar dürfte sein, dass dort viel Energie verpulvert wurde. Wofür? Damit in zwei Jahren in Kopenhagen weiter diskutiert werden kann und vielleicht doch noch eine Kyoto-Nachfolgeregelung gefunden wird. Dann vielleicht mit einem neuen US-Präsidenten – oder einer Präsidentin.
Der einfachste Weg, um CO_2 einzusparen und das Klima zu schonen, ist und bleibt das Energie Sparen. Das wissen wir auch ohne Klimagipfel. Denn wenn weniger Energie erzeugt werden muss, verliert die jeweilige Energieerzeugungsart immer mehr an Bedeutung.
Der Trend zu immer kleineren portablen Elektrogeräten ist dabei nur förderlich. Je kleiner und effizienter die Module sind, desto besser für alle. Nur leider können die Entwickler von Mikro-Brennstoffzellen die zunächst hoch gesteckten Erwartungen derzeit nicht erfüllen. Es gibt immer noch keine kleinen marktfähigen Brennstoffzellen, die beispielsweise in Notebooks und Mobiltelefonen eingesetzt und zu konkurrenzfähigen Preisen erworben werden können. Vor wenigen Jahren war zwar in Aussicht gestellt worden, dass dieser Sektor einer der ersten sein würde, in dem die Kommerzialisierung von Brennstoffzellen beginnen könnte. Derartige Ankündigungen harren aber immer noch der Umsetzung.
Aber es tut sich was, auch – oder gerade – in Deutschland. Sowohl die Wissenschaft als auch die Wirtschaft ist dran an dieser Technik (s. S. 6 bis 13). Es gibt viel versprechende Ansätze, die sich allerdings noch in der Praxis bewähren müssen.
Vielleicht findet ja die derzeit noch in Gründung befindliche Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW, s. S. 30) eine Möglichkeit, den Mikro-Brennstoffzellen den Weg zum Markt zu ebnen. ||

Herzlichst

Sven Geitmann
HZwei Herausgeber

SICHERN SIE SICH SCHON HEUTE
DEN ENERGIEMIX VON MORGEN

Die Trendthemen für den Bereich Energie:

- Energieeinkauf
- Energietechnik
- Energiemanagement
- Brennstoffzellen
- Bio Fuel
- Energiedienstleistungen
- Renewables
- Netz- und Geschäftsprozessleittechnik
- Elektrotechnische/elektronische Komponenten
- Contracting
- Kraftwerkstechnik
- Energieforschung

GET NEW
TECHNOLOGY FIRST
21.–25. APRIL 2008
Jetzt Tickets unter: www.hannovermesse.de

JAPAN
HANNOVER MESSE

INHALTSVERZEICHNIS

2 Editorial

3 Impressum

4 Messe
E-world in Essen
Freier Eintritt zur Hannover Messe
H_2Congress in Essen

6 Titel
Stand der Technik bei Mikro-BZ
Das IZM ist fit für die Serie
Kleine Wunderwerke aus Schweden
Förderung vom Bund
Innovative Kunststoffmodule

14 Entwicklung
Messtechnik für BZ-Systeme
baltic baut auf Qualitätssicherung

17 Projekt
H_2-Speicherung in Kavernen
CEP geht in die 2. Runde

22 Politik
Parlamentarischer Abend

23 Schiffe
Maritime Projekte

24 Weiterbildung
2. Teil: Patent-Informationen zur H_2-Technik

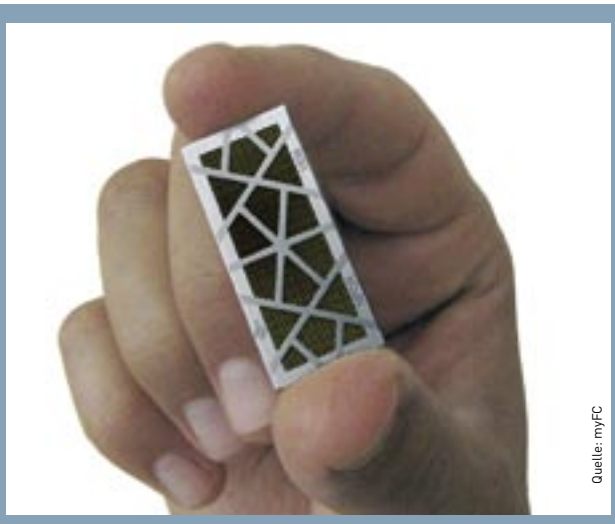
26 Autos
VW, Toyota, Honda, Daimler, Mazda, H_2-Bus

30 Meldungen & Rätsel
NOW GmbH in Gründung
Reformertechnik von Exxon
Berliner Stammtisch

33 Jobbörse

34 Terminkalender

35 Firmenverzeichnis



11 *Titel: Kleine Brennstoffzellen für iPods*

17 *Untertagespeicher für Wind-Wasserstoff*

27 *Neuer Honda FCX Clarity vor H_2-Tankstelle*

IMPRESSUM HZwei

ISSN: 1862-393X
Jahrgang: 8. (2008)

Verlag: Hydrogeit Verlag, Gartenweg 5, D - 16727 Oberkrämer

Redaktion & ViSdP: Dipl.-Ing. Sven Geitmann
Tel./Fax: +49 (0)33055 – 21322/20
E-Mail: kontakt@hydrogeit.de
www.hydrogeit-verlag.de, www.hzwei.info

Design: Dipl.-Des. Andreas Wolter, Weimar
Anzeigen: Dipl.-Betr. (FH) Barbara Makowka, Hamburg
Lektorat: Dione Gutzmer, Berlin
Druck: möller druck und verlag gmbh, Berlin

Druckauflage: 5.000 Stück
Erscheinungsweise: 4 x jährlich

Einzelpreis (Inland): 7 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 1,50 € **Versand)**
Jahrespreis (Inland): 24 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 6,00 € Versand)
Einzelpreis (Europa): 7 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 4,50 € Versand)
Jahrespreis (Europa): 24 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 18,00 € Versand)

Studenten: 50 % Ermäßigung

Kündigung: jederzeit möglich, 6 Wochen vor nächster Ausgabe

Bank: Mittelbrandenburgische Sparkasse
Konto-Nr.: 3705002189
Bankleitzahl: 16050000
IBAN: DE37160500003705002189
BAC: WELADED1PMB

Namentlich gekennzeichnete Beiträge spiegeln die Meinung der Autoren wider und entsprechen nicht unweigerlich der Meinung der Redaktion.

Inhalte der Zeitschrift sowie der Homepage sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nur nach ausdrücklicher Zustimmung des Hydrogeit Verlages vervielfältigt oder anderweitig veröffentlicht werden. Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Fotos wird keine Haftung übernommen.

Alle technischen Angaben in dieser Zeitschrift wurden von den Autoren, der Redaktion und dem Verlag mit größter Sorgfalt erarbeitet und zusammengestellt. Trotzdem sind Fehler nicht vollständig auszuschließen. Der Hydrogeit Verlag weist ausdrücklich darauf hin, dass er keine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen, übernehmen kann.

H_2YDROGEIT Verlag

Titelbild: Mikro-Brennstoffzellen als mobile Energieversorger der Zukunft.
[Quellen: myFC, Fotolia.com]

Thema: Messe | **Autor:** Sven Geitmann

SCHWEIZ ALS PARTNERLAND

E-world energy & water in Essen

Die Schweiz ist im Jahr 2008 nicht nur wegen der dort stattfindenden Fußball-Europameisterschaft von besonderem Interesse. Das Alpenland ist darüber hinaus auch das Partnerland während der 8. E-world energy & water – der Fachmesse der Energie- und Wasserwirtschaft, die vom 19. bis 21. Februar in Essen ihre Tore öffnet.

Joachim Henneke, Vorsitzender der Geschäftsführung der Messe Essen, und Niels Ellwanger, Vorstand der conenergy ag, zeigten sich bereits im Vorwege erfreut über die frühzeitige positive Entwicklung: „Die Vermietung läuft sehr gut; alle Marktführer sind dabei, und viele Aussteller wollen ihre Standflächen vergrößern."

Parallel zur Messe findet der E-world-Kongress statt, bei dem rund 300 Referenten in insgesamt 30 Konferenzen und Workshops ihr Wissen weitergeben wollen. Die Beiträge ranken sich um derzeit hochaktuelle Themen wie zum Beispiel den Strom- und Gashandel, den Klimaschutz sowie den Emissionshandel. Außerdem wird der 2. Deutsche Wasser- und Energietag abgehalten, bei dem die besondere Verbundenheit zwischen Energie- und Wasserwirtschaft dargestellt wird. Auf dem Fachkongress Zukunftsenergien wird sich in Vorträgen und Foren alles um erneuerbare Energien und Energieeffizienz drehen.

Vor dem Hintergrund der ausgeprägten aktuellen Klimadebatte rund um das Gipfeltreffen auf Bali möchten die Veranstalter in diesem Jahr insbesondere die Themen regenerative Energien sowie Energieeffizienz auf einer exponierten Plattform darbieten. Aus diesem Grund wird es erstmalig eine Sonderausstellung Erneuerbare Energien geben. Dort werden sich Unternehmen aus den Bereichen Biomasse/Biogas, Solartechnik, Wasser/Abwasser, Windkraft und Wasserstoff/Brennstoffzelle präsentieren.

Bereits am Vortag, am 18. Februar 2008, wird der 2nd Annual Europaen Energy Congress ausgerichtet, zu dem namhafte Referenten aus Politik und Energiewirtschaft ihr Kommen zugesagt haben. ||

→ *www.e-world-2008.com*

HANNOVER MESSE 2008

Die diesjährige Hannover Messe macht bereits lange vor dem eigentlichen Messetermin von sich reden. Nicht nur die neu gestaltete Internetpräsenz, die strukturierter und umfangreicher geworden ist, verspricht Neues. Auch die große Ausstellerzahl – insbesondere auf der Energy-Fachmesse – ist einmalig.

Über Energie wird derzeit nicht nur in Politik und Gesellschaft viel diskutiert. Auch in Industrie und Wirtschaft ist das Interesse groß. Drei von vier Energy-Hallen waren bereits fünf Monate vorher nahezu ausgebucht. „Der hervorragende Anmeldestand und der große Zuspruch, den wir aus der Energiebranche erfahren, zeigen uns, dass das Konzept der Energy stimmt", sagte Oliver Frese, Messemanager für Energiethemen bei der Hannover Messe. Er erwartet im April mehr als 1000 Aussteller auf rund 40000 Quadratmetern Fläche. ||

→ *www.hannovermesse.de*

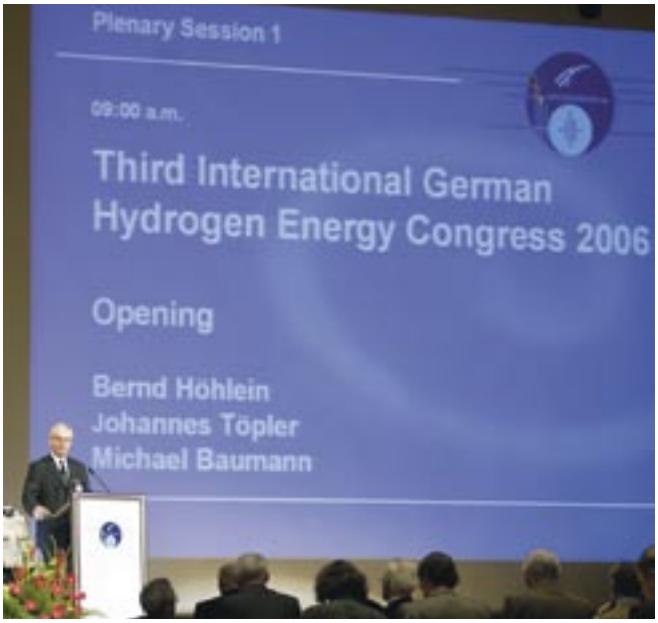
FREIER EINTRITT FÜR HZWEI-LESER

Die Deutsche Messe AG und der Hydrogeit Verlag bieten gemeinsam allen HZwei-Lesern **kostenlose Eintrittskarten** für Fachbesucher der weltgrößten Technologie- und Industriemesse in Hannover an. Sie brauchen sich lediglich online zu registrieren.
Wenden Sie sich dafür einfach per E-Mail oder Telefon an die HZwei-Redaktion (Tel: 033055-21322, kontakt@hydrogeit.de). Sie erhalten dann umgehend eine Mail mit einem Link für die kostenlose Registrierung.

Thema: Messe | **Autor:** Johannes Töpler

4. DEUTSCHER WASSERSTOFF-CONGRESS

Branchentreffen in Essen



Bernd Höhlein bei der Eröffnung 2006 [Quelle: H2Congress]

In diesem Jahr findet der H2Congress mittlerweile zum 4. Mal in Essen statt, und zwar vom 20. bis 21. Februar 2007. Die Erwartungen sind hoch, denn schließlich handelt es sich hierbei um die Generalprobe für 2010, denn dann findet in Essen die Weltwasserstoffkonferenz statt. Dann wird noch mehr los sein in der Ruhrmetropole. Aber auch schon in diesem Jahr lohnt sich ein Besuch, denn Wasserstoff und Brennstoffzellen befinden sich auf dem besten Weg, vom Nischen- zum Topthema der kommenden Monate und Jahre zu avancieren.

Obwohl es schon der vierte Kongress dieser Art ist, zeichnet er sich durch einige Neuerungen und Besonderheiten aus. Der erste Kongresstag am 20. Februar ist dieses Mal ausschließlich dem politischen und wirtschaftlichen Umfeld des Wasserstoffs gewidmet, wobei auch die grundlegende Rolle des Wasserstoffs in der Energiewirtschaft behandelt wird. Darüber hinaus wird auch auf der Basis der Klimaschädigung durch konventionelle Energieträger die Notwendigkeit regenerativer Primärenergien diskutiert. Die technischen Potentiale der H_2-Anwendung für die Bereiche mobile, stationäre und spezielle Märkte werden ebenso thematisiert wie der dazu noch notwendige Forschungsbedarf.

Parallel dazu findet ein Fortbildungs- und Informationstag für Schüler, Lehrer und Studenten statt, in dem mit Vorträgen, Experimenten, Beratungen sowie einer Ausstellung sowohl Fachwissen vermittelt als auch berufliche Qualifizierungsmöglichkeiten nahe gebracht werden. Die Zielgruppe dieses ersten Konferenztages sind nicht nur Fachleute, sondern auch Entscheidungsträger aus Politik und Wirtschaft, die sich über die Potentiale einer zukünftigen Energiewirtschaft mit regenerativen Primärenergien und Wasserstoff als Sekundärenergieträger informieren möchten.

Der zweite Kongresstag ist vollständig den wissenschaftlichen und technischen Fortschritten gewidmet. In jeweils vier Parallelsitzungen und einer Poster-Session werden die neuesten Entwicklungsergebnisse auf allen Detailgebieten der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnik behandelt. Diese sind:

- H_2-Herstellungsverfahren
- Elektrolyse-Bausteine der Wasserstoffwirtschaft
- Alternative Wasserstofferzeugung
- Stationäre Brennstoffzellen in der Entwicklung
- Wasserstoff und Brennstoffzellen für einen breiten Mobilitätseinsatz
- An-Bord-Speicherung
- Auf dem Weg in eine veränderte Infrastruktur
- Spezielle Brennstoffzellenmärkte

Die Konferenzsprache dieser Sitzungen und auch des ersten Tages ist Deutsch, um auch jüngeren Teilnehmern mit noch wenig internationaler Erfahrung die Möglichkeit zur Teilnahme zu geben. Um aber auch internationale Aktivitäten in das Kongressprogramm einzubeziehen, findet am 2. Tag in einer weiteren Parallel-Veranstaltung eine Tagung der International Partnership for Hydrogen Economy (IPHE) statt mit dem Schwerpunkt „European and International Activities“. In diesem Kongressteil, der in Englisch abgehalten wird, geht es um internationale Kooperationen sowie um die Vorstellung von Projekten und deren Ergebnissen, die im Rahmen des IPHE-Programms durchgeführt werden.

Eine begleitende Ausstellung im Zusammenhang mit der gleichzeitig stattfindenden Messe E-world energy & water bietet darüber hinaus die Möglichkeit, die neuesten Produkte für die Bereitstellung und Nutzung von Wasserstoff zu besichtigen.

Die Veranstalter und Organisatoren, zu denen auch der Deutsche Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband e.V. (DWV) zählt, laden herzlich zu diesem Kongress ein. Das detaillierte Tagungsprogramm finden Sie als Beilage in dieser Ausgabe von HZwei sowie im Internet unter → *www.h2Congress.de.* ||

WELTWASSERSTOFFKONFERENZ

Der diesjährige Kongress ist gleichzeitig eine Vorbereitung und Einstimmung auf die „18th World Hydrogen Energy Conference“ (18. WHEC), die vom 16. bis 21. Mai 2010 ebenfalls in Essen stattfinden und zu der sich die gesamte Wasserstoffwelt zu Gast bei Freunden in Deutschland einfinden wird.

→ *www.18WHEC2010.de*

Autor:

Dr. Johannes Töpler
DWV-Vorsitzender, Berlin
→ *toepler@dwv-info.de*

Thema: Titel | **Autoren:** Sven Geitmann, Jürgen Schuster |

»MEIN AKKU IST GLEICH LEER ...«

Mobile Energieversorgung – ein Überblick

Vision einer BZ-Integrations ins Handy [Quelle: Fraunhofer ISE]

Der Trend zur Miniaturisierung ist unverkennbar. In vielen Bereichen geht es bereits seit Jahren darum, immer mehr Leistung aus immer kleineren Systemen herauszuholen. Dies gilt insbesondere für die Brennstoffzellentechnik, die zwar noch gar nicht auf dem Markt ist, aber schon jetzt in harter Konkurrenz zu den konventionellen Techniken steht. Und dabei hieß es noch vor wenigen Jahren, dass den Mikrobrennstoffzellen wohl als Erstes der erfolgreiche Schritt zur Kommerzialisierung gelingen wird.

Grundsätzlich gibt es zwei Energiewandlungstypen, die für kleine portable Anwendungen (z. B. Notebook, Mobil-Telefon) in Frage kommen: Direkt-Methanol-Brennstoffzellen (DMFC) und Protonen-Austausch-Membran-Brennstoffzellen (PEMFC). Beide verfügen über Vor- und Nachteile. Die DMFC arbeitet mit Methanol, das zwar relativ einfach zu transportieren und zu handhaben ist, im Inneren des Stacks aber mitunter durch die Membran diffundiert (Cross-Over-Effekt), wodurch die Stromausbeute sinkt. Bei der PEMFC ist die Leistungsdichte zwar größer, aber für Wasserstoff gibt es noch immer keine geeignete Infrastruktur. Je nach Strategie und Anwendung favorisieren die Entwickler daher die am besten geeignete Technik.

EINSATZ IN NOTEBOOKS Laptops benötigen in der Regel eine Leistung von etwa 40 W. Da kleine Brennstoffzellen allein dies nicht ohne weiteres erreichen, werden zur Leistungsunterstützung meist Akkumulatoren eingesetzt, wobei die Brennstoffzelle dann dem Akku zur Wiederaufladung dient.

Marktreife hat in diesem Bereich allerdings noch kein System erlangt. Die japanische Firma NEC stellte zwar bereits im Jahr 2003 Notebooks mit integrierter BZ-Technik vor, die über eine Laufzeit von fünf bis zehn Stunden verfügten. Damals wurde die Markteinführung für 2004 angekündigt. Erfolgt ist diese aber bis heute nicht. Die Japaner entwickelten inzwischen zwar ein Modell, das rund 20 % kleiner als sein Vorgänger ausfiel, der entscheidende Erfolg blieb aber dennoch aus.

Einen anderen Ansatz verfolgen Unternehmen wie IBM und Sanyo. Beide Firmen wählten in einem gemeinsamen Projekt eine Dockingstation für ihren im Frühjahr 2006 vorgestellten Prototypen, der in ThinkPad-Modellen von IBM eingesetzt werden sollte. Die Grundlast deckte dabei die in der Station installierte Brennstoffzelle. Zusätzlich enthielt die Dockingstation einen IBM Ultrabay-Slim-Akku, so dass das ThinkPad-Notebook bis zu acht Stunden versorgt war.

Eine Besonderheit war der Prototyp, den Samsung Ende 2006 vorgestellte: das *Sense Q35*. Dessen Energiespeicher auf Methanolbasis verfügte über 1,2 kWh und ermöglichte einen Betrieb für etwa 160 Stunden. Dieses Versuchsgerät eignete sich wegen seines Gewichts allerdings nur für stationäre Lösungen. Samsungs Alternative für den mobilen Bereich sah zunächst außen am Notebook Klappscharniere vor, an denen die Brennstoffzelle angebracht werden konnte (Energiedichte: 650 Wh/l). Als frühester Kommerzialisierungstermin für eine wirklich marktreife Lösung nennt Samsung derzeit das Jahr 2010.

Panasonic war ebenfalls 2006 aktiv und stellte das *Toughbook CF-T4* vor, das über eine kompakte Brennstoffzelle (400 ml) im normalen Akkuschacht verfügte. Der Energie-

wandler wurde von Matsushita Battery entwickelt und erreicht unter Verwendung von 200 ml Methanol eine Laufzeit von bis zu 20 Stunden. Das angewandte Messsystem *Optimized on Demand Fuel Supply* forderte stets nur die tatsächlich benötigte Methanolmenge ab und ermöglichte so ein besonders effizientes Arbeiten. Die relativ hohe Brennstoffzelleneinheit führte dazu, dass der Test-Computer hinten höher und damit leicht angewinkelt war.

Die Firma Antig aus Taiwan stellte auf der CeBit 2006 in Hannover ein Modul in der Größe eines CD-ROM-Laufwerkes vor. Dessen Markteinführung war ursprünglich für 2006 vorgesehen, wurde dann aber auf unbestimmte Zeit verschoben. Die so genannten *SoC-PCB-Module* arbeiteten auf Methanolbasis und konnten anstatt eines DVD-Laufwerkes mittels eines Media-Bay-Slots in das Notebook integriert werden.

Einer der Pioniere aus Deutschland in diesem Bereich ist das Fraunhofer ISE aus Freiburg, das bereits im April 1998 den Prototyp eines mit Brennstoffzellen betriebenen Siemens Nixdorf Notebooks vorstellte. Auf der CeBit 2002 präsentierte das ISE erstmals ein entsprechendes Notebook, in das ein BZ-System integriert war und das über eine Laufzeit von etwa zweieinhalb Stunden verfügte. Mittlerweile arbeitet Christopher Hebling, Leiter der Abteilung Energietechnik am ISE, an flachen, selbst atmenden Zellen, die keine Pumpe und keine Lüfter benötigen. Die luftatmende Kathode entnimmt der Umgebungsluft den für die Reaktion benötigten Sauerstoff.

Während der f-cell 2007 gab Hebling einen Überblick bezüglich des Potentials dieses riesigen Marktes portabler BZ-Anwendungen, auf dem jährlich rund 1,5 Milliarden Handys, Laptops, Foto- und Videokameras, MP3-Spieler sowie Organizer verkauft werden. Er machte deutlich, dass es für Brennstoffzellen trotz dieser großen Absatzzahlen nicht leicht werden wird, im Markt Fuß zu fassen. Er sagte: „Die Brennstoffzelle ist eine Konkurrenztechnologie zur Batterie. Für die Brennstoffzelle spricht aber, dass sie genau auf das Endgerät ausgelegt werden kann und in Form und Größe variabel ist, so dass sie sich gut integrieren lässt." Vor allem im Freizeitsegment sieht er für Brennstoffzellen ab 2009 gute Absatzmöglichkeiten.

MOBILTELEFONE & PLAYER Im noch kleineren Bereich der Mobiltelefone steigt der Strombedarf durch die fortschreitende Integration zusätzlicher Funktionen stetig an. So manches moderne Gerät muss dank W-LAN-Anschluss und GPS-Funktion fast täglich an die Steckdose. Die Akku-Lebensdauer ist allerdings begrenzt: nach etwa 1.000 Ladezyklen ist Schluss. Und bereits nach drei Jahren liegt die Kapazität meist nur noch bei rund 50 %. Durch den Einsatz von Brennstoffzellen versprechen sich die Forscher eine Verlängerung der Betriebsdauer auf mindestens das Doppelte.

Nokia hat sich allerdings 2005 aus diesem Marktsegment verabschiedet, da die Unternehmensführung zu diesem Zeitpunkt in dieser Technik keine zukunftsweisende Lösung sah. Das japanische Unternehmen KDDI hingegen plant der japanischen Zeitung Nihon Keizai Shimbun zufolge, Mobiltelefone mit einer integrierten Brennstoffzelle zusammen mit Hitachi und Toshiba auf den Markt zu bringen. Im Frühjahr 2006 gelang NTT DoCoMo zusammen mit Aquafairy die Entwicklung eines PEMFC-Prototpyen mit einer Leistung von 2 W und einer Größe von 4,2 x 4,0 x 1,3 cm. Gegenüber dem Vorgängermodell war dies eine Verdopplung der Leistung und eine Verkleinerung auf ein Viertel des Volumens.

Medis 24/7 Fuel Cell Power Pack [Quelle: Medis]

Methanolbetriebe Systeme verfügen demgegenüber über eine geringe Energiedichte. Bei dem von Toshiba entwickelten System heißt es, dessen Mikrobrennstoffzelle bietet eine Dauerleistung von 300 mW, wobei der Brennstoff (99,5%iges Methanol) in einem 10 ml großen Behälter untergebracht ist. Der im Oktober 2007 von dem japanischen Elektronikkonzern vorgestellte neue *Gigabeat* Media-Player verfügt über eine Laufzeit von zehn Stunden.

Angstrom Power arbeitet demgegenüber an wasserstoffbetriebenen Systemen, die einen höheren Wirkungsgrad und kleinere Abmessungen aufweisen, wie beispielsweise deren *Micro Hydrogen* (HZwei berichtete im Juli-Heft 2007).

Mit einem etwas anderen Ansatz nähert sich Medis Technology diesem Thema. Die New Yorker Firma entwickelt mobile Ladegeräte auf Basis von Brennstoffzellen, die allerdings bisher nur für den einmaligen Einsatz konzipiert sind. Deren Technik verwendet weder Wasserstoff noch Methanol, sondern ein Gemisch mehrerer Alkaliverbindungen, die mit dem Sauerstoff der Luft reagieren. Die derzeit erhältlichen Systeme sind allerdings noch nicht klein genug, um in Handys oder MP3-Player integriert werden zu können, weswegen das Prinzip der externen Wiederaufladung favorisiert wird. Derartige Module kommen vornehmlich dort zum Einsatz, wo kein Stromnetz verfügbar ist. Eine erste Produktionsserie so genannter *24/7 Power Packs* wurde im April 2007 von Microsoft gekauft und im Rahmen einer Werbeaktion verteilt.

Die Weiterentwicklung all dieser portablen Geräte war zuletzt ins Stocken geraten, weil seitens der Flugindustrie recht restriktive Vorschriften die Mitnahme solcher Stromquellen (speziell Methanolbehälter) aus Sicherheitsgründen untersagten. Anfang 2007 haben sich aber mehrere Airlines darauf verständigt, 100-ml-Behälter für den Betrieb von Brennzellen zu gestatten. Selbst das US-Ministerium für Transport erteilte Medis Anfang Dezember die Erlaubnis, dass Passagiere deren Power Pack an Bord von Flugzeugen im Handgepäck mitführen dürfen.

Auch wenn diese Darstellung der Mikro-BZ-Aktivitäten kaum Vollständigkeit für sich beanspruchen kann, dürfte eines klar geworden sein: Mittel- und langfristig kommt kaum ein Hersteller von Notebooks und Mobiltelefonen an der Brennstoffzellentechnik vorbei. ||

Thema: Titel | **Autoren:** Robert Hahn

MIKRO-BZ ALS ERSATZ FÜR PRIMÄRBATTERIEN

Fit für die Serienproduktion

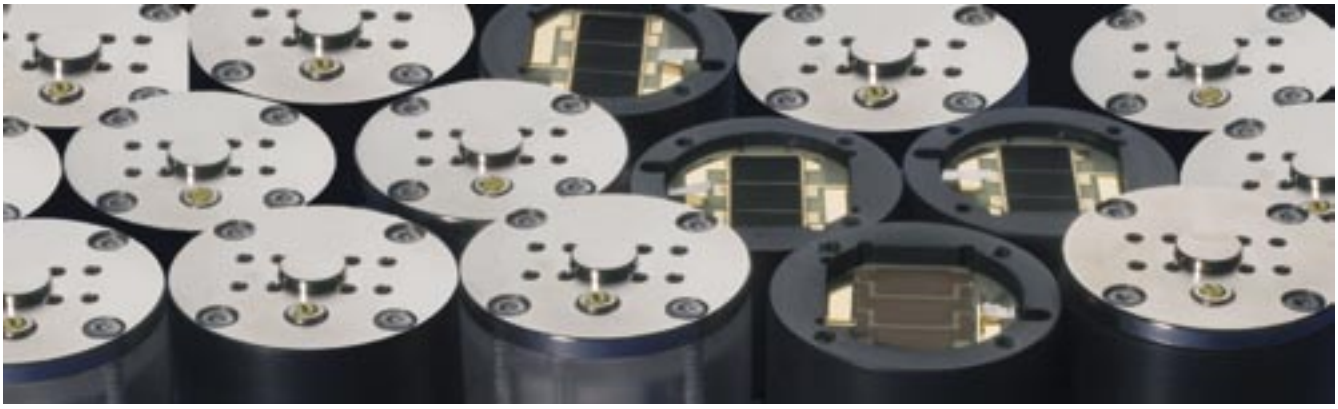


Abb. 1: In Serie hergestellte Mikro-Adapter

Einem Industriekonsortium unter Koordination des Fraunhofer Instituts für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM) in Berlin ist ein Durchbruch in der Fertigung von Mikrobrennstoffzellen gelungen. Gemeinsam entwickelten die beteiligten Unternehmen Brennstoffzellensysteme in Miniaturgröße und das entsprechende Produktionsverfahren auf der Basis von Leiterplatten und Montagetechnologien aus der Elektronikfertigung gleich mit dazu. Außerdem entstand ein dazu passendes Wasserstoffversorgungssystem, das durch die chemische Reaktion zwischen Zink und Wasser den benötigten Wasserstoff freisetzt. Das Gesamtsystem ist nur wenige Kubikzentimeter groß und liefert eine Leistung im Milliwatt-Bereich. Es weist eine Energiedichte auf, die höher ist als die von Alkali-Mangan- und Lithium-Batterien.

Damit PEM-Brennstoffzellen zukünftig Batterien oder Akkus in portablen Elektronikgeräten oder autarken Mikrosystemen ersetzen können, müssen noch einige Hürden genommen werden. Zunächst müssen die Brennstoffzellen kostengünstig hergestellt werden können. Außerdem muss der Wasserstoff so aufbereitet werden, dass für die Nutzung keine aufwändige Peripherie notwendig ist. Mikrobrennstoffzellen könnten dann einen signifikanten Beitrag zur Lösung des Energieversorgungsproblems von portablen Elektronikgeräten und autonomen Mikrosystemen leisten.

Dieser Problematik hat sich das Industriekonsortium angenommen und nach Abschluss des Verbundprojektes, das mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Rahmenkonzeptes „Forschung für die Produktion von morgen“ gefördert wurde, seine Erfolge präsentiert.

FERTIGUNG VON PEM-MIKRO-BZ Grundsätzlich geeignet sind Direktmethanol- (DMFC) und Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzellensysteme (PEMFC), da sie unter Normaldruck und bei niedrigen Temperaturen arbeiten. Wichtig für eine erfolgreiche Substitution von Batterien ist jedoch, dass die Systeme ohne viele Peripheriekomponenten (Pumpen, Ventile, Lüfter usw.) auskommen. Wegen der im direkten Vergleich höheren Leistungsdichten und des größeren Reifegrades liegen die Vorteile bei PEM-Brennstoffzellen, obwohl die dabei mögliche maximale Energiedichte und damit der Laufzeitvorteil gegenüber Batterien kleiner ist als bei Einsatz von Methanol.

Für diese Membran-Brennstoffzellen, deren Komponenten unter anderem von der Würth Elektronik GmbH & Co KG aus Niedernhall stammen, entwickelte die Mühlbauer AG aus Roding eine hochproduktive Rolle-zu-Rolle-Fertigungstechnik, die es erlaubt, stündlich 1.000 bis 2.000 Exemplare herzustellen. Dies ist möglich, da die Brennstoffzelle – unabhängig von der Anzahl der in Reihe geschalteten Zellen – nur aus drei Bauteilen besteht:

1. Stromableiter auf der Anodenseite
2. Stromableiter auf der Kathodenseite
3. strukturierte MEA

Die Stromableiter besitzen eine sehr feine Strukturierung, durch die die Feinverteilung der Medien erfolgt und zudem die elektrischen Verluste in den Elektrodenschichten gering gehalten werden, auch wenn keine Gasdiffusionsschichten (GDL) verwendet werden. Dieses Konzept hat folgende Vorteile:

+ Es können viele Brennstoffzellen gleichzeitig in Nutzenfertigung hergestellt werden.
+ Es können bei nahezu gleichen Herstellungskosten mehrere Zellen in Serie geschaltet werden, um eine höhere Spannung zu erzielen. Das Glasfaser-Epoxidharz-Verbundmaterial ist dabei ausreichend flexibel für eine Rolle-zu-Rolle-Fertigung und ist andererseits ausreichend steif, um den gleichmäßigen Anpressdruck zu realisieren, der zur elektrischen Ankontaktierung der MEA erforderlich ist.
+ Durch den sehr dünnen und flexiblen Aufbau ist eine einfache Integration in die Oberfläche elektronischer Geräte möglich.

Nach Abschätzung der Projektpartner beträgt der Herstellungspreis für eine derartige Brennstoffzelle mit einer aktiven Fläche von zwei Quadratzentimetern etwa vier Euro.

WASSERSTOFFHERSTELLUNG Bei der ebenfalls im Rahmen dieses Projektes erforschten Wasserstoffherstellung gestaltet

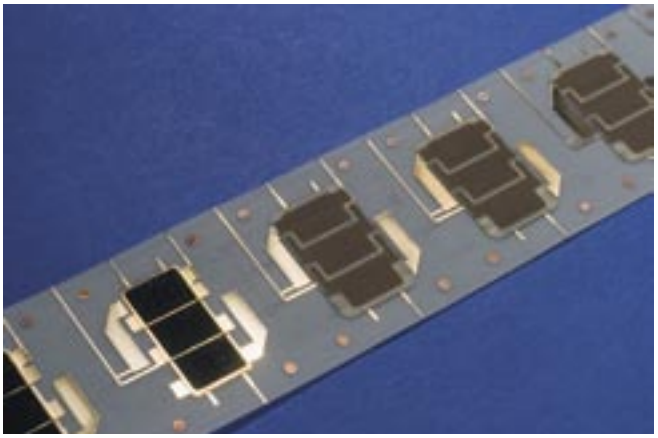


Abb. 2: Anoden-Stromableiter als Endlosband. Vorn: nach Montage der MEA – hinten: nach Montage des Kathoden-Stromableiters

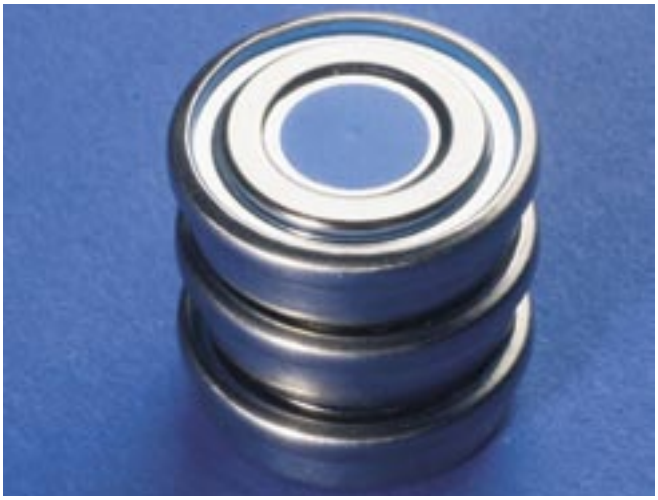


Abb. 3: Galvanische Zellen zur Wasserstofferzeugung

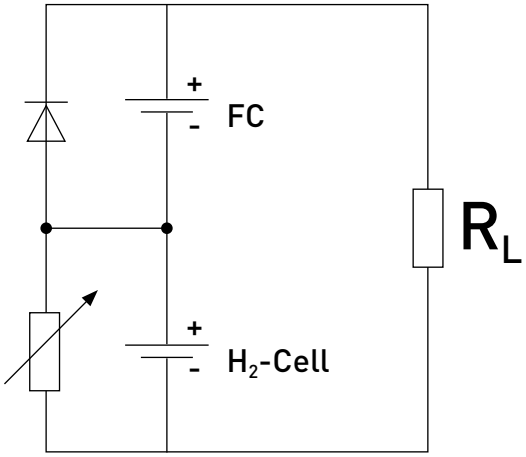


Abb. 4: Reihenschaltung von Brennstoffzelle und Wasserstoffentwicklungszelle, mit Start-Diode und Regelwiderstand zur Justage der Wasserstofferzeugung

es sich etwas anders, da der H_2-Erzeuger wie eine Primärbatterie austauschbar sein soll. Zudem soll die Energiedichte über der von Batterien liegen. Da aber keiner der derzeit bekannten Wasserstoffspeicher über eine ausreichende Energiedichte in dieser Größenordnung verfügt, wurde ein neues Konzept basierend auf der Wasserstoffentwicklungszelle der Varta Microbattery GmbH erdacht. Sie besteht aus einem galvanischen Element in Form einer Knopfzelle mit 25 mm Durchmesser, in dem bei der Reaktion von Zink mit Wasser der Wasserstoff entsprechend folgender Reaktionsgleichung erzeugt wird:

Anodenreaktion:	$Zn + 2\,OH^- \Rightarrow ZnO + H_2O + 2\,e^-$		(1)
Kathodenreaktion:	$2\,H_2O + 2\,e^- \Rightarrow 2\,OH^- + H_2$		(2)
Bruttoreaktion:	$Zn + H_2O \Rightarrow ZnO + H_2$		(3)

Das Reaktionsgas H_2 ist hier sozusagen chemisch in Form von H_2O als Hauptbestandteil des Elektrolyten drucklos gespeichert. Um eine dementsprechende H_2-Menge gasförmig bei gleichem Volumen speichern zu können, wäre ein Druck von 300 bar notwendig, wobei es Druckbehälter und Druckminderer in den hier angestrebten geringen Abmessungen überhaupt nicht gibt.

Das Reaktionsgas wird im Moment des Verbrauchs erzeugt. Im Ruhezustand ist die Brennstoffzelle drucklos, kann aber im Benutzungsfall schnell aktiviert werden. Dadurch wird eine bedarfsgerechte H_2-Erzeugung proportional zum fließenden Laststrom möglich, und es kann auf eine Regeleinrichtung für den Wasserstoff (z. B. durch Druckminderer oder Ventile) verzichtet werden. Brennstoffzelle und Gasentwicklungszelle sind in Reihe geschaltet und werden somit vom gleichen Strom durchflossen. Da die entwickelte H_2-Menge mit der geflossenen Ladung über das Faradaysche Gesetz verknüpft ist, kann die erzeugte Wasserstoffmenge über den Strom exakt gesteuert werden. Um Verluste auszugleichen, die zum Beispiel durch Diffusion durch die BZ-Membran entstehen, ist die Gasentwicklungszelle zusätzlich durch einen Regelwiderstand belastet. Eine Diode überbrückt während des Starts die Brennstoffzelle (die andernfalls solange umgepolt werden würde), bis ausreichend Wasserstoff bereitgestellt ist. In zukünftigen Anwendungen kann ein optimiertes elektrisches Management eingesetzt werden, welches auch das Lademanagement für einen Pufferakku übernimmt.

Finanziell schlägt ein Austausch des Wasserstofferzeugers kaum zu Buche: Die Herstellung der Knopfzellen mit einem Energieinhalt von etwa 2,4 Wh kostet in der Herstellung nicht mehr als 0,25 Cent. Damit stellen sie die etwa 1,50 Euro teuren Lithium-Primärbatterien, die etwa ähnlich langlebig sind, deutlich in den Schatten.

DEMONSTRATOR Als kompaktes Demonstrationssystem baute das Konsortium einen Adapter, der sowohl die Mikrobrennstoffzelle als auch drei Knopfzellen zur Wasserstofferzeugung und die einfache Startelektronik enthält. Mit ihm kann eine Spannung von 3 V bereitgestellt werden. Der Adapter ist in den Außenmaßen einer Rundzelle nachempfunden. Das Gehäuse beinhaltet einen gasdichten Raum für die Wasserstofferzeugungszellen sowie die elektrischen und fluidischen Verbindungen. Da das System nur bei geringen Strömen arbeitet, sind kleine Luftöffnungen an der Kathode ausreichend. Bei einer späteren Geräteintegration würde der Adapter praktisch die vorher notwendige Aufnahme für die Batterien ersetzen und somit kein zusätzliches Volumen beanspruchen.

ELEKTRISCHE CHARAKTERISTIK Die Brennstoffzelle weist gegenüber Batterien einen wesentlich stärkeren Abfall der Spannung mit steigendem Strom auf. Bei Anwendungen mit unterschiedlichen Lastanforderungen wird deshalb in den meisten Fällen ein Spannungswandler notwendig. Um einen hohen Wirkungsgrad der Spannungswandlung zu erzielen, sollte die Brennstoffzelle so ausgelegt werden, dass die BZ-Spannung immer über der Betriebsspannung liegt und somit ein Step-down-Konverter ausreichend ist. Die Vorteile des planaren Mikrobrennstoffzellen-Konzepts kommen hier besonders zum Tragen, da sich der Ferti-

Abb. 5: Adapter mit Brennstoffzelle für höhere Leistung

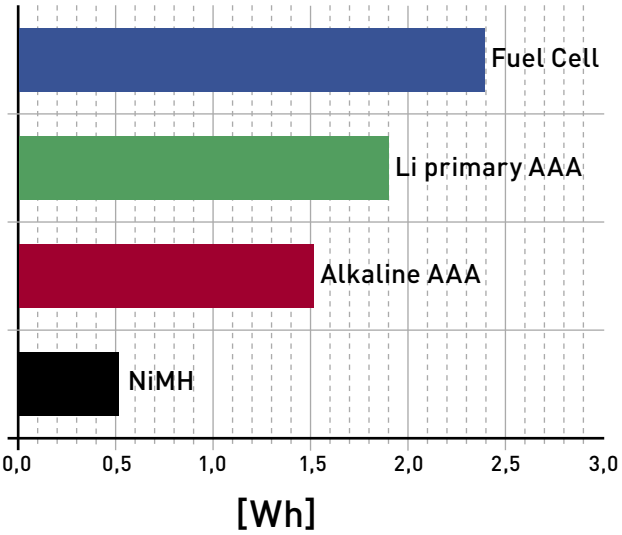


Abb. 6: Energiedichtevergleich bei 5 mW Dauerleistung

gungsaufwand für mehrere in Reihe geschaltete Zellen nicht wesentlich erhöht.

Im Bereich nahe der Leerlaufspannung fällt die Spannung des aus drei Einzelzellen bestehenden planaren Stacks gegenüber dem Einzeller schneller ab. Dies ist das Resultat der parasitären ionischen Querströme zwischen den nebeneinander liegenden Zellen in der durchgehenden Ionenmembran.

Um die Energiedichte des Systems voll auszunutzen, werden Brennstoff- und Wasserstofferzeugungszelle in Serie geschaltet. Die Gaszelle hat eine Leerlaufspannung von knapp 0,4 Volt und trägt maximal 25 % zur elektrischen Gesamtenergie des Systems bei. Eine Systemspannung von 3,3 V ist somit durch jeweils drei Zellen erreichbar. Die maximale Stromstärke wird durch die Wasserstoffkathode der Gaserzeugungszelle begrenzt und beträgt zurzeit etwa 20 mA/cm^2.

Da die Wasserstoffausbeute der Gasentwicklungszelle mit steigendem Strom rasch abnimmt, ergeben sich ideale Nutzungsmöglichkeiten dieser Systeme in Anwendungen, die eine Entladung über mehrere Wochen bis Monate erfordern und gleichzeitig eine hohe Energiedichte und damit ein kleines Bauvolumen erfordern (z. B. autarke Funksensoren). In Abhängigkeit des Lastprofils muss jedoch die Größe der Brennstoffzelle optimiert werden. So muss einerseits bei dem durch die Wasserstofferzeugung vorgegebenen Maximalstrom noch ein guter Wirkungsgrad erreicht werden und andererseits dürfen die Verluste durch Wasserstoffdiffusion und Leckagen bei geringer Stromaufnahme – z. B. im Stand-by – noch keinen signifikanten Anteil haben. Aus diesem Grund wurden präzise Wirkungsgradmessungen der Brennstoffzellen bei kontinuierlicher und pulsierender Last gemacht. Ein Wirkungsgrad größer als 50 % wurde mit einer 2 cm2 großen Brennstoffzelle im Leistungsbereich zwischen 4 und 200 mW erreicht. Dabei wurden Wasserstoffverluste ermittelt, die einem Leckstrom zwischen 0,5 und 0,7 mA pro Quadratzentimeter Membranfläche entsprechen und damit an der unteren Grenze der Herstellerangaben für die verwendeten Membranen liegen.

VERGLEICH DER SYSTEME Mit Hilfe eines Maccor-Batterietestsystems wurden die Energien von verschiedenen Batterien und die des Mikrobrennstoffzellensystems bei einer Leistung von 5 mW gemessen. Es handelt sich dabei um eine aufladbare NiMH-Knopfzelle in der gleichen Gehäuseform wie die Wasserstoffentwicklungszelle und wie AAA-Rundzellen, die ebenfalls das gleiche Volumen wie das Brennstoffzellensystem von 4 cm3 besitzen. Mit dem Brennstoffzellensystem wurde eine Energie von 2,4 Wh erzielt. Dies entspricht einer Verbesserung von 60 % bzw. 20 % gegenüber gleich großen (AAA) Alkalimangan bzw. Li-Primärbatterien. Bei einer pulsierenden Last von 70 mW fällt die Energie der Brennstoffzelle leicht ab, während bei den Batterien kein signifikanter Unterschied sichtbar wird. Von jedem Typ wurden drei Zellen getestet. Die Streuung war kleiner als 3 %.

AUSBLICK Bevor es zur Markteinführung der entwickelten Techniken kommen kann, müssen noch größere sowie prismatische Bauformen der Wasserstoffentwicklungszellen bereitgestellt werden. Damit würde es möglich, neben der Energiedichte auch die Leistungsdichte zu steigern. Mit dem Zn-System wären dann Energiedichten zwischen 600 und 700 Wh/l realistisch. Für Anwendungen mit variierenden Lastströmen wird außerdem noch eine verbesserte Steuerelektronik entwickelt. Weitere Arbeiten beziehen sich auf die Reduzierung des Edelmetalleinsatzes und gleichzeitige Erzielung einer ausreichenden Langzeitstabilität der Brennstoffzelle. Vor dem Hintergrund der bereits entwickelten Produktionstechnologie sollte die Einführung in die Massenfertigung dann mit den entsprechenden Partner schnell möglich sein. ||

Literatur:

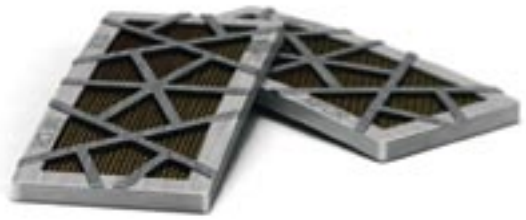
- *Fuel Cell Electronics Packaging, Springer 2007, ISBN-10:0-387-47323-8, edited by Ken Kuang*
- *R. Hahn, u.a., Journal of Power Sources 131 (2004) pp. 73-78*
- *R. Hahn, u.a., NanoPowerForum 2007, June 4-6, San Jose, USA*
- *S. Wagner, u.a., mst news No. 4/05 August 2005, pp.34-36*

→ *www.pro-zell.de*

Autor:

Dr. Robert Hahn (v.r.)
Fraunhofer IZM, Berlin
→ *hahn@izm.fhg.de*

MIKROENERGIETECHNIK AUS SCHWEDEN



oben: 1636 Chips – unten: Excess Charger [Quelle: myFC]

Auch im hohen Norden wird an Mikrobrennstoffzellen gearbeitet. In Stockholm arbeitet myFC an Kleinsystemen, die für mobile Anwendungen (z. B. Mobiltelefone, mp3-Player) geeignet sein sollen. Das Kerngeschäft der Schweden ist die Entwicklung des Fuel Cell Stickers, eines Energiewandlers basierend auf der Brennstoffzellentechnik, der mit Wasserstoff – unabhängig von dessen Feuchte – arbeitet. Das erste präsentable Produkt ist der 1636 Chip, der extrem dünn und flexibel ist und ganz ohne Pumpen oder Kühlelemente auskommt. Diese Chips sind bereits kommerziell erhältlich und werden als Paket in einer 4-Zellen-Konfiguration angeboten (2,4 W bei 2,4 V). Die ersten Erfahrungen damit waren nach Auskunft von Anders Landblad, CTO von myFC, durchaus zufrieden stellend, so dass jetzt bis zu 50 Watt angepeilt werden.

Im November erhielt myFC für seine FuelCellSticker™-Technik während der Mobile Future 2007 Konferenz den Innovation-of-the-Year-Award. Das Gerät wurde als besonders günstig in der Herstellung, besonders einfach in der Fertigung und besonders effizient im Betrieb dargestellt. Der so genannte Guldmobilen-Preis wird alljährlich während der Mobile Gala (Mobilgalan) an die innovativsten Unternehmen im kabellosen Bereich Skandinaviens verliehen.

Gemeinsam mit anderen Unternehmen entwickelt myFC darüber hinaus in einem Konsortium industrieller Firmen ein Ladegerät: den Excess Charger (2 W bzw. 10 Wh, s. HZwei-Titelfoto). ||

Äußere Abmaße: 16 x 36 x 2,6 mm (ohne Schrauben)
Leistung: 0,6 Watt bei 0,6 Volt, max. 0,9 W bei 0,5 V

→ *www.myfc.se*

BUND FÖRDERT MIKRO-BZ

Trotz ihrer niedrigen elektrischen Leistungen spielen Mikrobrennstoffzellen industriepolitisch eine große Rolle: Sie sollen den Markt bereiten. Mobile Elektronik ist heute ganz auf Batterien oder Akkus angewiesen, die Strom in relativ geringer Menge zu vergleichsweise hohen Preisen bereitstellen. Um den Kleinsystemen mit maximal 100 Watt zum Durchbruch zu verhelfen, stellt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) daher rund 18 Mio. Euro Förderung für Verbundprojekte bereit. Das ist der größte Fördertopf für Mikrobrennstoffzellen in ganz Europa.

Die ausgewählten Projekte zielen auf industriell umsetzbare Produkte und widmen sich dem Gesamtsystem, bestehend aus Speicher, Energiewandler und Regelung sowie Peripherie. Rund 2 Mio. Euro pro Projekt entsprechen in den meisten Fällen etwa dem, was die jeweiligen Projektpartner zur Umsetzung ihres Vorhabens noch benötigen.

Als förderungswürdig wurde unter anderem das Projekt *PemGen* eingestuft, das langfristig auf die Brennstoffzelle in Batteriegröße zielt. Zunächst geht es dabei um die erfolgreiche Miniaturisierung von einzelnen Komponenten. Im Folgeschritt ist dann eine Standardisierung angedacht, um BZ-Systeme in der Größe herkömmlicher (Knopf-)Batterien herzustellen. Im ebenfalls bewilligten *I²Brenn*-Projekt geht es um die Verschmelzung der Brennstoffzellentechnik und der Elektronik zu einer kompakten Einheit. ||

HYDROGEN EXPO US

6th Hydrogen Expo US
& 19th NHA Annual Hydrogen Conference

Messe: 30.3.-1.4.2008
Konferenz: 30.3.-4.4.2008

Sacramento, California, U.S.A.

www.hydrogenexpo.com

Sichern Sie sich jetzt Ihren Stand auf Nordamerikas führender Fachmesse für H2- und BZ-Technologien!

THE NATIONAL HYDROGEN ASSOCIATION

NEU:
Live Product
Demo Area!

Thema: Titel | **Autor:** Alexander Dyck

KLEINE ZELLEN MIT GROSSEN AMBITIONEN

Planare Brennstoffzellen für industrielle Anwendungen

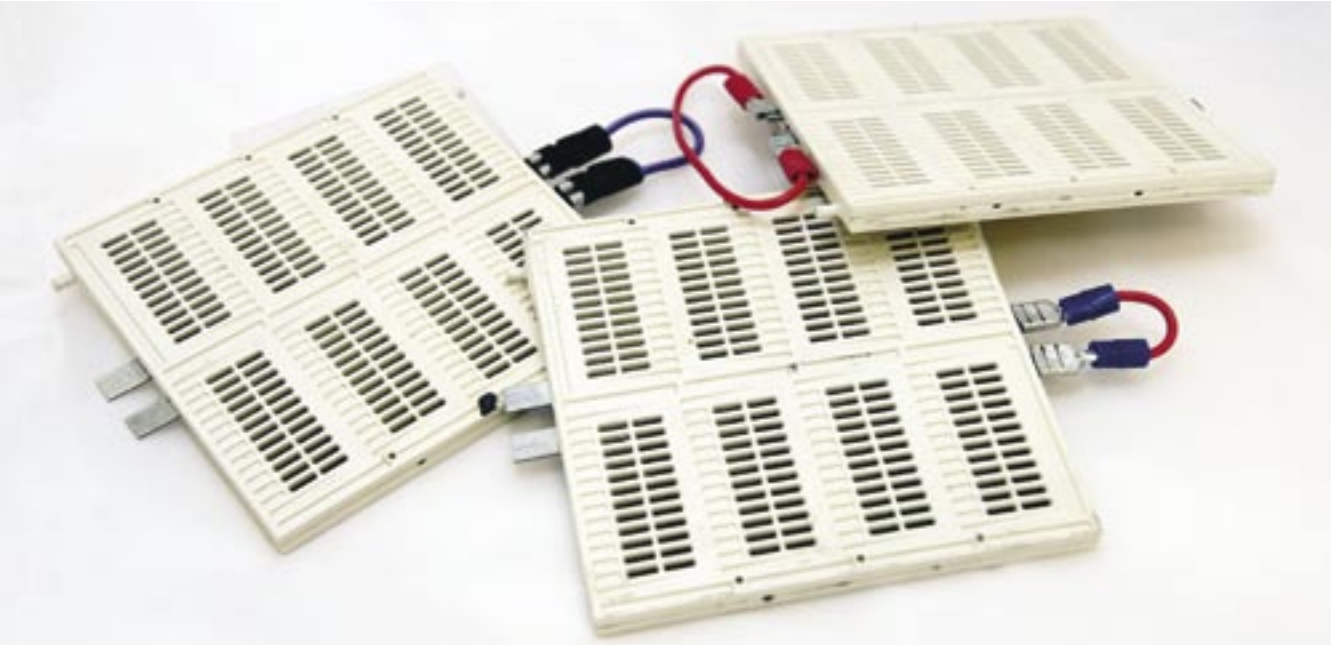


Abb. 1: In Spritzgusstechnik hergestellte Zellen

Energie ist derzeit ein allgegenwärtiges Thema. Eine besondere Herausforderung stellt die Versorgung von mobilem Equipment dar. Hier werden fast immer Batterien oder Akkumulatoren eingesetzt, um die Bedürfnisse der Applikationen zu befriedigen. Trotz der Leistungssteigerung dieser Systeme ist die Stromaufnahme der Anwendungen schneller gewachsen, als die Kapazität der Versorgungseinheiten. Mikrobrennstoffzellen versprechen hier eine Verbesserung, um die Laufzeiten zu verlängern und eine schnelle Wiederbeladung zu ermöglichen. Die Firma FWB Kunststofftechnik GmbH arbeitet an Lösungen im Kleinleistungsbereich, um für isolierte, lang laufende Applikationen die notwendige Energie bereitzustellen.

Das Problem der beschränkten Laufzeit mobiler Endgeräte ist aus dem privaten Bereich bekannt, auch das lästige Aufladen der technischen Helfer an der Steckdose. Nur – wie lädt man einen Akkumulator mitten im Hamburger Hafen? Der nächste Netzzugang ist weit entfernt und bei strömendem Regen kann nicht einfach für Stunden ein Ladegerät an die Verlängerungsleitung quer durch den Terminal gespannt werden. Als einzige Lösung bleibt der Austausch der Akkus gegen Primär- oder Sekundär-Zellen, um die Versorgungslücke erfolgreich zu schließen. Die unbefriedigende Energiedichte sowie die Selbstentladung der Standard-Akkumulatoren setzt aber auch hier Grenzen. Dies weckt Bedürfnisse nach einer dauerhaften, schnellladefähigen, kleinen Energiequelle. Brennstoffzellensysteme sind dafür ideal geeignet. Meist reichen relativ geringe Leistungen, um im Hybrid mit bewährten Batterietechnologien den Energiehunger zu stillen.

LÖSUNGSKONZEPTE MIT ZUKUNFT Es ist ein Wettlauf sowohl gegen die Zeit als auch gegen die Kosten. Schon 2009 will das Unternehmen seriennahe Produkte im Markt des Kleinleistungsbereichs von bis zu 10 W platzieren. Viele, vor allem amerikanische und japanische Firmen, haben bereits vor Jahren Produkte in diesem Segment angekündigt, aber bisher sind nur wenige im Markt frei verfügbar. Gerade die Kosten der Systeme und bei laufendem Betrieb erschweren den Marktzugang in bestimmten Anwendungsbereichen. Entscheidend ist dabei, einen Mehrwert für die Kunden zu generieren, der den finanziellen Mehraufwand solcher Systeme rechtfertigt.

Die FWB Kunststofftechnik GmbH aus Pirmasens arbeitet seit knapp zwei Jahren an ihrem Weg vom Schuhabsatz zur Mikrobrennstoffzelle. Der Spezialist für Kunststoffe bereitet damit seinen nächsten Wachstumsschritt vor und möchte sich vom Vollanbieter von technischen Bauteilen (z. B. elektrische Gaspedale für die Kfz-Industrie) zu einem Systemanbieter von Direkt-Methanol-Brennstoffzellen-Systemen (DMFC) für die Energieversorgung im Kleinleistungsbereich entwickeln.

Das Unternehmen verfolgt dabei einen planaren Ansatz, um die Brennstoffzellen bestmöglich anzuordnen, und zählt auf eine semi-passive Betriebsführung. Die Stacks werden als funktionales und kostengünstiges Kunststoffgehäuse ausgeführt, in das Anschlüsse und Bipolarplatte integriert sind. Die in einem Guss aus hochstabilen Kunststoff-Compositen hergestellten Bauteile werden zügig zu Stacks montiert und getestet. Dadurch werden Kosten und Leistungseigenschaften für das System verbessert und ein Mehrwert durch die Funktionsintegration generiert.

Die FWB hat bereits 2006 in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg auf der Electronica einen funktionsfähigen DMFC-Prototypen vorgestellt. Die selbstatmenden Zellen (s. Abb. 1)

Abb. 2: energy cube

wurden auf der Hannover Messe 2007 das erste Mal öffentlich gezeigt. Es handelt sich dabei sowohl um 2- als auch 8-Zeller, die intern sowohl elektrisch als auch fluidisch in einer Ebene verschaltet sind. Dadurch wird ein adäquates Spannungsniveau von bis zu 5 V auf Basis von Methanol als flüssigem Treibstoff bereitgestellt, das in diesem Leistungsbereich auf Grund des hohen Energieinhalts der kostengünstigen Flüssigkeit weit verbreitet ist. Auf der f-cell 2007 in Stuttgart wurde ein integriertes Kamera-Überwachungssystem als *energy cube* präsentiert (s. Abb. 2), mit dem sich bereits die Gesamtlaufzeit des Geräts verachtfachen ließ. Die Umfunktionalisierung der Zellen als aktives Gehäuse stellt dabei einen wichtigen innovativen Schritt dar, der vorher noch nicht gezeigt wurde.

INDUSTRIELLE ANWENDUNGEN Im Kleinstleistungsbereich bestehen vielfältige Anwendungsmöglichkeiten für solche Systeme. Zurzeit arbeitet das Team intensiv an Brennstoffzellensystemen für verschiedene industrienahe Applikationen, wobei potenzielle Kunden bereits im Vorfeld in die Produktentwicklung einbezogen werden. In der Containerüberwachung bietet diese Lösung Vorteile, weil die Applikation über sehr lange Zeiträume mit Energie versorgt werden kann. Zudem verfügt die Entwicklung der FWB Kunststofftechnik über ein unkompliziertes Kartuschensystem, so dass die Applikation innerhalb von Sekunden wieder aufladbar ist, was einen nahezu kontinuierlichen Betrieb ermöglich. So können Container und Verladebrücken jederzeit auf Abfrage geortet werden. Zudem werden die Brennstoffzellen für Anwendungen in der Medizintechnik adaptiert. Überall dort, wo über längere Zeiträume kontinuierliche Energieversorgung mit geringen Leistungen gefragt ist, bieten sich Einsatzmöglichkeiten für derartige Mikrobrennstoffzellensysteme. Dabei geht es in den frühen Märkten primär um hochwertige Industrieapplikationen und noch nicht um den hart umkämpften Massenmarkt.

Die nächsten Generationen der Systeme werden ebenfalls in der Medizintechnik, dem Sanitär- sowie Logistikbereich als auch im Automobilsektor eingesetzt, um ihre Einsatzfähigkeit zu beweisen. Der erste Dauerversuch mit fast 2.000 Stunden Laufzeit stimmt optimistisch. Das Unterschreiten der Einstiegshürde von 100 €/W ist dabei heute schon erreichbar. Die Systeme haben damit bereits im Vorfeld eine der größten Herausforderungen bestanden.

Im Wettlauf gegen Zeit und Kosten sind zwar noch einige Runden zu bestehen, um hochvolumige Massenmärkte zu erschließen. Brennstoffzellen bieten aber die Möglichkeit einer schnellladefähigen Batteriesubstitution. Sie haben das Potenzial, für zukünftige Gerätegenerationen höhere Energieinhalte bereitzustellen, um einen Langzeitbetrieb zu gewährleisten. Damit sind diese Brennstoffzellen in planaren Strukturen schon heute prädestiniert für den Einsatz in den industriellen Kleinstromversorgungen von morgen. ||

Literatur:

- *Dyck A., Entwicklung von Membranmaterialien auf Basis aromatischer sulfonierter Polymere und deren Charakterisierung für die Anwendung in Direkt-Methanol-Brennstoffzellen, Paderborn, Univ., Diss., 2002 Shaker Verlag, Aachen, TC-Schriftenreihe; Bd. 14, (2003) ISBN 3-8322-1150-0*
- *Dyck, A., Markteinführungsszenarien für Brennstoffzellen-Systeme im Kleinleistungsbereich, Münster, 2006*

Fotos: Reiser/FWB

Autor:

Dr. Alexander Dyck
FWB Kunststofftechnik GmbH, Pirmasens
→ Alexander.Dyck@fwb-gmbh.de

Thema: Entwicklung | **Autor:** Wolfgang Schmid

WER VIEL MISST ...

Messtechnik für Brennstoffzellen- und Batterie-Systeme

Die derzeit sehr lebhaft geführte Diskussion über alternative Energieträger rückt elektrische Antriebssysteme wieder verstärkt in den Vordergrund. Gleichzeitig kommt damit vor allem den dazugehörigen Energiequellen für Elektrizität eine besondere Bedeutung zu. Dies illustrieren zwei Meldungen aus jüngster Zeit: einmal die Ankündigung einer neuen Allianz zur Entwicklung von Lithium-Ionen-Akkus zwischen BASF, Bosch, Evonik, Li-Tec, Steag und VW sowie die Gründung der Automotive Fuel Cell Corporation mit einer Mehrheitsbeteiligung von Daimler (s. S. 28).

Zu den am besten nutzbaren Energiequellen von Strom zählen vor allem elektrochemische Systeme wie beispielsweise Brennstoffzellen und Batterien. Das Herzstück dieser Wandler und Speicher bilden eben diese elektrochemischen Zellen. Eine wirklich brauchbare Energiequelle erhält man allerdings erst durch die Integration einer Vielzahl weiterer Komponenten. Bei einer Brennstoffzelle sind dies typischerweise:

- Medienaufbereitung
- Abwärmemanagement
- Spannungswandlung
- Steuerelektronik

Erst durch das Zusammenspiel aller dieser Komponenten erhält man ein Brennstoffzellensystem, das durch die Zufuhr von Wasserstoff und Sauerstoff elektrische Leistung zuverlässig und regelbar zur Verfügung stellt.

ELEKTROCHEMISCHE WANDLER UND SPEICHER Alle elektrochemischen Systeme weisen Zellspannungen von nur wenigen Volt auf, müssen also für einen zweckmäßigen Betrieb im Energiebereich hintereinander geschaltet (kaskadiert, gestapelt) werden, damit das Gesamtsystem auf eine höhere Gesamtspannung kommt. Damit bestimmt das schwächste Glied der Kette (bzw. des Stapels) die Leistungsfähigkeit des gesamten Systems. Dies ist bei robusten, ausgereiften Technologien wie NiCd- oder NiMH-Batterien im Allgemeinen kein Problem. Hier genügt es, einen oder einige wenige Grundparameter messtechnisch zu erfassen (z. B. Gesamtspannung, Temperatur, Impedanz), um daraus die entsprechenden Regelparameter für den Betrieb abzuleiten.

Anders sieht die Situation bei empfindlicheren und weniger ausgereiften Technologien aus, wie zum Beispiel bei der Brennstoffzelle oder bei Technologien, die stark an ihre Grenzen gefahren werden (Lithium-Ionen-Akkus). In diesen Fällen kann es unzweckmäßig oder sogar gefährlich sein, nur Gesamtparameter zu messen, weil bei typischerweise 60 bis 100 kaskadierten Zellen das Fehlverhalten einer einzigen Zelle schwer zu detektieren ist. Sicherer ist es, die einzelnen Zellspannungen (oder Zellspannungsgruppen) zu messen und aus deren absolutem und relativem Verhalten untereinander detalliertere Aussagen zu gewinnen.

ANFORDERUNGEN So unterschiedlich die Gesamtsysteme sein mögen, meist werden folgende Ziele angestrebt:

1. Sicherstellung eines stabilen Betriebs unter wechselnden Bedingungen: Unabhängig von Umgebungsbedingungen (z. B. Temperatur) oder Lastbedingungen (z. B. erhöhte Leistungsentnahme) soll der Zellstapel in einem günstigen Arbeitspunkt betrieben werden.
2. Vermeidung von Fehlfunktionen: Auch in Ausnahme- oder Fehlerfällen soll das System sicher sein, z. B. durch Einleitung von Notmaßnahmen.
3. Diagnose: Für Garantiefälle, zur Wartung und zur weiteren Optimierung ist es wünschenswert, eine Datensammlung auswerten zu können.

Zur Erfassung der jeweiligen Zustände werden Sensoren eingesetzt, die sowohl die Eingangsgrößen (bei Brennstoffzellen die Medienzufuhr), die Prozessgrößen (z. B. die Temperatur) oder die Ausgangsgrößen (Strom, Spannung) messen.

Werden zur Betriebsführung vornehmlich Steuerungsverfahren (feed forward) eingesetzt, so können, abhängig vom Prozessmodell, beliebige Parameter gewählt werden. Bei Regelungsverfahren (feed back) werden sinnvollerweise Ausgangsgrößen gemessen und zur Rückführung verwendet. Für die Einleitung von Sicherheitsfunktionen verwendet man gerne direkte Ausgangsgrößen wie zum Beispiel die niedrigste Zellspannung. Für Diagnosezwecke empfiehlt es sich, das Lastverhalten (Spannungen, Strom und Temperatur) aufzuzeichnen, vorzugsweise in verdichteter Form als Statistik.

EINZELZELLMESSUNGEN Eine der wichtigsten Messgrößen ist die Ausgangsspannung, gemessen entweder als Gesamtspannung eines Stacks oder als Einzelzellspannungen. Zwar ist die Messung der Gesamtspannung wesentlich einfacher durchzuführen, Einzelspannungsmessungen (bzw. Gruppenspannungsmessungen) ermöglichen jedoch folgende Aussagen (s. Abb. 1):

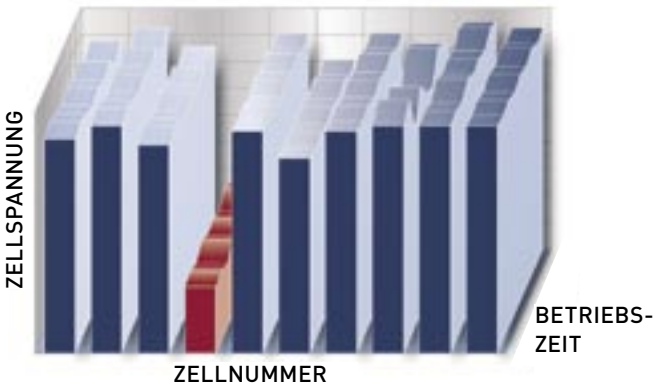


Abb. 1: 3-dimensionale Messwerterfassung

1. Aus der Verteilung der Einzelspannungen untereinander kann auf die Medienzufuhr geschlossen werden, wodurch Aktionen der Betriebsführung (z. B. Spülen von Zellen) ausgelöst werden können.
2. Nur durch Einzelspannungsmessung kann erkannt werden, ob eine Zelle unter/über einen kritischen Spannungswert absinkt/ansteigt und wo sie sich befindet, um damit z. B. eine Sicherheitsabschaltung durchzuführen.
3. Durch zeitaufgelöste Erfassung lassen sich Trends erkennen. Mit statistischen Auswertungen können z. B. Wartungsintervalle oder Lebensdaueraussagen besser abgeschätzt werden.

Für diese Messaufgaben können prinzipiell auch herkömmliche (Vielfach-)Messgeräte eingesetzt werden. Diese sind allerdings meist auf die Messung von parallelen Kanälen ausgerichtet und weniger auf die Erfordernisse der Messung hintereinander geschalteter Zellen. Deswegen muss darauf geachtet werden, dass die hohen Anforderungen an Eingangsspannungsbereich, Gleichtaktunterdrückung und Isolation erfüllt werden.

So weist ein Zellstapel, wie er häufig im Automobilbau eingesetzt wird, bis zu 100 kaskadierte Zellen auf. Sollen nun Abweichungen im mV-Bereich in Anwesenheit von Spannungen von nahezu 100 V mit Abtastraten von 1 ms pro Kanal gemessen werden, so entspricht dies einer Gleichtaktunterdrückung von 100 dB bei 1 kHz und erfordert spezielle Messtechnik.

SYSTEMERFORDERNISSE Häufig werden mehrere Stacks hintereinander geschaltet, um auf für die Leistungselektronik sinnvolle Arbeitsspannungen von mehreren hundert Volt zu kommen. Deshalb muss die Messelektronik auch Isolationsspannungen von nahezu 1000 V aufweisen. In realen Systemen sind geschaltete Lasten und Peripheriegeräte vorhanden, die allesamt elektromagnetische Störungen verursachen. Die Messelektronik muss also in der Lage sein, Veränderungen von Nutzsignalen im mV-Bereich auch in Anwesenheit hoher Störer noch zuverlässig zu messen.

Neben diesen Hardware-Erfordernissen gibt es weitere spezifische Anforderungen beim Betrieb von Brennstoffzellen- bzw. Batteriesystemen:

1. Es muss ein Alarm ausgelöst werden, wenn eine Zellspannung unter eine vorgegebene Schwelle sinkt. Diese Alarmierung muss in Echtzeit erfolgen, d. h. auf dem Messmodul ablaufen.
2. Die Messwerte müssen störsicher zur Systemsteuerung übertragen werden. Dafür sind Feldbusse wie z. B. der CAN-Bus prädestiniert.
3. Die Messelektronikeinheit soll kompakt und robust sein, um platzsparend im System untergebracht zu werden, vorzugsweise in der Nähe des Stacks, um Störeinstrahlungen auf die Messzuleitungen zu minimieren.

PRAXISBEISPIEL Ein seit vielen Jahren erprobtes und bewährtes Gerät für die Messung kaskadierter Brennstoffzellen ist das Cell-Voltage-Monitoring-System (CVMS, s. Abb. 2) der Firma SMART Electronic Development GmbH. Der kompakte und robuste Aufbau der Messmodule ermöglicht es, die Module direkt in die Endanwendung zu integrieren, um damit z. B. Erprobungsfahrzeuge auszurüsten.

Das Messmodul weist bis zu 90 Messkanäle mit unterschiedlichen Spannungsbereichen auf und sendet die Ergebnisse über zwei CAN-Busse an die Systemsteuerung und an die Systemüberwachung. Das Modul ist in einem robusten

Abb. 2: Integration eines CVMS

Aluminiumgehäuse untergebracht und weist Schutzklasse IP54 auf, ist also sprühwasserdicht.

Zur Datenauswertung am PC stehen verschiedene Schnittstellenwandler (z. B. CAN auf USB) sowie Softwaretreiber und grafische Bedienoberflächen zur Verfügung. Das Gerät wird erfolgreich in Prüfständen, Erprobungsfahrzeugen, militärischen Systemen sowie bei der Überwachung von Elektrolyseuren eingesetzt. Es gilt als ausgereiftes, robustes und preisgünstiges Messgerät für die Entwicklung, Erprobung und Qualitätssicherung von elektrochemischen Systemen (wie Brennstoffzellen oder Li-Ionen-Batterien). ||

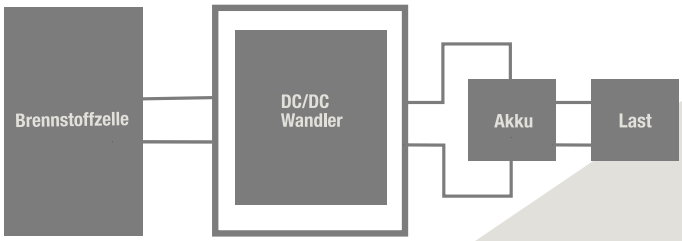
Autor:

Wolfgang Schmid
SMART Electronic Development GmbH, Stuttgart
→ wolfgang.schmid@smart-gmbh.de

95
hocheffiziente Konvertoren

Hocheffizienter, gesteuerter DC/DC - Wandler für Brennstoffzellen (oder andere Energiequellen) mit Ladereglerfunktion

U ein = 18-50V
U aus = 48-120V
P = 1200-1600W
Wirkungsgrad > 96%
Modulare Leistungserhöhung ist möglich.



Heugässle 3 D-78465 Konstanz Tel: +49(0)7531 388 181 Fax: +49(0)7531 206 124
Mobil: +49(0)179 453 8340 e-mail: kirjuch@hek95.de www.hek95.de

Thema: Entwicklung | **Autor:** Maik Schaumann

QUALITÄTSSICHERUNG FÜR BZ-KOMPONENTEN

Kosten senken & Qualität erhöhen

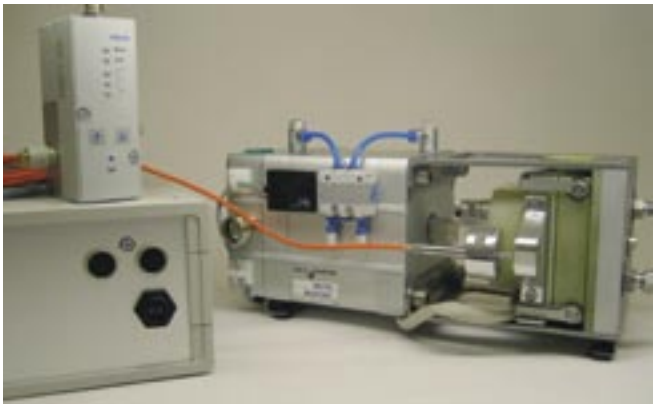


Abb. 1: Messzelle mit Druckrahmen, Druckregelventil und Elektronik

Abb. 2: aufgeklappte Messzelle

Kleine, mobile Anwendungen, wie sie beispielsweise in Navigationsgeräten, Notebooks, Kameras und Mobiltelefonen zum Einsatz kommen, haben in den vergangenen Jahren einen wahren Nachfrage-Boom erlebt. Ihre Verbreitung ist rasant gestiegen und gleichzeitig auch das Interesse daran, ihren Energiebedarf zu reduzieren. Eine Effizienzsteigerung erhoffen sich die Wissenschaftler durch den Einsatz kleiner BZ-Systeme. Gelingt der erfolgreiche Eintritt in diesen riesigen Markt, bedeutet dies den Abschied vom derzeitigen Nischendasein dieser umweltfreundlichen Energiewandler.

Die Brennstoffzellentechnik befindet sich mittlerweile unmittelbar vor der Markteinführung. Mikrobrennstoffzellen finden ihren Einsatz im Bereich der frühen Märkte. Millionenfach sollen diese später mal produziert werden. Der Nutzer kann sich dann über netz- und batterieunabhängige Stromversorgungen freuen, solange die Systeme dem eigentlichen Kundennutzen gerecht werden. Zunächst steht jedoch noch viel Forschungsarbeit an, damit eine erfolgreiche Überführung der Brennstoffzellentechnik aus dem Labor in die Nullserie beziehungsweise in die Serienproduktion gelingen kann. Unerlässlich ist dafür die Qualitätssicherung.

REPRODUZIERBAR PRÜFEN Dieses Themas hat sich die balticFuelCells GmbH aus Schwerin angenommen. Der Geschäftsführer Stefan Möller erklärt: „Die Produktionstechnik für Brennstoffzellen, insbesondere bei Mikrobrennstoffzellen, muss die Kosten reduzieren und gleichzeitig die Qualität steigern. Um diesen Forderungen gerecht zu werden, wird die Qualitätssicherung im Brennstoffzellenbereich völlig neue Produktlösungen hervorbringen."

Eine dieser neuen Lösungen ist das von dem norddeutschen Unternehmen entwickelte, einfach zu bedienende Testsystem für Brennstoffzellenkomponenten: quickCONNECTfixture (qCF). Dieses Tool wurde konzipiert, um präzise und reproduzierbare Charakterisierungen von Kernkomponenten von PEM-Brennstoffzellen vornehmen zu können. Das Single-Cell-Testsystem (s. Abb. 1) besteht im Wesentlichen aus einem Druckrahmen (support frame pressure unit – SFPU) und einer auswechselbaren Messzelle (cellFixture, s. Abb. 2). Die SFPU wird zur Prüfung fest in eine vorhandene Teststandsumgebung integriert, wobei die cellFixture zur Charakterisierung von Prüflingen auswechselbar ist.

Die Prüflinge (z. B. MEA, CCM, GDE, GDL) lassen sich mit wenigen Handgriffen in die cellFixture einlegen, die dann ohne Werkzeug verschlossen und direkt in die SFPU eingesetzt wird. Es müssen keine Medienanschlüsse oder elektrische Verkabelungen getrennt werden und es ist auch kein Werkzeug notwendig, so dass die Tests wesentlich zeitsparender ablaufen.

Ein besonderes Novum ist der sehr präzise einstellbare Anpressdruck, der direkt auf die aktive Zellenfläche der Prüflinge wirkt (3 N/mm² für eine qCf mit 25 cm² aktiver Zellfläche bzw. bis 2,5 N/mm² bei 50 cm²). Das patentierte Verfahren mit beweglichem Druckstempel in der cellFixture ermöglicht eine Prüfung völlig unabhängig von den jeweiligen Prüflingsdicken und Dichtungen. Speziell im Bereich der Mikrobrennstoffzellen-Entwicklung ist die Minimierung von Anpressdrücken bei maximierter Leistungsdichte ein wichtiger Punkt. Mit entsprechender Zusatzausrüstung kann zudem eine ortsaufgelöste Sromdichteverteilung oder auch eine vollautomatische In-situ-Messung mechanischer Parameter vorgenommen werden. Die so ermittelten Daten ermöglichen die Optimierung der Komponenten sowie des zelleninternen Aufbaus und dienen somit der Zuverlässigkeit und Langzeitstabilität des gesamten Brennstoffzellenmoduls. Zur getrennten Bestimmung von Anoden- und Kathodenbeiträgen der Zellimpedanz hat die balticFuelCells GmbH außerdem eine Platin-Referenzelektrode entwickelt, die sich durch wenige Handgriffe in der cellFixture integrieren lässt.

Hervorgegangen ist balticFuelCells als Spin-off aus dem Hydrogen Institute of Applied Technologie HIAT gGmbH. Das in Schwerin ansässige Forschungsinstitut ist spezialisiert auf die MEA-Entwicklung. ||

Autor:

Maik Schaumann
balticFuelCells GmbH, Schwerin
→ schaumann@balticfuelcells.de

Thema: Projekt | **Autoren:** Roland Hamelmann, Fritz Crotogino

WASSERSTOFFSPEICHERUNG IN SALZKAVERNEN

Großspeicher für Wind-Wasserstoff

Die Anbindung großer fluktuierender Stromerzeuger wie Offshore-Windparks an das Stromnetz stellt eine besondere Herausforderung dar. Konventionelle Technologien scheinen für die Einspeisedämpfung hinsichtlich ihrer Kapazität sowie der technischen Machbarkeit nicht auszureichen. Die Wasserstofftechnik könnte jedoch dazu beitragen, die Dämpfungsproblematik nachhaltig zu lösen. Für die dabei anfallende Zwischenspeicherung großer H_2-Mengen bieten sich Salzkavernen an, wie sie auch zur Erdgasspeicherung angelegt und genutzt werden.

Die Einspeisung diskontinuierlicher Stromerzeuger in das öffentliche Stromnetz nahm bislang – begünstigt durch das EEG – kontinuierlich zu. Mittelfristig wird sich daran nichts ändern, denn die Windkraftnutzung auf See mit Offshore-Windparks (OWP) steht in den Startblöcken. Wenn zwischen Ankündigung der Vorhaben und deren Umsetzung bislang auch mehr Zeit als geplant verstrich, ist jetzt ein Aufbruch zu erkennen: Fertigungsanlagen werden errichtet und Bestellungen ausgelöst. Innerhalb der nächsten zehn Jahre ist mit dem Aufbau von mehreren OWP in der deutschen Nord- und Ostsee mit einer Gesamtleistung von mehreren tausend Megawatt zu rechnen.

Die „Studie zur Dämpfung der Netzbelastung durch Wasserstoffsysteme“ des schleswig-holsteinischen Ministeriums für Wissenschaft, Wirtschaft und Verkehr belegt die ausgleichende Einflussnahme von Wasserstoffsystemen auf die fluktuierende Einspeisung von Offshore-Windparks und die verbesserte Ankopplung an das landseitige Stromnetz (Abb. 1 bis 3).

Abbildung 3 vermittelt einen Eindruck von der jährlich anfallenden Wasserstoffmenge, die sich in der Größenordnung von einhundert Millionen Normkubikmeter (10^8 Nm³) bewegt. Der nachfolgende Verbrauch an Wasserstoff macht die Speicherung lediglich einer Teilmenge der Jahreskapazität erforderlich. Berechnungen mit dem Jahresverlauf der Windstromerzeugung und kontinuierlicher Abnahme zeigen, dass die Speichergröße bei rund 50 % der Jahresmenge liegen muss, um eine gleichmäßige Abgabe der durch Windspitzen erzeugten Wasserstoffströme zu gewährleisten. So-

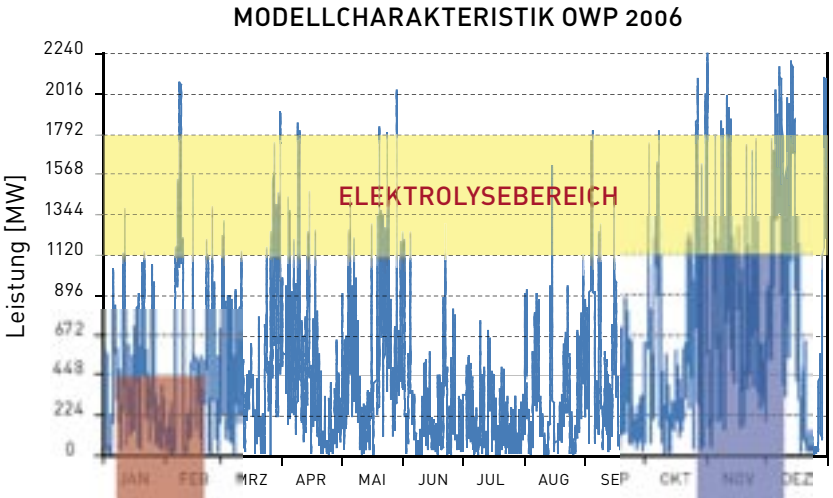


Abb. 1: Modellcharakteristik Offshore 2006

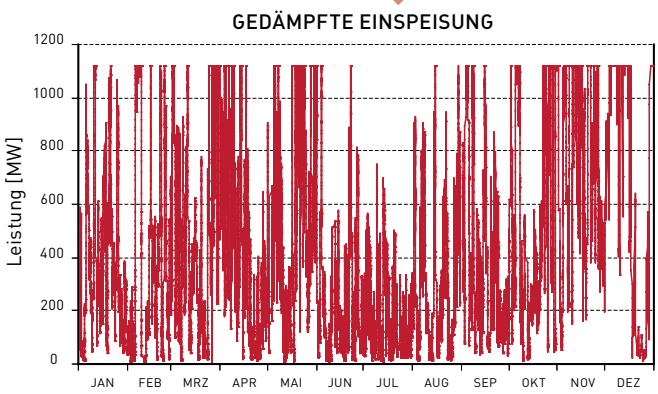


Abb. 2: Gedämpfte Einspeisung

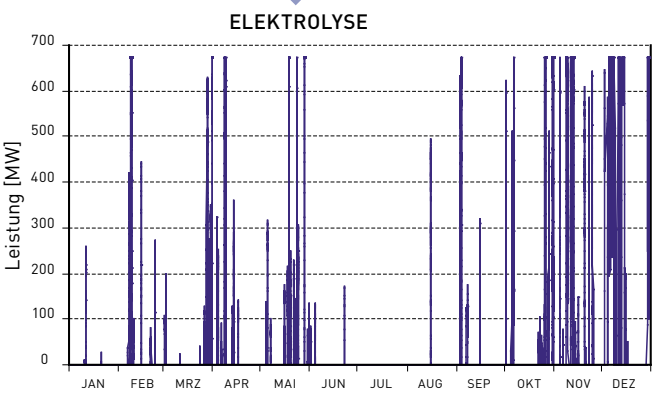


Abb. 3: Elektrolysecharakteristik

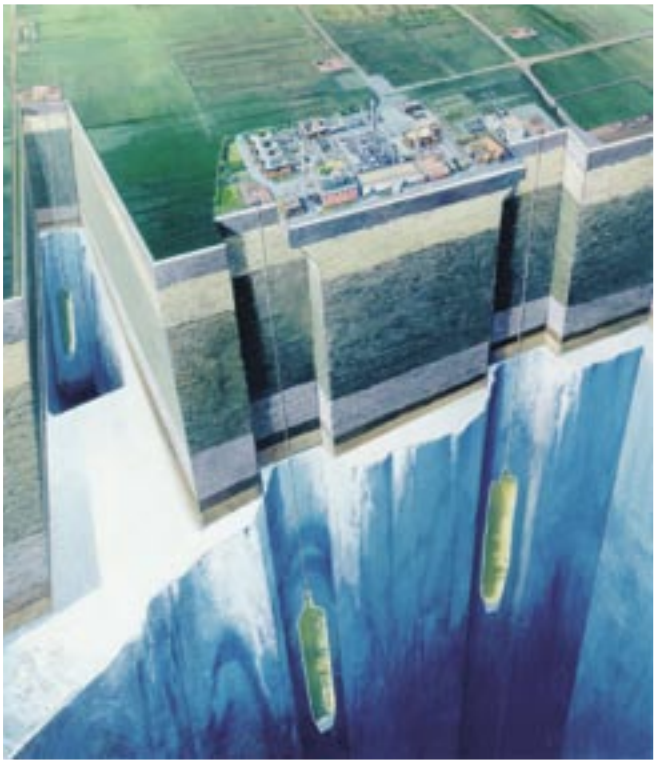


Abb. 4: Salzkavernen [Quelle: KBB]

mit wird ein Speicher mit der Kapazität für mehrere zehn Millionen Nm³ gesucht.

ERZEUGUNG VON SALZKAVERNEN Solche Speicher sind aus der Erdgaswirtschaft bekannt. Es handelt sich um Untertagespeicher in verschiedenen Ausprägungen. Es werden geologische Formationen wie Aquifere oder ausgeförderte Lagerstätten genutzt oder künstliche Hohlräume in Salzformationen erschaffen. Diese letztgenannten Salzkavernen werden durch gezieltes Auslösen von Salz mit Hilfe von Wasser erzeugt. Dafür sind nach Abarbeitung aller planerischen, geologischen und genehmigungstechnischen Vorarbeiten folgende Schritte notwendig:

1. Abteufen einer Bohrung in den Salzstock
2. Installation der Verrohrungen
3. Einleiten von Frischwasser in den Salzstock, soltechnisches Erstellen des Kavernenhohlraums und Ableiten der entstehenden Sole
4. Installation der Bohrlochkomplettierung für den Gasbetrieb
5. Erstbefüllung des Speichers

Mit der Festlegung der Kavernenteufe werden die Speicherdrücke (p_{min}, p_{max}) und damit die Druckdifferenz des Speicherspiels festgelegt. Der Maximaldruck p_{max} wird durch die Mächtigkeit der über dem Speicher liegenden Gesteinsschicht (= Teufe) bestimmt, der Minimaldruck p_{min} durch den zur mechanischen Stabilität der Kaverne notwendigen Wert.

Durch geschickte Strömungsführung des Frischwasserzulaufs werden die Kontur und damit auch das unter den gegebenen geologischen Bedingungen erzielbare Volumen bestimmt. Zylindrische Salzkavernen (Abb. 4) haben Durchmesser bis über 50 m und Höhen bis zu 350 m und weisen damit ein Volumen von 700.000 m³ und darüber auf. Bei einer Rohrschuhtiefe von 900 m bewegt sich der Arbeitsdruck zwischen etwa 50 und 160 bar, was einem Speicherspiel von 110 bar entspricht. Demnach sind rund 70 Millionen Nm³ Wasserstoff als Arbeitsgas in einer solchen Kaverne speicherbar.

Die Kosten der Herstellung einer Salzkaverne bewegen sich in einem vertretbaren Rahmen (wie auch die Integration von Salzkavernenspeichern in das Erdgasnetz beweist) und werden vorrangig durch die technischen Installationen und die Energiekosten der Wasser-/Soleförderung dominiert. An küstennahen Standorten wird die Sole problemlos im Meer verbracht. An inländischen Standorten wird sie entweder als Rohstoff für die Industrie genutzt oder in geeigneten geologischen Strukturen verpresst.

EIGNUNG VON KAVERNEN Die Ausmaße eines Salzstocks ermöglichen normalerweise die Anlage einer größeren Anzahl von Salzkavernen. Damit kann die Kapazität den Erfordernissen in einer größeren Bandbreite angepasst werden. In Norddeutschland – und dort schwerpunktmäßig in den windreichen Küstengebieten – befinden sich zahlreiche Salzstöcke, die für die Anlage von Salzkavernen geeignet sind. Diese wurde bislang hauptsächlich für die Speicherung von Erdgas genutzt.

Die Eignung von Salzkavernen für die Speicherung von Wasserstoff ist für mehrere Fälle nachgewiesen. Neben der ehemaligen Speicherung von Stadtgas mit hohem Wasserstoffanteil in Frankreich und Deutschland werden von Sabic Petrochemicals in Teesside (UK) und ConocoPhilipps und Praxair in Texas (USA) Wasserstoffkavernen erfolgreich betrieben. In allen Fällen dienen sie zur Anpassung von Wasserstofferzeugung und -abnahme.

Die Frage nach der Dichtheit von Wasserstoffspeichern im geologischen Untergrund lässt sich mit der Dicke der „Wandung“ anschaulich verdeutlichen: durch 900 m dickes Salzgestein extrem geringer Permeabilität treten Leckagen auch unter ungünstigen Bedingungen höchstens in der Größenordnung von < 0,02 % pro Jahr auf. Besonderes Augenmerk bezüglich technischer Dichtheit ist dabei auf den Übergang von der Salzkaverne auf die Zugangsbohrung zu legen.

Die Speicherung von Wasserstoff in Salzkavernen erscheint somit als gangbarer Weg, zumal der Flächenverbrauch der Speicheranlage über Tage verschwindend gering ist. Für die Untertagespeicherung gibt es die oben genannten Vorbilder. Seitens der Elektrolyse liegen die bislang weltweit größten realisierten Anlagen in der in Abbildung 3 implizierten Größenordnung. Die technischen Randbedingungen für eine Wind-Wasserstoff-Speicherkette sind damit realisierbar.

ANWENDUNGSSZENARIEN Für die Nutzung des in der Windstromeinspeisedämpfung erzeugten Wasserstoffs gibt es insgesamt vier Varianten (in Abb. 5 grau unterlegte Kästen):

Variante (*) betrachtet die Verstromung in einem zentralen Kraftwerk. Dabei ist es technisch unerheblich, ob der Wasserstoff in einem konventionellen Gas- oder Kohlekraftwerk beigefeuert (Rückverstromung zur Grund- und Mittellastzeit) oder in einem eigenen Kraftwerk genutzt wird (Rückverstromung zur Spitzenlastzeit). Alternativ kann er auch gemeinsam mit dem erzeugten Sauerstoff zur schnellen Erhöhung der Dampfreserve konventioneller Kraftwerke und so indirekt zur Regelenergiebereitstellung genutzt werden. Die bei der Einspeisedämpfung erzeugte Wasserstoffmenge reicht aus, um 1.000 h lang 100 MW elektrischer Leistung bereitzustellen. Dieser Ansatz der zentralen Verstromung beinhaltet als Randbe-

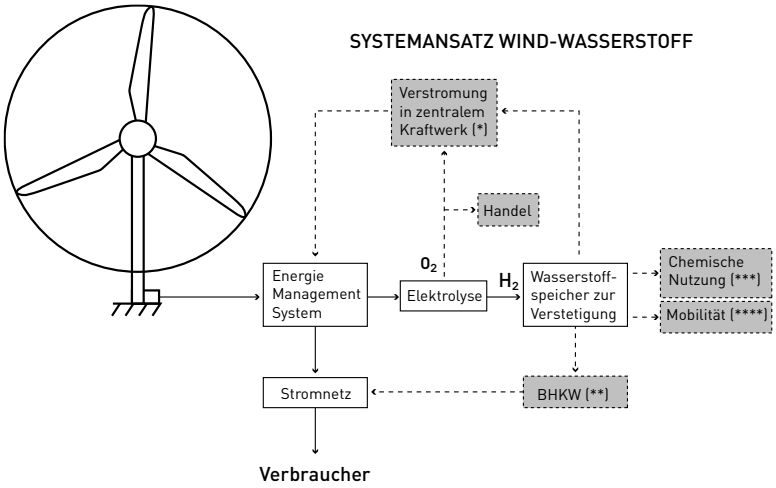


Abb. 5: Systemansatz Wind-Wasserstoff zur Einspeisedämpfung

dingung einen minimierten Kapitalaufwand, da vorhandene Kraftwerke genutzt werden und der konventionelle Brennstoff substituiert wird.

Variante (**) beinhaltet ebenfalls eine Rückverstromung, allerdings dezentral in Blockheizkraftwerken (BHKW). Die Größe der BHKW ist dabei durch die Möglichkeiten der Distribution vorgegeben. Denkbar sind zwei Szenarien: 1. Wenige Anlagen in der Größenordnung 1 bis 10 MW (Industrie oder Siedlungen) und 2. Kleinteilige Nutzung im Ein-/Mehrfamilienhaus in der Größenordnung 1 bis 100 kW. Für das erste Szenario wird der Wasserstoff über eine Pipeline oder per Container transportiert, im zweiten Szenario wird die Nutzung vorhandener Infrastruktur notwendig (z. B. lokale Gasnetze in Siedlungsgebieten), die von einer Zwischenstation (Hub) gespeist wird. Der Hub wird, wie im ersten Szenario, per Pipeline oder Container versorgt. Diese BHKW-Variante betont eine optimierte Energienutzung.

Variante (***) zeigt die Möglichkeit auf, den bei der Dämpfung erzeugten Wasserstoff in chemischen Prozessen zu nutzen. Hier ist besonders der Einsatz in BtL-Prozessen (Biomass-to-Liquid) zu erwähnen, bei dem die Ausbeute durch externe Wasserstoffzugabe deutlich erhöht werden kann.

Variante (****) trägt der Forderung Rechnung, nennenswerte Stückzahlen an Nahverkehrsbussen und Pkw mit „grünem" Wasserstoff zu versorgen. Rein rechnerisch lassen sich mit der erzeugten Wasserstoffmenge 1.146 Busse 300 Tage im Jahr 280 km/Tag betreiben. Überschlägig heißt das für den Personenverkehr, dass 10.000 Autos jährlich 20.000 km fahren könnten. Dabei ist zu beachten, dass der Wasserstoff rein aus der Kappung der Stromspitzen von OWP stammt und noch nicht dezidiert zur Treibstoffgenerierung hergestellt wurde (über 90 % der vom OWP erzeugten elektrischen Arbeit gehen dabei direkt ins Stromnetz).

Welche Variante(n) tatsächlich umgesetzt wird/werden, wird entscheidend von wirtschaftlichen Gesichtspunkten abhängen. Auf jeden Fall kommt die Wind-Wasserstoff-Kette mit der Möglichkeit, große Volumina unter Tage zu speichern, ihrer Realisierung ein Stück näher. ||

Autoren:

Dr.-Ing. Roland Hamelmann
FH Lübeck / KWB, Lübeck
→ hamelmann@fh-luebeck.de

Fritz Crotogino
KBB Underground Technologies GmbH, Hannover
→ fritzrcrotogino@t-online.de

- **Wasserstoff**
- **Infrastruktur**
- **Brennstoffzellen**

Der DWV ist die deutsche Interessenvertretung für Wasserstoff und Brennstoffzellen in Wissenschaft, Wirtschaft und Politik

Kontakt: www.dwv-info.de / (0700) 49376-835

DWV
Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband

Deutschland 2008: das Nationale Innovationsprogramm nimmt Form an ...
Europa 2008: die Joint Technology Initiative nimmt Form an ...
20./21. Februar 2008: 4. deutscher Wasserstoffkongress in Essen

Thema: Projekt | **Autor:** Patrick Schnell

FÜNF JAHRE MOBIL MIT WASSERSTOFF

Eine Bilanz der Clean Energy Partnership

„Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile" – der bekannte Ausspruch findet sich bei Wikipedia als eine populäre Umschreibung des Stichworts Synergie. Der dort vorangestellten Definition zufolge ist Synergie: das Zusammenwirken von Lebewesen, Stoffen oder Kräften im Sinne von „sich gegenseitig fördern". Ein anderes Wort dafür ist: Partnerschaft. Die Clean Energy Partnership (CEP) ist eine solche Partnerschaft, denn sie geht weiter, als jeder einzelne Partner für sich gehen kann. Ihr Ziel ist die Systemfähigkeit von Wasserstoff im Bereich der Mobilität: Automobilhersteller, Energie- und Mineralölkonzerne und Infrastrukturspezialisten entwickeln und erproben gemeinsam das Zusammenwirken einer vollständigen Wasserstoffinfrastruktur aus Fahrzeugen, Tankstellen und Wasserstoffproduktion. Seit ihrer Gründung im Jahr 2003 betreibt die CEP erfolgreich eines der größten Wasserstoffdemonstrationsprojekte weltweit – und es wurde bereits einiges erreicht.

Die CEP erprobt drei unterschiedliche Bereitstellungspfade für Wasserstoff sowie zwei unterschiedliche Antriebsvarianten. Die insgesamt elf Partner betreiben zwei öffentlich zugängliche Wasserstofftankstellen – mit eigener H_2-Produktion vor Ort –, eine Flotte von derzeit 17 Wasserstoff-Pkw und eine eigene Autowerkstatt in Berlin. Zusätzlich nutzen derzeit sechs Busse des europäischen Projekts HyFLEET: CUTE die Infrastruktur der CEP. Damit ist dieses Demonstrationsprojekt international eines der bedeutendsten Vorhaben zur Erprobung von Wasserstoff als Kraftstoff im Straßenverkehr und europaweit das größte Projekt zur Demonstration der Technologie im Verkehrsalltag.

Ab 2008 geht die CEP im Rahmen des „Nationalen Entwicklungsplans zum Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie" in die zweite Phase. Mit Shell steht ein zwölfter Partner bereits fest. Zeit für einen kurzen Rückblick.

GEGRÜNDET AUS DER VERKEHRSWIRTSCHAFTLICHEN ENERGIESTRATEGIE Die Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie (VES) ist eine Initiative der Automobilunternehmen BMW, Daimler, General Motors Europe (Opel), MAN und Volkswagen sowie der Energieunternehmen Aral, BP, RWE, Shell und Total, die von der Bundesregierung federführend durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) unterstützt wird. Die VES hat sich zum Ziel gesetzt, eine Strategie zur mittelfristigen, flächendeckenden Markteinführung eines alternativen Kraftstoffes für den Verkehr zu erarbeiten und umzusetzen. Nach eingehender Prüfung fokussierte sie im Juni 2001 ihr Interesse im Wesentlichen auf Wasserstoff als „langfristig sinnvollste Alternative". Zugleich wurde das Ziel formuliert, dass „in Berlin die Clean Energy Partnership mit Unterstützung durch die Bundesregierung auf den Weg gebracht werden" soll.

DEMONSTRATIONSPROJEKT IN BERLIN Mit der Unterzeichnung eines Memorandum of Understanding im Mai 2002 fiel dann der Startschuss, und im Oktober 2003 wurde die CEP mit dem Konsortialvertrag aus der Taufe gehoben. Die zunächst neun Partner nahmen zügig die gemeinsame Arbeit auf. Bereits im November 2004 konnte mit Eröffnung der Aral-Tankstelle am Berliner Messedamm das bedeutendste H_2-Demonstrationsprojekt Europas gestartet werden. Zum ersten Mal wurde dort die Wasserstofftechnologie auf einem öffentlich zugänglichen Tankfeld realisiert. Zwei Zapfsäulen versehen dort seither zuverlässig ihren Dienst: Die eine liefert gasförmigen, auf 350 bar verdichteten Wasserstoff (CGH_2), die andere tiefkalten, flüssigen Wasserstoff (LH_2). Die zwei unterschiedlichen Angebotsformen richten sich an die unterschiedlichen Fahrzeuge. Der flüssige Wasserstoff am Messedamm entstammt dem Verflüssigungswerk der Firma Linde, der gasförmige wird vor Ort emissionsfrei im Elektrolyseur von StatoilHydro bedarfabhängig hergestellt.

Für die Wartung und Pflege der Fahrzeuge wurde am Messedamm eine Servicewerkstatt eingerichtet, die den speziellen Anforderungen der H_2-Pkw entspricht. Von Anfang an war am Messedamm zudem ein Besucherzentrum eingerichtet, das als Anlaufstelle für zahlreiche Besuchergruppen Informationen zur Wasserstofftechnologie und rund um das Berliner Demonstrationsprojekt bereithält.

H_2-Bus der BVG vor dem neuen Berliner Hauptbahnhof

EIN NEUER PARTNER, EIN NEUER STANDORT UND NEUE TECHNOLOGIEN Im April 2005 trat Total als weiterer Infrastrukturpartner dem Projekt bei. Ein knappes Jahr darauf eröffnete das Mineralölunternehmen an der Heerstraße in Berlin Spandau die zweite öffentlich zugängliche Wasserstofftankstelle der CEP. An der neu errichteten Total-Station wird flüssiger und gasförmiger Wasserstoff für Pkw und – das ist neu – für die Busse der Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) bereitgestellt. Schon kurz darauf tankten hier die ersten Busse des europäischen HyFLEET:CUTE Projekts und nahmen im Rahmen der Green-Goal-Initiative der FIFA den Betrieb im Shuttle-Service während der Fußball-WM 2006 auf.

Im Unterschied zur Tankstelle am Messedamm wurde für diese Station ein anderes Betreibermodell definiert und erprobt. Während auf der Aral-Station jeder der Infrastrukturpartner (Linde, StatoilHydro und BP) eigene Anlagenkomponenten unterhält, gibt es in Spandau nur einen Ansprechpartner für alle Anlagenteile. Außerdem wird in Spandau der gasförmige Wasserstoff nicht durch Elektrolyse aus Leitungswasser hergestellt, sondern durch Verdampfen von flüssigem Wasserstoff (LH_2) gewonnen und zudem lokal durch thermische Spaltung aus LPG (Propangas) produziert. Dies geschieht in einem Dampfreformer von Linde. Weitere technische Unterschiede betreffen den Umgang mit Abdampfverlusten (Boil-off), die bei Lagerung von flüssigem Wasserstoff zwangsläufig entstehen. Am Messedamm wurden technische Lösungen erprobt, den Boil-off wieder zu verflüssigen und in den Tankkreislauf zurückzubringen, ohne jedoch naturgemäß eine vollständige Rückführung erreichen zu können. In Spandau wird hingegen der abdampfende Wasserstoff in stationären Brennstoffzellen zu Strom und Wärme umgewandelt und so nahezu vollständig für die Energie- und Wärmeversorgung der Tankstelle verwendet. Solch ein intelligentes Boil-off-Management ist eine wirtschaftliche Variante zur effektiven Vermeidung von Boil-off-Verlusten.

FAHRZEUGE UND EIN WEITERER PARTNER Eine Besonderheit der CEP ist der Fahrzeugbetrieb in Kundenhand. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Fahrzeuge auch ohne Expertenwissen zu fahren – und zu betanken – sind und den harten Ansprüchen des täglichen Gebrauchs genügen. Dabei kommen verschiedene Antriebs- und Fahrzeugkonzepte zum Einsatz. So ist BMW mit Fahrzeugen der 7er-Reihe beteiligt, die über einen bivalenten Verbrennungsmotor verfügen. Diese Technologie ermöglicht es, LH_2 oder auch konventionellen Kraftstoff zu nutzen. Mit dem Daimler F-Cell, dem Ford Focus Brennstoffzelle Hybrid und dem HydroGen3 von GM/Opel sind zudem seriennahe BZ-Fahrzeuge im Einsatz. Sie nutzen den Wasserstoff effizient zur Erzeugung von elektrischem Strom, der dann wiederum einen leistungsstarken, dynamischen und geräuscharmen Elektromotor antreibt. Seit dem Beitritt von Volkswagen im Juli 2006 ergänzt ein Touran HyMotion aus dem VW Technologiezentrum Isenbüttel die Flotte (BZ-Antrieb, GH_2). Insgesamt haben die Fahrzeuge mittlerweile über 374.000 Kilometer zurückgelegt und rund 3.000 Betankungen erlebt. Sie fahren bei der Berliner Stadtreinigung, der BVG, der Fahrbereitschaft des Bundesverkehrsministeriums, für den Präsidenten der Freien Universität Berlin, die Deutsche Telekom, die Fahrbereitschaft des Kanzleramts, Hermes, Ikea sowie Vattenfall Europe.

LEUCHTTURMPROJEKT FÜR DAS NATIONALE INNOVATIONSPROGRAMM Die Fortsetzung der CEP wird in zwei Phasen mit unterschiedlichen Schwerpunkten erfolgen. Die zweite Projektphase konzentriert sich von 2008 bis 2010 auf die Technologievalidierung unter Alltagsbedingungen und die Weiterentwicklung der relevanten Technologien bis zur Markt- und Serienreife. Konkret für Berlin geplant sind die Aufstockung der Pkw- und Busflotten, die Inbetriebnahme einer öffentlichen H_2-Tankstelle durch Shell Anfang 2009 sowie der Bau einer Bustankstelle durch Total und die BVG. Die Tankstellen werden auf dem neuesten Stand der Technologie errichtet und verfügen über neue LH_2-Tankkupplungen und die für die zukünftigen, mit 700-bar-Tankssystemen ausgerüsteten Fahrzeuggenerationen notwendigen Kompressoren, Tankkupplungen und Pkw-Zapfsäulen-Schnittstellen.

Die dritte Phase steht von 2011 bis 2016 ganz im Zeichen der Marktvorbereitung. Insbesondere die H_2-Bereitstellung wird kein lokales oder regionales Thema bleiben. Die Fragen einer nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft werden nur überregional, national und international zu beantworten sein. In diesem Zusammenhang ist kurzfristig auch eine Ausweitung der CEP – zunächst auf den Standort Hamburg – vorgesehen. Künftig soll die CEP zudem im Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) platziert werden. Sie wird als Leuchtturmprojekt mit internationaler Ausstrahlung dazu beitragen, Wasserstoff als „Kraftstoff der Zukunft“ zu etablieren. ||

ZUR CLEAN ENERGY PARTNERSHIP GEHÖREN:

Aral/BP, BMW, Berliner Verkehrsbetriebe, Daimler, Ford, GM/Opel, Linde, StatoilHydro, Total, Vattenfall Europe und Volkswagen.

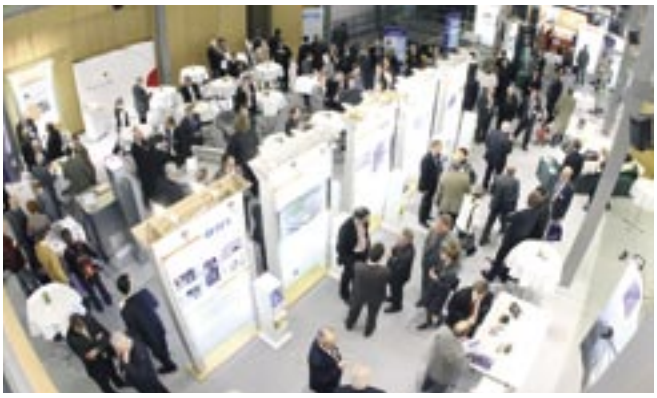
Autor:

Patrick Schnell
Total Deutschland GmbH, Berlin
Sprecher des Steuerkreises der CEP
→ info@cep-berlin.de

Thema: Politik | **Autor:** Sven Geitmann

(K)EIN THEMA FÜR SPEZIALISTEN

Parlamentarier zu Gast in der NRW-Landesvertretung



Die Teilnehmerliste war deutlich länger als im Jahr zuvor. Entsprechend voll waren dann auch die Räumlichkeiten der Landesvertretung von Nordrhein-Westfalen in Berlin, in die der Deutsche Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband e. V. (DWV) gemeinsam mit fünf anderen Institutionen zum parlamentarischen Abend eingeladen hatte. Mehr als 300 Parlamentarier, Wissenschaftler und Wirtschaftsvertreter waren am 28. November 2007 erschienen, um sich über die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnik auszutauschen.

„Dies ist kein Thema für Spezialisten, sondern könnte der Kern der Zukunft werden." Mit diesen Worten begrüßte Christa Thoben, Ministerin für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, ihre Gäste und verwies gleichzeitig auf die vielfältigen Erfolge, die das Bundesland bereits an der Brennstoffzellenfront vorweisen kann. Tatsächlich ist NRW mit seinem großen Netzwerk, dem mittlerweile über 330 Mitglieder angehören, national und auch international führend, wenn man sich die Anzahl der Projekte und die Menge der investierten Fördermittel anschaut.

Staatssekretär Ulrich Kasparick

Dieses vorbildliche Engagement soll nun von föderaler Ebene auf die Bundesebene ausgeweitet werden. Dieser Meinung ist auch Ulrich Kasparick, Staatssekretär im Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, der in seiner Rede in Aussicht stellte, dass „die Volkswirtschaft, die am schnellsten in der Lage ist, bezahlbare Produkte auf den Markt zu bringen, zukünftig weltweit eine Führungsrolle einnehmen wird." Er gab aber – anders als seine Vorrednerin – zu bedenken: „Es ist immer noch ein Thema für Spezialisten."

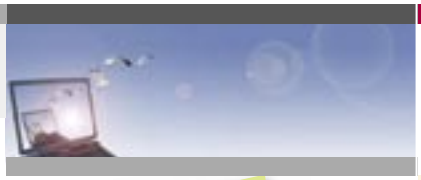
Zahlreiche weitere positive Signale kamen von den verschiedenen anwesenden Projektvertretern. Klaus Scheuerer, Sprecher der Verkehrswirtschaftlichen Energie-Strategie, fasste die VES-Ergebnisse so zusammen, dass für die Zukunft „kein ultimativer Brückenkraftstoff vorhanden" sei, Wasserstoff aber die besten Voraussetzungen mit sich bringe. Weiterhin sagte er: „Wasserstoff könnte zu 50 bis 91 Prozent den Kraftstoffbedarf im Jahr 2020 decken." Auch Joachim Wolf, stellvertretender Vorsitzender des DWV, verwies auf die jahrzehntelange positive Entwicklungsgeschichte von Wasserstoff: „Heute gibt es bereits ein Wachstum von sieben bis zehn Prozent pro Jahr." Er gab aber gleichzeitig zu bedenken, dass „derzeit Wasserstoff zu über 95 Prozent aus fossilen Energieträgern – zu über 70 Prozent aus Erdgas – erzeugt wird."

Und natürlich kam immer wieder auch die Sprache auf die Clean Energy Partnership (CEP), über deren Zwischenergebnisse ausführlicher auf den Seiten 20 und 21 dieser HZwei-Ausgabe informiert wird. ||

EINLADUNG

Sowohl Ministerin Christa Thoben als auch Frank-Michael Baumann von der EnergieAgentur.NRW warben in ihren Reden offensiv für die 18. Weltwasserstoffkonferenz, die im Mai 2010 in ihrem Bundesland, und zwar in Essen, abgehalten wird. Der alle zwei Jahre stattfindende und am 20. Februar 2008 beginnende zweitägige H2Congress gilt dafür als Generalprobe. Alle Anwesenden wurden ausdrücklich zu dem internationalen Kongress übernächstes Jahr eingeladen und zudem aufgefordert, diese Einladung auch weiterzutragen.

Wissen auf den Punkt gebracht: cognitas.



cognitas.
Wissen auf den Punkt gebracht

Wird bei Ihnen die Technische Dokumentation auch „so nebenbei" von Ihren Ingenieuren erstellt? Übergeben Sie die Aufgabe an die

Spezialisten für Brennstoffzellen-Dokumentation!

Lassen Sie Ihre Entwicklungsingenieure innovative Produkte entwickeln und wir erstellen die Technische Dokumentation dazu.

cognitas bietet Ihnen alle Leistungen rund um die Technische Dokumentation: Beratung, Analyse, Konzeption, Dokumentationserstellung, Übersetzung, Projektmanagement und Logistik.

Lesen Sie unsere Projektberichte: www. cognitas.de

Sparen Sie so bis zu 30% mit dem richtigen

Information Management

Jetzt ist der richtige Zeitpunkt - Rufen Sie uns an oder schicken Sie uns eine E-Mail.

Wir freuen uns auf Sie!

cognitas.
Gesellschaft für
Technik-Dokumentation mbH
Alte Landstraße 6
85521 Ottobrunn

Telefon: +49 (0) 89 / 61001-105
Telefax: +49 (0) 89 / 61001-101
E-Mail: claus.noack@cognitas.de

www.cognitas.de

Sie finden uns auch in:
Paderborn, Stuttgart und Salzburg

Thema: Schiffe | **Autor:** Sven Geitmann

BRENNSTOFFZELLEN AUF HOHER SEE

Auf Bodensee, Alster und Ozeanen

[Quelle: Vik-Sandvik AS]

Auf dem Wasser ist derzeit viel los, zumindest was die Planung angeht: Tognum möchte mit dem HotModule auf hohe See gehen, und zebotec will mit der Cobalt 233 ZET in den Bodensee stechen. Als projektübergreifende Institution, die hier und da koordinierend wirkt, buhlt zudem die MHFCA um Aufmerksamkeit.

HZwei berichtete bereits im Juli-Heft über umfangreiche maritime Brennstoffzellenaktivitäten der HTWG Konstanz sowie der Hochschule Esslingen auf dem Bodensee. Neben deren Versuchsträgern ist dort auch die zebotec GmbH unterwegs, und dies nicht erst seit gestern. Das 2002 gegründete Unternehmen befuhr den Bodensee bereits 2005 und ist auch maßgeblich an der Solgenia, dem Forschungsboot der Hochschule Konstanz, beteiligt.

Im September 2007 verkündete das Unternehmen nun gemeinsam mit der Brunnert-Grimm AG ihr neustes Vorhaben, ein emissionsfreies Wassergefährt vertreiben zu wollen. Ein erstes handelsübliches Sportboot (COBALT 233 mit 50 kW) wurde bereits mit Elektromotor, Brennstoffzellen und drei Wasserstofftanks (350 bar) ausgerüstet. Zusätzlich erhielt es Batterien, die die Maximalleistung abdecken sollen. Das Boot erreicht damit eine Geschwindigkeit von gut 40 km/h (= Gleitfahrt) und kann wie ein „normales“ Sportboot bedient werden. Franz Reichenbach, Geschäftsführer von zebotec, erklärte gegenüber der Redaktion: „Wir sind momentan im Zertifizierungsverfahren.“ Einen ersten Blick auf den Demonstrator konnte man bereits während der Interboot 2007 in Friedrichshafen werfen. Bis zum Sommer 2008 möchte Reichenbach die Technik „aus der Bastelecke“ rausgeholt haben. Dann soll eine erste Kleinserie mit einer Handvoll Booten gebaut werden.

Einige Leistungsklassen darüber ordnen sich die Schiffe ein, bei denen Tognum seine HotModule einsetzen möchte (s. Bild). Im Rahmen des Forschungsprojektes FellowShip soll zunächst umweltfreundlicher Bordstrom für das Versorgungsschiff Viking Energy bereitgestellt werden und zwar mit Hilfe der Hochtemperatur-Brennstoffzelle. Dafür hat CFC Solutions Ende November den offiziellen Auftrag erhalten, wie deren Muttergesellschaft Tognum mitteilte.

Bei der Viking Energy handelt es sich um ein mit flüssigem Erdgas (LNG) betriebenes Schiff, auf dem bis Ende 2008 versuchsweise ein HotModule installiert werden soll, um zunächst die generelle Eignung zu überprüfen. Dafür werden die bereitstehenden 320 kW mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 47 % ins schiffseigene Bordstrom- und Energieversorgungsnetz eingespeist.

Nicht ganz so groß, aber dafür schon auf großer Fahrt war eine Brennstoffzelle von Voller Energy. Im Segelboot schipperte sie bereits über den Atlantik. An Bord einer Beneteau 411 Segelyacht unternahm ein Aggregat die große Tour von Ende November bis Mitte Dezember 2007 im Rahmen der ARC Rallye von Gran Canaria nach Rodney Bay, St. Lucia, Kleine Antillen.

Als nächstes maritimes Großprojekt steht im Sommer 2008 die Taufe eines wasserstoffbetriebenen Alsterdampfers, des Zemships, an. Die feierliche Kiellegung dieses für 100 Passagiere ausgelegten ersten Brennstoffzellen-Fahrgastschiffes hat bereits am 4. Dezember in Hamburg stattgefunden.

Als Ansprechpartner für Interessenten derartiger Projekte existiert seit etwa einem Jahr der Verein *Marine Hydrogen and Fuel Cell Association e.V. (MHFCA)*. Sein vorrangiges Ziel ist die Schaffung einer Plattform, um die Zusammenarbeit im maritimen Sektor zu verbessern. Zu den ersten Vollmitgliedern zählen beispielsweise der Gemanische Lloyd (Hamburg) sowie Air Products (Hattingen).

MARINE HYDROGEN AND FUEL CELL ASSOCIATION

Für das kommende Jahr plant der Initiator Christian Machens eine Vielzahl von Aktionen wie zum Beispiel die Schaffung einer Übersicht mit bereits realisierten und geplanten H_2-Projekten auf oder im Wasser. Der Verein hat seinen Sitz in Leipzig und ist international tätig. ||

→ *www.mhfca.org*

Thema: Weiterbildung | **Autor:** Thorsten Füner

PATENTINFORMATIONEN ZUR H_2-TECHNIK

Wasserstoff im Fokus von Patentrecherchen

Die derzeitige Klimaschutzdebatte sowie die knapper werdenden fossilen Brennstoffe lassen das Interesse an dem Energieträger Wasserstoff immer mehr zunehmen. So stieg in den letzten Jahren infolge vermehrter Entwicklungsaktivitäten die Zahl der Patentanmeldungen in allen Bereichen der Wasserstofftechnik. Neben der Fachliteratur gibt vor allem die Patentliteratur ein präzises Abbild dieser Entwicklungsarbeiten wieder.

PATENTRECHERCHEN Wie bereits in der vorigen HZwei-Ausgabe (Oktober 2007) gezeigt, erschließen sich die F&E-Ergebnisse in der Brennstoffzellentechnik auf einfache und übersichtliche Weise aus der Patentliteratur. Ähnliches gilt für die H_2-Technik. Auch in diesem Fachgebiet wird der wesentliche technische Fortschritt in den Patentämtern dokumentiert. Gegenüber der Fachliteratur liegt der Vorteil der Patentliteratur in einem systematischen Aufbau und einer besonders leichten Recherchierbarkeit. Kostenlose Online-Angebote wie der Dienst DEPATISnet des Deutschen Patent- und Markenamtes (DPMA [1]) oder der Dienst esp@cenet des Europäischen Patentamtes (EPA [2]) ermöglichen einfache Eigenrecherchen. Für umfangreiche Nachforschungen bieten sich kommerzielle Datenbanken an, z. B. INPADOC und ENERGY (STN International [3]).

Recherchen werden in der H_2-Technik allerdings dadurch erschwert, dass dieses Fachgebiet ein besonders weites Feld umfasst: von der Brenngaserzeugung über die Reformierung, Reinigung, Verflüssigung und Speicherung bis hin zu verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten. Die zugehörige Patentliteratur erstreckt sich somit über mehrere eigenständige technische Gebiete. Insbesondere bei den H_2-Anwendungen gibt es – gemessen an der Zahl der Patentveröffentlichungen – vielfältige Aktivitäten. Dazu tragen vor allem die Wasserstoffantriebe sowie die Wasserstofffahrzeuge bei. Weitere Schwerpunkte liegen bei der H_2-Speicherung und der Brenngaserzeugung.

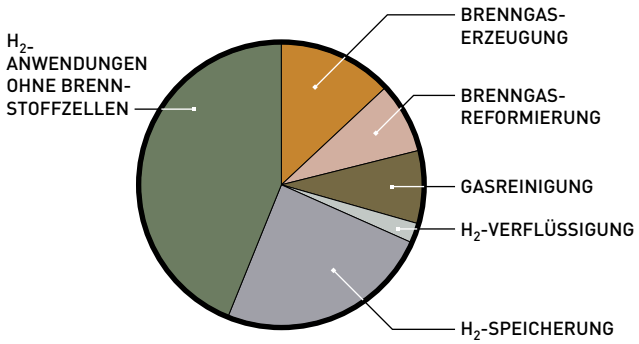


Abb. 1: Patentveröffentlichungen zur H_2-Technik [Quelle: INPADOC / ib füner]

PATENTKLASSIFIKATION Diese Heterogenität der H_2-Technik erschwert den direkten Zugang zur relevanten Patentliteratur. Ein unverzichtbarer Schlüssel zur Recherche ist

BRENNGASERZEUGUNG	
Klasse C01: Anorganische Chemie	
C01B3/00	Gewinnung von H_2; Gasgemische, die H_2 enthalten
Klasse C10: Mineralöl-, Gas- oder Koksindustrie; Kohlenmonoxid enthaltende technische Gase; Brennstoffe	
C10B	Zersetzende Destillation von kohlenstoffhaltigen Stoffen zur Erzeugung von Gas, Koks etc.
C10G	Spalten [Cracken] von Kohlenwasserstoffölen
C10J	Erzeugung von Generatorgas, Wassergas, Synthesegas aus festem kohlenstoffhaltigem Material oder diese Gase enthaltenden Mischungen
Klasse C25: Elektrolytische oder elektrophoretische Verfahren; Vorrichtungen dafür	
C25B1/02 bis 1/12	Elektrolytische Herstellung von H_2

BRENNGASREFORMIERUNG	
Klasse B01: Physikalische oder chemische Verfahren oder Vorrichtungen allgemein	
B01J	Chemische oder physikalische Verfahren, z.B. Katalyse, Kolloidchemie; entsprechende Vorrichtungen hierfür (z.B. Dampfreformierung, Autotherme Reformierung)
Klasse C10: Mineralöl-, Gas- oder Koksindustrie; Kohlenmonoxid enthaltende technische Gase; Brennstoffe	
C10K3/00	Modifizieren der chemischen Zusammensetzung von brennbaren, Kohlenmonoxid enthaltenden Gasen zur Erzeugung eines verbesserten Brennstoffs, z.B. eines solchen von unterschiedlichem Heizwert, der frei von Kohlenmonoxid sein kann

GASREINIGUNG	
Klasse B01:Physikalische oder chemische Verfahren oder Vorrichtungen allgemein	
B01D53/22	Trennen von Gasen durch Diffusion
B01D53/047	Trennen von Gasen durch Druckwechseladsorption
B01D53/48	Chemische oder biologische Entschwefelung
Klasse C01: Anorganische Chemie	
C01B3/50	Trennung von H_2 oder H_2 enthaltenden Gasen von Gasgemischen, z.B. Reinigung
Klasse C10: Mineralöl-, Gas- oder Koksindustrie; Kohlenmonoxid enthaltende technische Gase; Brennstoffe	
C10K1/00	Reinigen von brennbaren, Kohlenmonoxid enthaltenden Gasen

H_2-VERFLÜSSIGUNG	
Klasse F25: Kälteerzeugung oder Kühlung etc.; Verflüssigen oder Verfestigen von Gasen	
F25J1/02	Verfahren oder Vorrichtungen zum Verflüssigen oder Verfestigen von Gasen oder Gasgemischen mit großem Kältebedarf, z.B. von Helium oder H_2

H_2-SPEICHERUNG	
Klasse F17: Speichern oder Verteilen von Gasen oder Flüssigkeiten	
F17C1	Druckbehälter
F17C3/08	Behälter, die nicht unter Druck stehen, mit Wärmedämmung durch Vakuummäntel
F17C5/00 bis 9/00	Verschiedene Verfahren zum Füllen von Gasen in Behälter bzw. Entnehmen von Gasen aus Behältern
F17C11/00	Verwendung von Gaslösungs- oder Gasabsorbiermitteln in Behältern

H_2-ANWENDUNGEN	
Klasse B60: Fahrzeuge allgemein	
B60K1/04	Anordnung oder Einbau von elektrischen Speichermitteln zum Antrieb
B60K15/07	Befestigung oder konstruktiver Aufbau von Gasbehältern
B60L11/18	Elektrischer Antrieb unter Verwendung von Energie, die von Primärzellen, Sekundärzellen oder Brennstoffzellen geliefert wird
Klasse F02: Brennkraftmaschinen	
F02B43/00	Brennkraftmaschinen für gasförmige Brennstoffe
F02M21/00	Vorrichtungen zur Zuführung von nichtflüssigen Brennstoffen bei Brennkraftmaschinen
Klasse F24: Heizung; Herde; Lüftung	
F24D	Haus- oder Raumheizungssysteme
F24H	Erhitzer für flüssige oder gasförmige Stoffe
Klasse H01: Grundlegende elektrische Bauteile	
H01M 8/00	Brennstoffzellen; Herstellung derselben

deshalb die Einordnung der H_2-Technik gemäß der *Internationalen Patentklassifikation* (IPC [4]). Dieses schon in Teil 1 vorgestellte hierarchische Klassifikationssystem dient der technischen Einordnung aller Patentdokumente. Für die energietechnischen Aspekte der H_2-Technik sind im Wesentlichen folgende IPC-Bereiche von Interesse (s. Tabellen).

RECHERCHEBEISPIEL Wie hat sich denn nun die Zahl der Patentanmeldungen beispielsweise auf dem Gebiet der H_2-Kryospeicherung in den letzten 20 Jahren entwickelt? Mit Hilfe des Informationssystems esp@cenet [2] ist die Antwort schnell gefunden. Zunächst wird in der so genannten *Erweiterten Suche* der weltweite Datenbestand (*Worldwide*) ausgewählt. Im Feld *Internationale Patentklassifikation* wird aus der oben stehenden Tabelle zur H_2-Speicherung der passende IPC-Schlüssel für die Kryospeicherung übernommen, und zwar ohne Leerzeichen, also *F17C3/08*. Der nächste Eintrag erfolgt im Feld *Schlagwörter im Titel oder in der Zusammenfassung*. Hier wird die Suche durch den englischen Begriff *hydrogen* auf die Speicherung von Wasserstoff eingeschränkt. Zuletzt werden noch im Feld *Veröffentlichungsdatum* mit Leerzeichen getrennt die Jahreszahlen des benötigten Zeitraums eingegeben. Bei derart eng gefassten Anfragen empfiehlt es sich mehrere Jahrgänge zusammenzufassen, um die statistische Aussagekraft zu erhöhen. Hier sollten jeweils Zeiträume von vier Jahren betrachtet werden. Es werden also nacheinander fünf Zeiträume eingegeben beginnend mit *1988 1989 1990 1991* (s. Abb. 2).

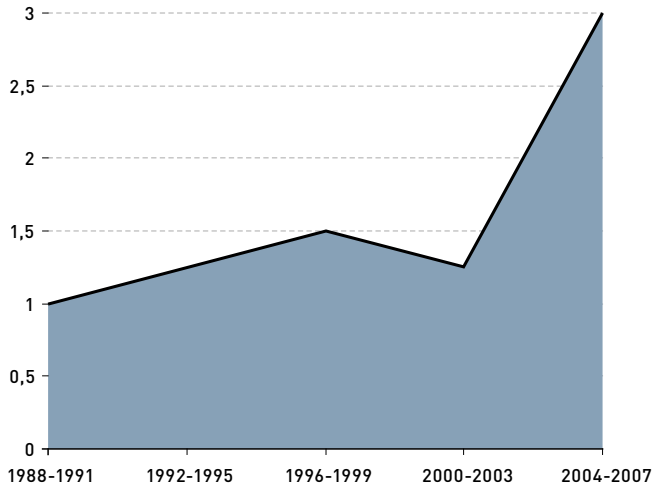


Abb. 2: Anmeldungen pro Jahr in der H_2-Kryospeicherung [Quelle: INPADOC / ib füner]

Nach Auftragen der Ergebnisse fällt auf, dass vor dem Jahr 2000 nur etwa 1 bis 1,5 Anmeldungen pro Jahr zustande kamen. Die Zahl der Anmeldungen war bis dahin leicht ansteigend, fiel aber schon um das Jahr 2000 wieder auf nur noch 1 Anmeldung pro Jahr zurück. Dagegen ist in den letzten vier Jahren die Zahl der jährlichen Anmeldungen deutlich gestiegen. Sie konnte sich verdreifachen. Diese Entwicklung lässt sich nicht nur in der H_2-Kryospeicherung beobachten, sondern auch in den anderen Bereichen der H_2-Technik – ein deutliches Zeichen für das zunehmende Engagement. ||

→ *www.ib-fuener.de*

*Fortsetzung → Weitere Patentinformationen für den Bereich **Brennstoffzellen** sind im 1. Teil dieser Kurz-Serie im Oktober-Heft 2007 der HZwei nachzulesen.*

Literatur:

- *[1] Patentinformationssystem des DPMA, www.depatisnet.de*
- *[2] Patentinformationssystem des Europ. Patentamts, ep.espacenet.com*
- *[3] FIZ Karlsruhe und STN International, www.stn-international.de*
- *[4] Elektronische Version der IPC, www.depatisnet.dpma.de/ipc*

Autor:

Dipl.-Ing. Thorsten Füner
Ingenieurbüro für Enegieeffizienz, Karlsruhe
→ info@ib-fuener.de

PREMIERE VON VW TIGUAN HYMOTION

9. Michelin Challenge Bibendum in Shanghai

VW Tiguan HyMotion [Quelle: Volkswagen AG]

Die Wettfahrt der Ökoautos, der zum neunten Mal abgehaltene Michelin Challenge Bibendum, hat vom 14. bis 17. November 2007 beim Shanghai Automotive Exhibition Center stattgefunden. Über 80 Fahrzeuge und mehr als 3000 Teilnehmer waren zu der weltweit wichtigsten Veranstaltung zum Thema nachhaltige Mobilität erschienen. Zahlreiche unterschiedliche Fahrzeuge mit neuesten Technologien wurden bei der Veranstaltung unter Alltagsbedingungen in einer Vielzahl verschiedener Kategorien getestet und bewertet.

Wie sehr das öffentliche Interesse an den zur Schau gestellten Techniken innerhalb der letzten Jahre gestiegen ist, bewies schon allein die Anwesenheit der rund 450 Journalisten aus aller Welt.

Bemerkenswert war in diesem Jahr die relativ große Zahl der wasserstoffbetriebenen Fahrzeuge, die bei der Bewertung niedriger CO_2-Emissionen alle die Bestnote A bekamen. Am besten unter den Brennstoffzellenautos schnitt der Hyundai Tucson FCEV (Prototyp von 2006) ab, der in allen vier Disziplinen, in denen er angetreten war, ganz vorne landete. Dreimal A und zweimal C erhielt der einzige dort anwesende Pkw, der mit flüssigem Wasserstoff betrieben wurde: der BMW Hydrogen 7. Die Mercedes-Benz A-Klasse F-Cell erhielt drei A-Awards, der F600 Hygenius zwei sowie den Design-Award in der Kategorie Pkw-Prototypen.

Volkswagen nutzte das Branchentreffen, um die Weltpremiere des Geländewagens Tiguan HyMotion zu feiern. Dessen Elektromotor entwickelt eine Maximalleistung von 100 kW, wobei das Brennstoffzellensystem rund 80 kW leistet und von der zusätzlich im Kofferraum unterhalb des doppelten Ladebodens eingebauten Lithium-Ionen-Batterie unterstützt wird. Der neue Prototyp bringt es damit auf eine Höchstgeschwindigkeit von 150 km/h. Zudem wurde erstmals die Null-Emissions-Version des für China vorgesehenen Passat Lingyu vorgestellt, dessen Elektromotor (88 kW) ebenfalls von einer Brennstoffzelle (55 kW) mit Energie versorgt wird und gemeinsam von Volkswagen sowie der renommierten Tongji-Universität entwickelt wurde.

General Motors reklamierte während der Veranstaltung die weltweite Führungsposition bei alternativen Antrieben für sich. Elizabeth A. Lowery, GM Vize-Präsidentin für Umwelt, Energie und Sicherheit, erklärte: „General Motors hat den Anspruch, jedem Autofahrer rund um den Globus die Voraussetzung für eine nachhaltige Mobilität anzubieten." ||

GANZ SAUBER VON OSAKA BIS TOKIO

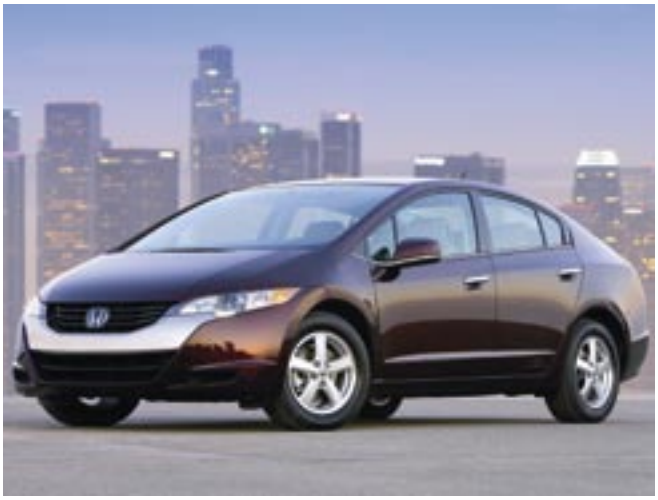
Weltpremieren und Rekorde sind äußerst werbewirksam. Aus diesem Grund versuchen insbesondere die Autokonzerne, sich mit Aufsehen erregenden Höchstleistungen zu profilieren. Das jüngste Beispiel ist eine Rekordfahrt von Toyota mit dem FCHV von Osaka bis Tokio – 560 km mit nur einer Tankfüllung Wasserstoff unter normalen Alltagsbedingungen – Rekord. „Der Wasserstofftank war bei der Ankunft zu unserer Überraschung noch zu 30 Prozent voll. Wir hätten sogar 880 Kilometer geschafft", sagte Chef-Ingenieur Yoshimasa Ishiguro im Gespräch mit dem Technologiemagazin *Technology Review*.

Grundlage der erhöhten Reichweite sind nach Angabe von Toyota deren vier neu entwickelten Hochdruck-Wasserstofftanks, die bei gleichem Volumen (156 l) anstelle von zuvor 350 bar nun für 700 bar ausgelegt sind. Zudem wurde der im Autokonzern entwickelte Brennstoffzellen-Stack runderneuert, und auch die Brennstoffzellen- und Batterie-Steuerung wurde optimiert, so dass der Wirkungsgrad des Antriebsstrangs um 25 % verbessert wurde. Auf diese Weise wären unter den Bedingungen des japanischen Testzyklus Reichweiten von bis zu 750 km zu erzielen, heißt es.

Die Testfahrt mit dem SUV-Fahrzeug startete am Regierungsgebäude der Provinz Osaka und endete beim *Mega Web*, der Erlebniswelt von Toyota am Tokioter Hafen, wobei verschiedene elektrische Verbraucher wie bei einer regulären Fahrt in Betrieb waren. Das Vorgängermodell hatte lediglich eine Reichweite von 330 km.

Noch eine Schippe drauf legte Toyota Motor Sales aus den USA, die ebenfalls mit einem FCHV an der nordamerikanischen Westküste entlangfuhren: 3700 Kilometer in sieben Tagen von Fairbanks, Alaska bis Vancouver, British Columbia. ||

HONDA FCX CLARITY ALS LEASING-AUTO



[Quelle: obs/Honda Motor Europe (North) GmbH]

Der Honda FCX Clarity hat auf der Los Angeles International Auto Show seine Weltpremiere gefeiert. Als erstes Serienauto mit Brennstoffzellenantrieb soll er im Sommer 2008 im Rahmen eines Leasing-Programms in begrenztem Umfang an Endkunden im Süden Kaliforniens vergeben werden. Die Leasing-Rate wird voraussichtlich bei monatlich 600 US-$ mit einer dreijähriger Laufzeit liegen. Um die H_2-Versorgung sicherzustellen, hat Honda im November 2007 die Arbeiten an der vierten Generation der Home Energy Station aufgenommen, mit der im Hausgebrauch aus Erdgas Wasserstoff erzeugt und im Pkw-Einsatz genutzt werden kann.

Der neue FCX Clarity mit einer Leistung von rund 100 kW verfügt über eine maximale Reichweite von 570 km mit 171 l gasförmigem Wasserstoff, wobei die Umgebungstemperatur einen maßgeblichen Einfluss auf die mögliche Fahrstrecke hat. Allerdings fährt es bei hohen Temperaturen nicht etwa besser und weiter, sondern genau entgegengesetzt: Je höher die Außentemperatur, desto weniger gasförmiger Wasserstoff passt in den Tank, wodurch im Normalfall nur 430 km weit gefahren werden kann.

Der Clarity basiert auf der komplett erneuerten Brennstoffzellenplattform von Honda: dem V Flow. Der kompakte und leistungsstarke Brennstoffzellenstapel verfügt über eine verbesserte Reichweite, höhere Leistung, weniger Gewicht und bessere Wirtschaftlichkeit.

Mit dem Namen *Clarity* (= Klarheit) will Honda dem Anspruch Nachdruck verleihen, ein Brennstoffzellenfahrzeug entwickelt zu haben, welches den Herausforderungen der Zukunft mit Klarheit begegnet und zu einer nachhaltigen Mobilität beiträgt. ||

VW-BULLI MIT BZ-ANTRIEB

Der Bulli von Volkswagen hat bei so manchem Autofahrer Kultstatus. Dies betrifft allerdings vornehmlich die alten Versionen, als der VW-Bus noch rundlich war, über ein übergroßes Lenkrad verfügte und wegen des im Heck montierten Motors gerne mal überhitzte. Die nachfolgende eckigere Version hatte demgegenüber schon einen deutlich geringeren Kultstatus. Mal sehen, wie es mit der neusten Generation aussieht, die Volkswagen Mitte November während der Los Angeles Autoshow in Kalifornien präsentierte.

Die neue Microbus-Studie soll eine neue Zeit einläuten, dies wird nicht allein durch den Namen *Space Up Blue* deutlich. Der Fahrzeugentwurf, in dem der kalifornische Gouverneur Schwarzenegger einer der ersten Probesitzer war, stellt den dritten Entwicklungsschritt dieses Buskonzepts dar. Zuerst zeigten die Wolfsburger während der IAA in Frankfurt den *Up*, es folgte der *Space Up* auf der Tokio Motor Show und nun kam der *Space Up Blue* als ökologisch korrekte Variante mit 45 kW starkem Elektromotor.

Mit Energie versorgt wird der Antriebsmotor aus einem Lithium-Ionen-Batteriebündel bestehend aus zwölf Aggregaten, die unter dem Rücksitz installiert sind. Die von VW entwickelte Hochtemperatur-PEM-Brennstoffzelle liefert zusätzlichen Strom, so dass die Reichweite von 100 km auf 350 km ausgedehnt und Maximalgeschwindigkeiten von 120 Stundenkilometern erreicht werden. Als Gimmick gibt es zudem noch ein Solarpanel auf dem Dach, das bis zu 150 W in die Batterien einspeist.

Gegenüber stern.de erklärte Stefan Jacoby, neuer VW-Chef für das US-Geschäft, der Space Up Blue sei „erstmal nur ein Konzeptauto." Weiter heißt es auf dem Internetportal: „Fürs Erste setzen die Wolfsburger, genau wie ihre Kollegen von Audi, BMW und Mercedes, auf Diesel als saubere Alternative zum Ottomotor." ||

DAIMLER KAUFT BALLARDS KFZ-SPARTE ZURÜCK

Die Automobilsparte von Ballard Power Systems gilt schon lange als Spielball großer Autokonzerne. Ein richtiges Zuhause hat sie nicht. Das jüngste Beispiel ist die Neugründung der Automotive Fuel Cell Cooperation, die aus der Kfz-Abteilung des kanadischen Brennstoffzellenherstellers hervorgegangen ist. Ihre neue Heimat liegt zu 50,1 % bei der Daimler AG.

Nachdem sich die ehemalige DaimlerChrysler AG zunächst von ihrem zwischenzeitlichen US-amerikanischen Partner gelöst hatte, entschloss sich die Unternehmensführung, ihr Engagement im Brennstoffzellensektor auszubauen. Belege dafür sind die deutlich erhöhten Forschungsetats. Wie Christian Mohrdieck, Leiter Entwicklung Brennstoffzellenantriebe bei Daimler, während des parlamentarischen Abends des DWV in Berlin kundtat, hat der Haushalt für die Entwicklung von Brennstoffzellen mittlerweile den Etat für die Weiterentwicklung konventioneller Motoren überflügelt.

Christian Mohrdieck

Ein weiteres Beispiel ist die Überführung der Automobilsparte von Ballard in eine neue Gesellschaft. In einer Meldung aus Stuttgart heißt es dazu, mit dieser Neugründung solle die weltweit führende Rolle auf diesem Gebiet gemeinsam mit der Ford Motor Company und Ballard Power Systems weiter ausgebaut werden. „Wir bei Daimler haben die Zukunftsfelder und Schlüsseltechnologien für eine emissionsfreie Mobilität identifiziert und investieren gezielt in den Ausbau von Kompetenzen in diesen Bereichen“, erklärte Thomas Weber, für Konzernforschung verantwortliches Mitglied des Vorstands.

Während der deutsche Autobauer sein Engagement ausbaut, zieht sich Ballard Power Systems zurück, „um sich künftig auf die Vermarktung stationärer Brennstoffzellen-Anwendungen zu konzentrieren.“ Die Kanadier fungieren zukünftig mit einer Beteiligung von 19,9 % als Finanzinvestor. Ford reduziert ebenfalls seine Aktivitäten, behält aber noch 30 %. Gleichzeitig geben Daimler und Ford ihre Anteile an Ballard zurück. Nachdem Daimler 1997 mit 25 % bei Ballard Power Systems eingestiegen war, waren es zuletzt noch 19 %.

Die Anfänge dieser Abteilung gehen zurück auf die dbb fuel cell engines GmbH von 1997, die 1999 in Xcellsis umbenannt und 2001 von Ballard übernommen wurde. 2002 wurde Ballard automotive dann Teil der Ballard Power System AG und 2005 ein 50/50-Joint Venture von DaimlerChrysler und Ford unter dem Namen NuCellSys. Die Leitung der neu gegründeten Gesellschaft mit seinen rund 150 Mitarbeitern übernimmt Andreas Truckenbrodt, der bislang Executive Director im Hybrid Development Center war. ||

MAZDA FÄHRT AUF HyNor AB

Mazda Premacy Hydrogen RE Hybrid [Quelle: Mazda Motor Corp.]

Bei Mazda ist momentan viel los in Sachen Wasserstoff. Zunächst präsentierten die Japaner während der 40. Tokio Motor Show Ende Oktober die neuste Weiterentwicklung im Kreiskolbensegment: Weltpremiere für den Premacy Hydrogen RE Hybrid. Kurz darauf am 7. November verkündete die Mazda Motor Corp., dass sie mit dem norwegischen Wasserstoff-Highway HyNor kooperieren werde. 30 Mazda RX 8 Hydrogen RE Fahrzeuge sollen ab Sommer 2008 auf der skandinavischen H_2-Autobahn erprobt werden.

Der Premacy Hydrogen RE Hybrid entspricht in seiner deutschen Serien-Version dem Mazda5 und verfügt über einen quer eingebauten Kreiskolbenmotor, der wahlweise mit Wasserstoff oder Benzin betrieben werden kann. Die im Motor freigesetzte Energie wird zunächst in Strom umgewandelt und in der Hochleistungsbatterie zwischengespeichert, bevor der Elektromotor mit Energie versorgt wird. Gegenüber seinem Vorgängermodell (längs eingebauter Motor) erzielt der für fünf Personen ausgelegte Van eine um 40 % höhere Leistung. Durch die erstmalig verwendete Kraftstoffdirekteinspritzung sowie das vergrößerte Kammervolumen verbessern sich sowohl die Beschleunigung als auch die Reichweite, die nun bei rund 200 km liegt. Noch in diesem Jahr soll das Fahrzeug über ein Leasing-Programm in Kundenhand gegeben werden.

Als Testareal für die Hybridfahrzeuge soll der Hydrogen Road of Norway (HyNor) dienen. Teil der in Tokio unterzeichneten Kooperation ist auch der Erwerb von 30 RX-8 Hydrogen RE Fahrzeugen durch HyNor, die ab Sommer 2008 zum Einsatz kommen sollen. Seita Kanai, Direktor und Senior Managing Executive Officer für Forschung & Entwicklung bei Mazda, erklärte: „Vielleicht ist Norwegen eines der Länder, die der Realisierung einer Wasserstoff-Energiegesellschaft am nächsten sind.“

Bei HyNor handelt es sich um ein Gemeinschaftsprojekt verschiedener Industriepartner, die Wasserstoff als Kraftstoff in Norwegens Transportsektor fördern und zum Aufbau einer H_2-Wirtschaft beitragen wollen. Geplant ist die Entwicklung einer „realistischen Wasserstoff-Infrastruktur“ in

Norwegen in Form eines 580 km langen Hydrogen-Highways von Oslo nach Stavanger mit zahlreichen H_2-Tankstellen.

KÖLN TESTET WASSERSTOFFBUS

Bus fahren ohne schlechtes Gewissen, dass nachfolgende Radfahrer stinkende Dieselabgase einatmen müssen – in Köln war dies Anfang November möglich, zumindest für kurze Zeit. Organisiert vom Energienetzwerk *HyCologne* fuhr im Stadtverkehr von Hürth fünf Tage lang ein Wasserstoffbus im Alltagsbetrieb – kostenlos. Auf diese Weise wollten die Stadtwerke Hürth und der Regionalverkehr Köln (RVK) den Bürgern die Möglichkeit geben, sich mit der umweltfreundlichen Technik bekannt zu machen und gleichzeitig die Tauglichkeit derartiger Busse auf den entsprechenden Routen zu überprüfen.

Der Bus für den Test wurde in Hürth und Köln von den Berliner Verkehrsbetrieben (BVG) in Zusammenarbeit mit MAN zur Verfügung gestellt. Der für den Betrieb benötigte Wasserstoff kam aus dem Chemiepark Knapsack und wurde an einer Zapfstelle Luxemburger Straße / Ecke Bonnstraße direkt in die Busse vertankt. Dadurch ergeben sich neben den Umweltvorteilen langfristig auch deutliche wirtschaftliche Potentiale, da der Kraftstoff nicht aus dem Ausland importiert werden muss. Gegenüber dem Kölner Stadt-Anzeiger erklärte Peter Wypich, Projektleiter für Wasserstoffbusse beim Nutzfahrzeughersteller MAN: „Wenn Sie mich fragen, von allen Wasserstoff-Anwendungen, die es in der Welt gibt, ist das mit Abstand die wirtschaftlichste."

Der Standort Hürth ist für wasserstofftechnologische Projekte durchaus geeignet, weil der Wasserstoff in großen Mengen in der Chemieindustrie in der Region Köln anfällt. Davon überzeugten sich live vor Ort auch die Hürther Bundestagsabgeordneten Gabi Frechen (SPD) und Willi Zylajew (CDU). Ab 2008 soll die bereits in Ansätzen existierende Wasserstoffinfrastruktur ausgebaut werden. Die Stadtwerke Hürth und Brühl wollen dann gemeinsam mit der RVK bis zu 15 Wasserstoffbusse in Betrieb nehmen. Wypich sagt dazu: „Wenn wir den Auftrag von den Hürthern bis Karneval bekämen, könnten wir die ersten Busse noch 2008 liefern." Bevor dies allerdings Realität werden kann, müssen erst noch entsprechende Fördergelder bewilligt werden.

Ein ähnliches Projekt könnte auch im Westen der Republik entstehen, sagte Ministerin Thoben gegenüber der Westdeutschen Allgemeinen Zeitung (WAZ): „Wir überlegen, ob wir bis 2010 ein Tankstellennetz im Ruhrgebiet hinbekommen." Die ersten Stationen könnten zunächst in Essen aufgebaut werden. ||

NEUE REFORMERTECHNIK

Die Exxon Mobil Corporation, QuestAir Technologies, Plug Power Inc. und die Ben-Gurion-Universität haben am 15. November den Start ihrer neuen Partnerschaft verkündet, in dessen Rahmen ein neuartiges H_2-Produktionssystem in Hubwagenanwendungen kommerzialisiert werden soll. Inhalt dieses Vorhabens ist die gezielte Vermarktung über Plug Power der von ExxonMobil, QuestAir und der Hochschule entwickelten Reformertechnik, bei der Benzin, Diesel, Ethanol oder Biodiesel als Energieträger fungieren können.

„Durch die Entwicklung eines Systems, dass direkt am Fahrzeug flüssigen Kohlenwasserstoff in Wasserstoff umwandelt, ohne dass eine Lagerung notwendig ist, hoffen wir, bedeutende Infrastruktur-, Logistik- und Kostenvorteile im Vergleich zu anderen Wasserstoffsystemen für Fahrzeuge aufzeigen zu können und dabei gleichzeitig Auswirkungen auf die Umwelt zu verringern", sagte Emil Jacobs, Vize-Präsident für Forschung und Entwicklung bei ExxonMobil.

Weiter erklärte er: „Es ist noch ein langer Weg, bis diese Technologie serienmäßig bei Passagierfahrzeugen eingesetzt werden kann, doch sie hat sowohl das Potential, bis zu 80 % weniger Kraftstoff zu verbrauchen als derzeit eingesetzte innen liegende Verbrennungsmotortechnologien als auch den CO_2-Ausstoß um bis zu 45 % zu reduzieren. Der Einsatz dieser Technologie bei so praktischen und kommerziellen Zwecken wie Hubwagenanwendungen ist ein wichtiger früher Schritt dahin, die möglichen Vorteile dieser Technologie zu zeigen, die sie langfristig bieten kann."

ExxonMobil steuert zu dem Projekt einen modernen Umwandler bei, während QuestAir Technologies eine Wasserstofftrennung zur Verfügung stellt, die auf der Rapid Cycle Pressure Swing Adsorption-Technik basiert. Der Schwefelgehalt wird von einem S-Trap kontrolliert, der in Zusammenarbeit mit der Ben-Gurion-Universität entwickelt wurde. Plug Power zeichnet sich zukünftig für die Integration des neuen Kraftstoffsystems in sein GenDrive® Brennstoffzellen-Energiesystem für Hubfahrzeuganwendungen verantwortlich. Vom Gesamtsystem versprechen sich die Beteiligten höchste Effizienz, eine kurze Anlaufzeit und eine Verringerung des CO_2-Ausstoßes gegenüber derzeit verwendeten Fahrzeugen. ||

NOW IN GRÜNDUNG

Die Gründung der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie GmbH (NOW) hätte ein schönes Weihnachtsgeschenk werden können, aber dafür hat es dann doch nicht ganz gereicht.

Klaus Bonhoff

Während des parlamentarischen Abends in der nordrhein-westfälischen Landesvertretung in Berlin (s. S. 22) hatte Ulrich Kasparick, Staatssekretär im Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, der versammelten Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Community Mut gemacht. Für die am nächsten Tag folgende Ausschusssitzung hatte er in Aussicht gestellt, dass die Chancen zur erfolgreichen Gesellschaftsgründung recht groß seien: „Wir sind ganz gut vorangekommen. […] Inhaltlich bin ich zuversichtlich, dass wir zeitnah starten können."

Ganz so schnell, wie es einige Anwesende gerne gehabt hätten, ging es dann aber nicht. Zunächst standen im Dezember noch haushaltspolitische Beratungen des Bundesparlaments an. Mitte Januar, also nach Redaktionsschluss, sollte endgültig über die Freigabe der Mittel entschieden werden, so dass die eigentliche Gesellschaftsgründung wohl erst Ende Januar oder im Februar 2008 erfolgen wird. Dr. Klaus Bonhoff, designierter Geschäftsführer der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, zeigte sich gegenüber der Redaktion zuversichtlich: „Anfang des Jahres 2008 wird die NOW GmbH ihre Arbeit aufnehmen." ||

→ *Weiteres zu Inhalten und Zielen der NOW folgt im April-Heft der HZwei.*

HotModule VOM NETZ

Der Volllastbetrieb ist schon seit geraumer Zeit nicht mehr möglich, so hieß es zuletzt. Deshalb musste Mitte November 2007 das mit Biogas betriebene Brennstoffzellenkraftwerk in der Vergärungsanlage Leonberg vom Netz genommen werden. Die Abschaltung der Anlage wurde vom Landratsamt mitgeteilt, nachdem der Hersteller CFC Solutions nach Absprache mit dem Betreiber, Biogas-Brennstoffzellen GmbH, sowie RWE diese empfohlen hatten. Bis kurz vor Redaktionsschluss war die Pannenursache noch unklar.

Am 27. Juni 2007 hatte der Mutterkonzern Tognum noch in einer offiziellen Pressemeldung verkündet, das System „erzeugt Strom und Wärme und nutzt dazu Biogas, das beim Vergären biologischer Abfälle (aus der braunen Tonne) entsteht." Dann sei es jedoch zu Temperaturverschiebungen gekommen, teilte CFC mit. Auf Anfrage der Leonberger Kreiszeitung hatte Wolf Eisenmann, der erste Werksleiter des Abfallwirtschaftsbetriebes des Landkreises, erklärt: „In diesem Sommer hat die Leistung sachte nachgelassen." Weiterhin stand in der Zeitung zu lesen, noch im Juli 2007 sei man der Meinung gewesen, das Problem lasse sich leicht beheben. Im August habe sich dann abgezeichnet, dass ein Betrieb der Brennstoffzelle unter Volllast nicht mehr möglich ist. Kurz vor Weihnachten teilte CFC dann der HZwei-Redaktion mit, dass „es auf jeden Fall weitergehen wird." Es hieß, es würde gemeinsam mit dem Betreiber ein Konzept für den weiteren Betrieb entwickelt.

Im Oktober 2006 war die Hochtemperatur-Brennstoffzelle feierlich eingeweiht und in Betrieb genommen worden. Sie galt als etwas ganz Besonderes, da sie als einzige Anlage mit Biogas betrieben werden konnte. ||

NEUAUFLAGE DER WASSERSTOFF-CD

Wasserstoff-CD, 2. Auflage, interaktive & multimediale CD-Rom, ISBN 978-3-937863-10-8, Hydrogeit Verlag, Kremmen, Nov. 2007, Preis: 9,90 Euro

Énergies Renouvelables & Carburants Alternatifs – De nouvelles énergies pour l'avenir, von Sven Geitmann, 164 S., 44 Abb., 33 Tab., ISBN 978-3-937863-06-1, Hydrogeit Verlag, Kremmen, Aug. 2007, Preis: 16,90 Euro

Der Hydrogeit Verlag hat sein Angebotsspektrum komplettiert und aktualisiert. Seit Oktober 2007 ist die 2 überarbeitete Auflage der Wasserstoff-CD erhältlich. Nachdem die Erstauflage restlos ausverkauft wurde, ist nun die aktualisierte CD-Rom mit neuen Inhalten zur Hälfte des bisherigen Preises erhältlich (9,90 Euro anstelle von zuvor 19,90 Euro).

Die überarbeitete und erweiterte Wasserstoff-CD bietet zahlreiche zusätzliche Hintergrundinformationen: von zukunftsweisenden Wasserstoffprojekten bis zum Brennstoffzelleneinsatz in Reisemobilen. Unter anderem befinden sich auf der CD-Rom alle bisher erschienenen HZwei-Hefte. Entstanden ist die CD-Rom in Gemeinschaftsarbeit zwischen dem Hydrogeit Verlag und der novalink mediafactory.

Darüber hinaus ist der bereits auf Deutsch sehr erfolgreiche Ratgeber über erneuerbare Energien jetzt auch auf Französisch erhältlich. Énergies Renouvelables & Carburants Alternatifs heißt die übersetzte Fassung, die neben dem deutschen auch den französischen Markt beschreibt. Interessierte Vertriebspartner können sich gerne beim Hydrogeit Verlag melden. ||

BZ-ZWEIRAD

Ein besonderer Hingucker in Tokio war die Konzeptstudie eines wasserstoffbetriebenen Motorrades von Intelligent Energy und Suzuki: die *Crosscage*. Intelligent Energy hatte bereits im vergangenen Jahr mit einer ähnlichen Studie geworben. Mittlerweile ist es dem britischen PEM-Brennstoffzellen-Entwickler gelungen, mit Suzuki einen bedeutenden Partner mit ins Boot zu holen.

Die Crosscage wurde von den Partnern als Durchbruch bei der Entwicklung brennstoffzellenbetriebener Zweiräder gefeiert. Sie verfügt über eine luftgekühlte PEM-Brennstoffzelle. ||

DOPPELTE AUSZEICHNUNG FÜR HyLOG

[Quelle: Eurosolar Austria]

Die Fronius International GmbH hat am 6. Oktober 2007 den österreichischen Solarpreis 2007 erhalten. Im oberösterreichischen Bad Goisern bekam ihr Entwicklungsteam die Auszeichnung für sein HyLOG-Projekt, bei dem der innerbetriebliche Transport am Fronius-Standort Sattledt völlig emissionsfrei auf Basis von Solarwasserstoff sichergestellt wird (HZwei berichtete ausführlich im Oktober-Heft 2007).

„Die Auszeichnung unserer Arbeit mit dem österreichischen Solarpreis bestätigt uns in unseren Bemühungen, saubere Energie jederzeit abrufbar zu machen", sagte Michael Schubert vom Business Development angesichts dieser Prämierung durch Eurosolar Austria.

Außerdem erhielt HyLOG Ende November 2007 den *Energy Globe Award* in der Kategorie Luft. Zusätzlich wählte eine überragende Mehrheit (55,6 %) der im Saal anwesenden Gäste während der Preisverleihung das Fronius-Projekt zum Gesamtsieger für Österreich. ||

SUDOKU

Schwierigkeitsstufe: Mittel

Füllen Sie die leeren Felder so aus, dass in jeder Zeile, in jeder Spalte und in jedem Unterquadrat die Ziffern von 1 bis 9 jeweils nur einmal vorkommen.

—»Auflösung: s. S. 32

2	6			7		3		1
		1						4
4					3		2	
		9	6		1			
5				9				8
			3		4	9		
	1		7					5
8						1		
6		5		2			7	9

© Oliver Knauff

SGL GROUP ist einer der weltweit führenden Hersteller von Produkten aus Kohlenstoff

Komponenten für Brennstoffzellen
Fuel Cell Components der SGL Group fertigt SIGRACET® Gasdiffusionsschichten (GDL) in drei unterschiedlichen Stärken als Standardrollenware bis 450 mm Breite (hydrophobiert, mit Mikrolayer-Beschichtung) für alle bekannten PEM- und DMFC-Brennstoffzellen.

Bei Fragen kontaktieren Sie bitte Herrn Nico Haak.

SGL GROUP
THE CARBON COMPANY
Fuel Cell Components
SGL TECHNOLOGIES GmbH
Werner-von-Siemens-Straße 18
86405 Meitingen
Telefon +49 8271 83-3360
Telefax +49 8271 83-1427
fuelcellcomponents@sglcarbon.de

FC EXPO 2008, 4th International Hydrogen & Fuel Cell Expo,
February 27 - 29, 2008
West Halls, Tokyo Big Sight, Japan
Booth number 3-19

Broad Base.
Best Solutions.

ÖL-PEAK ÜBERSCHRITTEN

Die Ölpreise und gleichzeitig damit auch die Spritpreise sind mittlerweile in zuvor unbekannte Höhen geklettert. Ein Grund dafür dürfte die Tatsache sein, dass der Höhepunkt der weltweiten Ölproduktion immer näher rückt – oder vielleicht inzwischen schon erreicht ist. Die Energy Watch Group geht davon aus, dass der Mid Depletion Point (Der Punkt des größten Ölfördervolumens) bereits im Jahr 2006 überschritten wurde.

Ende Oktober gab die Wissenschaftlergruppe der Ludwig-Bölkow-Stiftung im Londoner Auslandspresse-Club bekannt, dass die weltweiten Ölfördermengen mittlerweile mit einigen Prozentpunkten pro Jahr rückläufig sind. Laut Industriedatenbank HIS (2006) werden die Weltölreserven zwar auf 1.255 Giga-Barrel geschätzt, aber für die Energy Watch Group gibt es stichhaltige Gründe, diese Zahl für einige Regionen und Schlüsselländer nach unten zu korrigieren. Ihrer Schätzung nach belaufen sich die Reserven dann nur noch auf 854 Giga-Barrel. Die Wissenschaftler der Energy Watch Group gründen ihre Analyse hauptsächlich auf Produktionsdaten, die leichter zu verfolgen und auch zuverlässiger sind als ungenaue Angaben über etwaige Reservemengen.

Gestützt werden diese Annahmen unter anderem von König Abdullah von Saudi-Arabien, dem größten Ölproduzenten der Welt, der dazu sagte: „Der Ölboom ist vorbei und wird nicht zurückkehren. Wir müssen uns alle an einen anderen Lebensstil gewöhnen.“ Ganz anderer Meinung ist hingegen die Internationale Energie-Agentur (IEA). Sie bestritt bis vor kurzem, dass eine grundlegende Änderung der Energieversorgung in naher oder weiterer Zukunft wahrscheinlich sei. Hans-Josef Fell, Mitglied des Deutschen Bundestages, stellte dazu fest: „Die Botschaft der IEA, dass auch in Zukunft ‚business as usual‘ möglich sei, schickt ein diffuses Signal an die Märkte und verhindert damit Investitionen in die bereits vorhandenen Technologien der erneuerbaren Energien.“ ||

BERLINER H_2-STAMMTISCH

Nach langer Zeit der Ruhe regt sich jetzt auch im Berlin-Brandenburger-Raum etwas zum Thema Netzwerkbildung. Eine Landesinitiative für Wasserstoff und Brennstoffzellen gibt es zwar nicht, aber H2Gate hat angekündigt, am 25. Februar den ersten H_2- & BZ-Stammtisch in der Bundeshauptstadt ins Leben zu rufen (HZwei berichtete im Jan.-Heft 2007).

Barbara Makowka, Initiatorin des äußerst beliebten Hamburger Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Stammtisches und Gründerin der Internetplattform H2Gate, erklärte gegenüber der Redaktion: „Unser Netzwerk besteht mittlerweile aus über 120 aktiven Teilnehmern.“ Die große Nachfrage ermutigt sie, ab 2008 auch einen H_2/BZ-Stammtisch für Berlin-Brandenburg zu organisieren. Als erster Sponsor sagte bereits Vattenfall Europe seine Beteiligung zu. Unterstützt wird diese Initiative zudem vom Hydrogeit Verlag und der Zeitschrift HZwei. ||

Ort: Barist Restaurant, Hackescher Markt, Berlin
→ www.h2gate.com

Auflösung des Sudoku-Rätsels von S. 31

2	6	8	4	7	5	3	9	1
3	5	1	9	6	2	7	8	4
4	9	7	8	1	3	5	2	6
7	8	9	6	5	1	2	4	3
5	4	3	2	9	7	6	1	8
1	2	6	3	8	4	9	5	7
9	1	2	7	4	6	8	3	5
8	7	4	5	3	9	1	6	2
6	3	5	1	2	8	4	7	9

BESTELL-FORMULAR

[ ] **Hiermit bestelle ich HZwei – das Magazin für Wasserstoff und Brennstoffzellen – und erhalte das Buch *Wasserstoff-Autos* kostenlos dazu…**

Das Abonnement gilt für 1 Jahr und kostet 24 Euro inkl. MwSt. zzgl. 6 Euro Versand.

Name Vorname

Adresse

Straße, PLZ, Ort

Ort, Datum 1. Unterschrift

Diese Bestellung kann innerhalb von 10 Tagen schriftlich beim Verlag widerrufen werden. Zur Fristwahrung genügt die Rückmeldung innerhalb dieser 10 Tage.
Ich habe von meinem Rücktrittsrecht Kenntnis genommen und bestätige dies mit meiner 2. Unterschrift.

Ort, Datum 2. Unterschrift

Die Bestellung ist nur gültig, wenn beide Unterschriften vorhanden sind.

Bitte per Post oder Fax absenden an:
Hydrogeit Verlag, Gartenweg 5, 16727 Oberkrämer,
Fax: 033055-21320 oder im Internet bestellen unter
www.hzwei.info

JOBBÖRSE – GESUCHT:

WISSENSCHAFTLICHE/R MITARBEITER(IN), AB APRIL 2008

Der Forschungsschwerpunkt Technologien der Mikroelektronik entwickelt gemeinsam mit dem **Fraunhoferinstitut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration** (IZM) Mikrobrennstoffzellen und integrierbare Mikrobatterien als zukünftige Energiequelle für portable Elektronikgeräte und autonome Mikrosysteme. Dafür sind folgende Stellen zu besetzen:

1. Entwicklung von Mikroreaktoren zur Wasserstofferzeugung mit chemischen Hydriden

Die Arbeiten umfassen die fluidische und thermische Auslegung, die Konstruktion von Mikroreaktoren, die Katalysatorerprobung und die Ermittlung der Regelparameter.
Anforderungen: Wir suchen motivierte Bewerber mit einem Universitätsabschluss vorzugsweise in Verfahrenstechnik, physikalischer Chemie oder physikalischer Ingenieurwissenschaft, die bereit sind, sich in das Gebiet der Mikrosystemtechnik einzuarbeiten. Kenntnisse zur Mikroreaktionstechnik sind erwünscht.

2. Entwicklung integrierbarer Li-Mikrobatterien mit Gel-Elektrolyten

Es werden Herstellungs- und Verkapselungstechnologien entwickelt, die eine Integration der Batterien auf Wafern und Folien erlauben.
Anforderungen: Wir suchen motivierte Bewerber mit einem Universitätsabschluss vorzugsweise in Mikrosystem- oder Feingerätetechnik, Werkstoffwissenschaft, physikalischer Chemie oder physikalischer Ingenieurwissenschaft, die bereit sind, sich in das Gebiet der Batterietechnologie einzuarbeiten. Interesse an Experimenten im Labor wird erwartet.

3. Mikrobrennstoffzellen

Die Arbeiten umfassen die mechanische Auslegung, Konstruktion und Optimierung der Herstellungstechnologie sehr kleiner Brennstoffzellenstacks auf der Basis von Verbundwerkstoffen.
Anforderungen: Wir suchen motivierte Bewerber mit einem Universitätsabschluss vorzugsweise in Maschinenbau, Fertigungstechnik oder Mikrosystemtechnik, die bereit sind, sich in das Gebiet der Niedrigtemperaturbrennstoffzellen einzuarbeiten. Kenntnisse zur beanspruchungsgerechten Auslegung von Konstruktionen und FEM-Simulation sind erwünscht.

Alle drei Stellen sind befristet auf 3 Jahre. Die Möglichkeit zur Promotion ist gegeben. Selbständiges Arbeiten und gute Kommunikationsfähigkeit sowie sehr gute englische Sprachkenntnisse werden erwartet.

Ansprechpartner:
Fraunhofer IZM, Dr. Robert Hahn,
Gustav-Meyer-Allee 25, 13355 Berlin
hahn@izm.fhg.de,
Tel.: 030-314-72833

EUROMOLD

Weltmesse für Werkzeug- und Formenbau, Design und Produktentwicklung

5. - 8. Dezember 2007

Messegelände
Frankfurt / Main, Germany

"Vom Design über den Prototyp... ...bis zur Serie"

www.euromold.com

Veranstalter: **DEMAT GmbH,**
Postfach 110 611, D-60041 Frankfurt / Main, Germany
Tel.: + 49-(0) 69 - 274 003-0, Fax: + 49-(0) 69 - 274 003-40
E-mail: **euromold@demat.com**

TERMINKALENDER

JANUAR 2008

30.01. European Renewable Energy Policy Workshop
Seminar, Brüssel/Belgien, European Renewable Energy Council, Tel. +32-2-546-1933, Fax -1934, *www.erec-renewables.org*

FEBRUAR

14.-15.02. Alternative Antriebe für Automobile
Seminar, Berlin, Haus der Technik, Tel. 0201-1803-211, Fax -280, *www.hdt-essen.de*

19.-21.02. E-world energy & water
Messe, Essen, E-world energy & water GmbH, Tel. 0201-1022-210, Fax -333, *www.e-world-2007.com*

20.-21.02. Deutscher Wasserstoff Congress
Kongress, Essen, ee energy engineers GmbH, Tel. 0209-16728-00, Fax -22, *www.h2congress.de*

25.02. H_2- und BZ-Stammtisch Berlin/Brandenburg
Treffen, Berlin, H_2Gate, Tel. 040-8901824-4, Fax -5, *www.h2gate.de*

26.02. Riesaer Brennstoffzellen Workshop
Workshop, Glaubitz, PEM-Brennstoffzellen-Netzwerk Sachsen, Tel. 0351-871-7564, *www.pem-brennstoffzelle-sachsen.de*

26.-28.02. genera 08
Messe, Madrid/Spanien, IFEMA, Tel. +34-91-722-3000, Fax -5788, *www.genera.ifema.es*

27.-29.02. FC Expo
Messe, Tokio/Japan, Reed Exhibitions Japan Ltd., Tel. +81-3-334985-76, Fax -35, *www.fcexpo.jp*

27.-28.02. Energetische Gebäude-Sanierung
Fachseminar, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

MÄRZ

7.-9.03. Clean Energy Power
Messe & Konferenz, Stuttgart, Reeco GmbH, Tel. 07121-3016-0, Fax -100, *www.cep-expo.de*

10.-14.03. Polymer Electrolyte Fuel Cell Introduction Course
Kursus, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

11.-12.03. Wasserstoff und Brennstoffzellen im Automobil
Seminar, Essen, Haus der Technik, Tel. 0201-1803-211, Fax -280, *www.hdt-essen.de*

30.03.-1.04. Hydrogen Expo US
Messe, Sacramento CA/USA, Freesen & Partner GmbH, Tel. 02802-948484-0, Fax -3, *www.hydrogenexpo.com*

30.03.-4.04. NHA Hydrogen Conference
Konferenz, Sacramento CA/USA, NHA, Tel. +1-202-22355-47, Fax -37, *www.HydrogenConference.org*

APRIL

03.-04.04. Mini-BHKW
Praxisseminar, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

16.04. BZ- & Wasserstoff-Technologie
Basisseminar, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

21.-25.04. Gemeinschaftsstand „Wasserstoff und Brennstoffzellen“
Messe, Hannover, Tobias Renz Fair-PR, Tel. 089-7201-384-0, Fax -20, *www.fair-pr.de*

21.-25.04. Clean Moves Expo & Konferenz
Ausstellung & Konferenz, Hannover, Halo Energy, Tel. +32-28503671, *www.halo-energy.com*

24.04. Mini-BHKW – Grundlagen, Planung, Betrieb
Praxisseminar, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

25.-27.04. DENEX
Messe, Kassel, Reeco GmbH, Tel. 07121-3016-0, Fax -100, *www.denex.info*

30.4.-2.05. Small Fuel Cells
Konferenz, Atlanta/USA, The Knowledge Foundation, Tel. +1-(617) 232-7400, Fax -9171, *www.knowledgefoundation.com*

MAI

21.-22.05. Fuel Cell
Konferenz & Messe, Long Beach/USA, Fuel Cell Magazine, Tel. +1-720-528-3770, *www.fuelcell-magazine.com*

23.-25.05. EnergyTech
Messe, Hannover, Profair Consult + Project GmbH, Tel. 05121-20626-0, Fax -26, *www.messen-profair.de*

27.-28.05. VDI Wissensforum Brennstoffzelle
Kongress, Braunschweig, VDI, Tel. 0211-62144-48, Fax -30, *www.vdi.de/brennstoffzelle2008*

FIRMEN-EINTRAG

Bitte nehmen Sie uns in das HZwei-Firmenverzeichnis auf. Dieser Auftrag gilt für 4 Ausgaben und kostet 100 Euro zzgl. MwSt. pro Rubrik. *Eintrag bis zu 150 Zeichen:*

Firma

Adresse

Tel., Fax, Internet

Rubrik:
- ☐ Forschung & Entwicklung
- ☐ Hersteller
- ☐ Medien
- ☐ sonstige Dienstleister
- ☐ Veranstalter
- ☐ Vereine & Verbände
- ☐ Weiterbildung
- ☐ Zulieferer
- ☐ eigener Vorschlag

Bitte per Post oder Fax senden an: Hydrogeit Verlag | Gartenweg 5 | 16727 Oberkrämer | Fax: 033055-21320

FIRMENVERZEICHNIS

BRENNSTOFFZELLEN

ElektroChemischeGeneratoren ECG GmbH, Goldenbergstr. 2, 50354 Hürth, Tel. 02233-406185, *kontakt@ecg-online.com, www.ecg-online.com*

h-tec, Lindestr. 48 A, 23558 Lübeck, Tel. 0451-49895-0, Fax -15, *info@h-tec.com, www.h-tec.com*

ELEKTROLYSEURE

Diamond Lite S.A., Rheineckerstr. 12, PF 9, CH - 9425 Thal, Tel. +41-(0)71-880020-0, Fax -1, *diamondlite@diamondlite.com, www.diamondlite.com*

FORSCHUNG & ENTWICKLUNG

DLR Institut für Technische Thermodynamik, Pfaffenwaldring 38-40, 70569 Stuttgart, Tel. 0711-6862-346, Fax -747, *www.dlr.de/tt*

Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE, Heidenhofstr. 2, 79110 Freiburg/Br., Tel. 0761-4588-0, Fax -9000, *www.ise.fhg.de*

GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Max-Planck-Str. 1, 21502 Geesthacht, Tel. 04152-87-0, Fax -1403, *www.gkss.de*

Hiat gGmbH, Hagenower Str. 73, 19061 Schwerin, Tel. 0385- 3993630, *www.hiat.de*, PEM/DMFC-Systeme, Mikroreformer, Wasserstoffzentrum Schwerin

IMM Institut für Mikrotechnik Mainz GmbH, Carl-Zeiss-Str. 18-20, 55129 Mainz, Tel. 06131-9900, *www.imm-mainz.de*, Reformer und Wärmetauscher

Zentrum für BrennstoffzellenTechnik ZBT gGmbH, Carl-Benz-Str. 201, 47057 Duisburg, Tel. 0203-7598-0, Fax -2222, *info@zbt-duisburg.de, www.zbt-duisburg.de*

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Helmholtzstr. 8, 89081 Ulm, Tel. 0731-9530-0, Fax -666, *info@zsw-bw.de, www.zsw-bw.de*

MEDIEN

H2Gate, Rosenhagenstr. 42, 22607 Hamburg, Tel. 040-8901824-4, Fax -5, *www.h2gate.de*

oak Media GmbH, Technologiepark 13, 33100 Paderborn, Tel. 05251-205194, Fax -95, *www.energieportal24.de*

SONSTIGE DIENSTLEISTER

Elektro-Ausbildungszentrum Aalen, Mohlstr. 3, 73431 Aalen, Tel. 07361-9580-0, Fax -290, *eaz@eaz-aalen.de, www.eaz-aalen.de*

VERANSTALTER

14. Gemeinschaftsstand Wasserstoff + Brennstoffzellen, Hannover Messe 2008, 21.-25. April. c/o Tobias Renz FAIR-PR, Tel. 089-7201384-0, Fax -20 *www.fair-pr.com*

E-world energy & water GmbH, Norbertstr. 5, 45131 Essen, Tel. 0201-1022-210, Fax -333, *www.e-world-2008.com, mail@e-world-essen.com*

Hamburg Messe und Congress GmbH, Rentzelstrasse 70, 20357 Hamburg, Tel. 040-3569-0, Fax -2180, *www.hamburg-messe.de*

Hydrogen Expo US, c/o Freesen & Partner GmbH Schwalbennest 7a, 46519 Alpen, *www.hydrogenexpo.com*

Peter Sauber Agentur, Fritz-von-Graevenitz Str. 6, 70839 Gerlingen, Tel. 07156-4362451, *www.f-cell.de*

REECO GmbH, Unter den Linden 15, 72762 Reutlingen, Tel. 07121-3016-0, Fax -110, *www.energie-server.de*

VEREINE & VERBÄNDE

Deutscher Wasserstoff- & Brennstoffzellen-Verband e.V., Unter den Eichen 87, 12205 Berlin, Tel. 0700-49376-835, Fax -329, *www.dwv-info.de*

Fördergesellschaft Erneuerbare Energien, Köpenicker Str. 325, 12555 Berlin, Tel. 030-65762706, *www.fee-ev.de*

HyCologne, Goldenbergstr. 2, 50354 Hürth, Tel. 02233-406130, *www.hycologne.de*

WEITERBILDUNG

Elektro-Ausbildungszentrum Aalen, Mohlstr. 3, 73431 Aalen, Tel. 07361-9580-0, Fax -290, *eaz@eaz-aalen.de, www.eaz-aalen.de*

h-tec, Lindestr. 48A, 23558 Lübeck, Tel. 0451-49895-0, Fax -15, *info@h-tec.com, www.h-tec.com*

Heliocentris, Rudower Chaussee 29, 12489 Berlin, Tel. 030-639263-25, Fax -29, *info@heliocentris.com, www.heliocentris.com*

Weiterbildungszentrum Brennstoffzelle Ulm e.V., Helmholtzstr. 6, 89081 Ulm, Tel. 0731-1 75 89-0, Fax -10, *info@wbzu.de, www.wbzu.de*

ZULIEFERER

IMI Norgren Buschjost GmbH + Co. KG, Detmolder Str. 256, 32545 Bad Oeynhausen, Tel. 05731-791-0, Fax -179, *www.buschjost.de*

GSR Ventiltechnik GmbH & Co. KG, Im Meisenfeld 1, 32602 Vlotho, Tel. 05228- 779-0, Fax -190, *www.ventiltechnik.de*

Praxair Deutschland GmbH & Co. KG, Hans-Böckler-Str. 1, 40476 Düsseldorf, Tel. 0211-2600-0, Fax -123, *www.praxair.de*

Sharp Electronics (Europe) GmbH, Sonninstraße 3, 20097 Hamburg, Tel. 040-2376-0, Fax -2510, *www.sharp.de*

SMA Technologie AG, Hannoversche Str. 1-5, 34266 Niestetal, Tel. 0561-9522-327, *www.sma.de*

Hydrogen Energy

Building Bridges
to the Hydrogen
Energy Economy.

18 WHEC 2010

Hydrogen Energy and Technologies
The 18th World Hydrogen Energy Conference, 16 - 21 May 2010, Essen, Germany
www.whec2010.com

Under the auspices of:
The International Association for Hydrogen Energy (IAHE)

Organized by:
EnergieAgentur.NRW

In cooperation with:
DWV Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband
EHA European Hydrogen Association
wiba Koordinationsstelle der Wasserstoff-Initiative Bayern
ZSW
MESSE ESSEN Place of Events
Forschungszentrum Jülich in der Helmholtz-Gemeinschaft
Kompetenz-Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW.
EUROPÄISCHE UNION Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung