Hydrogeit Verlag / www.hzwei.info / 7. Jahrgang / Oktober 2007 / 7 €

Hzwei

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN

- ENERGIE-MIX DER ZUKUNFT: SONNEN- & WINDENERGIE IN WASSERSTOFF SPEICHERN
- F-CELL IN STUTTGART: DIE ZULIEFERER ENTDECKEN DIE BRENNSTOFFZELLENBRANCHE

PATENTINFORMATIONEN ÜBER BRENNSTOFFZELLEN
Mit Anleitungen zur Eigenrecherche

INHALTSVERZEICHNIS

2 Editorial

3 Impressum

4 Messe
f-cell in Stuttgart
Grove-Symposium in London
IAA in Frankfurt

8 Entwicklung
ZSW macht Wasser in BZ sichtbar
H_2-Verflüssigungsanlagen aus Dresden
Neue LH_2-Verflüssigungsanlage in Leuna

13 Titel
Erfahrungen mit Solar-BZ-Hybrid-Systemen
Neue Energiezelle von Fronius
Hybrid-Kraftwerk in Prenzlau
Windpark auf der FH Lübeck
Riesenbatterie von E.ON UK

21 Weiterbildung
Schülerwettbewerb in Hamburg
Serie: Patentinformationen über Brennstoffzellen

24 Niedersachsen
Brennstoffzellen-Initiative & Forum

25 Sicherheit
Wasserstoff am Boden

26 Autos
GM stellt HydroGen4 vor
Ford rast auf und davon
Daimler fährt mit Erd-Energie
Hyundai feiert Prämiere
Swatch baut nicht nur Uhren

28 Rätsel

29 Meldungen

34 Terminkalender

35 Firmenverzeichnis

4 *Neue Einblicke während der f-cell 2007*

16 *Titel: Wasserstoff speichert Windenergie*

26 *GM-Kleinserie mit 100 HydroGen4-Autos*

IMPRESSUM HZwei

ISSN: 1862-393X
Jahrgang: 7. (2007)

Verlag: Hydrogeit Verlag
Lange Horst 2A
D - 16766 Kremmen

Redaktion & ViSdP: Dipl.-Ing. Sven Geitmann
Tel./Fax: +49 (0)33055 – 21322/20
E-Mail: kontaktt@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_2HYDROGEIT Verlag

Titelbild: Energie-Mix der Zukunft
[Collage: A. Wolter]

WAS HAT DAS ZU BEDEUTEN?

Liebe Leserinnen und Leser!

Ich möchte Sie kurz mal mitnehmen auf einen gedanklichen Ausflug ins Umland der deutschen Bundeshauptstadt. Stellen Sie sich eine kleine, ländlich geprägte Ortschaft knapp außerhalb des Berliner Speckgürtels vor. 17 Jahre nach der Wende hat sich zwar schon so einiges getan, aber die Zeichen der Vergangenheit sind noch deutlich erkennbar. Viele Häuserfassaden in dem Örtchen sind immer noch nicht saniert, die meisten Straßen sind holprig und bestehen aus Kopfsteinpflaster. Die Dorfbewohner sind bunt gemischt: ein Großteil – vornehmlich älteren Semesters – wohnt schon seit Generationen hier, mittlerweile hat es aber auch schon so manche Familie aus der Großstadt sowie aus dem Westteil der Republik hierher verschlagen. Viele Pendler, die zur Arbeit in die 50 Kilometer entfernte Großstadt fahren und gleichzeitig die Ruhe auf dem Land suchen.

Stellen Sie sich bitte nun vor, dass Ihnen in diesem 2.500 Einwohner „starken" Dörfchen plötzlich ein Brennstoffzellenfahrzeug entgegenkommt. Wären Sie da überrascht?

Ich war überrascht! Und zwar nicht zu knapp. Zugegebenermaßen beschäftige ich mich schon seit geraumer Zeit mit Brennstoffzellen und habe auch schon viele dieser Autos gesehen und auch gefahren. Aber solch einem Modell mit der typischen blau-grünen Metallic-Lackierung plötzlich direkt vor der Dorfschule zu begegnen, darauf war ich dann doch nicht gefasst.

In Berlin geschieht einem so etwas heute schon des Öfteren. Es kann durchaus passieren, dass man unversehens feststellt, mit einem wasserstoffbetriebenen Bus unterwegs zu sein, ohne dass man dies beim Einsteigen bemerkt hätte. Oder aber, vor einem an der Tankstelle steht das Monteurfahrzeug eines großen schwedischen Möbelhauses, das mit Brennstoffzellentechnik betrieben wird. Aber mitten im Brandenburger Land, im ganz alltäglichen Leben? Mit solch einem Ereignis hätte ich dann doch nicht vor dem Jahr 2015 gerechnet.

Aber was hat diese Begegnung der besonderen Art zu bedeuten?

Für die meisten Passanten dürfte dieses Auto gar nichts Besonderes an sich haben, außer dem weithin sichtbaren Aufdruck F-Cell. Wer sich allerdings in der Vergangenheit etwas mit der Wasserstoffthematik beschäftigt hat – oder regelmäßig die HZwei liest –, dem dürfte bewusst sein, dass dies ein erstes Zeichen einer lang ersehnten Entwicklung sein könnte. Die Kommerzialisierung von Brennstoffzellenautos liegt zwar immer noch in weiter Ferne, aber aufmerksame Zeitgenossen werden der Feststellung zustimmen, dass Brennstoffzellen schon heute in so manchen Bereichen vorzufinden sind – sei es auf dem Campingplatz (s. S. 32), in der abgelegenen Berghütte (s. S. 13) oder eben in dem kleinen Örtchen bei Berlin.

Professor Tillmetz vom ZSW präsentierte passend dazu während der f-cell in Stuttgart viele Daten (s. S. 4), die die voranschreitende Entwicklung an Hand von schnell wachsenden Umsatzzahlen verschiedener Unternehmen belegen. Zudem verkündeten nach BMW nun auch DaimlerChrysler und General Motors die geplante Produktion von 100 Fahrzeuge umfassenden Kleinserien (s. S. 26). Und auch entwicklungsseitig gibt es viel versprechende Forschritte, sowohl bei der Stackherstellung (s. S. 8) als auch bei der Kryogentechnik (s. S. 10).

Diese Beispiele allein sind sicherlich noch kein Anlass, jetzt schon in Feierlaune zu verfallen. Aber sie geben begründeten Anlass zur Hoffnung, dass sich das lange Warten lohnen könnte.

Also nur nicht die Geduld verlieren. ||

Herzlichst

Sven Geitmann
HZwei Herausgeber

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

GIANT LEAP FOR MANKIND

f-cell: Großes Interesse der Zulieferer

Das f-cell-Symposium 2007 hat auch im siebten Jahr mit einem hochkarätig besetzten Kongress überzeugt und seinen Führungsanspruch in der deutschsprachigen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Branche untermauert. Insgesamt 56 namhafte Referenten präsentierten ihre neusten Erkenntnisse und Entwicklungen und demonstrierten mit individuell ausgearbeiteten Vorträgen, dass die Stuttgarter Konferenz in Fachkreisen große Anerkennung genießt. Dem wachsenden Zuspruch auf der Symposiumsseite stand ein geringfügiger Rückgang auf der Ausstellerseite der Messe gegenüber, wodurch jedoch der Gesamterfolg der Veranstaltung nicht geschmälert wurde.

Die Stimmung an den zwei Kongresstagen (24. bis 25. September 2007) war geprägt von einer gewissen abwartenden Haltung. Großartige Neuigkeiten standen weder im Symposium noch auf der Messe im Vordergrund. Tanja Gönner, die Landes-Umweltministerin, schrieb dazu in einer Pressemeldung: „Die Entwicklung erfolgt zwar in kleinen Schritten. Diese aber zeigen nach vorne." Im Vordergrund standen somit genau diese kleinen, aber wichtigen Schritte bei der Weiterentwicklung von Komponenten und Systemen, die für die anstehende Kommerzialisierung unentbehrlich sind. Unternehmensvertreter und Projektleiter berichteten daher über die Erfahrungen verschiedener Forschungsarbeiten aus allen Anwendungsbereichen zu Themen wie Wasserstoffspeicherung, Experimentalfahrzeuge mit Direktethanolbrennstoffzelle sowie Wasserstoffeisenbahnen in Dänemark. Zusätzlich erzählten John Tak, der Präsident des kanadischen Wasserstoffverbandes H2FCC, von Aktivitäten in Übersee und Akiteru Maruta, Projektmanager bei Technova Inc., vom Planungsstand in Japan.

AUFRUF ZU MEHR TRANSPARENZ Auf besonderes Interesse stieß der Beitrag von Prof. Werner Tillmetz vom Vorstand des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung (ZSW), der detailliert über die derzeit auf dem Markt erhältlichen Brennstoffzellenprodukte referierte. Er legte dar, dass erste Systeme schon seit einigen Jahren verkauft werden und die Stückzahlen steil nach oben zeigen. Die bisher weit verbreitete Skepsis, die Kommerzialisierung würde noch lange auf sich warten lassen, ist daher seiner Meinung nach unangebracht. Gleichzeitig rief er alle Unternehmen zu einer größtmöglichen Transparenz auf, um den weiteren Entwicklungsverlauf mit einem möglichst fundierten Datenbestand besser als bisher darstellen zu können.

Eine Sichtweise aus ganz anderer Perspektive vermittelte Prof. Ernst Messerschmid vom Institut für Raumfahrtsysteme der Universität Stuttgart, der als einer der wenigen deutschen Astronauten die Welt schon mal aus einem anderen Blickwinkel betrachten konnte. Als Mitglied des Innovationsrates von Baden-Württemberg gab Messerschmid, der im Jahr 1985 eine Woche nur vom „Abwasser" einer Brennstoffzelle getrunken hatte, in seiner Auftaktrede zu bedenken: „Wir müssen verstehen, dass es Innovationen immer schwer haben", und fügte hinzu: „Neue innovative Ideen sollen bestehende Techniken ersetzen, mit dem Erfolg, dass die alten immer besser werden." Die rasch voranschreitende Erhöhung der Leistungsdichte von Brennstoffzellen bezeichnete der Physiker und ehemalige Wissenschaftsastronaut mit den Worten seines ehemaligen Kollegen Neil Armstrong: „Giant leap for mankind."

Auf politischer Seite stellte Bernd Reuter vom Energiereferat des Landes-Umweltministeriums fest, dass „Baden-Württemberg die innovationsstärkste Region Europas ist." Als Beweis dieser Innovationskraft benannte Reuter die derzeitige Ent-

wicklung der bw-cell; eine Brennstoffzelle, die mit Komponenten nur aus dem eigenen Bundesland gebaut wird. Als weiteres zukunftsweisendes Projekt kündigte er die Wasserstofftankstelle an, die ein Konsortium (u. a. Shell, Linde, dem Land Baden-Württemberg und OMV) im kommenden Jahr am Stuttgarter Flughafen installieren wird. Die OMV Future Energy Fund GmbH hatte bereits im Dezember 2006 eine entsprechende Ankündigung herausgegeben, die Stuttgarter H_2-Tankstelle als zweite OMV-Station neben dem Grazer HyCenta-Projekt (HZwei berichtete im Juli 2007) unterstützen zu wollen.

Bemerkenswert war die Entwicklung auf Zuliefererseite, wo in letzter Zeit ein deutlich größeres Interesse zu verzeichnen ist. So waren auch auf dieser Messe gleich mehrere Lieferanten unterschiedlichster Komponenten vertreten. Walter Rogg vom Mitveranstalter Wirtschaftsförderung Region Stuttgart zeigte sich darüber hocherfreut und sagte: „Noch nie war das Interesse mittelständischer Zulieferer so groß."

Die HZwei nimmt das gesteigerte Interesse der **Zulieferer** zum Anlass, um diesen Wirtschaftszweig innerhalb der H_2- und BZ-Szene im nächsten Heft (Januar 2008) ausführlich zu beleuchten. Freuen Sie sich auf interessante Beiträge verschiedener Komponentenhersteller.

WASSERSPALTUNG BEI 800 °C Auf der begleitend stattfindenden Messe konnte das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) über einen Hochtemperatur-Elektrolyseur informieren, der bis Mitte des Jahres Inhalt eines Forschungsprogramms war. Die im Vergleich zu anderen Geräten wesentlich höhere Temperatur (800 °C anstelle von 80 °C) soll diesen Elektrolyseur noch effektiver machen: „Je höher die Temperatur, unter der der Vorgang abläuft, desto niedriger ist die benötigte Spannung", hatte der DLR-Projektleiter Günter Schiller bereits im Vorwege erklärt. Statt der bisherigen Spannung von etwa zwei Volt konnte hier das Niveau auf 1,3 bis 1,4 Volt reduziert werden, was eine erhebliche Energieeinsparung zur Folge hat, wenn denn das Problem der Langzeitstabilität in den Griff bekommen wird. Einsatzgebiete könnten dann später Windparks oder Solaranlagen sein (s. auch Titelthema).

Interessantes für all diejenigen, die noch auf Fördergelder aus dem Nationalen Innovationsprogramm (NIP) warten, gab es von der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW). Sowohl Klaus Bonhoff als auch Kai Klinder, die beide seit kurzem für das in Gründung befindliche NOW aktiv sind, äußerten sich während der f-cell zuversichtlich, dass die Gesellschaftsgründung noch in diesem Jahr erfolgen wird. Bonhoff sagte: „Das NIP steht kurz davor, voll lauffähig zu werden." Mit konkreteren Prognosen gaben sich aber beide Verantwortlichen zurückhaltend. Sie bedauerten zwar die Verzögerungen, könnten daran aber leider nichts ändern.

Unter besonderem Zeitdruck standen all die Teilnehmer, die sich neben der f-cell auch beim Grove-Symposium in London angemeldet hatten. So mancher noch am 1. Kongresstag anwesende Gast war daher am 2. Tag schon nicht mehr vor Ort. Dafür kamen am Dienstag viele andere neue Messe- und Kongressteilnehmer, so dass die entstandene Lücke aufgefüllt wurde. Während die Ausstellerzahl von 50 auf 41 abnahm (400 m^2 vermietete Standfläche), konnte sich die Gesamtteilnehmerzahl auf gleichem Niveau behaupten (rund 600 Anwesende).

Die nächste f-cell findet am 29. und 30. September 2008 in Stuttgart statt. ||

→ *www.f-cell.de*

F-CELL AWARD 2007

Die alljährliche Verleihung der f-cell Awards war auch in diesem Jahr einer der Höhepunkte der Veranstaltung. Am 24. September versammelten sich rund 200 Teilnehmer, um der Verleihung des von der DaimlerChrysler AG, dem Umweltministerium Baden-Württemberg und der Wirtschaftsförderung Region Stuttgart ausgeschriebenen Innovationspreises 2007 beizuwohnen.
Den Gold-Award, der mit einem Preisgeld in Höhe von 12.000 Euro verbunden war, erhielt die NuCellSys GmbH. Der Brennstoffzellenhersteller aus Kirchheim unter Teck wurde für die erfolgreiche Durchführung von Gefrierstarts ausgezeichnet, die als Voraussetzung gelten, um BZ-Fahrzeuge marktfähig machen zu können. Den 2. Preis sowie 7.000 Euro Preisgeld gingen an die Truma Gerätetechnik GmbH für ihr BZ-System VeGA, eine mit Flüssiggas betriebene Bordstromversorgung von Freizeitfahrzeugen (HZwei berichtete im April 2007).

Klaus Steinhart bei der Präsentation

Der f-cell Award in Bronze sowie 3.000 Euro wurden ausgehändigt an Klaus Steinhart von der Ulmer Brennstoffzellen-Manufaktur GmbH (UBzM). Gegenstand der Auszeichnung war die so genannte Ulmer Stromschachtel. Dabei handelt es sich um einen handlichen Stromgenerator, der bis zu 1 kW leisten und individuell auf das jeweilige Einsatzgebiet angepasst werden kann. Die Hybridsystem-Plattform, bestehend aus einer Brennstoffzelle nebst integriertem Akkumulator, kann als dezentrale und autarke Stromversorgungseinheit betrieben (s. Abb. 1), kann aber auch gut bei eingeschränkten Raumverhältnissen (z. B. auf Schiffen oder in Sonderfahrzeugen) in bestehende Applikationen integriert werden.

Zwei Sonderpreise gingen zudem an studentische Projekte, eines von der Hochschule Offenburg sowie ein Gemeinschaftsprojekt von der Universität Stuttgart und der Hochschule Esslingen.

Abb. 1: Ulmer Stromschachtel als Einzel-… [Quelle: UBzM]

Abb. 2: …und als Einbaugerät [Quelle: UBzM]

Thema: Messe | **Autor:** Boris Jermer

10. GEBURTSTAG

Grove Fuel Cell Symposium in London

Unweit des House of Parliament versammelten sich vom 24. bis 26. September knapp 400 Experten im Queen Elizabeth II Conference Center, um neueste Erkenntnisse rund ums Thema „Wasserstoff und Brennstoffzellen" auszutauschen. Der Anlass war das nach dem Brennstoffzellenerfinder Sir William Grove benannte *Grove Fuel Cell Symposium*, das in diesem Jahr zehnjähriges Jubiläum feierte. Knapp 100 Aussteller und mehr als 120 Poster vermittelten einen Einblick in den aktuellen Stand der Technologie.

Unter dem Thema „Fuel Cells in a Changing World" standen zahlreiche Fachbeiträge zu verschiedenen Themen auf dem Programm. Eine Tendenz, wo die Entwicklung hingehen wird, scheint indessen auch im Jahr 2007 weder bei den Treibstoffen noch bei den Brennstoffzellen erkennbar zu sein. Die präsentierten Konzepte waren daher sehr unterschiedlicher Natur, und tatsächlich kaufbare Applikationen gab es nur wenige zu sehen. Lediglich BZ-Pionier Voller Energy verkauft seinen 70 Watt leistenden *Automatic Battery Charger* schon im dritten Jahr, auch wenn der Preis (etwa 6.000 €) nicht alle Käuferschichten anspricht.

Ein optisches Highlight wurde von einem britischen Konsortium präsentiert, das sich rund um den Edel-Sportwagen-Hersteller *Morgan Motors* versammelt hatte. Das Konzeptauto *LifeCar* soll mit Hilfe des BZ-Spezialisten QuinetiQ im ersten Quartal 2008 fahrbereit sein und mit zwei 24-kW-PEM-Brennstoffzellen als Elektro-Hybrid-Sportwagen in Kleinserie gehen. Ob es indes ein Wettbewerber zu den Konzepten *Fetish*, *Tesla* oder *Lightning GT* werden kann, bleibt abzuwarten. Auf jeden Fall zeigt sich, dass neben den großen Automobilherstellern auch die kleineren Firmen intensiv über elektrische Antriebe nachdenken und bereits erste Konzepte verwirklichen.

BZ-betriebene Anzeigetafel

Der britische Hersteller *CMR Fuel Cells* stellte eine neuartige Direktmethanol-Brennstoffzelle (DMFC) vor, in der ein Wasser-Luft-Methanol-Gemisch mit einer kleinen Pumpe komplett durch die poröse Zelle gefördert wird. Die nur 0,2 mm dicken Zellen kommen ohne Flowfields aus und können nach Angabe des Herstellers deutlich günstiger und einfacher als konventionelle DMFC gefertigt werden. Sie erlauben darüber hinaus eine deutlich kompaktere Bauweise. Ergänzt wurden Messe und Symposium durch einige „Live Demonstrations" direkt vor dem Kongresshaus, wo ein Micro-Cab, ein Camper-Van, ein BZ-Midibus sowie ein Electric Scooter zu sehen waren.

Insgesamt hatte das Grove Symposium einen sehr wissenschaftlichen Charakter. Viele Ideen zeigen, dass es noch einiger Jahre Forschung und Entwicklung bedarf, bis Brennstoffzellen ihren Markt finden werden. Zeiträume für kaufbare Applikationen und marktreife Produkte werden nach wie vor in die Zukunft verschoben. Ged McLean vom kanadischen Mikrobrennstoffzellen-Hersteller Angstrom Power sagte dazu in seinem Vortrag, dass es noch zahlreicher Verbesserungen in der Technologie geben müsse und dass starke regulatorische Hürden überwunden werden müssen, um das „in-10-Jahren-Paradigma" zu überwinden. Im Ganzen enthielten die Vorträge wenig neue Erkenntnisse. Stattdessen wird vieles (z. B. CUTE-Ergebnisse) seit Jahren durch derartige Konferenzen geschleppt. Für die Zukunft wünschten sich daher viele Delegierte deutliche Impulse in Richtung Markteinführung und Kommerzialisierung. ||

→ *www.grovefuelcell.com*

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

AUTOKONZERNE IM GRÜNEN JÄCKCHEN

Internationale Automobil-Ausstellung in Frankfurt

Abb. 1: Wasserstoffbetankung [Quelle: VDA]

Die Internationale Automobil-Ausstellung (IAA), die vom 13. bis 23. September 2007 in Frankfurt am Main stattfand, hat in mehrfacher Hinsicht für lebhafte Diskussionen gesorgt: Angeregt vom diesjährigen Messemotto *Sehen, was morgen bewegt* präsentierten sich fast alle Autokonzerne in einem grünen Jäckchen und versuchten, sich ein umweltbewusstes Image zu verpassen, was nicht immer gelang. Die Ideen, die tatsächlich zur Energieeinsparung taugen, gab es meist nur am Rande zu sehen.

In den vielen Pressemeldungen, die anlässlich der IAA verschickt wurden, standen Umweltthemen ganz weit vorne. Es wurde viel geschrieben von emissionsarmen Technologien, Hybrid-Fahrzeugen und innovativen Techniken zum Spritsparen. In den Hallen sah das dann ganz anders aus. Dort dominierten doch eher die chromglänzenden und leistungsstarken Autos, bei denen Spritsparargumente sicherlich nicht als Kaufgrund gelten können.

Diese Diskrepanz zwischen Außendarstellung und Realität wurde von verschiedener Seite kritisiert. Der Verkehrsclub Deutschland (VCD) monierte: „Die Umweltambitionen der Hersteller sind offensichtlich sehr unterschiedlich ausgeprägt. Während beispielsweise BMW seine gesamte Messepräsenz auf Effizienz ausgerichtet habe, feiere Audi mit dem RS6 einen neuen Klimakiller, der mit 580 PS einen CO_2-Ausstoß von 333g/km hat.“ Die Umweltorganisation Greenpeace konkretisierte, dass eine Trendwende für mehr Klimaschutz weiterhin nicht in Sicht sei. Wolfgang Lohbeck, Verkehrsexperte von Greenpeace, stellte fest: „Das Motto der Hersteller ist weiterhin: größer, schwerer und stärker. Dabei könnte schon seit vielen Jahren der reale Verbrauch um die Hälfte niedriger sein.“ Auch der Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) sprach von einer *Klima-Show*: „Anstatt vorhandene Spritspartechniken in Großserie einzusetzen, versucht die Branche, sich mit teuren Werbefeldzügen ein ökologisches Image zu geben.“

Abb.2: Kia - eine BZ für 3 Elektromotoren [Quelle: VDA]

Brennstoffzellenfahrzeuge waren in den Messehallen zwar auch zu sehen, aber der extra vom Verband der Automobilindustrie (VDA) ausgewiesene Umweltpfad wies lediglich acht Unternehmen aus, die etwas zu den Themen *Wasserstoff* und *Brennstoffzelle* zu bieten hatten. Eine Weltpremiere zum Thema Wasserstoff konnte Hyundai präsentieren (s. Autos S. 28), während Kia ein Europa-Debüt mit seinem Brennstoffzellenantrieb auf einer SUV-Plattform gab (s. Abb. 2). Zudem zeigte Linde die Abläufe einer Wasserstofffahrzeugbetankung, wobei von Seiten der Messeleitung untersagt wurde, Kraftstoffe jeglicher Natur live vor Ort zu handhaben.

Gleich zwei Besonderheiten gab es am Stand von General Motors zu sehen. Erstens stand dort der HydroGen4, der in Frankfurt erstmalig der Öffentlichkeit vorgestellt wurde (s. Autos S. 26). Und zweitens waren während der Pressetage im Media-Center Brennstoffzelleneinheiten im Einsatz, die für die mobile Energieversorgung der Journalisten sorgte. Smart Fuel Cell (SFC) stellte dort vier Geräte des Typs EFOY 1600 zur Verfügung, die zwei mobile Arbeitsplattformen mit Strom versorgten, damit anwesende Pressevertreter ihre Notebooks aufladen und gleichzeitig arbeiten konnten. GM versuchte damit seine zentrale Botschaft zu unterstreichen, dass saubere Mobilität das Schlüsselthema der Zukunft ist. ||

NEU:
Live Product
Demo Area!

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

Thema: Entwicklung | **Autoren:** Christoph Hartnig, Ingo Manke

DAS UNSICHTBARE SICHTBAR MACHEN

Wassermanagement in Niedertemperatur-Brennstoffzellen

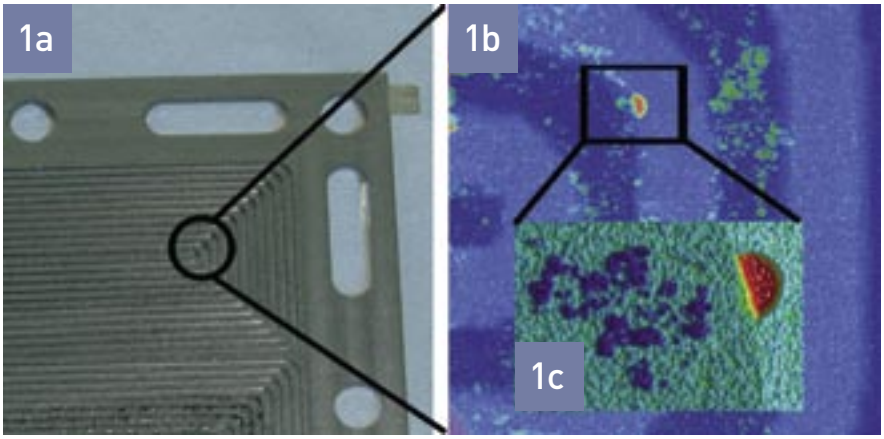


Abb. 1a: Das Flow-Field mit der Gasverteilerstruktur.
Abb. 1b: Synchrotron-Abbildung: Übertritt einer Wasseransammlung aus dem Diffusionsmedium in einen Gaskanal.
Abb. 1c: Quelle und Ziel des Wassertropfens (rot/gelb), der aus den Bereichen stammt, die in blau eingefärbt sind.

Neu angewandte Techniken bieten neue Einblicke in das Innere von Niedertemperatur-Brennstoffzellen (NT-BZ) – und das während des Betriebs. Mittels Neutronen- und Synchrotron-Strahlung ist es den Forschungs-Teams vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) sowie vom Hahn-Meitner Institut Berlin (HMI) erstmals gelungen, detaillierte Bilder von Wasseransammlungen im Inneren von Brennstoffzellen aufzunehmen. War es bisher nicht möglich, die Entstehung von flüssigem Wasser während des Betriebs mit der nötigen Detailschärfe zu beobachten, gelangen den Entwicklern jetzt Aufnahmen in bisher unbekannter Schärfe, so dass nun eine weiter gehende Optimierung der Betriebsabläufe möglich ist.

Das Wassermanagement von Niedertemperatur-Polymer-Elektrolyt-Membran-(PEM)-Brennstoffzellen stellte ein gravierendes Problem im Bereich Forschung und Entwicklung dar. Da bisher kaum bekannt war, wie sich das Wasser im Inneren der Stacks konkret verhält, konnte die Leistungsfähigkeit der Brennstoffzellen nicht optimal ausgenutzt werden. Zudem haben Wasseransammlungen eine beschleunigte Alterung der Komponenten zur Folge; zwei Faktoren, die einer breiten Einführung dieser Technologie derzeit im Wege stehen. Mit Hilfe von innovativen Verfahren, basierend auf Röntgen- und Neutronenstrahlung, ist es nun dem ZSW und dem HMI gelungen, die Entstehung und den Transport von Wasser im Innern von Brennstoffzellen abzubilden. Während Untersuchungen dieser Art bislang auf Modifikationen wie beispielsweise transparente Bauteile oder das Zerlegen der Brennstoffzelle angewiesen waren, kann mit diesen Verfahren bei laufendem Betrieb der Wasserhaushalt im Innern der unveränderten Zelle untersucht werden.

ABBILDUNG KLEINSTER TRÖPFCHEN MIT SYNCHROTRON-STRAHLUNG

Wasserstoff und Sauerstoff, die zwei gasförmigen Ausgangsstoffe, werden in einer Brennstoffzelle mittels einer porösen Schicht der Reaktionsfläche zugeführt. Dieses poröse Medium hat gleichzeitig die Aufgabe, das entstehende Wasser abzutransportieren, um die Reaktionsfläche für die Gase zugänglich zu halten. Flüssiges Wasser in Brennstoffzellen ist hier in vielerlei Hinsicht problematisch: Die Gase können nicht mehr an die aktiven Bereiche gelangen. Als direkte Folge ist ein Leistungseinbruch der Zelle zu verzeichnen.

Für die Optimierung dieser porösen Schicht, des so genannten *Diffusionsmediums*, ist es notwendig, einen sehr detaillierten Einblick in die Transportvorgänge zu erhalten. Mittels Synchrotron-Radiographie ist es den Forschern jetzt gelungen, kleinste Wassertröpfchen sowie deren Transport mit einer räumlichen Auflösung von 3 µm zu visualisieren. Mehrere dieser feinsten Tröpfchen (Picoliter-Größe) werden in einem eruptiven Prozess aus der porösen Schicht herausgedrückt und bilden einen Tropfen am Rand des Kanals (s. Abb. 1).

Mit *Synchrotron-Strahlung* wird hier Röntgenstrahlung bezeichnet, die mittels eines Teilchenbeschleunigers erzeugt wird. Sie besitzt eine hohe Intensität sowie eine besondere Strahlqualität (Brillanz), die die Voraussetzung für diese Messungen bilden.

NEUTRONENRADIOGRAPHIE FÜR DEN WASSERTRANSPORT

Für den Betrieb der Brennstoffzelle ist im nächsten Schritt wichtig zu wissen, wie diese Wassertröpfchen in dem Gaskanal weitertransportiert werden. Gerade in der Entwicklung von Gasverteilerstrukturen, die für eine gleichmäßige Verteilung der Reaktionsgase auf dem Katalysator sorgen sollen, ist es hilfreich zu sehen, wie das flüssige Wasser ausgetragen wird. Zudem müssen Schwachpunkte analysiert werden: jene Stellen, in denen es zu Stauungen oder Flutungen kommt, wo eine optimale Gasversorgung also nicht mehr gewährleistet wird. Die Wissenschaftler führen diese Untersuchungen mittels *Neutronenradiographie* durch. Dabei handelt es sich um ein Verfahren, in dem die Brennstoffzelle mit einem Neutronenstrahl durchleuchtet wird, so dass eine zweidimensionale Abbildung der gesamten aktiven Zellfläche entsteht.

Neutronen weisen im Gegensatz zu Röntgenstrahlen die Eigenschaft auf, Metalle ungehindert passieren zu können, von Wasser jedoch stark abgeschwächt zu werden. Damit werden Bereiche, in denen flüssiges Wasser enthalten ist, in Neutronenradiogrammen deutlich sichtbar. Während mit dem oben beschriebenen Verfahren der Synchrotron-Radiographie zwar eine höhere räumliche Auflösung erreicht wird, können damit nur kleine Bereiche (ca. 1 cm^2) abgebildet werden. Mittels der Neutronenradiographie kann hingegen auf Kosten einer geringeren Auflösung von etwa 50 µm die Wasserverteilung in der gesamten Zelle untersucht werden. Mittels Normierung (Rückrechnung) auf eine wasserfreie Zelle werden Komponenten, die während des Betriebs unverändert

Abb. 2a: Aufbau am Neutronenradiographie-Teststand
Abb. 2b: unkorrigiertes Radiogramm; gut sichtbar sind Gaskanäle sowie Wassertröpfchen in den Kanälen
Abb. 2c: korrigiertes Radiogramm, so dass die reine Wasserverteilung übrig bleibt

bleiben, quasi unsichtbar gemacht und es bleibt als Ergebnis ein Bild der Wasseransammlungen in der Brennstoffzelle übrig. Da auch dieses Verfahren auf die Prozesse während des laufenden Betriebs abgestimmt ist, können Transportvorgänge sehr gut verfolgt und visualisiert werden.

In Abbildung 2 sind die Schritte einer derartigen Untersuchung abgebildet: Die oberste Abbildung A zeigt den Versuchsaufbau mit einer Brennstoffzelle (Größe ca. 16x11 cm^2). In Abbildung B ist ein unkorrigiertes Neutronenradiogramm zu sehen, in dem deutlich die Gasverteilerstruktur sowie darin enthaltene Wassertröpfchen (dunkle Schatten) zu erkennen sind. Die metallischen Endplatten (in Abbildung A als rote Platte erkennbar) erscheinen bei dieser Betrachtung transparent. In Abbildung C ist schließlich ein so genanntes *normalisiertes Radiogramm* abgebildet. Die Komponenten der Brennstoffzelle sind durch Rückrechnung auf eine leere Zelle entfernt worden. Die Wasseransammlungen bleiben als dunkle Stellen zurück. Ausgehend von diesen Einblicken und Erkenntnissen werden die entwickelten Gasverteilerstrukturen angepasst und optimiert.

NEUTRONENTOMOGRAPHIE FÜR 3D-WASSERVERTEILUNG

Die oben beschriebenen radiographischen Methoden ergeben bei ihrer Anwendung eine gemittelte Abbildung der Wasserverteilung in der Zelle. Wassertropfen, die hintereinander in verschiedenen Schichten im Strahl liegen, werden aufsummiert wiedergegeben, eine Auflösung der räumlichen Komponente fehlt hier. Für die meisten Fragestellungen reichen diese Methoden aus, für weiterführende Probleme haben die Forschungsteams allerdings noch zusätzlich ein Verfahren zur quasi-in-situ Untersuchung mittels Neutronentomographie entwickelt. Um eine solche dreidimensionale Information über die Wasserverteilung zu erhalten, wird die Brennstoffzelle gedreht und somit aus mehreren hundert Blickwinkeln mit dem Neutronenstrahl durchleuchtet. Dieses Verfahren ist aus dem medizinischen Bereich bekannt, wo die Strahlenquelle um den Patienten gedreht wird und sich das Objekt, wie im Fall der Brennstoffzelle, nicht dreht. Ein Computerprogramm berechnet anschließend aus den zweidimensionalen Bildern eine dreidimensionale Wasserverteilung.

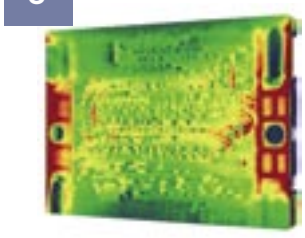


Abb. 3: Neutronentomographie einer Brennstoffzelle

In Abbildung 3 ist ein Schnitt durch ein solches *Tomogramm* einer Brennstoffzelle wiedergegeben. Komponenten mit einem geringen Gehalt an Wasser sind in grün-gelb gehalten. In der Mitte der Zelle ist in rot flüssiges Wasser erkennbar. Die roten Ränder sind durch Dichtungsmaterial verursacht, das aufgrund seiner wasserstoffhaltigen Komponenten den Neutronenstrahl ähnlich stark abschwächt. Somit ist es möglich, auch in größeren Zellen gezielt ausgewählte Bereiche zu untersuchen und Schwachstellen schnell zu identifizieren.

Die Kooperation der beiden Forschungsgruppen aus dem Bereich der Strahlenforschung (HMI) und der Brennstoffzellenentwicklung (ZSW) ermöglichte die Entwicklung dieser neuen Verfahren und der Optimierung vorhandener Technologien, die einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung und Optimierung von Brennstoffzellen leisten werden. Die dazu benötigten Strahlungsquellen sind weltweit nur an wenigen Orten verfügbar, was den besonderen Charakter dieser Methoden unterstreicht. ||

Literatur

- *I. Manke, Ch. Hartnig et al., Appl. Phys. Lett. 90 (2007) 174105*
- *I. Manke, Ch. Hartnig et al., Appl. Phys. Lett. 90 (2007) 184101*
- *A. Turhan, K. Heller, J.S. Brenizer, M.M. Mench, J. Power Sources 160 (2006) 1195*
- *D. Kramer, G.G. Scherer et al., Electrochim. Acta 51 (2006) 2715–2727*

Autoren:

Dr. Christoph Hartnig
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Ulm (ZSW), Ulm
→ christoph.hartnig@zsw-bw.de

Dr. Ingo Manke
Hahn-Meitner Institut Berlin (HMI), Berlin
→ manke@hmi.de

Thema: Entwicklung | **Autoren:** Christoph Haberstroh, David Kirsten

„PERSONAL LIQUEFIER“ FÜR WASSERSTOFF

TU Dresden entwickelt Kleinverflüssiger

Das kryotechnische Labor der TU Dresden nimmt unter den verschiedenen Flüssigwasserstoff-Nutzern eine gewisse Sonderstellung ein: es ist quasi der einzige Selbstversorger für Wasserstoff in tiefkalt-flüssiger Form. Während normalerweise der benötigte Flüssigwasserstoff (LH_2) von einer der wenigen kommerziellen Verflüssigungsanlagen bezogen und mehr oder weniger umständlich zum Verwendungsort transportiert werden muss, wird hier der Wasserstoff mit Hilfe eines selbst entwickelten und gebauten Geräts nach Bedarf vor Ort verflüssigt. Nachdem bereits mehrere Gesprächspartner ihr Interesse am Erwerb eines solchen Kleinverflüssigers bekundet haben, wird nun die Weiterentwicklung zu einem kommerziellen Produkt ins Auge gefasst.

Mit dem wachsenden Interesse an Wasserstoff in tiefkalt-flüssiger Form steigt zwangsläufig der Bedarf an LH_2-Bereitstellung, insbesondere auch abseits bestehender Versorgungsstrukturen. Dies betrifft nicht nur die zunehmende Anzahl von existierenden LH_2-Fahrzeugen, sondern auch den mit der Neuausrichtung verbundenen LH_2-Bedarf bei Fahrzeugherstellern beziehungsweise deren Unterlieferanten, bei Forschungsinstituten oder bei Systementwicklern.

EXISTIERENDE VERFLÜSSIGERANLAGEN Die Zahl der verfügbaren LH_2-Quellen ist dabei erstaunlich klein: in ganz Europa sind lediglich drei Verflüssigungsanlagen in Betrieb:

- bei Air Liquide in Frankreich,
- bei Air Produkts in den Niederlanden und
- bei Linde, Standort Ingolstadt.

Kurz vor Aufnahme des Verflüssigerbetriebs befindet sich eine neue Anlage der Firma Linde in Leuna, welche die ältere Einrichtung in Ingolstadt ablösen soll. Weitere Verflüssiger sind ansonsten nur in den USA und in Asien installiert.

Jeder Tropfen Flüssigwasserstoff, der bei den diversen Nutzern zum Einsatz kommt, stammt letztendlich aus einer dieser wenigen Anlagen. Mit anderen Worten: der eingesetzte Flüssigwasserstoff hat im Allgemeinen bereits lange Transportwege hinter sich, mit allen damit verbundenen Kosten sowie Überfüll- und Verdampfungsverlusten. Das ist insbesondere für Kleinverbraucher lästig, bei denen dann häufig die Verluste gegenüber dem eigentlichen Bedarf überwiegen.

GRUNDKONZEPT Demgegenüber lässt sich gasförmiger Wasserstoff in Druckgasflaschen ohne weiteres an jeden Ort transportieren und dort ohne Verluste lagern. Ebenso ist Flüssighelium (LHe, Siedetemperatur ca. 4 K ≈ -269 °C) mittlerweile vergleichsweise einfach zu haben. Fast jede Universität verfügt über eine eigene Heliumverflüssigungsanlage, ebenso wie viele Forschungsinstitute. Von Gasefirmen wird LHe überdies bei Bestellung praktisch an jeden Ort geliefert.

Die Grundidee besteht nun darin, Wasserstoff gasförmig im Gegenstrom mit tiefkaltem Helium als Kälteträger abzukühlen und zu verflüssigen. Der Prozessverlauf ist schematisch in Abbildung 1 dargestellt. Aus dem Hochdruckreservoir entnommener Wasserstoff wird mit Umgebungstemperatur und rund 25 bar dem Verflüssigerkryostaten zugeführt. Er durchläuft eine Reihe von Wärmeübertragern (HX I bis III), wird dabei sukzessiv auf kryogene Temperaturen gekühlt und schließlich verflüssigt. Zum Einsatz kommen dabei einfach gestaltete Rohr-in-Rohr-Wärmeübertrager. HX II und HX III sind zudem H_2-seitig mit Katalysatormaterial versehen, um die Umwandlung in die so genannte Para-Modifikation zu bewirken (p-H_2 ist bei tiefen Temperaturen stabiler als Ortho-H_2). Es folgt ein Drosselventil zur Druckreduzierung auf etwa ein bar, dann der Austrag mittels thermisch isolierter Heberleitung in den bereitgestellten LH_2-Vorlagedewar (Dewarbehälter: thermisch aufwändig isolierter Tank oder Gefäß nach Art einer Thermoskanne; geeignet zum Lagern und Transportieren von tiefkalt-verflüssigten Gasen).

Das als Kältequelle benötigte LHe wird aus einer leicht druckbeaufschlagten Dewarkanne entnommen und durchläuft die Wärmeübertrager in umgekehrter Reihenfolge. HX III ist dabei als Gleichstrom-Wärmeübertrager geschaltet, um ein Einfrieren des Wasserstoffs zu vermeiden (LH_2-Gefrierpunkt: ca. 14 K). Es folgen die Gegenstrom-Wärmeübertrager HX II und HX I. Anschließend wird das wertvolle Heliumgas möglichst wieder aufgefangen und erneut verflüssigt.

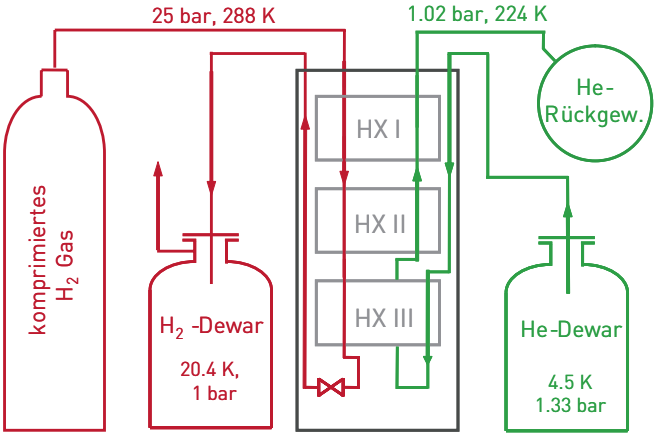


Abb. 1: Verflüssigungsprozess: Blockschaltbild und vereinfachtes Fließbild [Quelle: TU Dresden]

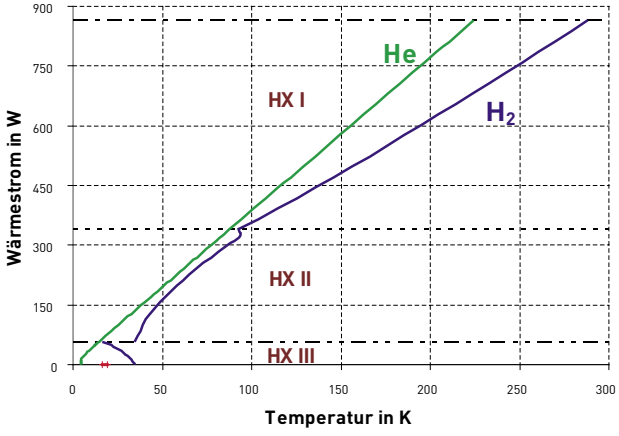


Abb. 2: Verflüssigungsprozess im Q-T-Diagramm [Quelle: TU Dresden]

Abb. 3: Typisches Arrangement mit Verflüssigerkryostat (m.), LHe-Vorratskanne (l.) und LH_2-Speicherdewar (r.); [Quelle: TU Dresden]

PROZESSVERLAUF Abbildung 2 zeigt den Verlauf der Verflüssigung genauer: In diesem so genannten Q-T-Diagramm sind die jeweils übertragenen Wärmemengen über den gesamten Temperaturbereich aufgetragen. Die mit HX I, HX II und HX III gekennzeichneten Bereiche entsprechen den einzelnen Wärmeübertragern aus Abbildung 1. Grün gekennzeichnet ist die Verdampfung des LHe bei 4,5 K und die anschließende kontinuierliche Erwärmung des He-Kaltgases.

Der eintretende Wasserstoff (blaue Linie) wird im Gegenzug so weit gekühlt, dass bei Umgebungsdruck sogar leicht unterkühlte Flüssigkeit vorliegen würde. Der H_2-Arbeitsdruck von rund 25 bar erlaubt dabei eine recht gute Anpassung der jeweiligen Wärmekapazitäten (Annäherung der beiden Kurven). Beim Entspannen ergibt sich – thermodynamisch bedingt – wieder eine leichte Erwärmung um ca. 3 K (rot gekennzeichnet), so dass schließlich im Vorlagedewar ungefähr der Umgebungsdruck und die zugehörige Siedetemperatur erreicht werden.

Die optimale Prozessführung wurde im Rahmen einer Diplomarbeit ermittelt. Wie die damalige Analyse zeigt, liegt die Ausnutzung der im LHe vorhandenen „Kälte“ ziemlich nahe dem theoretischen Maximum, trotz des vergleichsweise einfach gestalteten Prozesses. In der Praxis werden zur Erzeugung von 1 l LH_2 etwa 2 l LHe benötigt. Weiterhin kommt die Verflüssigung mit einer sehr einfachen Regelung aus. Lediglich das Drosselventil muss nach Maßgabe des H_2-Drucks nachgeführt werden. Alle anderen Betriebsparameter bleiben weit gehend konstant.

EINSATZFELDER Günstigerweise kommt der beschriebene, mobile Laborverflüssiger dort zum Einsatz, wo eine entsprechende Heliuminfrastruktur zur Verfügung steht, insbesondere auch das freiwerdende Heliumgas wieder aufgefangen und erneut verflüssigt werden kann. Die reinen Verflüssigungskosten für Helium liegen zum Teil unter einem Euro pro Liter. Sie sind damit meist tragbar. Geht das Heliumgas dagegen verloren, so ist mit einem rund zehnfach höheren Preis zu rechnen. Aus diesem Grund bleibt der sinnvolle Einsatz des beschriebenen Verflüssigers im Wesentlichen auf Forschungszentren und entsprechend ausgerüstete Unternehmen beschränkt.

Ein Ersatz der hier praktizierten LHe-Kühlung – beispielsweise durch einen elektrisch angetriebenen Kühler – stellt mit Sicherheit keine Alternative dar: Es gibt keine Geräte, mit denen die hier vorliegenden Anforderungen bei erträglichem Aufwand auch nur annähernd zu erfüllen wären.

Hinsichtlich seiner Effektivität schneidet der LHe-gekühlte Laborverflüssiger gegenüber kommerziellen Großanlagen bemerkenswerterweise gar nicht so schlecht ab. Die Hauptersparnis liegt jedoch darin, dass taggenau die gerade benötigte LH_2-Menge verflüssigt werden kann. Gerade bei Kleinverbrauchern oder terminlich schwer festzulegenden Einsätzen muss ansonsten oftmals ein Vielfaches der eigentlich benötigten Menge bezogen werden, entsprechend den vorgegebenen Mindestabnahmemengen oder zur Kompensation von Verdampfungsverlusten.

Ein einfacheres Vorläufermodell des hier beschriebenen Kleinverflüssigers hat übrigens seine Feuertaufe bereits im Jahre 2000 bei den olympischen Spielen in Sydney bestanden. Dort wurde LH_2 zur Betankung der Vorausfahrzeuge des Marathon-Läuferfelds benötigt. Auf dem ganzen Kontinent Australien gibt es keine einzige Wasserstoffverflüssigungsanlage.

Für die Zukunft ist geplant, den Laborverflüssiger weiter zu optimieren. Außerdem wird die Lizenzfertigung durch einen kommerziellen Kryoanbieter ins Auge gefasst. Konkrete Anfragen nach solchen Geräten sind bereits zu verzeichnen. Für den reinen Routineeinsatz würde eine deutlich vereinfachte Version zum Einsatz kommen, ausgestattet lediglich mit den zum Betreiben notwendigen Sensoren und Reglern. Durch Reduzierung auf die essentiellen Grundkomponenten sollte der Verflüssiger dann auch preislich im Rahmen sonstiger Ausrüstungsgegenstände wie zum Beispiel Dewar- oder Tanksystemen bleiben. ||

→ *www.tu-dresden.de*

Autoren:

Dr. Christoph Haberstroh
→ christoph.haberstroh@tu-dresden.de

Dipl.-Ing. (FH) David Kirsten
→ d.kirsten@memkn.mw.tu-dresden.de

Lehrstuhl für Kälte- und Kryotechnik,
Institut für Energietechnik, TU Dresden

Thema: Entwicklung | **Autor:** Sven Geitmann

LINDE BAUT ZWEITEN WASSERSTOFFVERFLÜSSIGER

Leuna avanciert zum Gaszentrum von Europa

Die wachsende Nachfrage nach flüssigem Wasserstoff (LH_2) zeigt Wirkung. Die Linde Group, eines der wenigen Unternehmen in Europa, das über einen Wasserstoffverflüssiger verfügt, hat am 7. September 2007 eine neue Anlage in Leuna offiziell in Betrieb genommen. Angesichts des großen Interesses an der zukünftigen Verwendung von Wasserstoff als Autokraftstoff hat der Gaselieferant seinen Produktionsstandort für technische Gase weiter ausgebaut und gleichzeitig noch eine Luftzerlegungsanlage installiert. Das Unternehmen unterstreicht damit seine Ambitionen, auf dem deutschen Markt weiterhin die Nummer 1 im Wasserstoffgeschäft zu bleiben.

Insgesamt rund 60 Mio. Euro hat Linde in den Ausbau des eigenen Standortes investiert. Für Aldo Belloni, Mitglied des Vorstandes der Linde AG, ist dies erklärtermaßen gut angelegtes Geld: „Da Wasserstoff zunehmend als Kraftstoff für den Straßenverkehr Anwendung finden wird, ist der Wasserstoffverflüssiger eine wertvolle Investition in die Zukunft." Die bis dato einzige derartige Anlage steht in Ingolstadt und wird ebenfalls von Linde betrieben (Kapazität: 4,4 t LH_2 pro Tag).

LH_2-Produktion in Leuna [Quelle: Linde]

Die neue Anlage erzeugt rund 3.000 Liter LH_2 pro Stunde beziehungsweise fünf Tonnen pro Tag. Angeliefert wird der gasförmige Wasserstoff via Pipeline aus der benachbarten H_2-Produktionsanlage. Der Transport erfolgt anschliessend mit Tanklastzügen, die den kryogenen Kraftstoff an die Kunden ausliefern. Der ebenfalls installierte Luftzerleger kühlt Umgebungsluft auf bis zu -200 °C und teilt sie in ihre Bestandteile. Er produziert rund 33.000 Kubikmeter Sauerstoff pro Stunde, wovon der größte Teil der Versorgung der örtlichen Raffinerie dient.

Der Bau der neuen Anlagen zeigt auch politisch weit reichende Auswirkungen. „Durch die Investition von Linde profiliert sich Sachsen-Anhalt weiter als der ostdeutsche Chemiestandort", freut sich der Minister für Wirtschaft und Arbeit des östlichen Bundeslandes Reiner Haseloff (CDU), der zudem auf die Schaffung neuer Arbeitsplätze hofft. Derzeit arbeiten in der Region insgesamt rund 9.000 Menschen in der Gasbranche. Lindes eigene Wurzeln in Leuna reichen zurück bis in die Vorkriegszeit. Seit 1916 verfügt das Unternehmen über einen dortigen Standort. Anfang der 1990er Jahre zählten die Wiesbadener dann zu den ersten Unternehmen, die sich wieder in Leuna ansiedelten. Seit 1991 hat das Unternehmen dort mehr als 400 Mio. Euro in ihre Produktionsanlagen investiert. ||

Thema: Titel | **Autor:** Sven Geitmann

STROMVERSORGUNG VON INSELSYSTEMEN

BZ-PV-Batterie-Systeme im Praxistest

Abb. 1: Als Stromversorgung mitten in den Bergen [Quelle: udomi]

Abb. 2: Brennstoffzelle „on the road" [Quelle: udomi]

Wie kann eine zuverlässige Energieversorgung ohne öffentliches Stromnetz mitten in den Bergen sichergestellt werden? Wer versorgt eine mobile Absperrtafel mit mehr als 20 Lampen tagelang mit Strom? Bisher gab es auf diese sehr speziellen Fragen nur unbefriedigende Antworten. Derartige Applikationen könnten aber jetzt der Brennstoffzellentechnik in Kombination mit der Solartechnik den Zugang zum Markt ebnen.

Die Brennstoffzellentechnik wird derzeit als zukunftsweisende Lösung angepriesen, um eine nachhaltige, saubere und effiziente Energieversorgung gewährleisten zu können. Allerdings sind marktreife Produkte bisher noch Mangelware. Es gibt jedoch erste Nischenlösungen, die technisch realisierbar, zuverlässig und zudem bezahlbar sind.

BEISPIEL 1: BZ FÜR WARNSCHILD Eine mobile Absperrtafel, die je nach Bedarf stunden- oder tagelang an verschiedenen Orten eingesetzt wird, wurde bislang mit Strom aus einem Blei-Akkumulator (300 Ah) versorgt. Nach 12 bis 24 Stunden Betriebsdauer musste dieser wieder langwierig im Depot aufgeladen werden (8 bis 12 Std.). Ein wirtschaftlicher Betrieb über mehrere Tage war daher kaum möglich.

Die Lösung kam in Gestalt zweier methanolbetriebener Brennstoffzellensysteme, die in einer wetterfesten Aluminiumbox auf dem Fahrzeuganhänger montiert wurden. Die Direktmethanol-Brennstoffzellen verbrauchen etwa 1,1 l Kraftstoff pro abgegebener Kilowattstunde. Das dafür benötigte Methanol befindet sich in zwei 10-Liter-Tanks, die für fünf bis sieben Tage (rund 18 kWh) ausreichen.

BEISPIEL 2: ENTLEGENE HÜTTEN Egal ob hoch oben in den Bergen oder weit abgelegen an der See – etliche einsam gelegene Hütten verfügen über keinen Stromanschluss. Häufig ist dies sogar so gewollt, aber manchmal kann ein bisschen Energie zur Aufladung der Handy-Akkus oder für den Betrieb eines Kühlschranks auch nicht schaden. Hierzu gibt es gleich zwei Beispiele: die entlegene Berghütte in den Alpen (s. Abb. 1) sowie das einsame Ferienhaus an der Ostsee (s. Kasten: Erfahrungsbericht). Beide Häuschen lassen sich mit Hilfe autarker BZ-Solar-Batterie-Systeme zumindest teilweise elektrifizieren.

Das Herzstück der dafür verwendeten Outdoor-Anlagen ist das EFOY-Brennstoffzellensystem (Energy FOr You) von Smart Fuel Cell aus Brunnthal, das mittlerweile in der zweiten Generation vorliegt. Ausgerüstet mit 10 l Methanol liefert die Brennstoffzelle bis zu neun Kilowattstunden (760 Ah bei 12 V) und weist eine höhere Energiedichte auf als vergleichbare Batterien. Udo Michelfelder, der diese Systeme über seine Firma udomi vertreibt, erklärt: „Vorerst handelt sich bei den meisten dieser Applikationen noch um Nischenanwendungen. Die Resonanz ist aber durchweg positiv." ||

→ *www.udomi.de*
→ *www.efoy.de*

ERFAHRUNGSBERICHT

Wie bewähren sich diese Brennstoffzellen-Photovoltaik-Akkumulator-Systeme in der Praxis? Welche Einsatzgebiete kommen dafür tatsächlich in Frage? Um hier einen konkreteren Einblick in den Stand der Technik zu erhalten und um Antworten auf offene Fragen zu finden, wird *HZwei* in den nächsten Ausgaben über die Erfahrungen berichten, die bei der Installation eines Testsystems und beim anschließenden Alltagsbetrieb gesammelt wurden. → Fortsetzung folgt im Januar-Heft 2008

Thema: Titel | **Autor:** Sven Geitmann

FRONIUS ENTWICKELT EIGENE ENERGIEZELLE

Mit Solarenergie versorgtes Elektrolysesystem

Abb. 1: Sauberer Transport mit wasserstoffbetriebenen Logistikzügen [Quelle: Fronius]

Ein komplettes Energieversorgungssystem im einstelligen Kilowattbereich aus einer Hand; daran arbeitet derzeit die Fronius International GmbH. Das Unternehmen aus Wels-Thalheim, Österreich, möchte das fertig bekommen, was es derzeit als Gesamtlösung am Markt immer noch nicht gibt: Ein komplett integriertes System, das Strom aus Sonnenenergie gewinnt, diese elektrische Energie mit Hilfe eines Elektrolyseurs in Wasserstoff zwischenspeichert und anschließend mit einer Brennstoffzelle wieder als gebrauchsfertigen Wechselstrom bereit stellt. Das Kernstück dieser Fronius *Energiezelle*, einer hybriden Brennstoffzelle mit integrierter Wechselrichterelektronik, ist bereits als Pilotprodukt verfügbar und soll 2009 in Serie gehen.

Eigentlich kommt das Unternehmen ja aus der Photovoltaikelektronik und Wechselrichtertechnik, erklärt Michael Schubert vom Business Development bei Fronius. Aber vor etwa fünf Jahren wurde die Idee der nachhaltigen und emissionsfreien Energieversorgung geboren, bei der Wasserstoff die Rolle des Energiespeichers zukommt, um erneuerbare Energien speicherbar und transportierbar zu machen. Bisher gibt es dafür keine zufrieden stellenden Lösungen, weswegen Fronius sein eigenes Know-how aus der Solarbranche für eine Neuentwicklung nutzen möchte.

Das Problem der bisher verwendeten Techniken ist, dass die Sonne nicht immer scheint, Photovoltaik-Anlagen (PV) also nicht durchgehend Strom liefern können. Batterien, die als herkömmliche Stromspeicher eingesetzt wurden, haben mit Selbstentladungsverlusten zu kämpfen (etwa 5 % pro Monat). Als ihrer Meinung nach geeignete Lösung präsentierte Fronius daher im Juni 2007 während der Intersolar in Freiburg erstmals ihr Konzept, bei dem Sonnenenergie auch unabhängig von der aktuellen Sonneneinstrahlung für die saubere Stromproduktion herangezogen wird. Der solar erzeugte Gleichstrom kann zwar bei Bedarf über die Wechselrichterelektronik direkt genutzt werden, kann aber auch dem angeschlossenen Elektrolyseur zur Wasserstoffherstellung dienen. Der Elektrolyseur bekommt einen Teil des benötigten Wassers aus der nachgeschalteten Brennstoffzelle, die für den Start und zur Abdeckung von Laststromspitzen als batterieunterstütztes Hybridsystem ausgelegt ist. Diese liefert dann den Gleichstrom, der von der Wechselrichterelektronik in haushaltsüblichen Wechselstrom umgewandelt wird. Ewald Wahlmüller, Projektleiter des Forschungsteams, erläutert: „Energieeffizienz in diesem Zusammenhang bedeutet, dass solare Energie immer mit geringsten Umwandlungsverlusten dem Nutzer zur Verfügung gestellt und Abwärme und Reaktionswasser nach Möglichkeit im Kreislauf neuerlich genutzt werden."

Um alle Umwandlungsschritte tatsächlich selbst bearbeiten zu können, setzen die Österreicher auch auf Partnerschaften mit Zulieferfirmen. Die PEM-Stacks für die Rückverstromung des erzeugten Wasserstoffs werden beispielsweise nicht selbst hergestellt, sondern in Kooperation mit Stack-Herstellern entwickelt. Für die gesamte Leistungselektronik sowie die Sicherheitstechnik drum herum ist Fronius hingegen geradezu prädestiniert, schließlich gibt es viele technische Überschneidungen mit dem originären Betätigungsfeld, der Solarstromtechnik. Zusätzlich ist das Fronius Entwicklungsteam derzeit mit der Entwicklung eines integrierten Elektrolyseurs beschäftigt.

Michael Schubert zeigt sich zuversichtlich, dass die weitere Entwicklung relativ schnell voranschreiten wird. „Unser Vorteil ist, dass wir bereits ein relativ weit ausgereiftes Produkt haben. Glücklicherweise verfügen wir aber noch über andere Cash-Cows, so dass wir nicht allzu sehr unter Druck stehen, verfrüht in Aktionismus verfallen zu müssen."

Abb. 2: PV-Elektrolyse-BZ-Schema [Quelle: Fronius]

5 KW FÜR BERGHÜTTEN Das Hauptaugenmerk richten die Entwickler derzeit auf die Suche nach geeigneten Anwendungen ihrer für 1 bis 5 kW ausgelegten Brennstoffzellensysteme. Angepeilt sind als erste Möglichkeit stationäre Systeme, wie beispielsweise die Stromversorgung von netzfernen Objekten (z. B. Berghütten, Telekommunikationsanlagen). In Steyr in Österreich wird bereits eine Umweltmessstation an der Höheren Technischen Lehranstalt mit Hilfe einer PV-Anlage und einer Batterie sowie einer Brennstoffzelle als Hilfsgenerator autark mit Energie versorgt. Ein speziell entwickelter Laderegler überwacht dort kontinuierlich den Batterieladezustand. Bei Bedarf startet die Systemsteuerung die Brennstoffzelle, und es wird ein kompletter Ladezyklus ausgeführt. Der wesentliche Vorteil dieses Hybridsystems ist, so Fronius, dass die Photovoltaikanlage um über 60 % kleiner ausgelegt werden und auch die Batteriekapazität niedriger ausfallen kann.

BZ-BETRIEBENE LOGISTIKSCHLEPPER Als zweite Anwendungsmöglichkeit sollen mobile Einsatzgebiete mit abgedeckt werden. Ein erstes Pilotprojekt HyLOG (Hydrogen Powered Logistic System) läuft bereits in Sattledt, Österreich, am neuen Produktions- und Logistikstandort des Familienunternehmens. Dort sind elektrische Flurförderfahrzeuge (Typ: Linde P30) für den Transport einzelner Komponenten im Einsatz. Diese Schlepper verfügen über eine Dauerleistung von 2 kW (Geschwindigkeit ohne Zuglast: 9 km/h) und sind normalerweise mit 380 kg schweren Batterien ausgestattet. Umgebaut auf Brennstoffzellenantrieb erhöht sich deutlich deren Einsatzdauer, da langwierige Aufladevorgänge (8 bis 10 Std.) ersetzt werden durch kurze Tankvorgänge aus der firmeneigenen H_2-Infrastruktur. Der Kraftstoff wird per Elektrolyse mit Hilfe des Stroms aus der auf dem Dach installierten PV-Anlage (603 kW_{peak}) gewonnen.

Abb. 3: Die Energiezelle [Quelle: Fronius]

Zudem arbeitet Fronius derzeit an der Zertifizierung des Brennstoffzellensystems mit integriertem Wechselrichter, der so genannten *Energiezelle*. Deren TÜV-Abnahme könnte Anfang nächsten Jahres abgeschlossen sein. Zusätzlich ist Schubert die Erfüllung der heutigen Brennstoffzellenstandards (Europa-Norm EN 62282-5-1:2007) besonders wichtig, damit alles zuerst einmal wirklich sicher ist und zudem von den Kunden besser angenommen wird. Für Anfang 2008 plant er den Start verschiedener Pilotprojekte, die dann mit einer Laufzeit von etwa einem Jahr die notwendigen Praxiserfahrungen bringen sollen. Verläuft alles erfolgreich, könnte im Jahr 2009 die Serienfertigung der Energiezelle in Angriff genommen werden, freut sich der Österreicher. ||

Thema: Titel | **Autor:** Sven Geitmann

WINDKRAFT + WASSERSTOFFELEKTROLYSE + BIOGAS

Hybrid-Kraftwerk in der Uckermark

Abb. 1: Bioenergie + Windkraft [Quelle: Enertrag]

Wo viel Wind weht, wird nicht immer gleichzeitig auch viel Strom verbraucht. Und die Verbraucher, die es gibt, brauchen auch bei Flaute Strom. Diese zwei Faktoren haben die Enertrag AG dazu bewogen, über ein innovatives Konzept nachzudenken: Die Produktion von Wasserstoff aus überschüssiger Windenergie. Dadurch kann Windstrom speicherbar gemacht und gleichzeitig ein erster Schritt zum Kraftstoff von morgen unternommen werden. Ganz neu ist diese Idee zwar nicht, aber an der praktischen Umsetzungen mangelt es bisher dennoch. Deswegen plant jetzt ein Konsortium aus Unternehmen und Hochschulen den Bau einer Wind-Wasserstoff-Demonstrationsanlage in Prenzlau nördlich von Berlin.

Der Grundgedanke ist bereits alt bekannt: Man nehme überschüssigen Windstrom, erzeuge mit dessen Hilfe per Elektrolyse Wasserstoff und nutze diesen, um in windarmen Zeiten aus Wasserstoff wieder Strom machen zu können. Auf diese Weise könnten die Schwankungen der Windenergie ausgeglichen und eine kontinuierliche Stromeinspeisung realisiert werden. So in etwa sollen sich später mal Wind- und Wasserstoff-Technik gegenseitig ergänzen. Das ist jedenfalls das, was auf vielen Messen und Kongressen vielfach diskutiert und angeregt wird. In der Realität sieht das aber noch etwas anders aus.

Vor rund sechs Jahren verfolgte zwar die P&T Technology AG solch ein Konzept, doch heute hört man davon nichts mehr. An der Nordseeküste baute P&T im Jahr 2001 gemeinsam mit mehreren Unternehmen (u. a. Norsk Hydro, Jenbacher Energiesysteme, Air Products, Siemens) in Büsum eine Versuchsanlage auf, die als Referenzobjekt dienen sollte, um im Inselbetrieb vom öffentlichen Stromnetz abgekoppelte Regionen zuverlässig mit Strom und sauberem Wasser versorgen zu können. Zunächst wurde dieses Projekt medienwirksam von P&T der Öffentlichkeit vorgestellt. Es hieß damals, dass eine erste Anlage bereits nach Taiwan verkauft worden sei. Detaillierte Informationen waren jedoch nicht erhältlich und auch die Projektpartner zeigten sich bei der Informationsübermittlung verhalten. Schließlich verlief alles im Sande.

PRENZLAUER PLANUNG Die Enertrag AG verfolgt nun ein komplett anderes Konzept: Dem unabhängigen Energieunternehmen geht es nicht um die Stromversorgung entlegener Bergregionen, sondern um eine kontinuierliche Einspeisung ins öffentliche Stromnetz. Konkret handelt es sich dabei um stufenlos gesteuerte Elektrolyse, die mit der bereits marktreifen Biogastechnik gekoppelt werden soll.

Das uckermärkische Unternehmen aus Prenzlau ist seit 1992 erfolgreich im Windenergiesektor aktiv. Es zählt sich selber zu den drei größten Windparkbetreibern in der Bundesrepublik. Der Geschäftsführer Werner Diwald hebt dabei besonders hervor, dass sich nach wie vor auch alle der 400 projektierten Anlagen (insg. 600 MW) unter eigener Betriebsführung befinden, was eher unüblich ist. Seit April 2006 betreibt Enertrag zudem eine Biogasanlage auf dem Pflanzenbauhof Fichtner in Kleisthöhe. Die Standorte der Windkraftanlagen befinden sich vornehmlich im Nord-Osten Deutschlands sowie im Nord-Osten Frankreichs.

In Brandenburg, dem Heimatland des insgesamt 250 Mitarbeiter beschäftigenden Unternehmens, sieht es ähnlich aus wie in den anderen Flächenländern, wo viele Windkraftanlagen stehen: Windpark und Verbraucher liegen meist weit voneinander entfernt. Und auch die Leitungen, in die der Windstrom für den Weitertransport eingespeist werden muss, verlaufen nur selten in unmittelbarer Nähe vorbei, so dass häufig von gut geeigneten Windkraftstandorten erst einmal kostspielige neue Leitungen zum nächsten geeigneten Einspeisepunkt gelegt werden müssen. Ein weiteres Problem ist die unregelmäßige Bereitstellung von Windstrom, weswegen sich einige Windräder insbesondere in windigen Zeiten teilweise umsonst drehen. Die Energieversorgungsunternehmen können (und wollen) dann den angelieferten Windstrom nicht komplett aufnehmen. Eigentlich sauber erzeugter Strom geht somit ungenutzt verloren. Eine stückweise Entkoppelung der Windenergie vom Leitungsnetz wäre daher durchaus von Vorteil, und genau das könnte mit dem neuen Hybrid-Kraftwerk gelingen.

HYBRID-KRAFTWERK Die Vorarbeiten dazu laufen bei den beteiligten Projektpartnern (z. B. FH Stralsund, TU Braunschweig) seit 2005, damit der eigentliche Startschuss möglichst bald fallen kann. Der Bauantrag für die Errichtung der Anlage im Gewerbegebiet Nord bei Prenzlau läuft bereits. Allein bei Enertrag sind momentan zwölf Mitarbeiter mit diesem 19-Mio.-Euro-Vorhaben beschäftigt. Alles soll bestens vorbereitet werden, damit dann drei 2-MW-Windkraftanlagen den geplanten 500-kW-Elektrolyseur mit sauberer Energie versorgen können. Gleich daneben soll noch eine Biogasanlage entstehen. Alles zusammen könnte dann Ende 2008 seinen Betrieb aufnehmen. Diwald erläutert dazu: „Windkraftanlagen und Biogasanlagen kann fast jeder betreiben, aber unser ausgewiesenes Fachgebiet ist die Steuerungs- und Regelungs-

Abb. 2: Immer mehr Windkraftanlagen speisen das Stromnetz [Quelle: Enertrag]

technik sowie die Software-Entwicklung zur intelligenten Verknüpfung der unterschiedlichen Energieerzeugungsanlagen. Über eine netzgesteuerte Kommunikation können wir die einzelnen Systeme optimal auf den aktuellen Energiebedarf abstimmen. Auf diese Weise sind wir in der Lage, jederzeit Energie bereitzustellen und die erneuerbaren Energieressourcen optimal zu nutzen."

Geplant ist, dass im Hybrid-Kraftwerk der Strom aus zwei Blockheizkraftwerken bereit steht. Dafür ist ein BHKW mit einer Leistung von 625 kW vorgesehen, das mit Biogas aus einer mit Pflanzensilage betriebenen Anlage versorgt wird. Ein zweiter Generator mit einer Leistung von 350 kW soll mit bis zu 70 % Wasserstoff betrieben werden. Beide Generatoren gemeinsam sollen in Schwachwindphasen dabei helfen, die Lücke zu schließen, die durch die stillstehenden Windräder entsteht. Auf der anderen Seite kann bei einem Überangebot an Windstrom Wasserstoff erzeugt werden, der zum Teil gespeichert und zum Teil weiterverwertet wird (s. Abb. 3).

SAUBERER WASSERSTOFF FÜR AUTOS Der dafür benötigte Wasserstoff wird in dem neuen Elektrolyseur erzeugt, der 120 Normkubikmeter H_2 pro Stunde produzieren kann. Dieser wird anschließend auf 30 bar Ausgangsdruck verdichtet. Als Zwischenspeicher steht dann ein 1.350 kg fassender GH_2-Druckgasbehälter zur Verfügung. Thomas Luschtinetz, Leiter des Komplexlabors der FH Stralsund, sagt: „Regenerative Energien sind in der Regel nicht speicherbar, aber mit Wasserstoff bietet sich die Chance, die umweltfreundlichen Energiequellen einer kontinuierlichen Nutzung zuzuführen." Die Rückverstromung im Blockheizkraftwerk ist aber nicht das eigentliche Ziel, da die EEG-Einnahmen bei einem Gesamtwirkungsgrad von etwa 30 % zu gering ausfielen. „Hier fehlt es ohne Berücksichtigung im EEG noch eindeutig an der Wirtschaftlichkeit", stellt Enertrag-Sprecher Stefan Wagner nüchtern fest. Anvisiert wird die Einspeisung des Wasserstoffgases in das Erdgasnetz sowie die Weiterverwertung als Kraftstoff für den Fahrzeugbereich.

Nach eigenen Berechnungen könnte der Elektrolyseur eine ausreichende Wasserstoffmenge für künftige Brennstoffzellenautos liefern, um jährlich insgesamt 100.000 Liter Benzin zu ersetzen. Wagner erklärt: „Nur wenn wir als einer der Ersten kostengünstigen, sauberen Wasserstoff für den mobilen Sektor anbieten können, haben wir eine reelle Chance, auch gegen die großen Gaselieferanten bestehen zu können, die Wasserstoff momentan noch für 4 Cent pro Kilowattstunde aus Erdgas verkaufen."

EINSPEISUNG INS ERDGASNETZ Überaus optimistisch sind die Projektpartner, dass zudem die derzeitige Diskussion über die Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz den Weg ebnet, damit bald auch Wasserstoffgas in das vorhandene Rohrsystem eingeleitet werden kann. Diwald zeigt sich zuversichtlich und sagt: „Das Erdgasnetz ist eine Infrastruktur, die schon da ist. Das sind auch Erfahrungen, die schon da sind und von denen die Wasserstoffbranche profitieren kann." Diwald stützt sich dabei auf Angaben aus der Erdgasbranche, nach denen eine Beimischung von 5 % Wasserstoff zum Erdgas problemlos möglich sei. Angesichts der großen Potenziale für die Windenergie, die nach Meinung von Enertrag noch in Ostdeutschland liegen, und angesichts der großen Durchflussmengen von Erdgas rechnet das Unternehmen aus Dauerthal mit großen Mengen an Wasserstoff, die auf diese Weise abgenommen werden.

Zunächst gibt es aber noch reichlich zu tun. Den Projektpartnern liegt ein langes Lastenheft vor, das im Rahmen dieses Demonstrationsvorhabens abgearbeitet werden soll: Von der Entwicklung einer geeigneten Steuereinheit für den Elektrolyseur bis zur Kompensation des Fehlers von Windprognosen ist noch einiges zu erledigen. Die Ausgangslage ist aber dennoch gut. Heute beträgt der Anteil von Wind am Strommix schon 25 % und im Jahr 2020 könnte er bereits bei 50 % liegen. „Momentan ist Windenergie noch nicht grundlastfähig. Aber mit dem vorliegenden Konzept sind wir auf dem besten Weg, ein moderner Kraftwerksbetreiber zu werden", freut sich Werner Diwald. „Die Welt rennt uns schon jetzt die Bude ein." ||

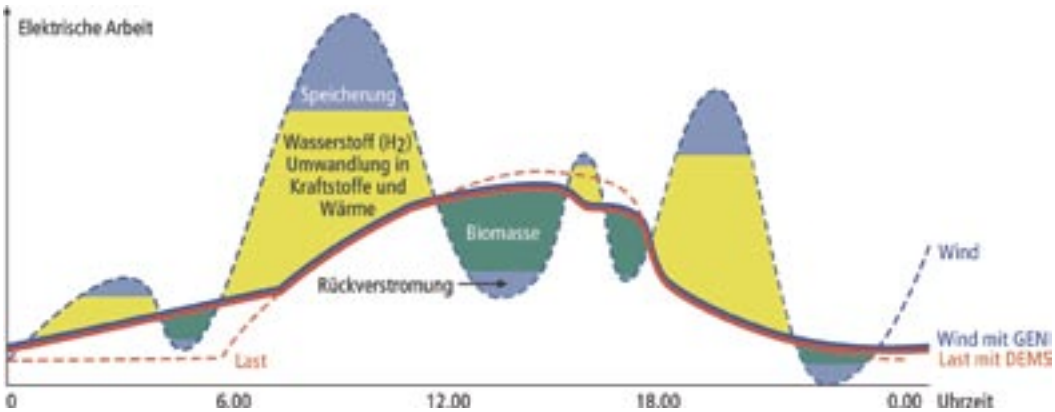


Abb. 3: Lastverteilung zwischen Wind, Wasserstoff und Biogas [Quelle: Enertrag]

Thema: Titel | **Autor:** Robert Hamelmann

WASSERSTOFF ZUM AUSGLEICH VON WINDENERGIE

Pilotanlage in Lübeck testet Offshore-Einspeisung

Abb. 1: Mini-Windpark auf der FH Lübeck [Quelle: FH Lübeck]

An der Fachhochschule Lübeck befindet sich derzeit eine einzigartige Wind-Wasserstoff-Pilotanlage im Aufbau. Das Kompetenzzentrum Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (KWB) will damit den Nachweis erbringen, dass Wasserstoff zur Verstetigung des stochastisch anfallenden Windstromangebots beitragen kann, und zwar mit einem akzeptablen Wirkungsgrad. Zwölf Klein-Windräder wurden bereits auf einem Hochschulgebäude installiert.

Die Entwicklung von elektrischen Speichersystemen mit großer Kapazität ist insbesondere durch die mittelfristig anstehenden Umwälzungen auf dem Strommarkt motiviert. Durch den geplanten Atomausstieg wird sich deutschlandweit vieles im Energiesektor verändern. Speziell in Schleswig-Holstein wird sich zudem ab 2015 der Aufbau der Offshore-Windparks bemerkbar machen, deren elektrischer Anschluss vornehmlich an den Küsten des nördlichsten Bundeslandes erfolgt. Die maximal erzeugbare Strommenge wird von derzeit sechs Gigawatt auf dann über zehn Gigawatt ansteigen, wovon jedoch nur vier Gigawatt durch grundlastfähige Kraftwerke gedeckt werden.

Problematisch werden könnte dabei das absehbare Missverhältnis zwischen Angebot und Nachfrage: Das Kieler Wirtschaftsministerium geht für 2020 von einer Windstromerzeugung von jährlich 20,5 TWh aus. Der lokale Verbrauch wird hingegen bei weniger als 16 TWh liegen. Damit würde Schleswig-Holstein statistisch betrachtet 25 % mehr Windstrom erzeugen, als es selbst verbraucht. Da das lokale Stromnetz jedoch nicht für den Abtransport derart großer Ausgleichsenergien ausgelegt ist, führt das zu einem wachsenden Bedarf großer Speicherkapazitäten.

STUDIE BESCHEINIGT AUSGLEICHENDE WIRKUNG Um die Speicheroption *Wasserstoff* hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit auf die lokalen Probleme hin zu überprüfen, gab das Ministerium für Wissenschaft, Wirtschaft und Verkehr des Landes Schleswig-Holstein die „Studie zur Dämpfung der Netzbelastung durch Wasserstoffsysteme“ in Auftrag, die im Juli dieses Jahres fertig gestellt wurde. Die Studie belegt die ausgleichende Einflussnahme von Wasserstoffsystemen auf die fluktuierende Einspeisung von Offshore-Windparks, die eine verbesserte Ankopplung an das landseitige Stromnetz ermöglicht. Prinzipielle Hindernisse seien zudem gegenwärtig nicht zu erkennen, heißt es weiter. Die Studie zeigt aber auch den noch vorhandenen Entwicklungsbedarf in der Systemtechnik auf. Die Ergebnisse der Studie im Überblick:

- Die Windwasserstoffkette ist mit dem heutigen Stand der Technik darstellbar. Die fluktuierende Einspeisecharakteristik der Windkraft kann mit Wasserstoffsystemen gedämpft und dem Bedarf angepasst werden.
- Für die Nutzung des Wasserstoffs stehen verschiedene Pfade zur Auswahl.
- Die H_2-Technik ist in der Lage, verschiedene Bereiche der Energiewirtschaft miteinander zu verknüpfen: Strom-Wärme-Mobilität, regenerative Energieerzeugung mit konventioneller Nutzungsstruktur.
- Die Reduzierung der H_2-Technologie auf eine ausschließlich den Wirkungsgrad vergleichende Stromspeicherbetrachtung zur Netzstützung ist nicht ratsam.
- Ein Vergleich großer Stromspeicher bescheinigt Wasserstoff die höchste Kapazität.
- Die Wasserstofftechnologie ist auch in großem Maßstab mit der regenerativen Energieerzeugung koppelbar.

Zur Umsetzung dieser Ergebnisse arbeitet das Lübecker KWB derzeit an zwei Plattformen:

1. Hauseigene Wind-H2-Pilotanlage für F&E-Arbeiten des Windwasserstoffansatzes (s. unten)
2. Projektierung einer ans Netz angeschlossenen Demonstrationsanlage mit n x 100 kW

WIND-WASSERSTOFF-PILOTANLAGE Auf dem Gebäudedach des Multifunktionscenters (MFC) der FH Lübeck sind insgesamt zwölf kleine Windkraftanlagen installiert worden, die maximal eine Windkraftleistung von 10 kW erzeugen können. Davon sollen allerdings höchstens 4 kW direkt ins Netz eingespeist werden. Über die Wind-Wasserstoff-Pi-

Abb. 2: Dachinstallation der Windräder [Quelle: FH Lübeck]

DIE PILOTANLAGE UMFASST:

- 12 Klein-Windräder (Rotordurchmesser: 2,40 m, elektr. Gesamtleistung: 10 kW_{max})
- batteriegestützter 48 VDC-Zwischenkreis
- PEM-Elektrolyseur (Leistungsaufnahme: 6 kW_{max}, Erzeugung: 1 Nm^3_{H2}/h)
- Wasserstofftrocknung und Verdichtung
- Speicherung in Stahldruckflaschen (200 bar)
- PEM-Brennstoffzelle (Leistung: 1,2 kW)
- Regelungs- und Steuersystem, Sicherheitseinrichtungen

lotanlage soll getestet werden, ob eine Einspeisedämpfung vollzogen werden kann. Dafür wird der Differenzbetrag der Windenergie zum Elektrolysebetrieb genutzt. Fällt die Windkraftleistung unter 0,7 kW, steuert die Brennstoffzelle die fehlende Leistung bei, so dass sich in der Summe stets eine garantierte Einspeiseleistung von 0,7 bis 4,0 kW ergibt. Die Schwankungsbreite des ins Netz eingespeisten Stroms beträgt somit nur 3,3 kW. Bezogen auf die maximal installierte Leistung sind dies nur noch 33 % anstelle von zuvor 100 %.

Nach dieser statischen Regelungsstrategie soll bei den Forschungsarbeiten der Einstieg in das dynamische Speichermanagement erfolgen. Dafür ist geplant, dem Wasserstoffsystem keine feste Einspeisebandbreite vorzugeben, sondern die Anlagenparameter zu variieren. Basis dieser dynamischen Randbedingungen werden Netzdaten sein (z. B. Stromerzeugung, aktuelle Kraftwerkssituation, momentane Windeinspeisung). Diese Verfahrensweise kommt einem netzgebunden Regel- beziehungsweise Speicherkraftwerk gleich, wobei die Wasserstofftechnik aus Kosten- und Systemgründen besonders auf Seite der negativen Regelenergie wirksam ist: Windkraftspitzen erscheinen im Netz meist schnell mit hoher Leistung und geringer zeitlicher Ausdehnung.

Abb. 3: Brennstoffzelle zur Netzeinspeisung [Quelle: FH Lübeck]

SPEICHERUNG UND KRAFTSTOFFPRODUKTION Prämisse bei den verschiedenen Regelstrategien ist, so wenig Energie wie möglich über die Speicherschiene fließen zu lassen, da hierbei relativ hohe Umwandlungsverluste auftreten (η = 25 % - 40 %). Dennoch ist die H_2-Speicherung mit anschließender Rückverstromung sinnvoll, da ohne diese Instrumente überhaupt keine Nutzung des überschüssigen Windstroms möglich wäre. Bereits heute könnten 5 % bis 15% mehr Windstrom erzeugt werden, wenn das Stromnetz zu jedem Zeitpunkt an jedem Ort beliebig aufnahmefähig wäre. In der Summe ist der Umweg über die Wasserstoffschiene also höchst effizient, da im Wesentlichen Energie eingesetzt wird, die ohne geeigneten Speicher nicht genutzt werden kann.

Beim Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung oder im mobilen Bereich fällt der Gesamtwirkungsgrad noch deutlich höher aus als bei der Netzstützung. Insbesondere die Herstellung von Wasserstoff für den Kfz-Sektor erscheint viel versprechend: Durch die dämpfende Wirkung auf das Stromnetz und die gleichzeitige Bereitstellung von regenerativ erzeugtem Wasserstoff, werden netzgebundene und mobile Anwendungen miteinander verknüpft. Auf diese Weise lassen sich in beiden Bereichen Synergien nutzen.

WEITERE NUTZUNG Die Pilotanlage soll im weiteren Verlauf der Forschungsarbeiten zudem als Test- und Demonstrationsplattform für die Integration weiterer Komponenten genutzt werden. Dafür in Frage kommt ein Elektrolyseur oder ein Wasserstofftrockner, aber auch ein Metallhydridspeicher oder eine Sauerstoffanwendung. Darüber hinaus können mit der Pilotanlage angepasste Regelstrategien verifiziert werden.

Der weitere Ausblick dieser Technologie führt schnell zu großen Speicherkapazitäten, für die entweder sehr hohe Drücke oder sehr große geometrische Volumina benötigt werden. Eine Lösung für die Volumenfrage kann in der Untertagespeicherung in ausgesolten Salzkavernen, wie sie auch für die Erdgasspeicherung verwendet werden, liegen. Hier konnten bislang noch keine prinzipiellen Hindernisse gefunden werden. Mit diesen Speichern lässt sich eine saisonale Pufferung der Windenergie realisieren, die mit mechanischen Lösungen (Druckluftspeicher, Pumpspeicher) aufgrund der eingeschränkten Kapazität nicht machbar ist.

Um die Wind-Wasserstoff-Technologie für die groß angelegte Integration von regenerativen Energien in konventionelle Nutzungsstrukturen verfügbar zu machen, bedarf es allerdings noch weiterer F&E-Anstrengungen in den Bereichen Elektrolyseur, Speicherung sowie Netz- und Systemtechnik. Die Arbeiten des KWB, das bereits seit 2003 gefördert durch den Europäischen Sozialfonds sowie das Land Schleswig-Holstein an diesem Vorhaben arbeitet, können hier lediglich als Anfang betrachtet werden. ||

→ *www.kwb-sh.de*

Literatur:

Studie zur Dämpfung der Netzbelastung durch Wasserstoffsysteme, Ministerium für Wissenschaft, Wirtschaft und Verkehr des Landes Schleswig-Holstein, Juli 2007

Autor:

Dr.-Ing. Roland Hamelmann
Kompetenzzentrum Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
Fachhochschule Lübeck
→ *hamelmann@fh-luebeck.de*

E.ON UK BAUT RIESENBATTERIE

Die Umwandlung und Speicherung von Windenergie in Wasserstoff in der auf den vorigen Seiten dargestellten Form gefällt nicht allen. Der Energieversorger E.ON favorisiert demgegenüber den rein elektrischen Weg. Wie das britische Tochterunternehmen E.ON UK Mitte September bekannt gab, entwickeln Wissenschaftler derzeit eine Riesenbatterie im Technologiezentrum in Nottingham, die die Größe von vier Schiffs-Containern haben soll. Sie soll zur Zwischenspeicherung von Strom aus erneuerbaren Energien und Kleinkraftwerken (z. B. Solaranlagen) dienen.

Es soll ein erster Prototyp gebaut werden, der rund ein Megawatt für vier Stunden speichern kann. Zunächst werden aber erst einmal kleinere Testbatterien entwickelt. Der größere Prototyp könnte dann im Herbst 2009 ans Netz gehen. Bob Taylor, Managing Director für Energietechnik, sagte: „Grüne Energie wird von Windkraftanlagen nur erzeugt, wenn der Wind bläst, und das ist nicht immer dann der Fall, wenn die Energie vom Kunden benötigt wird."

Der Analyst Theo Kitz vom Bankhaus Merck Finck & Co. geht davon aus, dass dieses Forschungsprojekt einen wichtigen Schritt darstellt, um Wind- und Solarstrom zukünftig speichern zu können. „Damit würden die alternativen Energiequellen wettbewerbsfähiger", erklärt er.

DRUCKLUFTSPEICHERUNG Noch einen Schritt weniger unternehmen derzeit General Compression, eine US-amerikanische Firma aus Massachusetts. Sie hat so genannte Dispatchable-Wind-Power-Systems (DWPS = jederzeit verfügbare Windkraft) entwickelt, um Windenergie ganz anders zu speichern: über Druckluft. Das Besondere daran ist, dass die Umwandlung von Windenergie in Strom komplett wegfällt. Es wird direkt Druckluft erzeugt und zwar mit Hilfe eines in der Gondel befindlichen Kompressors. „Unsere Windräder sehen aus wie alle anderen", sagt David Markus, der Chef von General Compression, aber heraus kommt etwas anderes.

Erstmalig in Europa vorgestellt wurde das Prinzip, das deutlich effizienter als konventionelle Systeme sein soll, während der Husum Wind in diesem September. Über ein angeschlossenes Rohrleitungsnetz kann dabei Druckluft transportiert und beispielsweise in Kavernen, Salzstöcken oder leeren Erdgasfeldern gespeichert werden. Eine Verstromung ist dann an einem anderen Ort beziehungsweise zu einem späteren Zeitpunkt immer noch möglich, heißt es. ||

→ *www.generalcompression.com*

SCHÜLERWETTBEWERB BRENNSTOFFZELLE

Was sich Erwachsene erst langwierig anlesen müssen, lernen Kinder und Jugendliche sehr viel einfacher und schneller, aber nur, wenn sie rechtzeitig entsprechend gefördert werden. Damit Schüler schon frühzeitig an das Thema Brennstoffzelle herangeführt werden, unternimmt die Stadt Hamburg einen Forschungswettbewerb unter dem Titel *The Zero Emission*.

In dem Schülerwettbewerb, den die Hamburger Behörden für Bildung und Sport sowie die für Stadtentwicklung und Umwelt zusammen mit E.ON Hanse für die Klassenstufen 8 bis 13 sowie Berufsschüler veranstaltet, sollen die Nachwuchswissenschaftler zunächst eigene kleine Forscherteams bilden und dann nach neuen Anwendungsmöglichkeiten für Brennstoffzellen suchen. Unter allen Bewerbern werden 25 Forscherteams ausgewählt, die einen Brennstoffzellenkoffer erhalten, mit dessen Hilfe sie ihr eigenes Projekt umsetzen können. „Kreative Ideen für den Einsatz von Brennstoffzellen sind gefragt“, erklärt Hamburgs Umweltsenator Axel Gedaschko. Zu gewinnen gibt es Geldpreise im Gesamtwert von 10.000 Euro.

Diese Initiative ist Teil des Programms *Transfer-21 Bildung für eine nachhaltige Entwicklung*, das von August 2004 bis Ende 2006 vom Bundesministerium für Forschung und Bildung sowie von der Bund-Länder-Kommission unterstützt wurde und seit Anfang 2007 von den teilnehmenden Ländern gefördert wird. Es geht dabei um die Förderung der schulischen Bildung mit der gleichzeitigen Orientierung am Konzept der Nachhaltigkeit. Inhaltlich begleitet wird der Wettbewerb vom Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (ifeu). Die Siegerehrung mit Präsentation der ausgezeichneten Projekte wird im Sommer 2008 erfolgen.

Schulmaterial, das von verschiedenen Hamburger Firmen in Zusammenarbeit mit der Behörde für Bildung und Sport sowie dem Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung angefertigt wurde, kann heruntergeladen werden unter: www.hh2wasserstoff.de. ||

→ *www.die-zero-emission.de*

Ein zukunftweisender Entwicklungsschritt sind unsere neuen Ventile für Brennstoffzellen und Biogasanwendungen sowie für alternative Brennstoffe. Kundenspezifisch modifiziert bieten sie für nahezu alle Problemstellungen passende Lösungen.

NORGREN FLUID CONTROLS

Buschjost

IMI NORGREN BUSCHJOST GMBH + CO.KG
D-32545 Bad Oeynhausen • Tel. 0 57 31 / 7 91-0
mail@buschjost.de

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

PATENTINFORMATIONEN ZU BRENNSTOFFZELLEN

Zielgerichtetes Recherchieren in der BZ-Patentliteratur

Schon über 150 Jahre reicht die Entwicklungsgeschichte der Brennstoffzelle zurück. Eine Fülle von Innovationen, vor allem der letzten 20 Jahre, spiegelt sich in der umfangreichen Fachliteratur wieder. Manchmal vermitteln aber erst eigene Nachforschungen in der Patentliteratur tieferen Einblick in die technischen Einzelheiten.

Auf dem Weg zu neuen Brennstoffzellenprodukten gilt es, kostspielige Doppelentwicklungen und Auseinandersetzungen mit Wettbewerbern zu vermeiden. Das erfordert die genaue Beobachtung der schnell fortschreitenden Brennstoffzellentechnik. Entwickler recherchieren deshalb frühzeitig auch in der Patentliteratur. Solche Recherchen gewinnen aber auch außerhalb des F&E-Bereichs Bedeutung, und zwar immer dann, wenn sich Fachliteratur und Produktpräsentationen zu wesentlichen Details ausschweigen.

PATENTINFORMATIONEN Patentdokumente (Patentanmeldungen, erteilte Patente und Gebrauchsmuster) stellen Schutzrechte dar, die ihren Inhabern die exklusive Nutzung einer Erfindung gestatten. In ihnen finden sich Beschreibungen, Zeichnungen sowie präzise formulierte Schutzansprüche zu neuen technischen Entwicklungen. Das Deckblatt jedes Patentdokuments führt neben der Bezeichnung der Erfindung und der Veröffentlichungsnummer auch nützliche bibliographische Angaben auf, zum Beispiel den Namen des Anmelders, das technische Fachgebiet und das Anmeldedatum. Diese Dokumente werden durch amtliche Mitteilung veröffentlicht und in Datenbanken gesammelt.

PATENTRECHERCHEN Da nahezu die gesamte Technik in der Patentliteratur dokumentiert ist, gestalten sich ausführliche Nachforschungen aufwendig. Sie sind nur bei einem wichtigen wirtschaftlichen Interesse gerechtfertigt, zum Beispiel für:

· Namensrecherchen (Aktivitäten der Wettbewerber)
· Sachrecherchen (Stand der Technik, Prüfung auf Neuheit)
· Patentklassenrecherchen (Erkennen von Trends)

Detaillierte, kostenpflichtige Recherchen führen die Patentämter sowie Patentanwälte und -berichterstatter durch. Sie bedienen sich umfangreicher Datenbanken, die auch die einschlägige Fachliteratur einschließen [1]. Geht es aber nur um einen ungefähren Überblick über den Stand der Technik oder die Aktivitäten einzelner Unternehmen, empfiehlt sich eine schnelle Eigenrecherche. Als Datenquellen eignen sich online verfügbare Dienste, wie das kostenlose DEPATISnet des Deutschen Patent- und Markenamts (DPMA [2]).

PATENTKLASSIFIKATION Um Patentdokumente überhaupt recherchierbar zu machen, ordnen sie die Patentämter nach dem hierarchischen System der *Internationalen Patentklassifikation* (IPC [3]). Wer zu Brennstoffzellen recherchieren möchte, muss das passende Klassifikationssymbol, eine Folge aus Buchstaben und Zahlen, kennen. Dieses Symbol beschreibt einen Pfad, der schrittweise von allgemeinen zu immer spezielleren Sachgebieten und schließlich zu den Brennstoffzellentypen und den Zellkomponenten führt. Die oberste Hierarchieebene der IPC unterteilt die gesamte Technik in Sachgebiete, so genannte *Sektionen*:

SYMBOL	SEKTIONSTITEL
A	Täglicher Lebensbedarf
B	Arbeitsverfahren; Transportieren
C	Chemie; Hüttenwesen
D	Textilien; Papierwesen
E	Bauwesen; Erdbohren; Bergbau
F	Maschinenbau; Beleuchtung; Heizung; Waffen; Sprengen
G	Physik
H	Elektrotechnik

Die darunterliegenden Ebenen beschreiben immer feiner untergliederte Teilgebiete. Auf die Sektionen folgen zunächst die *Klassen* und die *Unterklassen*. Zu den Brennstoffzellen gelangt man ausgehend von der Sektion H über die elektrochemischen Energiewandler, die galvanischen Zellen:

EBENE	SYMBOL	TITEL
Sektionen	...	...
	H	Elektrotechnik
→ Klassen	H01	Grundlegende elektrische Bauteile
	...	...
→ Unterklassen	...	...
	H01M	Verfahren oder Mittel, z. B. Batterien, für die direkte Umwandlung von chemischer in elektrische Energie
	...	...

Darunter bilden *Hauptgruppen* konkrete Sachverhalte ab, hier die verschiedenen Aspekte der galvanischen Zellen:

SYMBOL	TITEL
H01M 2/00	Bauliche Einzelheiten oder Verfahren zur Herstellung der nichtaktiven Teile
H01M 4/00	Elektroden
H01M 6/00	Primärelemente; Herstellung derselben
H01M 8/00	Brennstoffelemente; Herstellung derselben
H01M 10/00	Sekundärelemente; Herstellung derselben
H01M 12/00	Hybridzellen; Herstellung derselben
H01M 14/00	Elektrochemische Strom- oder Spannungserzeuger, soweit nicht von 6/00 bis 12/00 umfasst
H01M 16/00	Bauliche Vereinigungen verschiedener Arten von elektrochemischen Strom- und Spannungserzeugern

Der vollständige Pfad zu den Brennstoffzellen – „Brennstoffelemente“ in der IPC – lautet also H01M 8/00. Allgemeine Zellkomponenten von galvanischen Zellen finden sich in den Hauptgruppen 2/00 und 4/00. Wie alle Hauptgruppen enden diese auf „00“. Darunter folgen als letzte Ebene die Untergruppen, deren Symbole mit höheren Zahlen enden (siehe Tab. 1). Die Punkte vor den Titeln stufen die Untergruppen weiter ab, so dass Zwei-Punkt-Gruppen von Ein-Punkt-Gruppen abhängen usw. In diesem Fall hängt nur die Untergruppe 8/12 von 8/10 ab und stellt eine Spezifizierung der Brennstoffzellen mit festem Elektrolyt dar.

TAB. 1: DIE BRENNSTOFFZELLE IN DER IPC [3]

8/00	Brennstoffelemente; Herstellung derselben
8/02	. Einzelheiten (von nichtaktiven Teilen 2/00, von Elektroden 4/00)
8/04	. Zusätzliche Geräte oder Verfahren, z. B. zur Steuerung des Drucks, für die Zirkulation von Gasen oder Flüssigkeiten
8/06	. Kombination eines Brennstoffelements mit Mitteln zur Herstellung der reagierenden Stoffe oder zum Behandeln der Rückstände (regenerierbare Brennstoffelemente 8/18; Herstellung der reagierenden Stoffe an sich, siehe Sektion B oder C)
8/08	. Brennstoffelemente mit wässrigem Elektrolyten
8/10	. Brennstoffelemente mit festem Elektrolyten
8/12	. . bei hoher Temperatur arbeitend, z. B. mit stabilisiertem ZrO_2-Elektrolyten
8/14	. Brennstoffelemente mit geschmolzenem Elektrolyten
8/16	. Biochemische Brennstoffelemente, d. h. Elemente, in denen Mikroorganismen als Katalysatoren wirken
8/18	. Regenerierbare Brennstoffelemente
8/20	. Indirekte Brennstoffelemente, z. B. Redox-Element (8/18 hat Vorrang)
8/22	. Brennstoffelemente, bei denen der Brennstoff aus Stoffen besteht, die Kohlenstoff oder Sauerstoff oder Wasserstoff und andere Elemente enthalten; Brennstoffelemente, bei denen der Brennstoff aus Stoffen besteht, die weder Kohlenstoff, Sauerstoff noch Wasserstoff enthalten
8/24	. Zusammenfassen von Brennstoffzellen in Batterien, z. B. Module

Hier trifft man schließlich auf die verschiedenen Brennstoffzellentypen: AFC und PAFC in 8/08, PEMFC und DMFC in 8/10, SOFC in 8/12, MCFC in 8/14. Komponenten und Peripheriegeräte von Brennstoffzellen sind in 8/02 bzw. 8/04 eingeordnet. Diese Feingliederung ermöglicht nun eine zielgerichtete Suche in einem engen Bereich.

Mitunter spielen auch andere, von Brennstoffzellen unabhängige Gebiete eine Rolle, beispielsweise die Gruppe B60K 1/04 mit den BZ-Fahrzeugantrieben und die Unterklasse F24D mit Heizungs- und Warmwasserversorgungssystemen. Ebenfalls interessant ist die Brenngaserzeugung, -reformierung und -reinigung. Dieser zur Wasserstofftechnik zählende Bereich wird im Folgeteil in der nächsten HZwei-Ausgabe behandelt.

BEISPIEL: NAMENSRECHERCHE Welche Patentschriften aus dem Bereich SOFC sind auf die Hexis AG eingetragen?

Dieser Hersteller von BZ-Heizgeräten hieß früher Sulzer Hexis. In der Einsteiger- oder Expertenrecherche von DEPATISnet [2] werden die Firmennamen mit Platzhalter „?“ im Anmelder-Suchfeld „PA“ eingetragen. Außerdem wird die Suche auf den Bereich SOFC eingeschränkt. Dazu dient das Feld „MCD“ für die reklassifizierte IPC, unter der Dokumente zum Zweck der Recherche immer nach der aktuellen IPC-Version ablegt sind. Hier ist die aus Tab. 1 bekannte Untergruppe für Festoxid-BZ einzugeben, bei der Expertenrecherche eingeschlossen in Hochkommata. Die vollständige Eingabe lautet dann:

PA=(sulzer? ODER hexis?) UND MCD=‘H01M 8/12‘

Es werden mehr als 180 Treffer gemeldet. Die Zahl der einzelnen Erfindungen ist aber geringer, da u. a. für einige von ihnen Dokumente aus mehreren Staaten vorliegen. Mit der Funktion „Familienrecherche“ werden solche zusammengehörigen Dokumente als Patentfamilie angezeigt.

BEISPIEL: SACHRECHERCHE Gibt es eine Brennstoffpatrone für eine Direkt-Methanol-BZ, die gleichzeitig das in der Zelle entstehende Reaktionswasser aufnehmen kann?

Am häufigsten trifft man in der BZ-Technik auf Patentdokumente in den Sprachen Englisch, Deutsch und Japanisch. Zusammenfassungen japanischer Anmeldungen liegen auch in englischer Übersetzung vor, so dass man sich für eine einfache Recherche meist mit englischen und deutschen Suchbegriffen begnügen kann. In diesem Beispiel wird gesucht nach *Brennstoffpatrone* bzw. *fuel cartridge* im Feld „TI“ für den Titel und nach *Wasser* bzw. *water* im Feld „BI“ für den Volltext. Mit Hilfe des Operators „(W)“ wird angezeigt, dass zwei Begriffe im durchsuchten Text unmittelbar aufeinander folgen. Eingeschränkt auf die passende Untergruppe lautet die Eingabe in der Expertenrecherche:

MCD=‘H01M 8/06‘ UND
TI=(Brennstoffpatrone ODER fuel(W) cartridge) UND
BI=(Wasser ODER water)

Unter den etwa 14 Treffern finden sich mehrere Patronen mit dem gesuchten Merkmal, z. B. die Zwei-Kammer-Patrone im japanischen Dokument JP 2003092128.

Solch einfache Anfragen lassen sich problemlos mittels DEPATISnet oder der Datenbank des Europäischen Patentamts [4] bewältigen. Zahlreiche Suchfelder und Operatoren ermöglichen hier eine sehr gezielte Dokumentensuche. Dem ambitionierten Rechercheur steht darüber hinaus eine Vielzahl weiterer Informationssysteme offen [5]. ||

→ www.ib-fuener.de

*Fortsetzung → Weitere Patentinformationen für den Bereich **Wasserstoff** folgen im 2. Teil dieser Kurz-Serie im Januar-Heft der HZwei.*

Literatur:

- *[1] FIZ Karlsruhe und STN International, www.fiz-karlsruhe.de*
- *[2] Patentinformationssystem des DPMA, www.depatisnet.de*
- *[3] Elektronische Version der IPC, www.depatisnet.dpma.de/ipc*
- *[4] Patentinformationssystem des Europ. Patentamts, www.espacenet.com*
- *[5] Bendl, E.; Weber, G.: Patentrecherche und Internet, C. Heymanns, 2004*

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

Thema: Niedersachsen | **Autor:** Matthias Jahnke

BRENNSTOFFZELLEN ZWISCHEN FORSCHUNG UND ANWENDUNG

BZ-Technologie „Made in Niedersachsen“

Das Brennstoffzellen-Forum 2006

Die Brennstoffzellentechnik steht mehr und mehr im Fokus der Öffentlichkeit. Doch während in einigen Anwendungsfeldern bereits marktreife Brennstoffzellensysteme zum Einsatz kommen, wird an vielen Stellen noch an der Entwicklung wettbewerbsfähiger Techniken gearbeitet. Es stellt sich daher die Frage, welche konkreten Anwendungen sich heute schon realisieren lassen. In vielen deutschen Bundesländern gibt es förderale Initiativen, die gemeinsam mit den jeweils vor Ort ansässigen Unternehmen nach entsprechenden Antworten suchen. Im Flächenland Niedersachsen koordiniert die *Landesinitiative Brennstoffzelle Niedersachsen* die dortigen Aktivitäten.

Die Landesinitiative wurde 2004 mit Unterstützung des Landes Niedersachsen sowie der ortsansässigen Industrie ins Leben gerufen und treibt seitdem die technologische Entwicklung der Brennstoffzellentechnologie erfolgreich voran. Das erklärte Ziel ist, die vielfältigen Einzelkompetenzen in einem kooperativen Netzwerk zu bündeln, um die technische Weiterentwicklung zu forcieren und nachhaltige Markterfolge systematisch vorzubereiten. Das Land arbeitet, vertreten durch das niedersächsische Wirtschafts-, Umwelt- und Wissenschaftsministerium, eng mit regionalen Industrieunternehmen und innovativen KMU zusammen. Darauf ausgerichtet stehen allein für die nächsten zwei Jahre rund 12 Mio. Euro für innovative Forschungs- und Kooperationsprojekte zur Verfügung.

Forums-Teilnehmer: Umweltminister Hans-Heinrich Sander [Quelle: MU Niedersachsen]

SYSTEMATISCHE PROJEKTARBEIT ALS ERFOLGSBASIS Mit den Entwicklungslinien SOFC, HT-PEM und DMFC treibt die Landesinitiative drei technologische Entwicklungslinien voran. Konsequenterweise stellen nahezu alle Forschungs- und Kooperationsprojekte inhaltlich und zeitlich aufeinander abgestimmte Schritte entlang dieser Entwicklungslinien dar. Inzwischen haben mehr als 50 Akteure – darunter zahlreiche KMU – insgesamt weit mehr als 20 Mio. Euro in geförderte Entwicklungsprojekte des Landes, des Bundes und der EU investiert. Diese Projektarbeiten sind zugleich Anknüpfungspunkte für neue Netzwerkpartner, die bislang noch nicht in der Brennstoffzellentechnologie engagiert waren. So ist der Partnerpool der Landesinitiative Brennstoffzelle Niedersachsen inzwischen auf über 300 Akteure angewachsen.

DREI KOMPETENZKNOTEN – EINE TECHNOLOGIE Alle Aktivitäten der Landesinitiative werden durch deren zentrale Geschäftsstelle koordiniert, wobei die Technologie- und Produktentwicklung in drei technologiespezifischen Kompetenzknoten vorangetrieben und von industriellen Kooperationspartnern unterstützt wird. Im Einzelnen sind dies

- der von der EWE AG begleitet Kompetenzknoten *Dezentrale Energie und Handwerk* in Oldenburg,
- der von der H.C.Starck GmbH unterstützte Kompetenzknoten *Wissenschaft und SOFC-Entwicklung* an der TU Clausthal und
- der in Zusammenarbeit mit der Volkswagen AG operierende Kompetenzknoten *Mobile Anwendungen* am Standort Wolfsburg.

BRENNSTOFFZELLEN-FORUM Einen umfassenderen Einblick in die Aktivitäten der Landesinitiative vermittelt das *Niedersächsische Brennstoffzellen-Forum*, das am 30. Oktober 2007 im Novotel Hannover stattfindet. Dort wird ausführlich über konkrete Marktchancen sowie den aktuellen Entwicklungsbedarf der Industrie informiert. Zudem wird das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie über den Entwicklungsstand des *Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP)* der Bundesregierung berichten. Der Themenschwerpunkt lautet wie das Motto des Brennstoffzellen-Forums: Die *Brennstoffzelle zwischen Forschung und Anwendung*. ||

→ *www.brennstoffzelle-nds.de*

Autor:

Dr. Matthias Jahnke
Geschäftsstelle Landesinitiative Brennstoffzelle Niedersachsen, Göttingen
→ jahnke@brennstoffzelle-nds.de

Thema: Sicherheit | **Autor:** Sven Geitmann

LUFT IST NICHT GLEICH SAUERSTOFF

Wasserstoff steigt nicht immer nach oben

Wasserstoff ist leichter als Luft. Das gilt auch für Gemische von Wasserstoff mit Umgebungsluft. Das hat sich mittlerweile herumgesprochen. Aber diese simple Feststellung führt mitunter zu übertriebener Unachtsamkeit, was in Einzelfällen verheerende Folgen haben kann. Denn Gasgemische aus *Sauerstoff* und *Wasserstoff* können sich durchaus auch mal am Boden ansammeln. Das Beispiel eines Großbrandes in einer Chemiefabrik belegt, dass stets auf die genaue Gemischzusammensetzung zu achten ist.

Wasserstoff ist ein chemisches Element und gehorcht somit den chemischen und physikalischen Gesetzmäßigkeiten. Hat man mit Wasserstoff zu tun, sollte man sich daher mit diesen Gesetzmäßigkeiten gut auskennen und die Sicherheitsregeln stets gewissenhaft beherzigen.

Obwohl diese Grundsätze allseits bekannt sind, ist es unlängst in einer Chemiefabrik zu einem Feuer gekommen, bei dem lange Zeit der tatsächliche Grund für die Entzündung nicht ausfindig gemacht werden konnte. Es war aus zunächst ungeklärter Ursache während der Nachtschicht ein Feuer ausgebrochen. Die unverzüglich vor Ort erscheinende Werkfeuerwehr konnte zwar das Schlimmste verhindern - die Flammen griffen nicht auf umliegende Gebäude über -, aber trotzdem fielen viele Chemikalien dem Feuer zum Opfer. Nach Unternehmensangaben ging der Brandschaden in die Millionen.

Anschließend untersuchten Brandexperten der Kriminalpolizei den Unglücksort, und auch von Seiten der Versicherung wurde ein Brandsachverständiger hinzugezogen: Dr.-Ing. Henry Portz aus Fellbach-Oeffingen. Der Diplom-Ingenieur für Brandschutz und öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Brand- und Explosionsursachen untersuchte die Anlage und stellte fest: „Die Sicherheitsbestimmungen wurden alle erfüllt. Wasserstoff trat lediglich an einer einzigen Stelle aus, wie es auch vorgesehen war. Dort wurde der Wasserstoff durch eine starke Lüftungsanlage unschädlich gemacht."

Erst als Portz eine Reihe von Berechnungen und Experimenten vollzog, fand er eine Erklärung, die eigentlich offensichtlich, gleichzeitig aber auch überraschend ist: Wasserstoff (H_2) ist das leichteste aller Elemente und auch nach der Durchmischung mit Umgebungsluft steigt er nach oben. Wird Wasserstoff jedoch mit reinem Sauerstoff (O_2) vermischt, können diese Gemische durchaus schwerer als Luft sein. Hierbei ist sehr genau zwischen Sauerstoff und Luft zu unterscheiden, denn reiner Sauerstoff ist schwerer als Luft.

Der Deutsche Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband e.V. (DWV) wies in einer Stellungnahme darauf hin, dass Sauerstoff-Wasserstoff-Gemische bis zu einem Anteil von 10,5 Vol.-% Wasserstoff schwerer als Luft sind. Der DWV-Geschäftsführer Dr. Ulrich Schmidtchen erklärte: „Wenn der Wasserstoffanteil 4 % überschreitet, ist das Gemisch explosionsfähig. Allerdings geht bei der Anwesenheit von Sauerstoff in einer Konzentration von mindestens 90 % die eigentliche Gefahr wohl eher von diesem aus. Was die restlichen Prozente ausmacht, dürfte ein Effekt zweiter Ordnung sein. Wenn gerade kein Wasserstoff da ist, findet der Sauerstoff etwas anderes, um damit zu reagieren. Es ist erstaunlich, was in Gegenwart von konzentriertem Sauerstoff so alles brennt, und das durchaus explosionsähnlich."

O_2-H_2-Gemische, wie sie zum Beispiel bei der elektrolytischen Verzinkung auftreten, können sich also bei einem bestimmten Mischungsverhältnis am Boden ansammeln. Ähnlich ist es bei Wasserstoff-Chlorwasserstoff-Gemischen, wie sie bei der Auflösung von Metallen in Salzsäure sowie bei der Bearbeitung von Reinstsilizium auftreten, wenn diese aus weniger als 22,3 Vol.-% Wasserstoff bestehen. Werden keine geeigneten Gegenmaßnahmen ergriffen, kann es in Bodennähe zu Entzündungen kommen. Eine Absaugung an der Decke hilft in solchen Fällen wenig. ||

→ *www.dr-portz-brandschutz.de*

Literatur:

Portz, H., Sicherheitsingenieur, Unterschätzte Explosionsgefahren bei brennbaren binären Gas- oder Dampfgemischen, 2/2006

TECHNIK DER ZUKUNFT

[Quelle: GM]

Es hat etwas gedauert, aber jetzt ist er da: der HydroGen4 von General Motors. Anfang September präsentierte der US-amerikanische Automobilkonzern die vierte Generation seiner Brennstoffzellen-Testfahrzeuge am Frankfurter Flughafen. Insgesamt 100 Exemplare dieses Modells sollen in den nächsten Monaten in einer Kleinserie produziert werden, um sie ab Herbst 2007 – zunächst in den USA – im Straßenbetrieb erproben zu können. Als potentieller Testfahrer hat Otto Normalverbraucher allerdings keine Chance, in diesen Genuss werden im Rahmen des Test- und Demonstrationsprogramms Project *Driveway* nur ausgesuchte Kunden kommen.

Zehn dieser 73 kW starken Autos werden ab 2008 in Berlin im Rahmen der 2. Phase der Clean Energy Partnership unterwegs sein. Extra hierfür ist der Umbau der beiden Berliner H_2-Tankstellen geplant, damit die mit einem 700-bar-Gasdruckbehälter ausgerüsteten Fahrzeuge betankt werden können. Von der LH_2-Speicherung hat sich GM nun endgültig verabschiedet. „Hauptgrund dafür sind die unvermeidlichen Abdampfverluste bei Flüssigwasserstoff", so Udo Winter, Direktor GME Fuel Cell Activities.

Der HydroGen4 basiert nicht mehr auf dem Zafira, sondern entspricht der europäischen Version des Chevrolet Equinox Fuel Cell. Der Brennstoffzellen-Stack mit einer Leistung von 93 kW besteht aus insgesamt 440 in Reihe geschalteten Einzelzellen, die ausreichend Energie liefern, um das Auto mit Hilfe des Synchron-Elektromotors in zwölf Sekunden von Null auf 100 beschleunigen zu können. Als Maximalgeschwindigkeit gibt GM 160 Stundenkilometer an. Zur Reichweite erklärt der Leiter der Brennstoffzellenentwicklung bei GM Europa, Lars-Peter Thiesen, mit einer Tankfüllung von 4,2 kg H_2 habe der Hydrogen4 eine Reichweite von 320 km. Gegenüber seinem Vorgänger hat der HydroGen4 nach Angaben von GM deutlich an Alltagstauglichkeit, Dynamik und Systemhaltbarkeit gewonnen.

Carl-Peter Forster, Präsident von General Motors Europe, unterstreicht wiederholt seinen festen Willen, BZ-Autos reif für den Alltagseinsatz zu machen. „Der Brennstoffzellen-Antrieb mit Wasserstoff als Kraftstoff steht für das Bekenntnis von General Motors, das Automobil aus der Umweltdebatte herauszuführen und unsere Abhängigkeit vom Erdöl zu reduzieren. […] Wir glauben, das ist die Technik der Zukunft." Nicht ohne Grund also hat das Unternehmen bereits deutlich mehr als eine Milliarde Dollar in seine Forschungsarbeiten in Deutschland, Japan und USA investiert. „Anfang des nächsten Jahrzehnts sollen unsere Autos für Privatkunden bezahlbar sein", stellt Thiesen in Aussicht. ||

FORD RAST ALLEN DAVON

Der amerikanische Autokonzern Ford hat während der Bonneville Speed Weeks auf einem Salzsee in Utah, USA mit seinem Fusion Hydrogen 999 einen neuen Geschwindigkeitsweltrekord für Brennstoffzellenfahrzeuge aufgestellt. Am 15. August 2007 raste das in Zusammenarbeit mit dem Brennstoffzellenspezialisten Ballard, dem Ford-Tuner Roush und der Ohio State University aufgepeppte Auto allen davon. Der Bonneville-Veteran und pensionierte Ford-Mitarbeiter Rick Byrnes erreichte ein Spitzentempo von 333,6 Stundenkilometer und überbot damit die bisherige Bestmarke um über 70 km/h. Angetrieben wird der Rennwagen von einem rund 770 PS starken Elektromotor, der mit Hilfe einer Brennstoffzelle mit Strom versorgt wird.

Buckeye Bullet 2 [Quelle: Ohio State University]

Als ärgster Konkurrent entpuppte sich wie erwartet Buckeye Bullet 2, der Nachfolger des schnellsten Elektrofahrzeugs der Welt, das im Jahr 2004 die Bestmarke bei 507 km/h gesetzt hatte. Der Streamline Racer beschleunigte im 2. Gang bis auf rund 320 km/h bei 9.500 Umdrehungen. Entwickelt wurde er – genau wie der Hydrogen 999 – von Studenten der Ohio State University, die von Ballard, Ford und Rush Unterstützung erhielten. Das erklärte Ziel des Teams ist der Durchbruch der 300-mph-Marke (481 km/h) im Oktober dieses Jahres. ||

F-CELL FÄHRT MIT ERDWÄRME

[Quelle: DaimlerChrysler]

Die Energie, die aus der Tiefe kommt: Geothermie. Aus dieser in Island reichlich vorhandenen Erdwärme erzeugt Reykjavik Energy Wasserstoff und betankt damit die Mercedes-Benz-A-Klasse. Der F-Cell ist damit das erste Brennstoffzellenauto, das auf der nordischen Insel mit umweltfreundlich erzeugtem geothermischem Wasserstoff unterwegs ist.

DaimlerChrysler hat das erste Fahrzeug Mitte Juli an die beiden Energieversorgungsunternehmen Landsvirkjun und Reykjavik Energy übergeben, die es in ihren Fuhrparks zunächst für ein Jahr unter realistischen Bedingungen einsetzen wollen. Gudmundur Thoroddsson, CEO von Reykjavik Energy, erklärt: „Wir sind davon überzeugt, dass Fahrzeugen mit Brennstoffzellenantrieb die Zukunft gehört." Prof. Dr. Herbert Kohler, Leiter Konzernforschung bei der DaimlerChrysler AG, fügt hinzu: „Der Einsatz unserer A-Klasse mit Brennstoffzellenantrieb in Island ist ein Musterbeispiel für nachhaltige Mobilität. Denn der Wasserstoff wird vor Ort mit geothermischer Energie oder Wasserkraft hergestellt. Hundertprozentig umweltfreundliches Fahren ist damit in Island bereits Realität." Anfang 2008 will DaimlerChrysler das nächste F-Cell-Modell nach Island liefern.

Neben diesen Brennstoffzellenaktivitäten beabsichtigt Daimler auch ein verstärktes Engagement in der Batterietechnik. Während der IAA kündigte der Daimler-Vorstandschef Zetsche an, dass künftig alle Mercedes-Modelle hybridfähig sein würden. Er betonte: „Mit Lithium-Ionen-Batterien sind wir in einzelnen wichtigen Feldern führend." Dies bedeute jedoch keine Abkehr von der Brennstoffzelle, denn im Hinblick auf die Umweltverträglichkeit sagte Zetsche, münde letztendlich alles in der Brennstoffzelle. „Ich habe meine eigene Position dazu in den vergangenen zwei Jahren weiterentwickelt", erklärte er und fügte hinzu: „Es fehlte an einer industriellen Produktionsentwicklung. Da sind wir jetzt mit großer Macht dran."

Trotz dieses verstärkten Engagements prognostizieren die Stuttgarter für die Brennstoffzellentechnik einen eher kleinen Marktanteil. Thomas Weber, Vorstand Entwicklung Mercedes-Benz, erklärte gegenüber Auto Motor Zubehör (AMZ) im September-Heft: „Wasserstoff wird wohl selbst langfristig kaum über zehn Prozent Anteil an allen Energieträgern hinauskommen." ||

SWATCH PLANT ÖKOLOGISCHEN SMART

Was haben Uhren und Autos gemeinsam? Eigentlich nicht viel, außer das beide recht komplizierte technische Geräte sind. Und dass 1994 schon einmal ein Uhrenmacher eine Autofirma gründete. Anscheinend ist da aber doch noch etwas mehr dran, denn der schweizerische Uhrenkonzern Swatch Group AG hat Ende August bekannt gegeben, ins Autogeschäft einsteigen zu wollen. Der häufig als *Uhrenkönig* bezeichnete Unternehmens-Chef Nicolas G. Hayek ließ vermelden, fortan zusammen mit dem Westschweizer Stromunternehmen Groupe E sowie weiteren Beteiligten umweltfreundliche Autos bauen zu wollen.

Zunächst solle ein Gemeinschaftsunternehmen für erneuerbare Energie gegründet werden, hieß es. Das Privatunternehmen von Mr. Swatch, Hayek Energinieering AG, solle daran gemeinsam mit Swatch die Mehrheit von 51 Prozent halten. Weitere Anteile lägen bei Groupe E, einer großen internationalen Bank, bei eidgenössischen Hochschulen sowie anderen interessierten Gruppen.

Ziel der Kooperation sei, auf Wasserstofftechnologie und Brennstoffzellen basierende Systeme zur Produktion von Elektrizität zu entwickeln, zu produzieren, zu vermarkten und anschließend zu vertreiben. Dabei soll die Bevölkerung nicht nur im mobilen Sektor, sondern auch im Hausgebrauch

- **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

Internationale Konferenz zur Sicherheit von Wasserstoff in San Sebastián beendet ... Linde nimmt zweiten Wasserstoff-Verflüssiger in Leuna in Betrieb ... Europäische Kommission steht vor bedeutenden Entscheidungen über Wasserstoff und Brennstoffzellen

mit Elektrizität versorgt werden. Die Gründung des Gemeinschaftsunternehmens solle in den nächsten Monaten erfolgen, sagte Groupe-E-Generaldirektor Philippe Virdis. Der Name der Firma sei jedoch noch unbekannt. Ein Börsengang des neuen Unternehmens könnte zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.
Die Ursprünge zu dieser Idee entstammen noch der Zeit, als sich Hayek in den 1990er Jahre an der Entwicklung des Smarts beteiligte. Sein damaliger Grundgedanke war, ein kleines buntes Auto zu entwickeln, bei dem - ähnlich wie bei den Swatch-Uhren - das Chassis ausgewechselt werden kann und das zudem spritsparend sei. Da aber seine Hybrid-Ideen auf wenig Gegenliebe beim Projektpartner Daimler-Benz stießen, verkaufte Hayek 1998 seine Anteile. Jetzt unternimmt er einen 2. Anlauf. ||

HYUNDAI-WELTPREMIERE AUF IAA

[Quelle: Hyundai]

Der größte koreanische Automobilhersteller Hyundai präsentierte während der Internationalen Automobil Ausstellung (IAA) in Frankfurt erstmalig die Studie eines Mittelklassewagens, der mit einer 100-kW-Brennstoffzelle ausgestattet ist: der i-Blue - interne Bezeichnung: *NEOS IV*. Konzipiert ist diese *Steilhecklimousine*, deren Vorstellung als Weltpremiere gefeiert wurde, als 2+2-sitziges Crossover Utility Vehicle (CUV).

Die Brennstoffzelle entwickelte das zu Hyundai gehörige Eco-Technology Research Institute mit Sitz in Mabuk. Der Stack entstammt der 3. Entwicklungsgeneration und ist an eine 450-V-Batterie gekoppelt. Mit Hilfe des 115 Liter großen Tanks soll der Dreitürer auf eine Reichweite von 600 km kommen. Das moderne Outfit mit blau illuminiertem Kühlergrill und ebenso strahlenden Scheinwerfern stammt aus dem japanischen Technik- & Design-Center in Chiba.

Hyundai verabschiedet sich mit dem i-Blue von seinem bisherigen Brennstoffzellenkonzept, bei dem die SUV-Modelle Santa Fe und Tucson als Basismodelle dienten, die mehr oder weiniger an die BZ-Technik angepasst worden waren. Mit der vorliegenden Studie steht erstmalig der Wasserstoff im Mittelpunkt, für den ein geeignetes Auto konzipiert wurde. ||

KEINE ALKOHOL AM STEUER

Der *Alcoguard* soll dank neuster Technik für mehr Sicherheit auf Schwedens Straßen sorgen. Seit September verkauft Volvo Alkoholtestsysteme, in die der Fahrer vor jedem Startvorgang hinein pusten muss. Die kleinen mobilen Geräte analysieren die Zusammensetzung der Atemluft und übertragen die Daten über Funk an die Fahrzeugelektronik. Wird der erlaubte Alkoholgrenzwert überschritten, lässt sich das Fahrzeug nicht mehr starten.

[Quelle: Volvo]

Der Alkoholwächter ist von der Größe eine Fernbedienung und wird in einem Fach in der Frontkonsole untergebracht, wo er auch geladen wird. Betrieben wird er mit einer Brennstoffzelle. Befindet sich Alkohol in der Atemluft, wird ihr dieser quasi als Treibstoff zugeführt und es fließt Strom. Eine rote Diode zeigt dann an, dass das Fahrzeug blockiert wird. Eine gelbe empfiehlt, nicht zu fahren, obwohl der Start freigegeben wird. Eine grüne signalisiert: Start frei.

Das derzeit für 850 Euro erhältliche System soll demnächst auch auf anderen Märkten angeboten werden. Volvo stellt sich vor allem Flottenbetreiber, Behörden und Taxiunternehmen als Kunden vor.

„Alcoguard unterstützt den Fahrer im wörtlichen Sinne darin, nüchterne Entscheidungen zu treffen", sagt Ingrid Skogsmo, die Direktorin vom Volvo-Sicherheitszentrums.||

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

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

© Oliver Knauff

HYDROGENIUS HEBT AB

[Quelle: Universität Stuttgart]

Hydrogenius vereint die wesentlichen Aspekte seines Wesens bereits in seinem Namen: Wasserstoff (engl. hydrogen) und Genie (Synonym für Genius). Was sich in Realität dahinter verbirgt, ist ein Flugzeug mit Brennstoffzellenantrieb. Grundlage für die Entwicklung ist das Solarflugzeug *icaré II*, das bereits Anfang der 1990er Jahre an der Universität Stuttgart entwickelt wurde und bis heute als das leistungsfähigste bemannte Solarflugzeug gilt.

Hinter dem Namen verbirgt sich ein Leichtflugzeug mit einer Spannweite von 18 Metern und einer Gesamtlänge von acht Metern. In dessen Rumpf soll ein Brennstoffzellensystem integriert werden, damit dann später einmal ein 700 km langer Flug ohne jeglichen Schadstoffausstoß möglich ist. Die Detailkonstruktion dafür wurde bereits in Angriff genommen, obwohl noch nicht einmal die Finanzierungsfrage für dieses 1,6-Mio.-Euro-Projekt endgültig geklärt werden konnte. Mitte September sagten allerdings SolviCore und GSR Ventiltechnik ihr Mitwirken zu. Professor Rudolf Voit-Nitschmannn, der die Leitung dieses Projektes innehat, erklärt: „Wenn die Finanzierung gelingt, wird Hydrogenius dazu beitragen, die Leistungsfähigkeit der Brennstoffzellentechnik und der deutschen Ingenieurkunst unter Beweis zu stellen. Gleichzeitig werden mit den Forschungsarbeiten zu Themen wie Aerodynamik, Bauweise und Materialien die Kompetenzen der beteiligten Wissenschaftler und Studierenden im Flugzeugbau gestärkt."

Mit dem Entwurf dieses Flugzeugs haben die Stuttgarter vergangenes Jahr bereits den renommierten Berblinger Preis der Stadt Ulm gewonnen, obwohl Hydrogenius noch nicht einmal abgehoben ist. Das soll aber bis 2010 der Fall sein. Dann soll das Projekt der Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik der Universität Stuttgart abgeschlossen sein. Bis dahin haben die Studenten aber noch viel zu tun.

Erste Einblicke ins Konzept sowie ein Modell gibt es während der f-cell in Stuttgart zu sehen gab (s. S. 4). ||

ZUKUNFTSMUSIK

„Wasserstoffautos sind noch Zukunftsmusik" – so lautet das Urteil des Büros für Technikfolgenabschätzung (TAB) am Deutschen Bundestag. In einem Bericht, den das TAB im Auftrag des Ausschusses für Bildung und Forschung anfertigte (Drucksache 16/5325), hat es eine Zusammenfassung über den gegenwärtigen Stand der wissenschaftlichen Diskussion abgeliefert und stellte darin fest, dass im Straßenverkehr große Einsparpotenziale liegen. Vor allem die herkömmlichen Ottomotoren könnten durch Biokraftstoffe wie Erdgas oder Wasserstoff ihren Schadstoffausstoß reduzieren, so heißt es.

Die Nutzung von Wasserstoff als Antriebsmittel befindet sich nach Einschätzung der Verfasser allerdings noch in der Entwicklungsphase. Eine „nennenswerte Marktdurchdringung" sei frühestens in 15 bis 20 Jahren zu erwarten. Außerdem sei die weitere Umweltwirkung von Wasserstoff, zum Beispiel auf die Ozonbildung, nicht ausreichend erforscht. Das Büro für Technikfolgenabschätzung schlägt daher vor, die gemeinsame internationale Forschung voranzutreiben und internationale Standards festzulegen.

Hybridfahrzeugen bescheinigt das TAB ein „erhebliches Entwicklungspotenzial", allerdings seien sie für Langstrecken ungeeignet. Im Bereich der Biokraftstoffe sieht das TAB die Technologieentwicklung „nahezu ausgereift". „Erhebliche Potenziale für die Zukunft" hätten dagegen neuere Biokraftstoffe wie die Biomassevergasung oder Bioethanol aus Zellulose. ||

AIR LIQUIDE KAUFT LURGI

François Venet

Mitte Juli hat die GEA Group nach der Zustimmung der Kartellbehörden den Verkauf von Lurgi an Air Liquide abgeschlossen. Das französische Gaseunternehmen Air Liquide S.A. erwarb die Anteil von Lurgi für einen Unternehmenswert von 200 Mio. Euro.

Lurgi gilt als eines der weltweit führenden Technologie-Unternehmen für Verfahrenstechnik und Anlagenbau mit einem umfangreichen Know-how auf dem Gebiet der Wasserstoff- und Synthesegaserzeugung, der Biokraftstoffe sowie bei Methanol. Insbesondere auf dem Biodieselmarkt zählen die Frankfurter zu den Marktführern. Ende 2006 hat Lurgi den Auftrag zum Bau einer Wasserstoffanlage in Kalifornien von Praxair Inc. erhalten. Die aus zwei Produktionssträngen bestehende Anlage, die knapp 7 Mrd. Nm^3 Wasserstoff pro Tag erzeugen kann, wird die größte sein, die Lurgi weltweit gebaut hat. Sie soll im Herbst 2008 in Betrieb gehen.

Durch den Kauf erhalten die Franzosen nun Zugang zu den Zukunftsmärkten für Coal-to-Liquids (CTL) und Coal-to-Chemicals (CTC). Die Mitarbeiterzahl im Bereich Energineering verdoppelt sich dadurch auf 2.800. Die GEA konzentriere sich jetzt ganz auf den ertrags- und wachstumsstarken Spezialmaschinenbau, heißt es.

Mitte September ernannte der Lurgi-Aufsichtsrat François Venet zum neuen stellvertretenden Vorstandsvorsitzenden. Venet ist seit 1986 bei der Air Liquide Group tätig. Von 1992 bis 2002 arbeitete er für die Air Liquide America

Corp. in den Vereinigten Staaten, wo er verschiedene Positionen bekleidete. Bis 2004 war der 45-Jährige als Vice President Strategy & Acquisitions in der Zentrale des Air Liquide Konzerns in Frankreich tätig. Zuletzt bekleidete er die Position des Director European Integration & Development, bevor er nun mit Wirkung zum 23. Juli 2007 zum Vorstandsmitglied benannt wurde.

Venet übernimmt die Aufgaben von Dr. Stephan Reimelt (50), der am 30. September auf eigenen Wunsch aus dem Unternehmen ausschied. Reimelt war seit dem 1. Dezember 2005 Mitglied des Lurgi-Vorstands und verantwortlich für das Ressort Vertrieb. ||

SAUBERE ZWEIRÄDER

Die Masterflex Brennstoffzellentechnik GmbH hat Mitte Juli einen Großauftrag zur Lieferung von 14.000 batteriebetriebenen Elektrofahrrädern erhalten. Diese Order stellt den größten Auftrag in der Firmengeschichte der börsennotierten Masterflex AG dar. Der Vorstand zeigte sich davon überzeugt, dass dies für das gesamte Unternehmen ein entscheidender Schritt zur Erschließung des Marktes für Leichtmobilfahrzeuge ist. Die Auftragserteilung an das Gelsenkirchener Unternehmen erfolgte über die mehrheitliche Tochtergesellschaft CAB, Berlin. Produziert werden die Räder allesamt in Deutschland. Die Auslieferung könnte ab November 2007 erfolgen und soll bis zum Sommer 2008 abgeschlossen sein. Wer allerdings der Kunde ist, war bisher noch nicht zu erfahren.

An brennstoffzellenbetriebenen Zweirädern arbeitet derzeit Horizon Fuel Cell Technologies. Bis zu den Olympischen Winterspielen 2010 im kanadischen Vancouver will das Unternehmen aus Hongkong die Fahrräder mit Brennstoffzellen-Zusatzantrieb (300 Watt) auf den Markt bringen, berichtet Technology Review. Als Wasserstoffspeicher wird ein Metallhydrid herangezogen. Die Systemintegration liegt in den Händen des kanadischen Partners iGreen. ||

BZ-INITIATIVE SACHSEN GEGRÜNDET

Es hat etwas gedauert, aber nun existiert das sächsische Brennstoffzellennetzwerk auch in offizieller Form. Am 25. Mai fand die Gründungsversammlung der Brennstoffzellen Initiative Sachsen e.V. (BZS) in Dresden statt. Ziele des Vereins sind die Förderung von Wissenschaft, Forschung, Innovation und Bildung auf dem Gebiet der Brennstoffzellentechnologie im Freistaat Sachsen sowie die Förderung des Know-how-Transfers zwischen den einzelnen Akteuren. Als Vorstände wurden Michael Stelter vom Fraunhofer IKTS sowie Hartmut Krause von der DBI GmbH gewählt. ||

MESSEN UND KONGRESSE

ERNEUERBARE ENERGIEN | ENERGIEEFFIZIENZ | BAUEN & SANIEREN

2008

CEP CLEAN ENERGY POWER®
07. - 09.03.2008 Stuttgart, Deutschland

RENEXPO® Central and South-East Europe
24. - 26.04.2008 Budapest, Ungarn

DENEX®
25. - 27.04.2008 Kassel, Deutschland

RENEXPO®
09. - 12.10.08 Augsburg, Deutschland

ETH EnergieTage Hessen®
07. - 09.11.08 Wetzlar, Deutschland

REECO

REECO GmbH | Tel: +49 (0)7121-3016-0 | redaktion@energie-server.de
www.energie-server.de

HYCHAIN IM ALLTAGSTEST

Unterzeichner (v.r.n.l.): Jochen Welt, Antonio Casado (Spanien), Jean Marc Uhry (Frankreich), Ennio Cottafavi (Italien) [Quelle: HyChain]

Das HyChain-Minitrans-Projekt geht in die 2. Phase. Am 20. September versammelten sich die an diesem europäischen Leitprojekt beteiligten Partner im Schloss Herten und unterzeichneten ein Memorandum of Understanding, in dem sie erklärten, dass sie über dieses Vorhaben hinaus gemeinsame Anwendungsfelder entwickeln und fördern werden. Anvisiert sind beispielsweise der Einsatz größerer Fahrzeuge sowie weiterführende Lösungen im Gebäudebereich.

Zunächst ist das Ziel, eine Flotte von 158 Fahrzeugen (44 Kleintransporter, 40 dreirädrige Lastenfahrräder, 34 Rollstühle, 30 Motorroller und zehn Shuttlebusse) im täglichen Gebrauch unter realen Bedingungen zu testen. Angetrieben werden diese Fahrzeuge durch wasserstoffgespeiste Brennstoffzellen. Für den benötigten Kraftstoff wird eine eigene H_2-Infrastruktur aufgebaut: Austauschbare H_2-Kartuschen, die mit einer Clip-on-Technik einfach und sicher bedient werden können. Die Verteilung der über 2.000 Behälter wird durch die in den vier Regionen vorhandenen Netzwerke unterstützt. Bis 2011 sollen die Fahrzeuge zur Marktreife entwickelt werden.

„Der heutige Tag ist ein Meilenstein für die Emscher-Lippe-Region", freute sich der Landrat vom Kreis Recklinghausen, Jochen Welt. Volkhard Riechmann, Abteilungsleiter Energie im Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie NRW, erklärte: „Die Entwicklung und Verbreitung neuer Energietechniken ist eine globale Herausforderung. Daher ist eine intensive Zusammenarbeit auf europäischer Ebene besonders notwendig."

Projektstart dieses auf fünf Jahre angelegten länderübergreifenden 38-Mio.-Euro-Vorhabens war am 15. Januar 2006 in Brüssel (HZwei berichtete April 2006). Interessierte Betriebe, die sich jetzt an der praktischen Umsetzung dieser Wasserstoffkette beteiligen möchte, werden noch gesucht: „Die Möglichkeiten sind vielfältig. Die umweltfreundlichen Fahrzeuge können von Kommunalbetrieben, Friedhofsämtern, Postanbietern, im Werks- sowie Messeverkehr oder in großen Lagerhallen eingesetzt werden", so Günter Fritsch, Projektleiter Zukunftsenergien bei der WiN Emscher-Lippe. ||

WASSERSTOFF-MODELLREGION

In Hamburgs Tageszeitungen kann man mittlerweile fast täglich etwas über Neuigkeiten rund ums Thema Wasserstoff lesen. Der Senat der Hansestadt hat diese zukunftsweisende Thematik inzwischen als persönliches Steckenpferd entdeckt. Zuletzt kündigte der Hamburger Bürgermeister Ole von Beust in seiner „Hauptstadtrede", die er am 17. September in der Vertretung der Hansestadt beim Bund in Berlin hielt, eine Wasserstoff-Modellregion Hamburg-Berlin an.

Bereits im August 2007 trat der Senat mit einem Maßnahmenkatalog an die Öffentlichkeit, in dem von Projekten mit europaweiter Pilotfunktion die Rede war. Die Arbeitsgruppe um Umweltsenator Axel Gedaschko, Staatsrätin Herlind Gundelach und Staatsrat Gerhard Fuchs (alle CDU) schlug in ihrem 54 Seiten umfassenden Klimaschutzkonzept unter anderem Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien in Privathäusern vor, um darüber den Ausstoß von Kohlendioxid zu senken. Darüber hinaus soll die aus neun Brennstoffzellenfahrzeugen bestehende Busflotte durch Hybridbusse der nächsten Generation (Brennstoffzelle + Super-Caps) ersetzt werden. Der Alsterdampfer *Zemship* soll von 2008 an mit einer Brennstoffzelle betrieben auf der Alster verkehren (HZwei berichtete im April 2006) und auch die Container- und Kreuzfahrtschiffe sollen künftig weniger Abgas verbreiten, indem sie während der Hafenliegezeit über Brennstoffzellen mit Strom versorgt werden.

Den für diese Projekte benötigten Wasserstoff beabsichtigen die Politiker per Pipeline aus Hamburgs Umland zu beziehen. In Stade, südlich der Elbe, falle beim Unternehmen Dow-Chemical sehr viel Wasserstoff als Nebenprodukt an, so

hieß es. „Die Idee ist im Umweltministerium in Niedersachsen aufgekommen“, erklärte Ministeriensprecherin Jutta Kremer-Heye. Die konkrete Umsetzung solle jedoch zunächst mit Hilfe einer Machbarkeitsstudie analysiert werden, für die der Senat 100.000 Euro bereitstellen möchte. Eine weitere Option sei die H_2-Produktion aus Klärschlamm aus dem Hamburger Klärwerk. Um derartige Projekte besser koordinieren zu können, plant der Senat zudem den Aufbau eines Kompetenz- und Entwicklungszentrums.

Parallel zu dieser laufenden Diskussion wurden weitere mit Brennstoffzellen betriebene Hausenergieversorgungssysteme installiert. Der Recyclinghof der Stadtreinigung Hamburg (SRH) heizt ab sofort mit Wasserstoff, nach dem Herlind Gundelach und SRH-Geschäftsführer Rüdiger Siechau Mitte September die neuen Module von Baxi Innotech in Betrieb nahmen.

Ole von Beust schlug daher in seiner Berliner Rede vor, die Abstimmung zwischen Hamburg und Berlin auf Fachebene weiter zu verbessern, um sich gemeinsam als europäische Modellregion für den Einsatz von Wasserstoff und Brennstoffzellen zu etablieren. ||

SFC GEHT CAMPEN

Die Smart Fuel Cell AG (SFC) bleibt ihrer Unternehmensphilosophie treu. Der Schwerpunkt ihrer Brennstoffzellenaktivitäten bleibt im Camping-Bereich. Durch neue Kooperationen – sowohl auf Zuliefer- als auch auf Anwenderseite – untermauern die Bayern ihren Anspruch, der weltweit führende Hersteller von Methanolbrennstoffzellensystemen für mobile und netzferne Energieversorgung zu sein.

Zulieferseitig verkündete SFC im September 2007 die Planung einer langfristigen Kooperation mit der Webasto AG aus Stockdorf. Mit dieser Zusammenarbeit beabsichtigt das Starnberger Unternehmen, die Bereitstellung serienmäßig hergestellter EFOY Brennstoffzellen, um diese zukünftig über Webasto vertreiben zu können. Im Gegenzug erhofft sich Webasto, einer der Marktführer für Standheizungen in Europa, innovative und umweltfreundliche Komfortlösungen für die Automobilindustrie. „Damit setzen wir auf eine wesentlich platzsparendere, emissionsarme und leistungsstärkere Lösung und ermöglichen für unsere Kunden Mobilität und höchsten Komfort“, sagte Philip A. Thompson, Mitglied des Vorstandes der Webasto AG.

Kurz zuvor, Ende August, hatte SFC ein neues Brennstoffzellenmodell auf dem Caravan Salon in Düsseldorf vorgestellt: die EFOY 900, die rund 900 Wattstunden pro Tag zur Verfügung stellt (Kaufpreis: 2.599 Euro). Dr. Peter Podesser, Vorstandsvorsitzender der SFC Smart Fuel Cell AG: „Mit dieser wertvollen Ergänzung unseres Produktportfolios können wir für jedes Reisemobil vom Einsteigerfahrzeug bis hin zur gehobenen Luxusklasse die perfekt dazu passende Stromversorgung anbieten.“

Das Unternehmen hat mittlerweile über 6.000 Brennstoffzellen an Industriekunden und Endverbraucher weltweit verkauft. Über 4.000 davon versorgen derzeit Reisemobile in ganz Europa leise und umweltfreundlich mit Strom. Als neuer Vertriebspartner ist in Düsseldorf Concorde hinzugekommen. Der Reisemobilhersteller stellte auf der Messe sein neues Elektro-Autark-Paket vor, das mit einer EFOY 1600 in Verbindung mit einem 120-W-Solarpanel betrieben und als Sonderausstattung für die Modelle Credo, Carver, Charisma, Cruiser und Liner angeboten wird.

Im Juli 2007 hatten sich außerdem bereits das Traditionsunternehmen Dethleffs sowie Niesmann & Bischoff für eine Zusammenarbeit mit SFC entschieden. Wie die Kooperationspartner vermeldeten, können die Kunden beider Reisemobilhersteller ab dem neuen Modelljahr ihr Neufahrzeug ab Werk mit der EFOY-Brennstoffzelle bestellen. „Wir haben uns für die EFOY 1600 entschieden, da diese Brennstoffzelle sauber, umweltfreundlich und leise ihren Dienst verrichtet. Die EFOY 1600 arbeitet vollautomatisch und gibt unseren Kunden die Möglichkeit, über lange Zeiträume autark ihr Reisemobil zu nutzen“ so Peter Jacob, Teamleiter Entwicklung/Konstruktion bei Niesmann+Bischoff. ||

Auflösung des Sudoku-Rätsels von S. 28

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

Wissen auf den Punkt gebracht: cognitas.

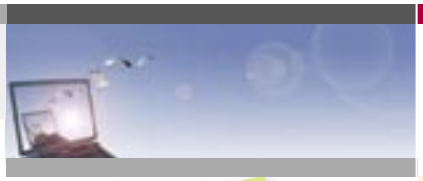
Wird bei Ihnen die Technische Dokumentation auch „so nebenbei“ von Ihren Ingenieuren erstellt? Übergeben Sie die Aufgabe an die

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.

HZwei 10|07



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.
Wissen auf den Punkt gebracht

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

BUCHVORSTELLUNG

Ein Wasserstoff-Kenner legt sein neues Buch vor: „Smelling Land - The Hydrogen Defence against Climate Catastrophe“ von David Sanborn Scott.

Smelling Land deutet auf zwei diametrale Wirkungen hin: das rettende Ufer zu erreichen oder an den Klippen zu zerschellen. Auf die bevorstehende Klimakatastrophe übertragen heißt das: Mit der Wasserstoffenergiewirtschaft die für Erde und Menschheit katastrophalen Auswirkungen einer fossilen Energiewirtschaft zu vermeiden oder Erde und Menschheit schutzlos preiszugeben.

Das Buch hat elf Kapitel mit insgesamt 480 Seiten. Die anspruchsvolleren Kapitel sind extra gekennzeichnet. Die Physik stimmt. Scotts Sprache findet ihre Leser - unter den Ingenieurskollegen wie unter den gebildeten Laien. Er ist ein Mann des Wortes. „Ein Problem, das wir nicht beschreiben können, können wir auch nicht lösen.“

Wieder begründet ein Denker die Unausweichlichkeit des Eintritts in die Wasserstoffenergiewirtschaft: Energiepolitik wird Technologiepolitik.

Scott war über Jahrzehnte Professor an den kanadischen Universitäten Toronto, Ontario, und Victoria, British Columbia, und hat viele Generationen von Studenten in die Geheimnisse der Energiesysteme eingeführt. Er ist Vice President for the Americas – The International Association for Hydrogen Energy (IAHE). ||

ISBN: 978-1-896881-73-7, August 2007, Preis: 28,95 $, zu beziehen über → www.h2.ca
Autor: Carl-Jochen Winter

150 BRENNSTOFFZELLEN IM TEST

Auf Deutschem Boden werden inzwischen in über 150 Gebäuden stationäre Brennstoffzellen betrieben. In zahlreichen Pilotprojekten erproben verschiedene Hersteller ihre Aggregate für die Hausenergieversorgung sowie für den Kraftwerksbetrieb, um in den Feldtests Praxiserfahrungen bei der Strom- und Wärmeproduktion sammeln zu können. ||

BESTELL-FORMULAR

[ ] **Hiermit bestelle ich HZwei – das Magazin für Wasserstoff und Brennstoffzellen und erhalten 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, Lange Horst 2a, 16766 Kremmen,
Fax: 033055-21320 oder im Internet bestellen unter
www.hzwei.info

TERMINKALENDER

OKTOBER

30.10. Niedersächsisches Brennstoffzellen-Forum
Konferenz, Hannover, Landesinitiative Brennstoffzelle Niedersachsen, Tel. 0551-900499-25, Fax -49, *www.brennstoffzelle-nds.de*

NOVEMBER

2.-4.11. Aachener Energietage
Messe & Konferenz, Aachen, Eurogress Aachen, Tel. 0241-9131-0, Fax -200, *www.aachener-energietage.de*

4.-7.11. World Hydrogen Technologies Convention
Konferenz, Montecatini Terme/Italien, Forum Italiano per l'Idrogeno, Tel. +39-572-772603, Fax -70972, *www.whtc2007.com*

7.11. Brennstoffzellen-Autos
Referat, Köln, VDI/DWV, Tel. 02191-182-242, Fax -349, *Badenhop@dwv-info.de, www.vdi.de/koeln*

8.-10.11. Energie-Symposium Stralsund
Symposium, Stralsund, FH Stralsund, Tel. 03831-456-713, Fax -687, *www.fh-stralsund.de*

11.-15.11. World Energy Congress
Kongress & Ausstellung, World Energy Council, Rom/Italien, Tel. +44-20-7734-5996, Fax -5926, *www.rome2007.it*

11.-15.11. Hydrogen Show
Messe, Rom/Italien, Artenergy, Tel. +39-2-6630-6866, Fax -5510, *www.idrogenoexpo.com*

13.-15.11. Spanish Professional Meeting on Hydrogen and Fuel Cells
Konferenz, Santiago de Compostela/ Spanien, Ariema, Tel. +34-91-8045372, Fax -7710854, *www.pmH2.com*

14.-16.11. Fuel Cells Durability & Performance
Konferenz, Miami/USA, The Knowledge Foundation, Tel. +1-617-232-7400, Fax -9171, *www.knowledgefoundation.com*

19.-20.11. Internationale Konferenz über umweltfreundliche Fahrzeuge
Konferenz, Dresden, BMVBS, Tel. 030-2008-0, Fax -1942, *www.bmvbs.de*

22.11. Mini-BHK – Planung, Auslegung, Betrieb
Praxisseminar, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

26.-27.11. Kraftstoffe der Zukunft
Kongress, Berlin, BBE & UFOP, Tel. 0228/ 81 002-22, Fax -58, *www.bioenergie.de/kraftstoffe-der-zukunft.htm*

27.11. Fraunhofer-Symposium Mikroenergietechnik
Konferenz, Freiburg, Fraunhofer ISE, Tel. 0761-4588-5195, Fax -9195, *www.microenergy-technology.com*

28.11. Brennstoffzellen-BHKW
Fachseminar, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

DEZEMBER

2.-5.12. Electric Vehicle Symposium 23
Konferenz, Anaheim CA/USA, Electric Drive Transportation Association, Tel. +1-703-683-8500, Fax -836-4486, *www.evs23.org*

4.-5.12. hydrogen.tech 2007 - 200 Jahre Wasserstofffahrzeug
Kongress, München, TÜV SÜD Akademie, Tel. 089-5791-1647, *www.tuev-sued.de*

5.-8.12. EuroMold
Messe, Frankfurt, Demat, Tel: 069 / 27 40 03 - 0, Fax -40, *www.euromold.com*

6.12. Brennstoffzellen und Wasserstoff-Technologie
Basisseminar, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

10.-14.12.2007 Mini-BHKW - Grundlagen, Aufbau, Praxis
Kursus, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

JANUAR 2008

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

FEBRUAR

27.-29.02. FC Expo
Messe, Tokio/Japan, Reed Exhibitions Japan Ltd., Tel. +81-3-3349-8502, Fax -4900, *www.fcexpo.jp*

20.-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, E-world energy & water GmbH, Tel. 0201-1721-260, Fax -779, *www.h2congress.de*

FIRMEN-EINTRAG

Bitte nehmen Sie uns in das HZwei-Firmenverzeichnis auf. Dieser Auftrag gilt für 2 Ausgaben und kostet 50 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 | Lange Horst 2A | 16766 Kremmen | 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*

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*

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*

P21 GmbH, Eugen-Sänger-Ring 1, 85649 Brunnthal, Tel. 089-607457-37, Fax -26, *www.p-21.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*

Der 4. Deutsche Wasserstoff Congress 2008

- Energie, Technik und Wirtschaft -

H2CONGRESS.de

20. - 21. Februar 2008
Congress Center Ost
Messe Essen

www.H2CONGRESS.de

DWV
Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband

EnergieAgentur.NRW

Forschungszentrum Jülich
in der Helmholtz-Gemeinschaft

E-world
energy & water

EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung