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

H2wei

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN

- BRENNSTOFFZELLEN-BOOTE AUF DER OSTSEE UND DEM BODENSEE
- PHYSISORPTION – DIE LÖSUNG DER H_2-SPEICHERPROBLEMATIK?

6. TEIL DER WIRTSCHAFTSSERIE VON DR. ALF-SIBRAND RÜHLE
Börsengang der Smart Fuel Cell AG

INHALTSVERZEICHNIS

2 Editorial

3 Impressum

4 Messe
H_2- & BZ-Gemeinschaftsstand in Hannover
Mit Dieselreformern auf den Markt
f-cell in Stuttgart
Grove-Symposium in London

9 Entwicklung
Hohe Speicherdichte von porösen Festkörpern
Fraunhofer-Institute erforschen DEFC
Energiemanagement: virtuelle Kraftwerke
Fernabfrage von BZ-Back-up-Systemen

20 Titel
Taufe eines PV-H_2-Schiffs in Konstanz
Aufbau von HyPort an der Ostseeküste

24 Europa
HyCentA – H_2-Forschung in Österreich

26 Wirtschaft
6. Teil der Finanzserie von Dr. Rühle

28 Autos & Rätsel
TH!NK fährt jetzt mit Wasserstoff
Honda drängt auf den Markt
GM stellt E-Flex-System vor
BMW umsorgt VIPs

30 Sicherheit
BAM-Untersuchung über Schlagfunken

31 Meldungen
H_2-Station in München
H_2-Generatoren und H_2-Kraftwerke
Air Products pusht Wasserstoff
NRW baut, Hamburg fliegt
Hexis in Deutschland
Energie in Europa

34 Terminkalender

35 Firmenverzeichnis

4 *Marktreife Produkte waren Mangelware in Hannover*

20 *Titel: H_2 und BZ in der Schifffahrt*

26 *SFC-Velotaxi beim Bundespräsidenten*

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: kontakt@hydrogeit.de
www.hydrogeit-verlag.de, www.hzwei.info

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

Druckauflage: 5.000 Stück
Erscheinungsweise: 4 x jährlich

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

Studenten: 50 % Ermäßigung

Kündigung: jederzeit möglich, 6 Wochen vor nächster Ausgabe

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

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

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

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

H_2YDROGEIT Verlag

Titelbild: Die Solgenia, das erste PV-H2-Schiff, verkehrt ab sofort auf dem Bodensee.
[Quelle: Gerhard Herr]

WANN, WENN NICHT JETZT?

Liebe Leserinnen und Leser!

Die ganze Welt redet vom Energie Sparen, selbst die hohen Herrschaften, die sich im Juni im Ostseebad Heiligendamm trafen, um die Geschicke unseres Planeten zu diskutieren. Seit der letzte Teil des UN-Klimaberichts Anfang Mai veröffentlicht wurde, wissen alle: Acht Jahre Zeit bleiben der Menschheit noch, um den Treibhausgasausstoß zu senken und somit die Folgen des Klimawandels zu mildern. Der derzeit mal wieder äußerst hohe Ölpreis tut ein Übriges, um die Ernsthaftigkeit dieses Themas zu unterstreichen.

Jetzt wäre also genau der richtige Zeitpunkt, um mit sauberen Brennstoffzellensystemen den Markt zu erobern. Brennstoffzellen sind erstens sehr viel effizienter als andere Energiewandler und zweitens schadstofffrei, zumindest wenn sie mit Wasserstoff betrieben werden, der mit Hilfe erneuerbarer Energien erzeugt wurde. Und Bioethanol scheint ebenfalls ein gangbarer Weg zu sein (s. S. 12).

Seit Jahren reden zahlreiche Firmenvertreter schon davon, bald serienreife Produkte anbieten zu können. Messeveranstalter locken wiederholt Besucher in ihre Hallen, indem sie lauthals die Präsentation marktreifer Systeme ankündigen. Die Stimmung im Land könnte nicht besser sein, um den Worten nun endlich Taten folgen zu lassen.

Aber denkste! Wer tatsächlich gehofft haben sollte, auf der größten europäischen Messeschau für Brennstoffzellen – auf dem Gemeinschaftsstand Wasserstoff und Brennstoffzellen während der diesjährigen Hannover Messe – fündig zu werden, der irrte (s. S. 4). Es gab zwar wieder mal viele tolle Sachen zu bestaunen und es waren mehr Aussteller vor Ort als je zuvor. Aber marktreife Produkte für den Verbraucher? Fehlanzeige!

Stattdessen drängt sich wieder mal der Eindruck auf, dass viel geredet, aber zu wenig unternommen wird. Schade, denn Länder wie China und Indien benötigen schon heute neue, effiziente Energietechnik, um die dortige Umweltbelastung zumindest einigermaßen in den Griff zu bekommen. Surya Sethi, Indiens Delegationsleiter bei der Weltklimakonferenz in Bangkok, empfahl deswegen: „Es gibt jetzt schon Technologien für einen effizienteren Energieverbrauch. Man sollte die neuen Technologien allen zugänglich machen.“ Für etwas mehr Elan in Fragen der Kommerzialisierung ist auch der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA). In seinem Gutachten forderte er einen baldigen Marktzugang insbesondere im Bereich der Hausenergieversorgung (s. S. 4).

Smart Fuel Cell ist eines der wenigen Unternehmen, das die derzeitige Stimmung nutzt, um einen erfolgreichen Börsenstart hinzulegen (s. S. 26). Obwohl das Unternehmen noch keine schwarzen Zahlen schreibt, gingen die Aktien bei der Ausgabe zu einem relativ hohen Wert weg. Es heißt, die Anleger suchten derzeit händeringend nach zukunftsorientiert ausgerichteten börsennotierten Unternehmen, da Öl- und Gasaktien merklich an Reiz verloren hätten.

Projekte wie das Solar-Wasserstoff-Schiff vom Bodensee (s. S. 20) sind ebenfalls gute Beispiele dafür, dass die Zeit für branchenübergreifendes Agieren längst gekommen ist. Die Übertragung solcher Forschungssysteme auf Marktebene ist überfällig. Die Zeit ist reif für eine Umsetzung in die Praxis, wie sie vom HIAT an der Ostseeküste angestrebt wird (s. S. 22).

Allen, die immer noch zögern und vielleicht gute Ideen Produkte in den Schubladen lassen, sei an dieser Stelle zugerufen: Wann sollen diese Systeme Praxistauglichkeit beweisen, wenn nicht jetzt? Der Markt giert nach effizienter Energietechnik und die Zukunft braucht sie. Dessen sollten sich Entwickler, Zulieferer und auch etwaige Investoren bewusst sein.

Gemeinsam kann ein frühzeitiger Einstieg in den Brennstoffzellenmarkt schon heute gelingen. ||

Herzlichst

Sven Geitmann
HZwei Herausgeber

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

QUALITÄT GEHT VOR QUANTITÄT

Hannover Messe 2007

Abb. 1: Martin Viessmann und Michael Glos (r.)

Spektakuläre Neuentwicklungen waren Mangelware, aber trotzdem waren Aussteller und Veranstalter sehr zufrieden mit dem Gemeinschaftsstand Wasserstoff und Brennstoffzellen auf der diesjährigen Hannover Messe, die vom 16. bis 20. April 2007 stattgefunden hat. Zwar war auf den Gängen zwischen den Ständen in Halle 13 dieses Mal im Vergleich zum Vorjahr etwas weniger Laufkundschaft unterwegs, aber dafür kamen mehr Fachleute mit konkreten Anfragen und Wünschen zu den Ausstellern.

Insgesamt kamen in diesem Jahr nach Angaben der Deutschen Messe AG mehr als 240.000 Besucher in die niedersächsische Landeshauptstadt. Das entspricht zehn Prozent mehr Teilnehmern verglichen mit dem Referenzjahr 2005, in dem eine ähnliche Ausstellungskonstellation vorhanden war. Die Messe sei damit ihrem Ruf als weltweit wichtigstes Technologieereignis mehr als gerecht geworden, hieß es von Veranstalterseite. Auch die Erneuerbare Energien Branche bezeichnete die weltweit größte Industriemesse als vollen Erfolg. Dennoch blieb diese Hochstimmung vorwiegend auf die Fachbesucher und Aussteller beschränkt.

Der Veranstalter bezeichnete den vorher selbst gesetzten thematischen Schwerpunkt „Energie“ als Volltreffer, bis zum Verbraucher schlug dies allerdings nicht durch. Die vorherrschenden Themen lagen eher in den Bereichen Automatisierung, Antriebstechnik sowie Forschung und Entwicklung und nicht so sehr bei Anwendungen, die auch für den Endkunden von Interesse sein könnten. Angesichts der hitzigen Diskussion um Klimawandel und Energieeinsparmaßnahmen in den letzten Wochen hätte hier das Interesse durchaus noch größer sein können.

DURCHWACHSENE BILANZ Ähnlich fiel auch die Bilanz auf dem Gemeinschaftsstand Wasserstoff und Brennstoffzellen aus, wo einhellig konstatiert wurde, dass nach einem ruhigen ersten Messetag am Montag vorwiegend die Qualität der Kontakte im Vordergrund stand. Laufpublikum war auch hier in diesem Jahr eher etwas weniger unterwegs, und auch auf politischer Seite fanden auffallend wenig hochrangige Vertreter den Weg bis zu den H_2- und BZ-Experten. Gründe dafür waren sicherlich die Abwesenheit der Automobilkonzerne sowie die sehr fachspezifische Ausrichtung der Aussteller. Spektakuläres war kaum zu bestaunen. Das Besondere lag eher im Detail: Von Zuliefererseite wurden schrittweise Verbesserungen vorgestellt, die die gesamte Branche allmählich voranbringen sollen. Marktreife Produkte bleiben nach wie vor Mangelware.

Tobias Renz, der für den Gemeinschaftsstand Wasserstoff und Brennstoffzellen verantwortliche Managing Director, zeigte sich jedoch zufrieden. Er verbuchte einen neuen Rekord: mit 133 Ausstellern waren so viele Stände wie noch nie besetzt. 2006 waren es 100 gewesen, vier weniger als 2005. Diese Steigerung gegenüber den Vorjahren ist deswegen von besonderer Bedeutung, weil nach der Übernahme durch die Deutsche Messe nicht sicher war, ob die insgesamt positive Entwicklung beibehalten werden würde. 2007 war das erste Jahr, in dem der Gemeinschaftsstand Wasserstoff und Brennstoffzellen in Eigenverantwortung von Tobias Renz organisiert wurde.

KEIN KANZLERINNENBESUCH Einer der wenigen vor Ort erschienenen Politgrößen war Wirtschaftsminister Michael Glos. Auf dem Siemensstand stellte er das vom Bundeswirtschaftsministerium, vom Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) und von der Initiative Brennstoffzelle (IBZ) in Auftrag gegebene Gutachten „Analyse und Bewertung von Instrumenten zur Markteinführung stationärer Brennstoffzellen“ der Öffentlichkeit vor. Michael Bode, Geschäftsführer der CFC Solutions, erklärte dem Minister dazu in seiner Funktion als Vorsitzender der VDMA-Arbeitsgemeinschaft Brennstoffzellen: „Die Brennstoffzellen für die stationären Anwendungen in Industrie und Haushalten stehen kurz vor der Markteinführung. […] Deutschland hat mit der BZ-Technologie – wie mit der Windenergie – erneut die Chance, weltweit eine Innovation mit maßgeblicher deutscher Wertschöpfung zu etablieren.“

Anschließend legte Martin Viessmann, geschäftsführender Gesellschafter des Heiztechnikherstellers, dem Minister am IBZ-Stand seine Sichtweise bei der Weiterentwicklung im Bereich der BZ-Hausenergieversorgung dar, die sich an der Devise „Qualität vor Schnelligkeit“ ausrichtet. Er erklärte, die Einsparungen von fossilem Öl und Gas durch den Einsatz

hocheffizienter Anlagentechnik sowie die Substitution der fossilen durch erneuerbare Energieträger seien das Gebot der Stunde. Glos seinerseits unterstrich in Hannover die Notwendigkeit, die gesamte Versorgungskette möglichst effizient zu gestalten – von der Angebots- bis zur Nachfrageseite.

FRÜHE MÄRKTE Große Automobilkonzerne blieben in diesem Jahr der Messe gänzlich fern. Abgesehen von einigen Gabelstaplern gab es im Kraftfahrzeugsegment lediglich ein von H2 Logic umgebautes Elektroauto zu bewundern (s. auch S. 28). Im Fahrradsegment konnte die Masterflex Brennstoffzellentechnik GmbH (Aussteller auf dem Gemeinschaftsstand des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen) die Serienreife eines dreirädrigen Lastenfahrrades verkünden. Deren *Cargobike* wird ab sofort an gewerbliche Kunden vertrieben.

Darüber hinaus wurden interessante Möglichkeiten präsentiert, um bereits frühzeitig den Markt für Brennstoffzellen zu erschließen. Angstrom Power Inc., erstmalig aus Kanada angereist, beschäftigt sich mit technischen Lösungen im Bereich der Mikrotechnik und zeigte einen Batterieersatz, der zukünftig portable Elektrogeräte mit Strom versorgen soll. Deren Brennstoffzellensysteme sind in Form und Größe vergleichbar mit konventionellen Akkumulatoren von Palms, bieten aber eine deutlich längere Betriebsdauer. Diese G2-Systeme leisten 2 W bei 5 V und bestehen aus insgesamt acht V60-Modulen mit dem Namen *Micro Hydrogen*, die jeweils nur 14 g wiegen und 3 cm^3 Volumen einnehmen. Sie benötigen lediglich Umgebungsluft und Wasserstoff und kommen ohne Kühler, Pumpen oder Befeuchter aus. Entsprechende Befüllstationen liefert Angstrom gleich mit.

LÖST ALVATEC DAS SPEICHERPROBLEM? Neuen Diskussionsstoff im Bereich der Speichertechnik lieferte die Alvatec Production and Sales GesmbH aus Althofen, Österreich. Das Kleinunternehmen wurde erst 2001 gegründet und stammt eigentlich aus der Metallurgiebranche. Die Kernkompetenz umfasst den Umgang mit Alkali- und Erdalkalimetallen sowie deren Legierungen. Diese Metalle reagieren beim Kontakt mit Wasser in der Regel recht heftig, wobei Energie und Wasserstoff freigesetzt werden. Aus diesem einstigen Problem entwickelte sich mittlerweile ein neuer Entwicklungsbereich. Erhard Ogris schilderte den Werdegang so: „Gemäß der Sicherheitsbestimmungen hieß es bei uns immer: ‚Legierungen bitte nicht mit Wasser in Berührung bringen.' Im Sommer 2006 stellten wir dann fest, dass die exotherme Reaktion der Metalle mit H_2O auch ganz bewusst zur H_2-Produktion genutzt werden könnte. Dann dauerte es nur bis zum Herbst und wir hatten unser erstes Patent angemeldet."

In Hannover präsentierte Alvatec erstmals Demonstrationssysteme, die für die Energieversorgung von Kleinanwendungen im Bereich 0,1 bis 100 Watt geeignet sind. Indem Metallpellets aus einer speziell entwickelten Legierung mit Wasser in Berührung gebracht werden, wird hoch reiner, feuchter Wasserstoff erzeugt. „Aus kleinen Volumen bekommen wir viel heraus, so dass beispielsweise Sensoren jahrelang damit laufen können", erläuterte der Geschäftsführer Thomas Stenitzer. Er erklärte: „Technisch gesehen ist das Verfahren vergleichbar mit Natrium-Borhydrid, aber sehr viel einfacher."

Der Ausblick auf die Hannover Messe 2008 verheißt abermals einen Schwerpunkt im Bereich der Energieeffizienz, wobei der Zuliefererbereich für dezentrale Kraftwerke neu hinzukommen wird. Die nächste Hannover Messe findet vom 21. bis 25. April 2008 statt. ||

→ *www.fair-pr.com*

Abb. 2: Umgebautes E-Mobil auf Basis eines TH!NK

Abb. 3: Ladestation von Angstrom für Palm und Taschenlampe

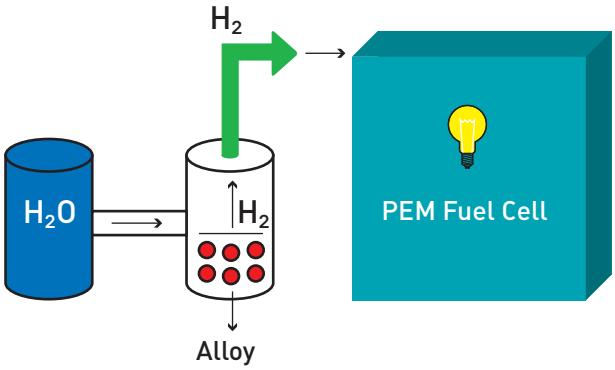


Abb. 4: Funktionsprinzip des Alvatec-Patents [Quelle: Alvatec]

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

REFORMERTECHNIK UND HT-PEM

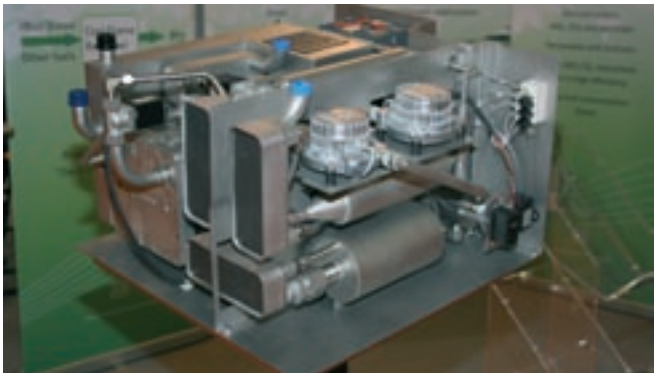


Abb. 1: Nordic Power Systems AS drängt auf den Markt

Der von vielen lang ersehnte Einstig in die Kommerzialisierung der Brennstoffzellensysteme steht noch aus. Ein Grund dafür ist im Bereich der Energieversorgung zu suchen. Sowohl die H_2-Speicherung als auch die Infrastruktur ist noch nicht zufrieden stellend gelöst. Einige Unternehmen haben sich deswegen nach anderen Energieträgern umgeschaut. Gleich mehrere dieser Firmen sind auf Dieselkraftstoff gestoßen.

ISE PRÄSENTIERT ERSTMALS CPOX-DIESELREFORMER Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) stellte während der Hannover Messe erstmals seinen mit einem Verdampfer kombinierten CPOX-Reformer (Catalytic Partial Oxidation) vor, der gemeinsam mit einem Schweizer Ingenieurbüro entwickelt wurde. In dem patentierten Verfahren wird das Dieselöl rückstandsfrei in die Gasphase überführt und anschließend in einem Reformerkatalysator partiell oxidiert, wobei Wasserstoff und Kohlenmonoxid entstehen. Besonders stolz ist der verantwortliche Ingenieur Johannes Full auf das neue Verdampfungsverfahren: Die leichter flüchtigen Kraftstoffkomponenten werden zunächst durch die Zugabe von Luftsauerstoff an einem Katalysatornetz partiell oxidiert, wodurch Wärme für die eigentliche Verdampfung erzeugt wird. Dabei kann die Bildung von Rückständen wie Teer oder Ruß vermieden werden. Da Diesel ohnehin im Kfz-Sektor sehr verbreitet ist, plant das ISE, derartige Einheiten in Verbindung mit einer Brennstoffzelle (Leistung ca. 5 kW) beispielsweise bei der Bordstromversorgung von Lkw einzusetzen.

Auch das Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT) ist in diesem Bereich aktiv, allerdings favorisiert die Mannschaft von Peter Elsner die Vergasung von Kohlenwasserstoffen mit Hilfe von 550 °C heißem superkritischem Wasser. Bei dieser Temperatur sind organische Substanzen gut löslich, so dass ebenfalls eine verkokungsfreie Umwandlung möglich ist. Das Endprodukt ist allerdings eher für SOFC-Systeme und nicht für PEM-Brennstoffzellen geeignet. Ganz so weit wie das ISE-Team ist das ICT noch nicht, aber das Funktionsprinzip konnte in Hannover bereits besichtigt werden.

CO_2-NEUTRALES DFC POWER PACK Nordic Power System aus Norwegen ging einen Schritt weiter und stellte ein fertig zusammengebautes Diesel-Brennstoffzellen-System vor. Das *DFC Power Pack* nutzt konventionelle Kraftstoffe als Energieträger, die in einem patentierten Reformer in Wasserstoff umgewandelt werden, um damit die integrierte Brennstoffzelle betreiben zu können. Die anvisierte Leistung liegt im Bereich von 0,5 bis 20 kW. Eingesetzt werden können neben Diesel auch synthetische Kraftstoffe oder Biodiesel. Erik Høyem, Vertriebsdirektor des nordischen Unternehmens, zeigte sich insbesondere beim Thema Biokraftstoffe euphorisch und wies freudestrahlend auf die gute Umweltbilanz hin, da bei der Biodieselreformierung nur so viel CO_2 freigesetzt wird, wie zuvor beim Anbau der Rapspflanzen gebunden wurde.

Gutes Timing bewiesen die Norweger, indem sie das Demonstrationssystem einen Monat vor Messebeginn fertig stellen konnten, um in Hannover auf Anwendersuche gehen zu können. Zu den beteiligten Partnern zählen unter anderem das Öl-Wärme-Institut als auch die Gesellschaft für Energieverfahrenstechnik, beide aus Aachen.

Bei dem eingesetzten BZ-Stack handelt es sich um eine Hochtemperatur-PEM, die dank der Betriebstemperaturen von 120 bis 160 °C relativ robust gegenüber Verunreinigungen im Kraftstoff ist. Lieferant dieses Stacks ist die Sartorius AG aus Göttingen, die ebenfalls in Hannover als Mitglied der Landesinitiative Brennstoffzelle Niedersachsen ausstellte. Grundlage der Sartorius-BZ-Technologie sind Phosphorsäure-dotierte Membranen auf Basis von Polybenzimidazol. Bei der Fertigung wird zunächst eine nicht protonenleitende Membran mit dem Katalysatormaterial beschichtet und anschließend mit einer Phosphorsäure-imprägnierten Gasdiffusionslage heiß verpresst wird. Der Vorteil gegenüber anderen Verfahren liegt nach Auskunft von Annette Reiche, der Abteilungsleiterin BZ-Entwicklung, in einer kostengünstigen Prozessführung und einer Minimierung des Phosphorsäuregehaltes. Die Sartorius AG beschränkt sich nicht nur auf die Membran- und MEA-Fertigung, sondern widmet sich auch der Stack-Herstellung.

BASF FUEL CELL STELLT SICH VOR Die BASF Fuel Cell GmbH konzentriert sich demgegenüber vornehmlich auf Membran-Elektroden-Einheiten (MEA), Gasdiffusionselektroden und Katalysatoren und verfügt bereits in diesen Bereichen nach Auskunft von Carsten Henschel über rund 100 Kunden. Die Tochtergesellschaft der BASF AG nutzte die Messe, um sich der Branche in neuem Kleid vorzustellen. Vergangenen Dezember hatte die BASF Future Business GmbH, Ludwigshafen, die bisherige PEMEAS GmbH aus Frankfurt/M. aufgekauft, die bis dahin die Brennstoffzellen-Aktivitäten der Hoechst Gruppe und der Celanese AG fortgeführt hatte. Die BASF, um die es lange Zeit ruhig geworden war im BZ-Segment, verstärkte nun durch diese Übernahme erklärtermaßen ihre Aktivitäten auf dem Gebiet Energiemanagement, einem der fünf selbst definierten Wachstumsbereiche des Konzerns.

Zwei weitere anwesende Aussteller im Bunde der HT-Membran-Hersteller waren die FuMA-Tech GmbH aus St. Ingbert sowie Advent Technologies SA aus Athen, Griechenland. ||

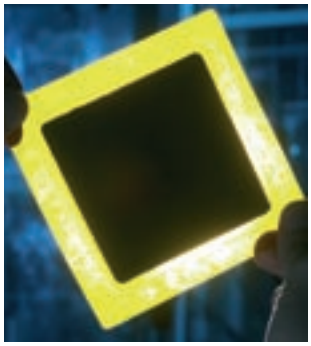


Abb. 2: Solche Hochtemperatur-Membranen eröffnen neue Möglichkeiten [Quelle: BASF Fuel Cell]

Thema: Messe | Autor: Sven Geitmann

AKZENTSETZUNG AUF MOBILE ANWENDUNGEN

f-cell erwartet 600 Teilnehmer

2006 präsentierten die DTM GmbH und Tricon ein tragbares BZ-System. [Quelle: Peter Sauber Agentur, Mark Hindley]

Mit vielen internationalen Ausstellern und Referenten sowie einem interessanten Themenschwerpunkt will die Peter Sauber Messen und Kongresse GmbH in diesem Jahr mehr Teilnehmer als je zuvor nach Stuttgart zur f-cell locken. Das Hauptaugenmerk wird dieses Mal auf brennstoffzellenbetriebenen Fahr- und Flugzeugen liegen. Gemeinsam mit der Wirtschaftsförderung Region Stuttgart (WRS) entschied der Veranstalter, den Akzent der Veranstaltung zukünftig abwechselnd auf stationäre und mobile Anwendungen zu setzen.

„Es ist eine globale Herausforderung, schnell Lösungen für die nötige Kohlendioxid-Reduktion zu finden. Das schaffen wir nur gemeinsam", sagte Peter Sauber, Geschäftsführer der Peter Sauber Agentur im Vorfeld der Veranstaltung. Er erklärte: „Wir brauchen den internationalen Schulterschluss bis in die mittelständische Wirtschaft hinein." Aus diesem Grund will er diesen Herbst noch mehr Gäste aus dem Ausland zum Kongress und zur Messe für Produzenten und Anwender holen. Er zählt dabei auf die Anziehungskraft renommierter Referenten aus Kanada und Japan sowie spannende Vorträge wie zum Beispiel über den Hydrogen Highway von Vancouver bis San Diego.

Im vergangenen Jahr kamen mit rund 600 Teilnehmern und Besuchern so viele Teilnehmer wie noch nie zuvor. Auf der begleitenden Messe waren 50 Aussteller vertreten. Die Schirmherrin dieser Veranstaltung, Baden-Württembergs Umweltministerin Tanja Gönner, hatte damals erklärt: „Wir müssen Energie wesentlich besser ausnutzen als bisher. Das können wir mit der Brennstoffzelle – einem der effizientesten Energiewandler."

In diesem Jahr findet das Brennstoffzellenforum f-cell am 24. und 25. September 2007 im Stuttgarter Haus der Wirtschaft statt. Es überschneidet sich damit genau um einen Tag mit dem Grove Fuel Cell Symposium, das vom 25. bis 27. September in London tagt. Peter Sauber geht allerdings davon aus, dass diese Überschneidung kein Problem darstellt: „Die f-cell findet jedes Jahr am gleichen Wochenende statt, so dass eine Terminverlegung für uns nicht in Frage kam. Und wer unbedingt möchte, hat ja nach der f-cell noch ausreichend Zeit, sich auch anderswo umzuhören." ||

→ *www.f-cell.de*

GROVE FUEL CELL SYMPOSIUM

„Der größte und umfassendste Brennstoffzellen-Event in Europa mit einem klaren Focus auf Kommerzialisierung" – Diesen Titel hat sich das Grove Symposium zu seinem zehnten Jubiläum selbst verliehen. Ob diese Bezeichnung tatsächlich zu Recht besteht, wird sich Ende September zeigen, wenn das Grove Symposium in London und das f-cell Forum in Stuttgart fast zeitgleich abgehalten werden. Schon heute steht fest, dass die vom Elsevier-Verlag organisierte Veranstaltung in England die längste Tradition hat. Sie läuft seit nunmehr 20 Jahren.

Zum 9. Symposium im Jahr 2005 kamen rund 400 Konferenzteilnehmer. Insgesamt waren nach Ausstellerangaben etwa 1400 Besucher pro Tag aus insgesamt 36 Ländern anwesend, wobei auch Gäste der Zusatzausstellung auf dem Trafalgar Square mitgerechnet wurden. Auch in diesem Jahr gibt es für die breite Öffentlichkeit wieder eine Sonderschau auf dem berühmten Platz, damit die Fachleute nicht völlig isoliert bleiben und auch Normalbürger mit Informationen versorgt werden können. Zusätzlich wird es während der drei Ausstellungstage außerhalb des Konferenzgebäudes mehrere Demonstrationsobjekte zu sehen geben: verschiedene BZ-Fahrzeuge (FCV, Cargobike, Motorbike, Kabinenroller sowie Reisemobil), ein Autobahnschild, einen Ausstellungs-Trailer. Zum Redaktionsschluss hatten für die gesamte Messe 32 Aussteller in London zugesagt.

Das alle zwei Jahre stattfindende Grove Fuel Cell Symposium findet vom 25. bis 27. September 2007 im Londoner Queen Elizabeth II Conference Centre gegenüber der Westminster Abbey und in unmittelbarer Nähe zu den Houses of Parliament statt. ||

→ *www.grovefuelcell.com*

Fuel Cells in a Changing World

Powering the future: environmental challenges, energy security and consumer needs

Tenth Grove Fuel Cell Symposium
25-27 September 2007
Queen Elizabeth II Conference Centre
Westminster
London, UK

Register now at www.grovefuelcell.com/register.htm

Stay informed about, and make your contribution to, the latest technological advances, new implementation experiences and market developments in the fuel cell industry, at the largest fuel cell event in Europe.

In 2007 the conference and exhibition themes will reflect industry progress featuring:

- **Transportation, Hybrids & APUs, and Commercialisation**
- **Commercial/Industrial & Large Stationary Fuel Cells**
- **Residential & Small Portable Fuel Cells**
- **Consumer Electronics & Micro Fuel Cells**
- **Alternative Fuel Sources**

Why attend the Tenth Grove Fuel Cell Symposium?

Hear first-hand from leading fuel cell manufacturers, users and fuel suppliers about their experiences in moving into the fuel cell market, the problems they encounter and how they were overcome.

Explore the impact of government legislation and various policy initiatives as incentives to adopt fuel cell technologies.

Get an overview of the business aspects of launching and running a fuel cell company, including sourcing funding.

Analyse future prospects for fuel cells and competitor technologies within each market sector.

For further details please log on to www.grovefuelcell.com

ELSEVIER

www.grovefuelcell.com

The leading international forum for topical discussion of the latest developments in fuel cell technology and commercialisation.

Thema: Entwicklung | **Autor:** Barbara Panella |

PORÖSE FESTKÖRPER ALS WASSERSTOFFSPEICHER

Physisorption könnte das Speicherproblem lösen

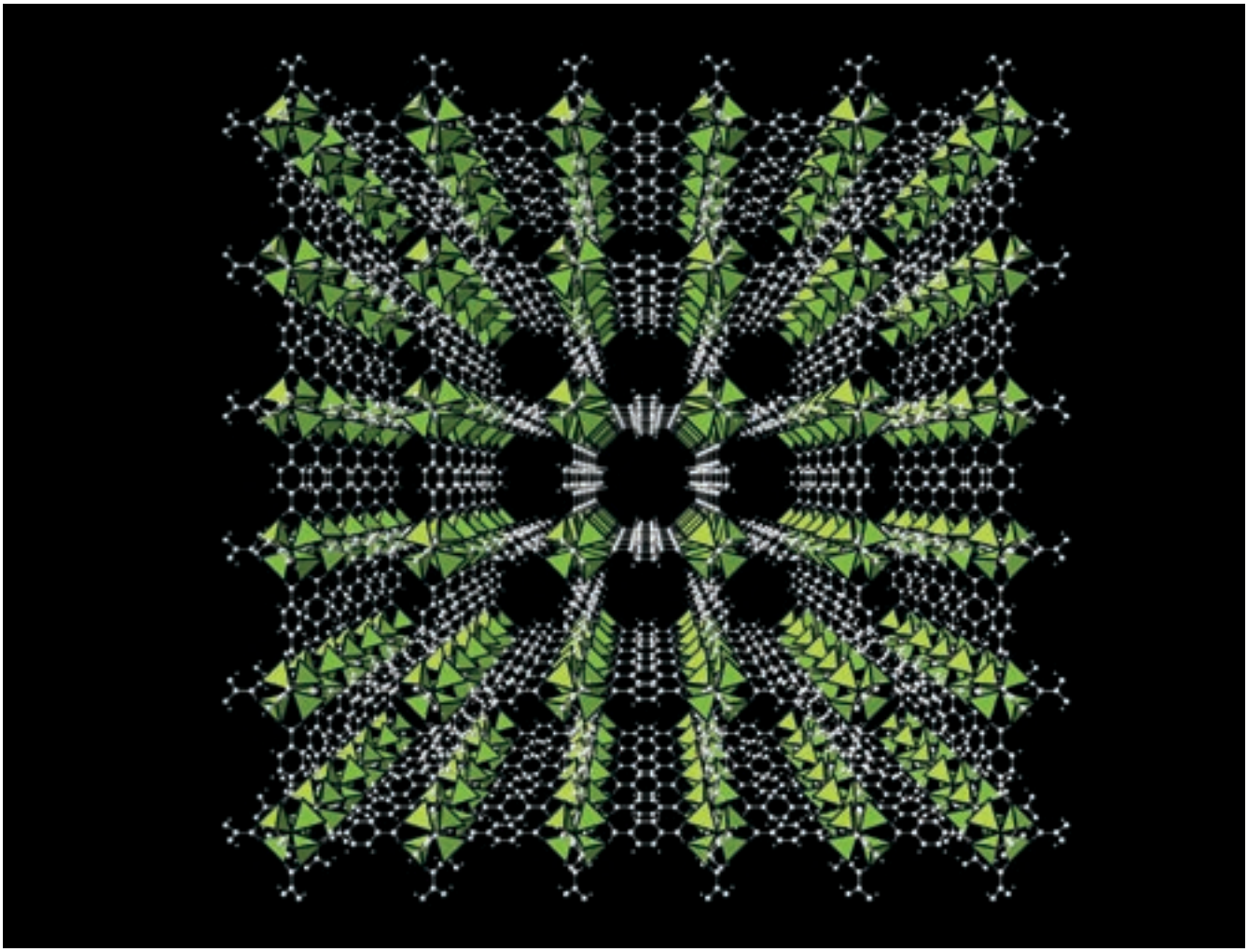


Abb. 1: Kubische Struktur von MOF-5

Die größte Herausforderung für den Einsatz von Wasserstoff als Kraftstoff für Fahrzeuge ist – neben seiner Herstellung aus regenerativen Energien – die Wasserstoffspeicherung in sicheren und gleichzeitig kostengünstigen Systemen. Neue Untersuchungen mit hochporöser Aktivkohle sowie MOF-5, bei denen die H_2-Aufnahmemenge bei tiefen Temperaturen bis zu 5,1 Gew.-% beträgt, zeigen, dass die so genannte Physisorption von Wasserstoff eine aussichtsreiche Speicherungsalternative im mobilen Bereich werden könnte.

Es existieren heute zwei kommerzielle Methoden, um Wasserstoff zu speichern: H_2-Gas in Hochdruckflaschen aus Stahl oder Verbundwerkstoffen und flüssiger Wasserstoff in Kryotanks.[1] Beide Methoden haben schwerwiegende Nachteile, wie zum Beispiel das große Volumen, das gasförmiger Wasserstoff bei Raumtemperatur einnimmt, oder die extrem tiefen Temperaturen von -253 °C, die nötig sind, um H_2 in flüssiger Form speichern zu können. Eine mögliche Alternative ist das Einlagern in leichte Festkörper.

Die Wechselwirkung zwischen H_2 und bestimmten Feststoffen ermöglicht die Wasserstoffspeicherung in einer höheren Konzentration, als sie in der Gasphase zu erreichen wäre. Die Art dieser Wechselwirkung kann unterschiedlicher Natur sein, und sie bestimmt die Stärke, mit der der Wasserstoff an dem jeweiligen Material gebunden ist. Man unterscheidet zwischen *chemischer* und *physikalischer* Wechselwirkung: Bei der ersten wird die Bindung zwischen den zwei Wasserstoffatomen des H_2-Moleküls getrennt (Dissoziation). Die Atome werden chemisch gespeichert wie zum Beispiel in Metallhydriden oder komplexen Hydriden.

Bei der physikalischen Adsorption wird dagegen die Bindung erhalten und das H_2-Molekül als solches auf der Oberfläche eines porösen Materials angelagert. Das Material wirkt also wie ein Schwamm für Wasserstoff, ohne ihn chemisch zu verändern. Diese Art der Wechselwirkung ist wesentlich schwächer als die chemische, und die H_2-Speicherung in porösen Festkörpern ist dadurch vollkommen reversibel: der Wasserstoff kann leicht freigesetzt und wieder gespeichert werden. Ein weiterer Vorteil der physikalischen Adsorption ist die schnelle Kinetik des Adsorptionsprozesses, wodurch eine kurze Betankungszeit beim Einsatz eines Wasserstofftanks in Kraftfahrzeugen realisiert werden kann. Aufgrund der schwachen Wechselwirkung, die in der physikalischen Adsorption von Wasserstoff ins Spiel kommt, werden hohe H_2-Dichten

durch Physisorption bei relativ niedrigen Temperaturen von etwa -200 °C erreicht. Das Material muss daher zur Speicherung gekühlt werden, jedoch nicht bis zu so tiefen Temperaturen wie bei flüssigem Wasserstoff.

Ideale Materialien für die Adsorption von Wasserstoff sind leichte mikroporöse Materialien mit hoher spezifischer Oberfläche. Besonders zwei Klassen von Festkörpern besitzen diese Eigenschaften und haben in den letzen Jahren großes Interesse auf dem Gebiet der Wasserstoffspeicherung erregt: *kohlenstoffbasierte Nanomaterialien* und *metallorganische Gerüste*.

KOHLENSTOFFBASIERTE MATERIALIEN Bei den Kohlenstoffmaterialien handelt es sich um Netzwerke, in denen die C-Atome Bindungen wie in einer Graphitebene aufweisen. Aufgrund ihrer extrem hohen Porosität können einige dieser Materialien (z. B. Aktivkohle) spezifische Oberflächen von bis zu 2500 m^2 pro Gramm besitzen. Dieser Wert ist vergleichbar mit der Fläche eines Fußballfeldes für eine Menge Material, die in einen Esslöffel passt. Es existieren sehr verschiedene poröse Nanostrukturen, die allein aus Kohlenstoff bestehen: Materialien wie Aktivkohle, die keine weit reichende Ordnung besitzen, oder geordnete Strukturen wie Kohlenstoffnanoröhrchen. Dies sind Röhrchen, die die Wanddicke einer Graphitebene und einen Durchmesser von einem Nanometer besitzen; das ist fast 100.000 Mal dünner als ein menschliches Haar.

Aufgrund des hohen Speichervermögens, das in den vergangenen Jahren einwandigen Kohlenstoffnanoröhrchen zugeordnet wurde, hoffte man, dass diese C-Nanostrukturen den Durchbruch als Wasserstoffspeicher erzielen würden. Jedoch konnten die ursprünglich angegebenen hohen Speicherwerte nicht unabhängig reproduziert werden. Sie werden stattdessen mittlerweile auf Messfehler zurückgeführt.

Eine systematische Untersuchung auf zahlreichen verschiedenen Kohlenstoffmaterialien mit geordneter und ungeordneter Struktur zeigt, dass die Wasserstoffaufnahme nur von der spezifischen Oberfläche der Materialien abhängt, obwohl sich diese in der Struktur stark unterscheiden (Abb. 2).[2] Bei Raumtemperatur nehmen alle Kohlenstoffmaterialien weniger als 0,5 Gew.-% Wasserstoff auf. Kühlt man jedoch die Materialien auf die Temperatur flüssigen Stickstoffs (-196 °C) ab, steigt die Speicherkapazität stark an. Als bestes Adsorbens unter allen Kohlenstoffnanostrukturen erwies sich hochporöse Aktivkohle, die großtechnisch relativ günstig hergestellt werden kann, mit einer Wasserstoffaufnahme von 4,5 Gew.-% bei -196 °C. Unter den gleichen Bedingungen speichern einwandige Kohlenstoffnanoröhrchen, die eine aufwendige und kostenintensive Produktion erfordern, aufgrund ihrer kleineren spezifischen Oberfläche nur etwa die Hälfte an Wasserstoff.

METALLORGANISCHE GERÜSTE Metallorganische Gerüste, auch MOFs (metal-organic frameworks) genannt, sind kristalline Materialien mit extrem hoher spezifischer Oberfläche und niedriger Kristalldichte.[3] Sie bestehen aus Metall- oder Metalloxid-Clustern, die durch organische Liganden zu einem dreidimensionalen Gerüst, das nanometergroße Hohlräume besitzt, verbunden sind (Abb. 1). Durch die Vielfalt an Metallionen und organischen Liganden, die eingesetzt werden können, ist es möglich, eine Vielzahl von verschiedenen Strukturen mit unterschiedlicher Porengröße maßgeschneidert herzustellen. Erste Untersuchungen zeigten, dass metallorganische Gerüste bei -196 °C mehr Wasserstoff als alle bisher bekannten mikroporösen kristallinen Materialien (z. B. Zeolithen) speichern konnten.

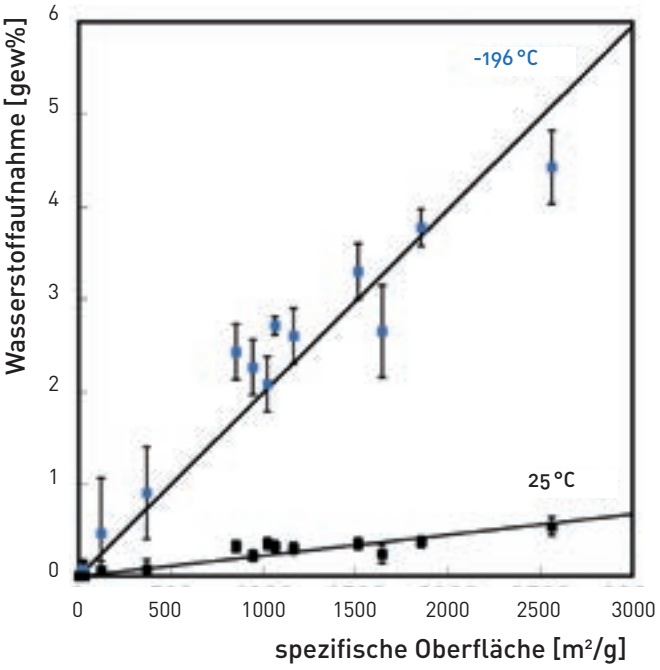


Abb. 2: H_2-Aufnahme unterschiedlicher Kohlenstoffmaterialien aufgetragen als Funktion ihrer spezifischen Oberfläche bei 25 °C und 60 bar (schwarz) sowie -196 °C bei Sättigungsdruck (blau)

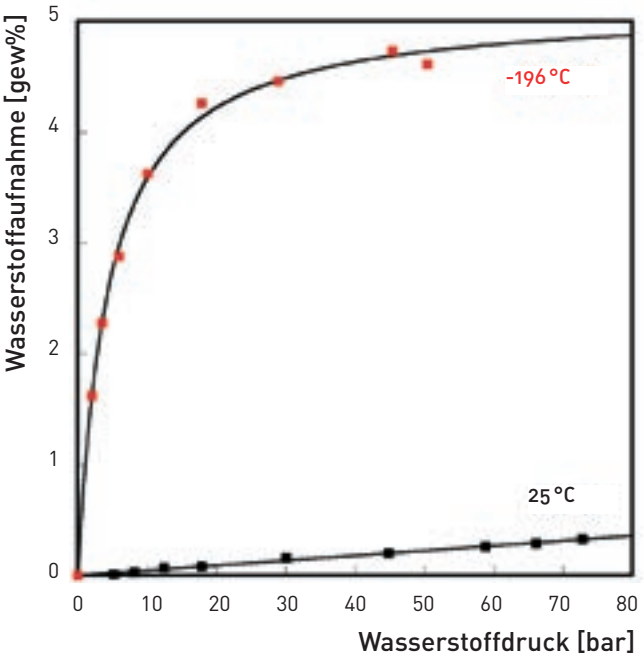


Abb. 3: H_2-Adsorptionsisotherme von MOF-5, bei -196 °C (rot) und 25 °C (schwarz)

Aufgrund seiner einfachen Bestandteile und der extrem hohen Oberfläche ist MOF-5 das vielleicht interessanteste metallorganische Gerüst.[3] Es besteht aus Zn-Ionen (*Zn_4O-Tetraeder*) sowie dem organischen Liganden Terephtalsäure und besitzt eine maximale H_2-Speicherkapazität von bis zu 5 Gew.-% bei -196 °C (Abb. 3)[4], das ist über das Zweifache der H_2-Aufnahme im besten Zeolith[5]. Es stellt sich nun die Frage, ob bei MOFs ähnlich wie bei Kohlenstoffmaterialien eine lineare Beziehung zwischen Oberfläche und Speicherfähigkeit besteht oder zusätzlich die Zusammensetzung sowie die Struktur eine Rolle spielen.

Erste Studien zeigten, dass bei niedrigem Druck kein Zusammenhang zwischen der Wasserstoffaufnahme in MOFs und ihrer spezifischen Oberfläche existiert.[6] Bei geringen H_2-Drücken spielt die Wechselwirkung zwischen Wasserstoff und dem metallorganischen Gerüst eine wichtigere Rolle für die Adsorption, da die Moleküle unter diesen Bedingungen zunächst nur die stärkeren Adsorptionsplätze besetzen. Erst wenn man einen ausreichend hohen Druck an Wasserstoff einsetzt, wird die gesamte innere Oberfläche der MOFs mit H_2-Molekülen gesättigt, so dass alle Adsorptionsplätze besetzt werden. Daher findet man nur unter Sättigungsbedingungen die Korrelation zwischen Speicherkapazität und Oberfläche.[4] Damit hohe H_2-Aufnahmen in MOFs auch bei niedrigen Drücken erreicht werden können, ist also eine Kombination von hoher spezifischer Oberfläche und Adsorptionszentren mit starker Affinität zu Wasserstoff nötig.

Eine Methode, unterschiedliche Adsorptionsplätze des Wasserstoffs zu untersuchen, die so genannte thermische Desorptionsspektroskopie, besteht darin, zu beobachten, bei welcher Temperatur die Moleküle die Oberfläche verlassen. Um erstmals systematisch Physisorptionsprozesse zu untersuchen, musste diese Messtechnik für sehr tiefe Temperaturen erweitert werden.[7] Dadurch konnte gezeigt werden, dass vor allem die Porengröße der MOFs die Stärke der Wechselwirkung zwischen Wasserstoff und Gerüst bestimmt: je kleiner die Poren, desto stärker haften die Moleküle an der Oberfläche des metallorganischen Gerüsts. Diese Erkenntnis ermöglicht die Herstellung neuer maßgeschneiderter MOFs für die H_2-Speicherung. Besonders Gerüste mit hoher spezifischer Oberfläche und einer hohen Anzahl extrem kleiner Poren könnten es ermöglichen, hohe H_2-Dichten bei niedrigen H_2-Drücken zu erreichen.

VERGANGENHEIT, GEGENWART UND ZUKUNFT In der Vergangenheit existierte kein klarer Überblick über poröse Wasserstoffspeichersysteme, die auf dem Mechanismus der Physisorption beruhen. Die Ergebnisse für Kohlenstoffmaterialien streuten stark, da für die Messungen oft nur geringe Mengen an Material zur Verfügung standen. Zudem wurden metallorganische Gerüste zum ersten Mal im Jahre 2003 für die Adsorption von Wasserstoff untersucht[8]. Inzwischen konnte aber gezeigt werden, dass die H_2-Aufnahmen bei Raumtemperatur in porösen Materialien unter 1 Gew.-% liegen, während sie bei -196 °C auf 4,5 Gew.-% für hochporöse Aktivkohle und auf 5,1 Gew.-% für MOF-5 steigen. Aufgrund dieser hohen Speicherdichten, der vollständigen Reversibilität und der schnellen Betankungszeit ist die Physisorption von Wasserstoff bei tiefen Temperaturen eine vorteilhafte Alternative zu den chemischen Speichermethoden.

Neue Messmethoden ermöglichten es, ein neues Verständnis von der Speicherung von Wasserstoff in porösen Materialien zu erlangen.[7] Insbesondere metallorganische Gerüste, die eine exakt definierte Struktur besitzen, erlaubten eine systematische Untersuchung, in der der Zusammenhang zwischen Wasserstoffaufnahme und Struktur analysiert wurde. Diese Untersuchungen zeigten, dass durch eine hohe spezifische Oberfläche die H_2-Aufnahme gesteigert werden kann, dass aber eine große Anzahl kleiner Poren nötig ist, um diese hohe Speicherkapazität bei relativ niedrigen Drücken zu erreichen. Es wird daher in Zukunft eine große Herausforderung sein, neue poröse Materialien maßgeschneidert mit einer extrem hohen Oberfläche und optimaler Porengröße herzustellen, um technologisch relevante Wasserstoffdichten zu erreichen. ||

Literatur:

[1] L. Schlapbach, A. Züttel, Nature 414 (2001) 353
[2] B. Panella, u.a., Carbon 43 (2005) 2209
[3] H. Li, u.a., Nature, 402 (1999) 279
[4] B. Panella, u.a., Adv. Funct. Mater. 16 (2006) 959
[5] H. W. Langmi, u.a., J. Alloys and Compounds 404-406 (2005) 637
[6] J. L. C. Rowsell, u.a., J. Am. Chem. Soc. 126 (2004) 5666
[7] B. Panella, Dissertation: Hydrogen Storage by Physisorption on Porous Materials, (2006), Universität Stuttgart
[8] G. Férey, u.a., Chem. Comm. 24 (2003) 2976

Autorin:

Dr. Barbara Panella
Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart
→ bpanella@mf.mpg.de

DWV INNOVATIONSPREIS

Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten der Autorin Barbara Panella sind vom Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband e.V. (DWV) besonders gewürdigt worden: Der Vorsitzende Johannes Töpler überreichte der in Rom geborenen Wissenschaftlerin, die ihre Dissertation an der Universität Stuttgart und am dortigen Max-Planck-Institut für Metallforschung anfertigte, den DWV-Innovationspreis für die beste Doktorarbeit aus dem Jahre 2006. Die Übergabe des Preises fand Anfang Juni während der diesjährigen Mitgliederversammlung des Verbandes beim TÜV Süd in München statt.

DWV-Vorsitzender Johannes Töpler, Preisträger Diplomarbeit Heiko Holz, Preisträgerin Doktorarbeit Barbara Panella (v. l.)

Thema: Entwicklung | **Autor:** Michael Krausa

BIOETHANOL ALS ENERGIETRÄGER FÜR BRENNSTOFFZELLEN

Direkt-Ethanol-Brennstoffzelle (DEFC)

Brennstoffzellen werden heute als die zukünftigen Energiewandler für eine Vielzahl von Applikationen gesehen. Abhängig von den Leistungsanforderungen der jeweiligen Anwendung stehen eine Reihe unterschiedlicher Brennstoffzellensysteme zur Verfügung, die sich durch ihren Aufbau, die Betriebstemperatur, ihre Leistung und teilweise auch ihren Kraftstoff unterscheiden. Wasserstoff und Methanol werden in diesem Zusammenhang immer noch sehr kontrovers diskutiert. Ethanol gelangte erst vor einigen Jahren als weiterer potentieller Energieträger in den Blickpunkt. Im Vergleich zu Wasserstoff und Methanol bietet es eine Reihe von Vorteilen. Bis zur kommerziellen Anwendung einer DEFC bedarf es aber noch eines intensiven Forschungs- und Entwicklungsprozesses.

Neben dem Einsatz von Brennstoffzellen im Automobil und im stationären Bereich wird besonders die Anwendung in der mobilen Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik propagiert. Dabei ist die Leistungsfähigkeit der Geräte direkt mit der Leistungsfähigkeit der Energieversorgung verknüpft. Zunehmende Funktionalität und der Wunsch nach längeren Betriebszeiten stellen daher steigende Anforderungen an die zukünftige Energieversorgung der Geräte. Von Brennstoffzellen wird gerade unter diesen Aspekten erwartet, dass sie auch die Geräteentwicklung vorantreiben. Es ist daher nicht überraschend, dass sich eine Vielzahl von Laptop-Herstellern seit Jahren intensiv mit Niedertemperatur-BZ befasst.

Favorisiert wurden bis Mitte der 1990er Jahre Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzellen (PEMFC), die mit Wasserstoff betrieben werden. Bis heute ist jedoch das Problem der H_2-Speicherung nicht hinreichend gelöst und eine Vertriebsstruktur noch nicht aufgebaut. Im Vergleich dazu lässt sich der flüssige Energieträger Methanol einfacher speichern und auch handhaben. Daher ist ein deutlicher Entwicklungstrend hin zur Direkt-Methanol-Brennstoffzelle (DMFC) zu beobachten.

METHANOL ODER ETHANOL Die elektrochemische Oxidation von Methanol an verschiedenen Elektrodenmaterialien ist vergleichsweise gut untersucht. DMFC-Systeme sind bereits kommerziell für Reisemobile und Yachten sowie im militärischen Bereich verfügbar. Trotzdem ist es erforderlich, die Leistungsdaten der DMFC weiter zu verbessern und die Systeme preiswerter zu machen. Elektrodenmaterialien, Elektrodenstruktur, Membranen und auch das gesamte System sind daher Thema vieler internationaler Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Die Eignung von Methanol als Energieträger ist wegen der Toxizität und möglicher Umweltprobleme auf Grund der guten Mischbarkeit mit Wasser immer noch fraglich. Auch der Transport bei Flugreisen ist noch nicht abschließend geklärt. Obwohl Ethanol gerade unter diesen Aspekten eine hervorragende Alternative zu Methanol darstellt, waren die F&E-Aktivitäten insbesondere in Europa bisher nur sehr zaghaft. Vergleichsweise starke Arbeiten in Richtung der DEFC sind indessen besonders in China und Brasilien zu verzeichnen. Erst seit Anfang der 2000er Jahre gelangt Ethanol auch in Deutschland als potentieller Energieträger für Brennstoffzellen wieder in den Fokus.

Bioethanol wird bereits heute in großen Mengen auf der Basis landwirtschaftlicher Produkte gewonnen und als Zusatz für Benzin genutzt. In den letzten Jahren engagierte sich die Südzucker AG beziehungsweise ihre Tochter CropEnergies AG stark im Bereich Bioethanol. Sie nimmt mittlerweile die Spitzenposition bei der Produktion in Europa ein und stimuliert darüber hinaus auch die F&E-Aktivitäten zur Nutzung von Bioethanol für Brennstoffzellen. Bioethanol weist im Vergleich zum Methanol eine Reihe von Vorteilen für den Einsatz in Brennstoffzellen auf. Neben einer höheren Energiedichte und geringeren Toxizität als Methanol ist Ethanol weltweit frei verfügbar. Es existiert zudem bereits eine Versorgungsinfrastruktur.

DIREKT-ALKOHOL-BRENNSTOFFZELLEN Ende 2005 bewilligte die Fraunhofer-Gesellschaft ein internes Projekt zur Entwicklung einer DEFC. In dieses Vorhaben bringen sieben Fraunhofer-Institute als „Fraunhofer-Team DEFC“ ihre spezifischen Kompetenzen ein. Diese reichen von der Membran- und Katalysatorentwicklung über den Zellaufbau bis hin zur Steuerung und Regelung, mit dem Ziel einen Mikro-DEFC-Prototyp zu entwickeln.

Der prinzipielle Aufbau einer Direkt-Alkohol-Brennstoffzelle ist unabhängig vom eingesetzten Alkohol (Methanol oder Ethanol). Zur Anode wird ein flüssiges oder gasförmiges Alkohol/Wasser-Gemisch geführt. An der Katalysatoroberfläche erfolgt die Oxidation. Die dabei frei werdenden Elektronen gelangen über einen äußeren Leiter an die Kathode. Die bei der Reaktion frei werdenden Protonen wandern durch die Membran (Elektrolyt) zur Kathode und reagieren dort mit Sauerstoff zu Wasser. Neben dem Transport der Protonen kommt der Membran auch die Aufgabe der Trennung bei-

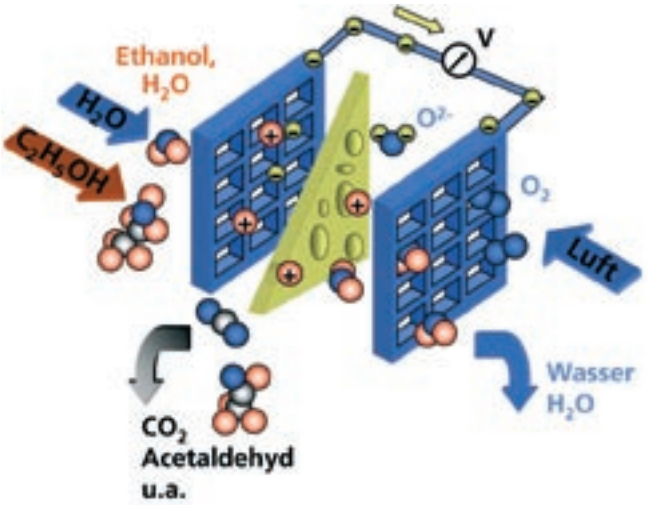


Abb. 1: Schematischer Aufbau einer DEFC [Quelle: Fraunhofer ICT]

$CH_3CH_2OH + Pt \rightarrow Pt(OCH_2\text{-}CH_3) + H^+ + e^-$
$CH_3CH_2OH + Pt \rightarrow Pt(CHOH\text{-}CH_3) + H^+ + e^-$

$Pt(OCH_2\text{-}CH_3) + Pt \rightarrow 2\,Pt + CHO\text{-}CH_3 + H^+ + e^-$ 1,2 kWh/kg
$Pt + CHO\text{-}CH_3 \rightarrow Pt(CO\text{-}CH_3) + H^+ + e^-$
$Pt(CO\text{-}CH_3) + Pt \rightarrow Pt\text{-}CO + Pt\text{-}CH_3$

$H_2O + Pt \rightarrow PtOH + H^+ + e^-$

$Ptx(CO) + PtOH \rightarrow (x+1)Pt + CO_2 + H^+ + e^-$ 8,0 kWh/kg
$Pt\text{-}CH_3 + Pt\text{-}H \rightarrow 2\,Pt + CH_4$
$CHO\text{-}CH_3 + Pt\text{-}OH \rightarrow Pt + CH_3COOH + H^+ + e^-$ 2,8 kWh/kg

Abb. 2: Darstellung der Elektrooxidation von Ethanol an einer Pt-Elektrode mit möglichen Reaktionsprodukten und den theoretisch erreichbaren Energiedichten (rot).

der Elektrodenräume zu. Auf die Kathodenseite gelangendes Ethanol (oder Methanol) führt zu einer Mischpotentialausbildung an der Kathode und damit zu einem Leistungseinbruch der Zelle.

Die Unterdrückung dieses Vorgangs ist neben der Reduktion der Membrankosten Inhalt zahlreicher internationaler Forschungsarbeiten. Unsere Arbeiten zielen auf den Einsatz von sulfonierten Polyetheretherketon-Membranen (sPEEK), in die Nanopartikel eingebracht werden und deren Oberflächen so modifiziert werden, dass Protonen gut transportiert werden und gleichzeitig der Durchtritt von Ethanol reduziert wird.

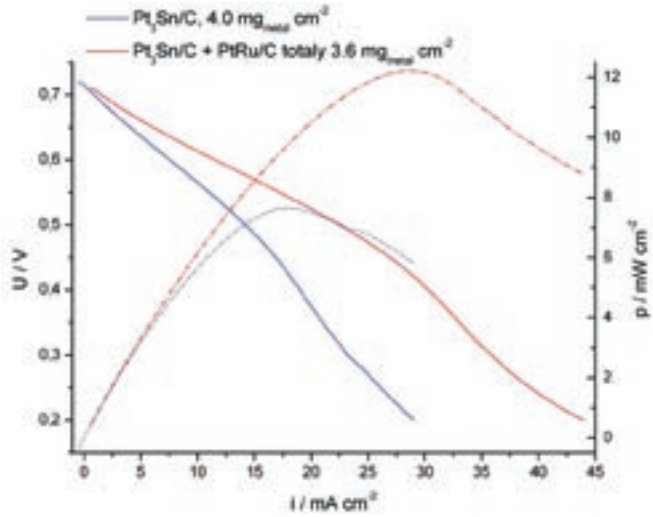


Abb. 3: Vergleich der Leistungsdichtekurven (gestrichelte Linien) und Strom-Spannungskennlinien.

ELEKTROKATALYSE VON ETHANOL Der Reaktionsweg an verschiedenen Anodenmaterialien ist für Ethanol erheblich komplexer als der des Methanols. Die Ursache dafür ist, dass im Fall des Ethanols eine CC-Bindung elektrokatalytisch gespalten werden muss. Gelingt der Bindungsbruch nicht, wird nur ein Teil der im Ethanol gespeicherten Energie verfügbar (Abb. 2). Das erwünschte Reaktionsprodukt ist CO_2. Entstünde ausschließlich Kohlendioxid, entspräche dies dem vollständigen Umsatz des Ethanols. Zurzeit sind aber die wesent-

RENEXPO® 2007
INTERNATIONALE FACHMESSE UND KONGRESS FÜR REGENERATIVE ENERGIEN UND ENERGIEEFFIZIENTES BAUEN UND SANIEREN
MIT:
IHE® HolzEnergie
PV-EXPO®
reCONSTRUCT®

27. - 30.09.2007, MESSE AUGSBURG
www.renexpo.de
REECO®

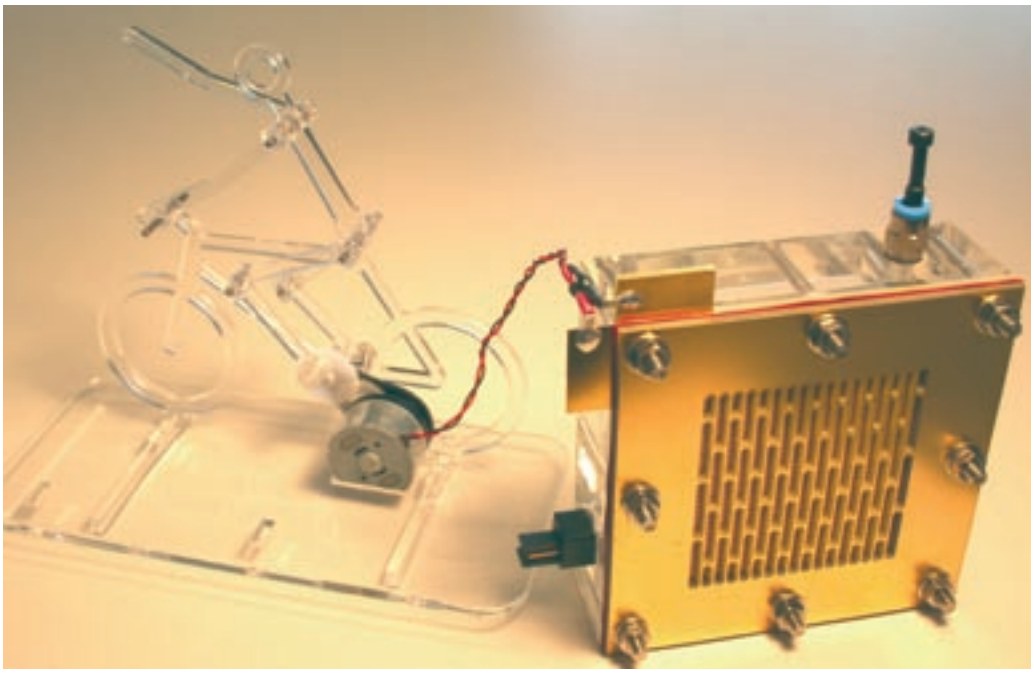


Abb. 4: Erster mit Ethanol betriebener Demonstrator mit eingebauter Mikropumpe

lichen Reaktionsprodukte Acetaldehyd und Essigsäure. Dies bedeutet, dass Ethanol nur zu 15 % beziehungsweise 35 % energetisch genutzt werden kann.

Durch Platin und Zinn wird die Katalyse gesteigert. Pt/Sn-Katalysatoren wurden daher in den letzten Jahren stark durch das Dalian Institute of Chemical Physics für den Einsatz in der DEFC untersucht und weiterentwickelt. Eine weitere Steigerung konnte durch den Einsatz von ternären Katalysatoren (Pt/Sn/Ru) erreicht werden. Im Rahmen unseres Vorhabens haben wir zwei kommerzielle binäre Katalysatoren (Pt/Ru und Pt/Sn) miteinander gemischt und beobachteten an derartigen Systemen bessere katalytische Eigenschaften als an reinen Pt/Sn Katalysatoren (Abb. 3).

FRAUNHOFER-TEAM DEFC Ziel unserer Arbeiten als Fraunhofer-Team DEFC ist es, eine luftatmende Direkt-Ethanol-Brennstoffzelle zu entwickeln. Neben den forschungsintensiven Teilaufgaben Membran- (IGB, Stuttgart) und Katalysatorentwicklung (ICT, Pfinztal) werden aufbauend auf vorhandenen Kompetenzen alle weiteren Komponenten spezifisch auf den Betrieb in der DEFC angepasst beziehungsweise dafür entwickelt. In den bisherigen Untersuchungen zeigt sich, dass im Wesentlichen Acetaldehyd und Essigsäure anfallen. Eine Möglichkeit diese Reaktion zu beeinflussen ist, die Verweilzeit des Ethanols und der Produkte in der Zelle zu kontrollieren. Dazu wird eine piezoelektrische Mikropumpe, rein auf Siliziumbasis (IZM, München), unter den Aspekten chemische Stabilität, Pumpleistung und Energiebedarf an die geplante DEFC angepasst.

Ein besonderes Augenmerk bei der Entwicklung aller Systemkomponenten liegt auf einer preiswerten Fertigungstechnologie. Dies gilt für die Herstellung der Mikropumpen und genauso für das Zelldesign und die Zellfertigung (beides IZM, Berlin). Dabei wird die Zelle auf der Basis der Leiterplattentechnologie aufgebaut. Zentral werden die einzelnen Komponenten zu einem System aufgebaut (ISE, Freiburg) und gleichzeitig die für den spezifischen Ethanolbetrieb wichtigen Parameter ermittelt, die in die Steuerungs- und Regelungselektronik (IIS, Erlangen) eingehen.

Nachhaltige Produktion, geringe Toxizität und vorhandene Infrastruktur sind wesentliche Aspekte für den Einsatz von Bioethanol in Brennstoffzellen im Kleinleistungsbereich. Es ist erfreulich zu sehen, dass sich mittlerweile auch andere Gruppen der DEFC widmen. Dabei werden zwei unterschiedliche technologische Richtungen verfolgt. Am GKSS-Forschungszentrum wird eine saure Membran, bei ACTA SpA und an der Fachhochschule Offenburg, die zurzeit mit ihrem *Schluckspecht* Furore macht, werden alkalische Membranen eingesetzt. Wir haben uns auf Grund des einfacheren Systemaufbaus, der gerade für Mikrobrennstoffzellen notwendig ist, für eine saure Membran entschieden. Unabhängig von den verschiedenen Systemansätzen und von dem derzeitigen F&E-Stand der einzelnen Arbeitsgruppen sind aber noch eine Reihe von Aufgabenstellungen, auch im Bereich der Forschung und Entwicklung, bis zur kommerziellen Nutzung der DEFC zu lösen.

Aus wissenschaftlicher Sicht ist die DEFC eine anspruchsvolle und überaus spannende Aufgabenstellung, der sich das Fraunhofer-Team DEFC stellt, um einen DEFC-Demonstrator für den Kleinleistungsbereich zur Versorgung mobiler Elektronik zu entwickeln. ||

Autor:

Dr. Michael Krausa (3. v. l.) für das Fraunhofer-Team DEFC
Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie, Pfinztal
→ michael.krausa@ict.fraunhofer.de

Thema: Entwicklung | **Autor:** Ulrich Bemmann

DEZENTRALES ENERGIEMANAGEMENTSYSTEM

Etablierung einer nachhaltigen regionalen Energieversorgung

Abb. 1: Vernetzung aller Komponenten der Energieversorgungsstruktur [Quelle: EU-Smart grids platform]

Die Energieversorgungsstruktur verändert sich derzeit grundlegend. Dies liegt unter anderem an der Liberalisierung des Energiemarktes, dem Streben nach Umwelt- und Ressourcenschonung sowie der Verfügbarkeit neuer Technologien. Im Rahmen dieses Wandels wird die Energieversorgung von morgen stärker regional strukturiert und dezentral aufgebaut sein. Diesen Herausforderungen im Sinne der Nachhaltigkeit bestmöglich zu begegnen ist Schwerpunkt des EU-Projekts *Sustainable Energy Management Systems* (SEMS), das im Rahmen der CONCERTO-Initiative (6. FP) von der EU gefördert wird.

Die Energiewirtschaft in Deutschland steht vor großen Herausforderungen. Der bestehende Kraftwerkspark ist veraltet und sollte vor dem Hintergrund der klimatischen Veränderungen so neu gestaltet werden, dass der Endenergieträger Strom mit den geringst möglichen Kohlendioxidemissionen erzeugt wird. Unterstützt durch die gesetzlichen Änderungen auf europäischer und nationaler Ebene folgt daraus eine zunehmende Diversifizierung der Primärenergieträger und Kraftswerkstypen. Die somit steigende Anzahl dezentraler Energieerzeuger erfordert aufgrund der notwendigen Ausgleichsregelungen, der bestehenden Engpässe sowie der vorhandenen Verluste im Netz sehr viel komplexere Netzmanagementaufgaben.

In einer Studie des Bundesumweltministeriums, die mögliche volkswirtschaftlich tragfähige Energieversorgungsszenarien bis 2050 untersuchte (s. Abb. 2), wurde bereits festgestellt, dass

- Kraft-Wärme-Kopplung ein wichtiger Stützpfeiler für den Ausbau erneuerbarer Energien ist.
- biogene Energieträger vorrangig zur stationären Strom- und Wärmeerzeugung genutzt werden sollten.

Trotz aller Veränderungen muss die Versorgung zukünftig weiter zuverlässig funktionieren, und dies erfordert Planbarkeit. Während die Planbarkeit der Bereitstellung der dezentralen Erzeuger Wasserkraftwerke, Bioenergieanlagen und der mit fossilen Energieträgern befeuerten Erzeuger ausgesprochen gut ist, sind andere dezentrale Erzeuger wie Sonne und Wind wetterabhängig und damit schwankend im Angebot. Allerdings sind auch hier die Prognostizierbarkeit und damit die Planbarkeit aufgrund Erfahrungsauswertungen und qualitativ besserer Wettervorhersagen zunehmend verlässlicher. Aus diesen Herausforderungen lässt sich eine wesentliche Schlussfolgerung ableiten:

Dezentrale und erneuerbare Energieerzeugungen sind nicht additiv zum Bestandssystem zu behandeln, sondern sie sind die Basis des unter volkswirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten anzustrebenden Versorgungssystems. Der Vorteil aller dezentralen Erzeuger liegt in ihrer Nähe zum Verbraucher und den daraus resultierenden niedrigeren Verteilungsverlusten sowie dem höheren Gesamtnutzungsgrad im Falle der Kraft-Wärme-Kopplung.

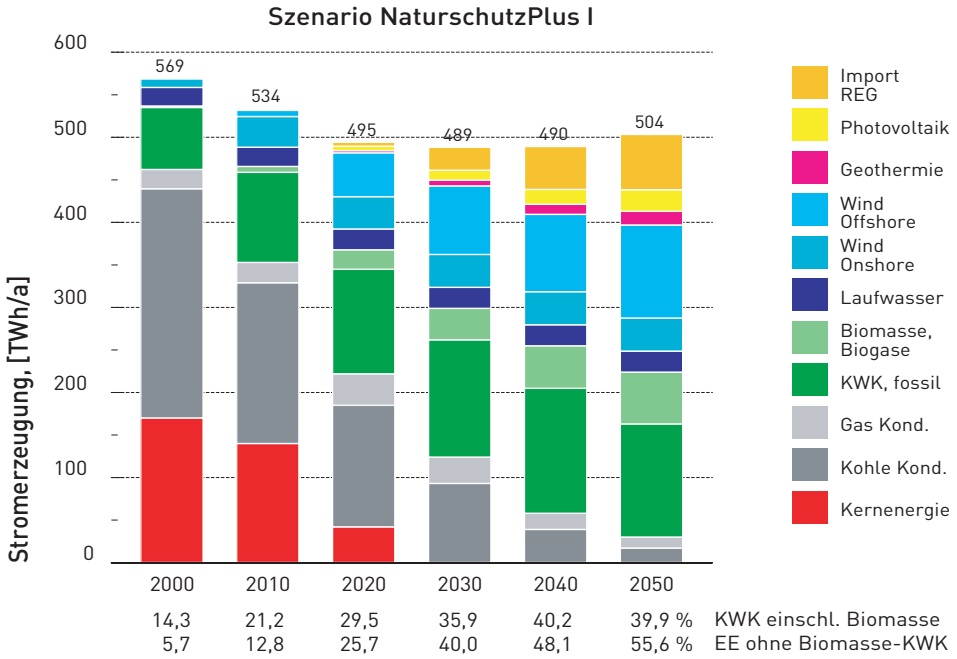


Abb. 2: zukünftige Stromerzeugung bis 2050 [Quelle: BMU]

AUFGABEN IM EU-PROJEKT *SEMS* In dem von der Europäischen Kommission geförderten SEMS-Projekt wird durch den Einsatz eines intelligenten dezentralen Energieversorgungssystems gezeigt, welche Optimierungspotenziale in einer integral „von unten" (nachfrageorientiert: *bottom-up-Ansatz*) aufgebauten Energieversorgung stecken. Dieser Ansatz steht konträr zu dem bisherigen Verfahren, bei dem auf Basis von Erfahrungswerten die Verteilung einzelner Energieformen ausschließlich „von oben" her (angebotsorientiert: *top-down-Ansatz*) gesteuert wurde.

Bereits bei der Programmausschreibung hat die EU ein besonderes Augenmerk auf Energieeffizienz, Energieeinsparung, dezentrale Energiebereitstellung sowie deren Vernetzung auf Basis nachhaltiger, regionaler Strukturen gerichtet. Im Fokus standen dabei Kommunen mit Einwohnerzahlen zwischen 5.000 und 30.000, die durch technische aber auch nicht technische Maßnahmen (z. B. Effizienzwettbewerbe, Anreizprogramme) eine nachhaltige Strategie zur Umstrukturierung ihrer Versorgungsaufgaben umsetzen sollen. Die Concerto Communities Verbandsgemeinde Weilerbach (D), Stadt Tulln (A), Kanton Redange (LU) und Slubice (PL) haben sich für das SEMS-Vorhaben zusammengeschlossen. Neben vielen Teilaufgaben bei der Entwicklung und Umsetzung der regionalen Strategien wird in Weilerbach ein dezentrales Energiemanagementsystem aufgebaut.

EIN VIRTUELLES KRAFTWERK ENTSTEHT Durch die simulative Auswertung der dort erlangten Erkenntnisse soll die Basis für zukünftige energiewirtschaftlich integrierte Einsätze in verschiedenen Regionen gelegt werden. Dies soll dazu verhelfen, dass die unterschiedlichsten Marktteilnehmer im liberalisierten Energiemarkt dazu motiviert werden, das zu tun, was volkswirtschaftlich am sinnvollsten ist. Voraussetzung dafür sind allerdings entsprechende Anreizelemente sowie veränderte gesetzliche Rahmenbedingungen. Eine unkoordinierte Einspeisung aller mittel- bis langfristig zu erwartenden Strommengen mit zum Teil stark schwankender Charakteristik in vorhandene Netzstrukturen ist nicht möglich. Ein dafür erforderlicher Netzausbau wäre volkswirtschaftlich nicht vertretbar.

Mit Hilfe eines dezentralen Energiemanagements soll ein Mix aus verschiedenen dezentralen Kraftwerken, EE-Erzeugereinheiten und Energiespeichern zu einem virtuellen Kraftwerk vernetzt werden. Entsprechend der Lastprognosen unterschiedlicher industrieller und privater Verbraucher sowie der Wetterdaten können dann Energieeinsatzpläne erstellt werden (s. Abb. 3). Diese sollen dann die regionalen Potenziale ökonomisch optimal ausnutzen, wobei erneuerbare Energien Priorität erhalten werden.

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

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

Bei Fragen kontaktieren Sie bitte Herrn Nico Haak.

The Fuel Cell Seminar and Exposition, October 15 – 19, 2007
Henry B. Gonzales Convention Center, San Antonio, Texas
Booth number 311/410

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

Broad Base.
Best Solutions.

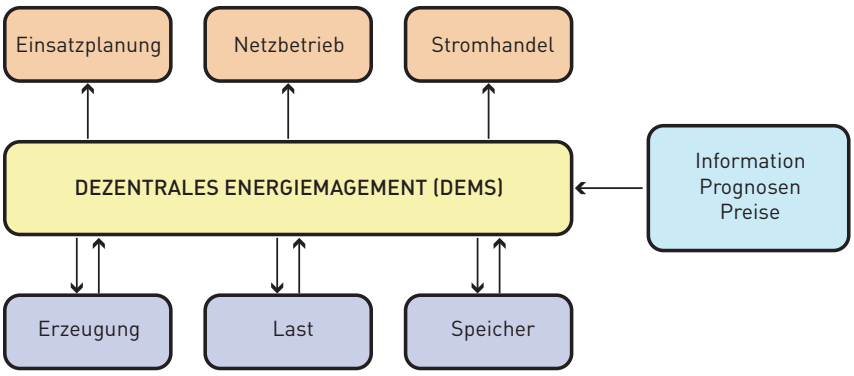


Abb. 3: Aufgaben und Anforderungen an ein intelligentes Energiemanagementsystem [Quelle: Siemens]

Durch den Verbund der dezentralen Energieerzeugungseinheiten bekommen diese energiewirtschaftlich gesehen einen Kraftwerkscharakter. Für Energiehändler beinhaltet dies ein großes Potenzial für innovative Dienstleistungsangebote, denn durch die Aufwertung der Einzelanlagen zu einem virtuellen Kraftwerk werden diese als interaktives, zentral steuerbares Netzwerk und als (kommerzielle) Bilanzgruppe wahrgenommen. Ferner besteht die Möglichkeit, den Einsatz mit dem Verbrauch nach einer vorherigen wirtschaftlichen Optimierung wechselseitig abzustimmen. Dies wiederum erleichtert die effiziente Integration fluktuierender Stromeinspeisungen.

Ziele des ganzheitlichen dezentralen Energieversorgungskonzeptes im Rahmen des SEMS-Projektes sind:

- die Qualität der dezentralen Energieeinspeisung insbesondere auf Bioenergie basierender BHKWs belastbar beurteilen zu können (z.B. Planbarkeit im Rahmen des Netzlastmanagements)
- die Energie möglichst dort zu erzeugen, wo sie gebraucht wird, bzw. dort zu verbrauchen, wo sie erzeugt wird
- den gegebenenfalls erforderlichen überregionalen Energieaustausch mit dem Netz zu optimieren
- die regionale Versorgung energetisch, ökonomisch und ökologisch nach vorzugebenden Kriterien zu optimieren.
- Monitoring und Kontrolle des Energieverbrauchs

Voraussetzung dafür ist eine leistungsfähige Kommunikation zwischen Erzeugung, Speicher, Verbraucher und Leitstelle sowie ein innovatives dezentrales Energiemanagementsystem mit Prognose, Einsatzplanung und Online-Optimierung einschließlich Kraft-Wärme-Kopplung sowie eventueller Rückspeisung, wie in Bild 1 dargestellt.

Die Basis für ein solches dezentrales Energiemanagementsystem ist die Prognose, die bereits mit dem Wetter als einer wesentlichen Einflussgröße beginnt und die Gesamtheit aller angebotsabhängigen Erzeugungen und Lasten voraussagt. Neben einer Ausdehnung entsprechender Aufgaben auf den Wärmemarkt können solche Systeme zudem mittel- bis langfristig koordinierende Funktionen im Rahmen einer termingerechten Biomassebrennstoffbereitstellung sowie im Bereich des gesamten regionalen Stoffstrommanagements übernehmen.

Im Rahmen des Projektes „Sustainable Energy Management System – SEMS“ soll ein auf dem Markt verfügbares dezentrales Energiemanagementsystem auf regionaler Bilanzierungsebene weiterentwickelt und eingesetzt werden. Das Projekt startete am 1. Juni 2007 und hat eine Laufzeit von fünf Jahren.

Die Hauptaufgabe des Instituts für ZukunftsEnergieSysteme (IZES gGmbH) besteht dabei in der Implementierung des „Dezentralen Energiemanagementsystems“ in den beteiligten Regionen und der Betreuung des Systems inklusive aller wissenschaftlichen Analysen während der Projektlaufzeit. ||

Literatur:

- *BMU, Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland, FKZ 901 41 803, März 2004*
- *Bemmann, U.: BMU Workshop: Perspektiven der Brennstoffzelle, „Virtuelle Kraftwerke“, März 2007*
- *Bitsch, R., Bedeutung der dezentralen Stromerzeugung mit Anlagen zur Nutzung regenerativer Energien und BHKW, BTU Cottbus, 2004*
- *Europäische Kommission, „European Smart Grids Technology platform“, 2006*

Autor:

Dipl.-Ing. Ulrich Bemmann
IZES gGmbH (Institut für Zukunfts-EnergieSysteme), Saarbrücken
→ bemmann@izes.de

Thema: Entwicklung | **Autor:** Daniel Wölfel

KOMMUNIKATIONSTALENT

Datenaustausch mit Back-up-Systemen

Abb. 1: Daniel Wölfel mit dem ElectraGen-System in Hannover [Quelle: Tobias Renz FAIR-PR]

Die Einbindung von Brennstoffzellen in Back-up-Systeme nimmt einen immer größeren Stellenwert ein. Insbesondere bei Verfügbarkeitsprodukten in zentralen Kontroll- und Wartungsstrukturen gewinnen sie unter Kostengesichtspunkten stetig an Bedeutung. Ein wesentlicher Punkt ist dabei die Kommunikationsfähigkeit, die jederzeit von überall her sichergestellt sein muss. In einem vom Land Nordrhein-Westfalen geförderten Projekt hat eine Firmengemeinschaft jetzt gezeigt, dass dies möglich ist. Die Datenanbindung an eine zentrale Leitwarte konnte unter Verwendung einer programmierbaren Steuerung realisiert und während der Hannover Messe demonstriert werden.

Auf dem Gemeinschaftsstand für Wasserstoff und Brennstoffzellen gab es einen Ausblick auf die gar nicht mehr allzu ferne Zukunft. Die Rittal GmbH & Co KG und die Saia-Burgess Controlls AG präsentierten gemeinsam anhand der erweiterten Version des Brennstoffzellensystems ElectraGen™ die verschiedenen Optionen ihres neuen Fernüberwachungssystems, mit dessen Hilfe die direkte und einfache Kommunikation mit Brennstoffzellengeräten möglich ist. Das Hauptaugenmerk der Projektpartner lag bei der Entwicklung auf der Möglichkeit, dieses System auch flexibel in schon bestehende Protokollstrukturen integrieren zu können.

GEMEINSCHAFTSARBEIT Auslöser für diese Entwicklung war das Projekt, das PASM Power and Air Condition Solution Management GmbH & Co KG (Power & Air Solutions) – eine hundertprozentige Tochter der Deutschen Telekom AG – initiiert hatte. Neben der Effizienzerhöhung von Anlagen erprobt Power & Air Solutions zukunftsorientierte Technologien wie Brennstoffzellen zur Produktion von Strom und Wärme. Im Rahmen dieses Projektes wurden gleich mehrere Brennstoffzellensysteme als Erweiterung von bereits bestehenden Batteriesystemen für einen Feldtest in Nordrhein-Westfalen aufgestellt. Es galt, an verschiedenen Standorten eine Mobilfunksendestation und mehrere Kommunikationsknoten der Deutschen Telekom ergänzend mit einem Brennstoffzellensystem abzusichern. Um die Übertragung der Mess- und Betriebsdaten der Systeme an eine zentrale Leitwarte der Deutschen Telekom AG sicher zu stellen, war zudem eine Umwandlung des Datenstroms in das von Seiten der Leitwarte bestehende Protokoll *Bues* notwendig.

Die Kooperation des Systemanbieters für Gehäuse- und Schaltschranktechnik Rittal und des Steuerungsherstellers Saia-Burgess ermöglichte die Entwicklung eines flexiblen Back-up-Systems für kritische Hochverfügbarkeitsanwendungen im Telekommunikationssegment.

AUFBAU DER APPLIKATION Für die Überwachung und Steuerung des Brennstoffzellensystems ElectraGen™ werden die benötigten Daten (z. B. Betriebszustand, Temperatur, Spannungs- und Stromwerte) innerhalb des Aggregats gemessen und ausgewertet. Bisher wurden die Daten über Ethernet oder GSM mit dem TCP/IP-Standard-Protokoll übertragen und mit einer speziellen Software gelesen. Die anschließende Speicherung und Auswertung der Daten konnte nur mit der auf einem separaten Rechner installierten Software durchgeführt werden. Eine interne Speicherung der Messwerte in der ElectraGen™ war nicht möglich.

Um die Fernwartung der Anlagensysteme flexibler und benutzerfreundlicher zu gestalten, wurde die Steuerungseinheit PCD3 in das BZ-Gehäuse integriert. So können Messwerte aus der Brennstoffzelle über eine Ethernet Schnittstelle zu der PCD3 übertragen und in der internen Datenbank gespeichert werden. Dadurch ist es möglich, die Daten mit dem nativen Datenprotokoll *Bues* an eine zentrale Leitstelle zu übertragen. Die dort ausgewerteten Daten können nach der anschließenden Verarbeitung über eine web-basierte Oberfläche mittels einer gesicherten Internetverbindung weltweit abgerufen werden (s. Abb. 2).

Die im Aufbau verwendete Steuerungseinheit PCD3. M5440 von Saia ermöglicht standardmäßig eine flexible Nutzung von verschiedenen Schnittstellen und bereits integrierten Datenaustauschprotokollen (s. Kasten).

Das im Projekt verwendete Brennstoffzellensystem ist eine voll funktionsfähige Einheit, die als Back-up für den Außeneinsatz entwickelt wurde und die mit der Primärtechnik namhafter Hersteller kombiniert werden kann. Sie ist integriert in ein vandalismussicheres klimatisiertes Gehäuse, das Umgebungstemperaturen von -40 °C bis +50 °C zulässt. Bei einem Stromausfall wird eine Gleichspannung von 48 V DC bei einer maximalen Ausgangsleistung von 5 kW_{el} bereitgestellt. Das PEM-System kann wahlweise mit reinem Wasserstoff oder mittels eines vorgeschalteten Reformers auch mit Methanol

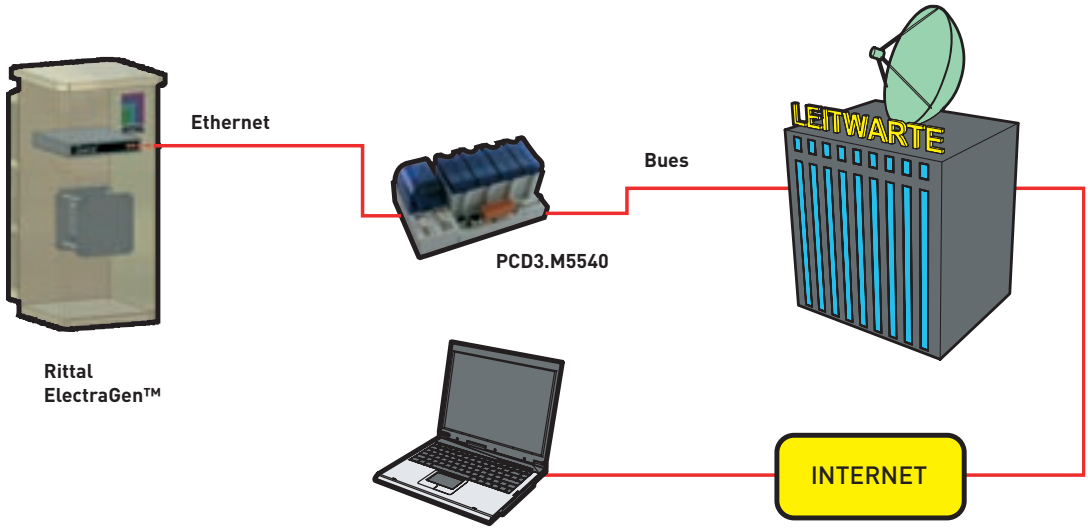


Abb. 2: Systemaufbau [Quelle: Rittal]

betrieben werden. Durch Kombination mehrere Systeme ist eine maximale Ausgangsleistung von 15 kW_{el} möglich.

MULTI-KOMMUNIKATIVE BRENNSTOFFZELLENSYSTEME

In kritischen Hochverfügbarkeitsanwendungen (Absicherung von Mobilfunkbasisstationen und Verkehrsleitsystemen) müssen zuverlässige Redundanzen durch Back-up-Systeme aufgebaut werden. Mit Brennstoffzellen lassen sich derartige Systeme mit größtmöglicher Sicherheit bereitstellen. Dabei liegen die Vorteile der Brennstoffzelle neben der umweltfreundlichen Energieerzeugung in dem geringen Service-Aufwand, der durch den Einsatz der zentralen Überwachung weiter verringert werden kann. Entstehende Anpassungskosten an vorhandene Service- und Kontrollinfrastrukturen werden durch die Schnittstellen- und Protokollvielfalt auf ein Minimum reduziert.

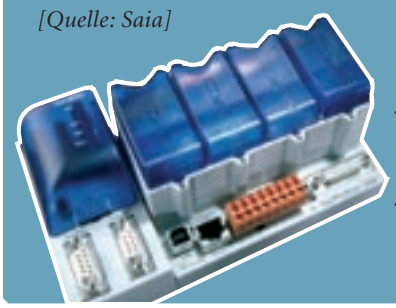
Das dadurch geschaffene Back-up-System ermöglicht es mehreren Nutzern, sowohl zentral über DFÜ als auch vor Ort durch mobile Endgeräte gleichzeitig auf die Messdaten zuzugreifen. Die PCD-Technologie stellt zudem eine Verbindung zwischen der klassischen SPS-Technologie und der IT-Welt dar. Durch die integrierte Darstellung der Daten über einen Web-Server auf der PCD3 sind die Informationen von handelsüblichen Endgeräten wie Notebook, CE-Panel oder PDA abrufbar.

Auf der Hannover Messe war das System an einen WLAN-Router angebunden, so dass Rittal und Saia dem Fachpublikum live vor Ort die kabellose Messdatenübermittlung an ein PDA präsentieren konnten. ||

STEUERUNGSEINHEIT

- programmierbarer Coldfire Prozessor CF 5272
- Schnittstellen: USB, RS458, RS232 (COM/PGU),Profi-S-Net, Ethenet
- Protokolle: S-Bus, TCP, UDP, HTTP, SMTP Profi-S-Bus, Ether-S-Bus, Profibus
- erweiterbar durch Eigenprogrammierung
- integrierter Web-Server

[Quelle: Saia]



Autor:

Dipl.-Ing.(FH) Daniel Wölfel
Forschung und Entwicklung IT-Solutions / Energieanwendungen Brennstoffzellentechnik
Rittal GmbH & Co. KG, Herborn
→ woelfel.d@rittal.de

■ Wasserstoff
■ Infrastruktur
■ Brennstoffzellen

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

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

DWV
Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband

DWV-Innovationspreis Wasserstoff und Brennstoffzellen verliehen ... 2.Internationale Konferenz für Wasserstoff-Sicherheit im September ... Startschuss für Wind-Wasserstoff-Hybridkraftwerk in Brandenburg.

Thema: Schifffahrt | **Autor:** Sven Geitmann

SCHADSTOFFFREI ÜBER DEN BODENSEE

PV-H_2-Schiff wurde dem Wasser übergeben

[Quelle: Gerhard Herr]

Der Bodensee ist ein bekanntes und beliebtes Ausflugsziel für Touristen aus dem In- und Ausland. Gerne genießen Urlauber die ruhige Idylle inmitten von Weinbergen und bunten Wiesen. Doch plötzlich zerreißt ohrenbetäubender Lärm die friedliche Stille. Ein Rennboot rast mit aufheulendem Motor am Strand entlang, durchpflügt das spiegelglatte Wasser, so dass große Wellen ans Ufer schlagen und eine stinkende Abgaswolke einem den Atem nimmt. – Solch ein Szenario steht als direkter Gegensatz zu der Vision von Prof. Dr. Christian Schaffrin, der an der HTWG Konstanz ein Solar-Wasserstoff-Schiff entwickelt hat. Am 21. Juni ist es auf den Namen *Solgenia* getauft worden und fährt seitdem leise und gemütlich über den Bodensee.

Insgesamt fünf Jahre lang hat Christian Schaffrin auf diesen Augenblick gewartet. Eigentlich sollte alles schon vor einem Jahr fertig sein. Der Tauftermin war schon für Ende Juni 2006 eingeplant, aber dann machte der Bootsbauer ihm einen dicken Strich durch die Rechnung. „Der Bootsbauer hat uns terminlich mehrfach versetzt", erzählt Schaffrin. Das Schiff konnte deswegen erst im Wintersemester fertig gestellt werden.

Besonders enttäuschend waren diese Lieferverzögerungen für die beteiligten Studenten der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, die wiederholt mit ansehen mussten, wie der Zeitplan aus dem Ruder lief. Für einige bedeutete das, dass sie für ihre mit viel Motivation und Idealismus aufgebrachten Bemühungen nicht mehr entsprechend belohnt werden konnten. Dem Gesamtprojekt hat dies aber dennoch keinen Abbruch getan. Der Professor für Werkstoffkunde und Erneuerbare Energien setzt nach wie vor alles daran, das visionäre Vorhaben gemeinsam mit Prof. Dr. Richard Leiner sowie den verantwortlichen Laboringenieuren Thomas Wolter und Dr. Alexander Kirjuchin in die Realität umzusetzen.

Am längsten Tag des Jahres, am 21. Juni, war es dann so weit: Das Forschungs- und Laborschiff Solgenia konnte getauft werden. Zahlreiche Lokalpolitiker, Schifffahrtsamtvertreter sowie Hochschulangehörige und interessierte Bürger waren zu dem extra ausgerufenen HTWG-Forschungstag am Webersteig vor der Hochschulbibliothek erschienen, um trotz des sehr wechselhaften Wetters der Taufzeremonie beiwohnen zu können. Zunächst stellte Prof. Schaffrin das Schiff in einem Vortrag vor, bevor es der Präsident der Hochschule, Dr. Kai Handel, taufte. Anschließend erhielt Roman Klein, Student für Kommunikationsdesign, einen Preis für das gelungene äußere Design des innovativen Wasserfahrzeugs.

HYBRIDSCHIFF MIT PV UND BZ Das Null-Emissions-Schiff, das auf dem 1998 erbauten Solarschiff *Korona* basiert, wird sowohl durch eine Photovoltaikanlage als auch durch Brennstoffzellen mit Energie versorgt. Der PV-Generator verfügt über eine Maximalleistung von 720 W_{peak} und ist in das Dach integriert. Der erforderliche Wasserstoff wird durch einen Elektrolyseur an Land erzeugt, der seinerseits durch Strom aus einer stationären PV-Anlage versorgt wird. Der erzeugte Wasserstoff wird an Bord in einem von der Hochschule Esslingen zur Verfügung gestellten 70 l fassenden Drucktank (350 bar) gespeichert. Zudem befindet sich zur Pufferung im Laborgebäude ein Mitteldruckspeicher, von dem aus Wasserstoff von Zeit zu Zeit über einen Kompressor in einen externen Hochdruckspeicher (300 bar) verschoben wird. Aus diesem kann bei Bedarf sowohl die Brennstoffzelle im Laborgebäude als auch die Überströmeinrichtung zur Versorgung des Brennstoffzellenboots gespeist werden.

Das Brennstoffzellensystem besteht aus drei Stacks, die jeweils 1,2 Kilowatt liefern. Der von diesen erzeugte Strom wird in einer zentralen Pufferbatterie zwischengespeichert, bevor er dem Drehstrommotor (Leistung: max. 8 kW) sowie den Kleinverbrauchern zur Verfügung gestellt wird. Für das Energiemanagement an Bord des 8,5 Meter langen Schiffes entwickelten die angehenden Wissenschaftler eine eigene Software. Mit deren Hilfe kann der Bordcomputer auch vom Land aus per Funk überwacht werden, wo die übermittelten Daten weiterverarbeitet und analysiert werden können.

„Meines Wissens ist es das erste derartige Hybridschiff", vermutet Schaffrin. Auf die Frage, warum ergänzend zum Solarenergiesystem noch die Wasserstoffschiene installiert wurde, erläutert der Professor: „Eine Energieversorgung alleine durch Photovoltaik kann grundsätzlich keine 100%ige Ver-

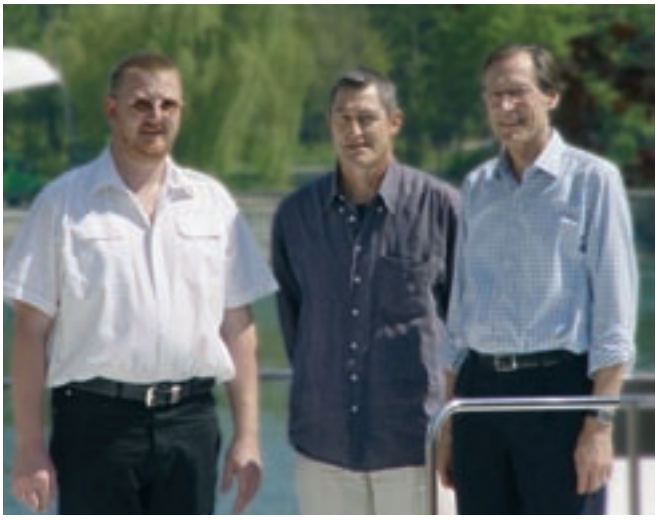


Abb. 2: Das Entwicklungs-Team (v. l.): Thomas Wolter (Projektkoordinator), Richard Leiner (Informationsmanagementsystem), Christian Schaffrin (Projektleiter) [Quelle: HTWG Konstanz]

sorgungssicherheit, die für professionellen Betrieb gefordert wird, gewährleisten. Als zweiter Energieträger wurde deshalb Wasserstoff zu einer Hybridversorgung kombiniert. Dadurch, dass einer der Wandler (PV-Generator) nicht regelbar, der andere (Brennstoffzelle) jedoch regelbar ist, entsteht zusammen mit den Energiespeichern Wasserstofftank und Batterie ein einfaches, überschaubares System, in dem ein Energiemanagement überhaupt erst möglich wird."

Erstmals öffentlich vorgestellt wurden das Schiff im März 2007 beim Thurgauer Technologietag bei der Firma Johnson-Diversey in Münchwilen, Schweiz. Eingesetzt werden soll es in der Ausbildung und Forschung. Die Studierenden sollen an Bord in die Problematik von Energiesystemen eingeführt werden und Management-Strategien für unterschiedliche Betriebsweisen optimieren und im Fahrversuch überprüfen. Die grundsätzlichen Erkenntnisse lassen sich dann auf die Regelung von Stromnetzen übertragen und erweitern. Besonderes Gewicht legen die Verantwortlichen dabei auf die Vermittlung von systemischem Denken. Dies betrifft beispielsweise die optimale Betriebsweise des gesamten Brennstoffzellensystems und die Anpassung des Energiemanagements auch an andere Schiffe sowie auch die Langzeiterprobung.

***ENERGIEKETTE* STELLT NACHHALTIGKEIT DAR** Ergänzend zu dem PV-H_2-Schiff entwickelte Prof. Schelling, ebenfalls von der Hochschule Konstanz, das Konzept einer dazu passenden Erzeugungsanlage. Diese so genannte *Energiekette* beruht auf der Idee, dass eine durchgängige Kette von der regenerativen Energiegewinnung über die Zwischenspeicher von Energie in Form von Wasserstoff bis hin zum effizienten Verbraucher realisiert wird. Dabei sollen möglichst viele Komponenten einer zukünftigen H_2-Infrastruktur dargestellt werden. Eine daran ausgerichtete Anlage, die sich noch in der Planung befindet, soll sowohl der Lehre als auch der angewandten Forschung dienen.

Schelling räumt ein, dass die Umwandlung von solar erzeugter, elektrischer Energie in Wasserstoff und deren anschließende Rückumwandlung in elektrische Energie lediglich einen Exergieverlust darstellt: „Das wäre eigentlich eine Energieverlustkette. Ziel ist daher nicht primär die Erreichung eines möglichst hohen Umwandlungswirkungsgrades der Energiekette, sondern Flexibilität im Einsatz verschiedener Komponenten." ||

TECHNISCHE DATEN

Länge: 8,5 m
Breite: 2,5 m
Tiefgang: 0,5 m
Verdrängung: 2,5 m³
PV-Generator: 720 W_p
Batteriekapazität (80 %): 210 Ah
Systemspannung: 48 V
Brennstoffzellen: 3 x 1,2 kW
Wasserstofftank: 70 l, 350 bar
Asynchronmotor: 4/8 kW, 2300 U/min
Propeller: 3 Flügel, 1125 U/min

BODENSEE-PROJEKT

Stellvert. Referatsleiterin am BMVBS Nilgün Parker, Landtagsabgeordnete Carla Bregenzer, Hochschulrektor Jürgen van der List, Staatssekretärin Karin Roth, Ferdinand Panik (v. l.) [Foto: Cornelia Mack]

Parallel dazu bemühen sich das Kompetenz- und Innovationszentrum Brennstoffzelle Baden-Württemberg (KIBZ), die Hochschule Esslingen sowie weitere Partner darum, im so genannten Bodensee-Projekt eine Wasserstoffinfrastruktur sowie eine ganze Flotte brennstoffzellenbetriebener Boote und Fahrzeuge aufzubauen, zu der dann auch die Solgenia gehören soll. Zunächst streben die Partner allerdings die Anerkennung als Leuchtturmprojekt an. Karin Roth, parlamentarische Staatssekretärin im Bundesverkehrsministerium, ist diesbezüglich guter Hoffnung: „Mein Eindruck ist, dass einer Bewerbung des Bodenseeprojekts nichts mehr im Wege steht. Ich bin zuversichtlich, dass die Initiative der Hochschule gute Chancen hat, im Rahmen des NIP gefördert zu werden."
Der Weg ist jedoch noch weit. Sollte sich das Vorhaben qualifizieren, rechnen die Beteiligten erst im Jahr 2017 anlässlich der Internationalen Gartenschau (IGA) mit einer signifikanten Anzahl an Land- und Wasserfahrzeugen, die mit Brennstoffzellen angetrieben werden. Prof. Ferdinand Panik vom Institut für Brennstoffzellentechnik der Esslinger Hochschule zeigt sich jedoch zuversichtlich und erklärte anlässlich einer Pressekonferenz, der Bodensee sei „eine ideale Testregion für eine neue Technologie, die Maßstäbe im Umwelt- und Klimaschutz setzen wird."

Thema: Schifffahrt | **Autor:** Stephan Möller

HYPORT – H_2-VERSORGUNG AN DER OSTSEEKÜSTE

Wasserstoff an Marinas und Brennstoffzellen auf Yachten

Quelle: Fotolia, André-Thölken

An der Mecklenburger Ostseeküste soll im Rahmen eines Lighthouse-Projektes der barrierefreie Zugriff auf Wasserstoff an strategisch günstigen Marinas realisiert werden. Hausboote und Yachten sowie kommunal und touristisch genutzte E-Mobile und Wasserfahrzeuge sollen mit Brennstoffzellen ausgestattet werden. Mecklenburg-Vorpommern könnte dadurch als Vorreiter die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnik in der Schifffahrt etablieren. Dies ist jedenfalls das Ziel einer norddeutschen Initiative, die dem bisher vorherrschenden „Henne-Ei-Problem" bei der Einführung und Nutzung der Wasserstofftechnik Paroli bieten will.

Ziel des HyPort-Projektes ist, den wirtschaftlichen und praktischen Nutzen von Wasserstoff und Brennstoffzellen im maritimen Sektor durch Demonstrationsvorhaben zu testen und in die Praxis zu überführen. Dabei handelt es sich um die emissionsarme Bordstromversorgung auf Booten und Yachten.

BRENNSTOFFZELLEN AUF BOOTEN Das angedachte Pilotprojekt wird sich schwerpunktmäßig mit der Bordenergieversorgung von Wasserfahrzeugen im Leistungsbereich von unter 2 kW (elektrisch) befassen. Dieser technikorientierte Freizeitsektor verfügt über steigende Absatzzahlen bei gleichzeitig hohem Preisniveau, bei dem Komfort, Sicherheit und Ökologie im Vordergrund stehen. Durch den zunehmenden Energieverbrauch an Bord ist ein gutes Energiemanagement unverzichtbar. Bisher wurde dieses Anwendungsfeld auf Yachten und Hausbooten von Batterien und Akkus dominiert. Diese arbeiten jedoch meist an ihrem Leistungsmaximum, so dass Energie nur in begrenztem Maße zu Verfügung steht. Das „Haushalten" mit Energie gehört daher zur Tagesordnung. Hier könnten neue Systeme Besserung verschaffen.

Brennstoffzellen würden vorerst im Hybridsystem zum Einsatz kommen. Kalkulierbare Leistungsspitzen werden dabei von parallel installierten Batterien abgepuffert. Spitzenlasten von elektrischen Bugstrahlrudern oder bei An- und Ablegemanövern stellen somit kein Problem dar. Das BZ-System substituiert dann die Lichtmaschine des Hauptmotors und/oder den Landstromanschluss im Hafen. Die zur Verfügung stehende elektrische Kapazität des neuen Gesamtsystems liegt dadurch verglichen mit den derzeitig unbefriedigenden Batterielösungen höher, woraus ein deutlicher Komfortgewinn resultiert. Neue zusätzliche elektrische Anwendungen, die vorher aus energetischen Gründen nicht zum Einsatz kamen, können dadurch auf Hausbooten und Yachten Einzug halten.

Der Einsatz von H_2-Brennstoffzellen auf Wasserfahrzeugen zeichnet sich nicht nur durch eine vielseitige, mobile Anwendung aus, sondern auch durch

- die hohe spezifische Energie- und Leistungsdichte,
- die geräusch- und vibrationsarme Energieerzeugung unabhängige von Seegang und Krängung,
- *Power on Demand* und Nutzung von Wärmeenergie,
- modular einsetzbare Baugrößen und leicht skalierbare Leistungsklassen der Module,
- die niedrige Dichte von Wasserstoff (keine Gasansammlung in der Bilge)

MARKTSITUATION Derzeit stehen bereits verschiedene BZ-Systeme mit unterschiedlicher Leistung zur Verfügung, wobei die Preise in absehbarer Zeit in den akzeptablen Bereich vorstoßen werden. An Einzelkomponenten müssen allerdings noch Verbesserungen und Modifizierungen bezüglich Seewasserbeständigkeit und -verträglichkeit sowie Korrosion vorgenommen werden. Auch muss das zu entwickelnde Brennstoffzellen-Hybrid-Bordnetz mit Hilfe von Systemintegratoren und E-Technik-Zulieferern aus der maritimen Technik abgestimmt werden.

Abb. 2: HyPort – Anvisierte maritime H_2-Infrastruktur [Quelle: HIAT]

Ein weiterer wesentlicher Punkt ist die lückenlose Bereitstellung von Wasserstoff. Dieser soll dem Nutzer möglichst barrierefrei und ortsnah zur Verfügung gestellt werden. Entlang der Mecklenburger Ostseeküste gibt es derzeit über 200 Marinas mit über 18.000 Liegeplätzen, im Binnenraum der Mecklenburger Seenplatte 220 Marinas mit 14.000 Liegeplätzen. Genutzt werden diese von etwa 30.000 heimischen Booten und Yachten und über 40.000 Gastliegern pro Jahr. Wenn während der Pilotphase nur fünf Prozent der Schiffe mit Wasserstoff versorgt werden sollen, stellen diese Zahlen enorme Ansprüche an die H_2-Infrastruktur sowie die Betankung.

In dem vorgestellten Projekt sollen daher folgende Schwerpunkte untersucht werden:

- Lage und Installation der H_2-Bunkerstationen für eine lückenlose Wasserstoffkette in der Demo-Region (HyPort)
- Mobilität von Tankstellen
- Transportwege für Wasserstoff (See- oder Landweg)
- Kommerziell zur Verfügung stehende H_2-Tankstellen
- H_2-Speichertechnik an Bunkerstation; Untersuchung zur späteren *vor-Ort* Herstellung
- Betankungstechnologie, insbesondere Druckgastechnik (200 bis 700 bar)
- H_2-Speichertechnik *on-board*, Druckgasnetz, Sicherheitstechnik und Zertifizierung

Die Bereitstellung von Wasserstoff wird ausschließlich durch Gaselieferanten oder Energieversorgungsunternehmen sichergestellt. Der Bezugspreis von Wasserstoff ist dabei jedoch nicht maßgebend, weil im dargestellten Anwendungsfall der Nutzer höhere energiespezifische Kosten akzeptiert. Da es sich vorerst nicht um den Hauptantrieb eines Schiffes handeln wird, können Energiebezugskosten von über 2 Euro je kWh (elektrisch) hingenommen werden.

Yachten und Hausboote des Zielmarktes verfügen derzeit über einen batteriebasierten Energievorrat von etwa 2 bis 3 kWh. Zumeist wird dies realisiert durch moderne AGM-Batterien mit einer Kapazität von 300 bis 400 Ah, einem Gewicht von 120 bis 160 kg und einer Zyklenfestigkeit von 500 bis 700 Ladungen (Anschaffungspreis: 750 bis 1000 €). Ist dieser Energievorrat aufgebraucht, muss über den Haupt-/Hilfsmotor oder Landstromanschluss nachgeladen werden. Dies ist nur mit einer entsprechenden Ladezeit von bis zu sechs Stunden zu erreichen. Installierte Photovoltaikmodule und kleine Windturbinen sind nur eine ungenügende Lösung und können bestenfalls unterstützend eingesetzt werden. Brennstoffzellensysteme können hier einen wahrhaftigen Mehrwert darstellen.

LIGHTHOUSE-PROJEKT Der Startschuss zu diesem Projekt fiel am 26. April 2007. Rund 60 Teilnehmer trafen sich in Wismar zu einem ersten Workshop, dessen Ziel zunächst war, ausgewählte Projektpartner über das geplante Vorhaben zu unterrichten. Erschienen waren Vertreter aus den Bereichen Hersteller und Ausrüster von Yachten und Hausbooten, Marinas, Elektro-Systemintegratoren, Hersteller von Brennstoffzellen und BZ-Systemen, Gaselieferanten, Energieversorger sowie Tourismusverbände, die größtenteils sehr interessiert waren. Koordiniert wurde das Zusammentreffen vom Hydrogen Institute of Applied Technologies (HIAT gGmbH) in Zusammenarbeit mit der mecklenburgischen Wasserstoff-Technologie-Initiative (WTI e.V.), die auch die Beantragung dieses Vorhabens als Lighthouse-Projekt im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms durchführen werden.

Abb. 3: Ausstrahlungskraft auf angrenzende Regionen [Quelle: HIAT]

Im Sommer dieses Jahres soll eine erste Präsentation der Projektskizze dem dafür zuständigen Projektträger und dem BMVBS in der Landesvertretung Mecklenburg-Vorpommerns in Berlin erfolgen. Die Landesregierung Mecklenburg-Vorpommerns erklärte sich zudem bereit, parallel landesgeförderte Technologieprojekte zu unterstützen, da die wirtschaftlichen Säulen *Tourismus* und *maritime Wirtschaft* in der Region ein stark wachsendes Segment darstellen. Die Verbindung mit *Wasserstoff – Brennstoffzelle – Ökologie* steht hierzu in direktem Zusammenhang. Außerdem schließt das Motto des nordöstlichen Bundeslandes „MV tut gut“ den Einsatz von Hochtechnologie und nachhaltiges Handeln mit ein. Mecklenburg-Vorpommern als Testregion zu wählen ist demnach durchaus sinnvoll, da sowohl die Anwender als auch die Verbraucher direkt vor Ort sind. Ganz Norddeutschland könnte daher infolge der Ausstrahlungskraft dieses Projektes für die maritimen Anwendungen eine Vorreiterfunktion einnehmen, und das weit über die Landesgrenzen hinaus. ||

→ *www.hiat.de*

Autor:

Dipl.-Ing. Stephan Möller
HIAT gGmbH - Hydrogen Institute of Applied Technologies, Schwerin
→ moeller@hiat.de

Thema: Europa | **Autor:** Manfred Klell

HYCENTA

Das H_2-Forschungszentrum in Österreich

Abb.1: Forschungszentrum an der TU Graz [Quelle: HyCentA]

Abb. 2: Vakuumisolierter Standtank für 17.600 l LH_2 [Quelle: HyCentA]

Noch nicht einmal zwei Jahre ist es alt und verfügt bereits über die besten Referenzen: das Hydrogen Center Austria (HyCentA). Lokalisiert auf dem Gelände der Technischen Universität Graz wurde das erste österreichische Forschungszentrum für Wasserstoff im Oktober 2005 offiziell eröffnet und kann bereits heute eine positive Zwischenbilanz ziehen. Mit einer Reihe hochrangiger Partner aus Wissenschaft und Industrie sowie mit Unterstützung der öffentlichen Hand wurde das HyCentA ins Leben gerufen. Mit zahlreichen High-Tech-Anlagen sowie einem Team geschulter Spezialisten hat es unter anderem einen wesentlichen Anteil an den Vorarbeiten zum BMW Hydrogen 7 beigesteuert.

Das HyCentA widmet sich wasserstoffrelevanten Aufgaben in der Forschung und Entwicklung sowie in der Lehre und Öffentlichkeitsarbeit. Es verfügt über Prüfstände sowie eine Abgabestelle für tiefkalten flüssigen und gasförmigen Wasserstoff. Die von der Firma Linde errichteten wissenschaftlichen Geräte entsprechen dem neuesten Stand der Technik bei der Speicherung, Aufbereitung und Anwendung von Wasserstoff. Die gesamte Anlage besteht aus Modulen für die Versorgungsinfrastruktur, die Konditionierung sowie aus einer H_2-Abgabestation und dem Prüfzentrum.

Das Herzstück der Versorgungsinfrastruktur ist ein vakuumisolierter Tank, der Wasserstoff tiefkalt in flüssiger Form speichert. Damit lässt sich gegenüber der Speicherung in Gasform eine deutlich höhere Energiedichte erreichen, allerdings muss die Temperatur des Wasserstoffs auf -253 °C gehalten werden. Der Tankdruck wird dafür auf einem konstanten Niveau von etwa 7 bar gehalten. Zum Inertisieren und für Sonderanwendungen werden Helium und Stickstoff eingesetzt. Stickstoff wird ebenfalls tiefkalt in einem vakuumisolierten Tank gespeichert. Der Stickstoffflüssigtank fasst 3.160 l bei etwa 15 bar und -196 °C. Die Speicherung des Heliums erfolgt gasförmig in herkömmlichen Druckflaschen bei 200 bar.

Die Konditionierung ist insbesondere für den Wasserstoff erforderlich, der tiefkalt flüssig und gasförmig mit bis zu 450 bar zur Verfügung steht. Für die tiefkalte Anwendung wird der flüssige Wasserstoff (LH_2) durch vakuumisolierte Rohrleitungen in einen entsprechenden Konditionierbehälter geführt und dort auf einen konstanten Druck zwischen 1 und 4 bar geregelt. Von dort wird er zu den Prüfplätzen und zu der LH_2-Abgabestelle verteilt. Zur Entnahme gasförmigen Wasserstoffes oder Stickstoffes werden die flüssigen Gase in Wärmetauschern verdampft. Der gasförmige Stickstoff wird unter anderem zur Steuerung der Ventile in der Anlage verwendet. Für Hochdruckanwendungen wird der Wasserstoff in einer zweistufigen hydraulischen Kolbenverdichterstation auf bis zu 450 bar komprimiert. Das Hydrauliköl für den Verdichter wird dafür mit einem Elektromotor auf Betriebsdruck gebracht. Der verdichtete Wasserstoff kann dann über die Abgabestelle zum Betanken von Fahrzeugen genutzt oder in Hochdruckflaschen abgefüllt werden.

Das Prüfzentrum verfügt über Anschlüssen für Vakuum, Stickstoff, Helium sowie flüssigen und gasförmigen Wasserstoff. Die Prüfstände sind mit modernster Messtechnik und Sensorik wie beispielsweise einer Infrarotkamera zur Isolationsbewertung ausgestattet. Die Prüfabläufe werden zentral über eine elektronische Steuerung bedient, die auch die sicherheitstechnische Überwachung der Abläufe übernimmt. Mit entsprechend geschultem Fachpersonal sind damit auch reproduzierbare Versuche mit tiefkaltem Wasserstoff möglich. Derzeit sind zwei Prüfplätze in Betrieb. Bei Bedarf ist die Anlage modular erweiterbar. Selbstverständlich entspricht die gesamte Anlage höchsten Sicherheitsansprüchen und verfügt über eine automatische Systemüberwachung, Abgasmanagement, geschlossene Kontrollkreise gegen Gasverlust usw.

FORSCHUNGSPROJEKTE AM HYCENTA Aus einer Reihe von in Bearbeitung befindlichen Projekten zu Themen der Erzeugung, Verteilung und Anwendung von Wasserstoff seien an dieser Stelle beispielhaft zwei Arbeiten erwähnt: Die thermodynamische Modellierung von Speichersystemen für Wasserstoff und eine Prüfprozedur für LH_2-Tanksysteme.

Die Speicherung von Wasserstoff unter hohem Druck oder tiefkalt flüssig birgt technische Herausforderungen hinsichtlich Funktion sowie Sicherheit und bietet ein interessantes Feld für thermodynamische Betrachtungen. Dabei ist einerseits der Energieaufwand zur Verdichtung und Verflüssigung von Interesse, andererseits das Verhalten des unter Druck oder tiefkalt gespeicherten Wasserstoffes. Unter Verwendung der bekannten Beziehungen für die Erhaltung der Masse und der Energie sowie der thermischen Zustandsgleichung lassen sich Arbeitsaufwände, Wärmeströme und Zustandsänderungen in thermodynamischen Simulationen darstellen. Von

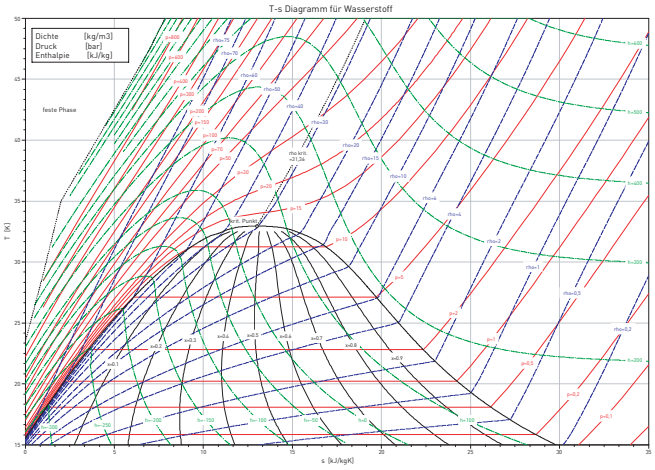


Abb. 3: Ts-Diagramm für Wasserstoff mit Zweiphasengebiet [Quelle: HyCentA]

besonderer Anschaulichkeit ist dabei die Darstellung der Zustandsänderungen in grafischer Form in einem Temperatur-Entropie-Diagramm (*Ts*-Diagramm) mit Linien konstanter Werte für Druck, Dichte und Enthalpie. Mit relativ einfachen mathematischen Modellen können damit ausreichend genaue Simulationen für die Befüllung und den Betrieb von gasförmigen und tiefkalten Speichersystemen von Wasserstoff durchgeführt werden. Thermodynamisch besonders interessant ist die Untersuchung der tiefkalten Speicherung mit dem erforderlichen Abkühlen (Kaltfahren) eines Behälters, dessen Befüllung, dem Druckaufbau infolge des unvermeidlichen Wärmeeintrags, dem resultierenden Ablassen von Wasserstoff nach Erreichen des maximalen Drucks (Boil-Off) etc..

Auf den Prüfständen werden unter anderem Grundsatzversuche zur tiefkalten Speicherung von flüssigem Wasserstoff durchgeführt, wofür ein Kryostat mit entsprechender Sensorik zur Verfügung steht, der für Drücke bis 10 bar geeignet ist. Damit werden Untersuchungen zur Vakuumisolation und zum Druckaufbauverhalten durchgeführt, zum Rückgasverhalten bei unterschiedlichen Befülldrücken, aber auch Arbeiten zur Entwicklung und Erprobung von Sensorik. Eine der Hauptaufgaben des HyCentA stellt derzeit die Funktionsprüfung von LH_2-Tanksystemen dar. Die vakuumisolierten Tanksysteme werden von Magna Steyr Fahrzeugtechnik gebaut, am HyCentA einer umfassenden Funktionsprüfung unterworfen und dann an BMW geliefert, wo sie in den BMW Hydrogen 7 eingebaut werden. Das Hightech-Tanksystem erlaubt mit der Speicherung von Wasserstoff in flüssiger Form eine gegenüber Drucksystemen größere Reichweite des Fahrzeugs.

LEHRE UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT Durch die enge Beziehung zur TU Graz wird die Verbindung von industrieller Entwicklungsarbeit, Forschung und Lehre besonders begünstigt. So werden am HyCentA in Zusammenarbeit mit der Hochschule Diplomarbeiten und Dissertationen zu wasserstoffrelevanten Themen betreut. Die erste Vorlesung speziell zum Thema Wasserstoff an der Universität gibt einen allgemeinen Überblick über Eigenschaften und Anwendung von Wasserstoff mit einem Schwergewicht auf dessen Nutzung in der Verkehrstechnik und in der Energietechnik.

Die Öffentlichkeit sowie das interessierte Fachpublikum werden zudem durch Veröffentlichungen, Veranstaltungen und die Organisation von Tagungen zum Thema Wasserstoff angesprochen. In Kooperation mit dem Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU und dem Kompetenzzentrum für umweltfreundliche Stationärmotoren LEC fand im September 2006 das erste internationale Symposium für H_2-Verbrennungskraftmaschinen statt. In Kooperation mit Joanneum Research findet am 26. und 27. September 2007 an der TU Graz die zweite österreichische H_2-Konferenz statt.

PROJEKTPARTNER UND FÖRDERSTELLEN Die HyCentA Research GmbH hat drei wissenschaftliche Partner sowie fünf Industrieunternehmen als Gesellschafter: TU Graz, Austrian Research Centers GmbH, Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, AVL List GmbH, Forschungsgesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik mbH, Magna Steyr Fahrzeugtechnik AG & Co KG, OMV Refining & Marketing GmbH, Steirische Gas-Wärme GmbH. Das HyCentA konnte durch die finanzielle Unterstützung folgender Fördergeber umgesetzt werden: Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit - bm.wa, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie – bm.vit, Zukunftsfonds des Landes Steiermark und Steirische Wirtschaftsförderung SFG. ||

→ *www.hycenta.at*

Autor:

Dr. Manfred Klell
HyCentA Research GmbH, Graz
→ *office@hycenta.at*

Thema: Wirtschaft | **Autor:** Alf-Sibrand Rühle

MIT ALKOHOL ZU HÖCHSTLEISTUNGEN

Smart Fuel Cell startet an der Börse

Alkohol, so haben wir gelernt, macht zwar fröhlich, aber die Leistungsfähigkeit sinkt dadurch erheblich ab. Nicht so im Brennstoffzellenbereich, denn hier gibt es einen Zellentyp, der unter Alkoholeinfluss zu Höchstform aufläuft: Die Direkt-Methanol-Brennstoffzelle, kurz DMFC. Hierbei handelt es sich um eine Niedertemperaturzelle, die sich den hohen Wasserstoffgehalt des einfachen Alkohols *Methanol* nutzbar macht. Als Elektrolyt kommt dabei eine Polymermembran zum Einsatz. DMFC gewinnen derzeit insbesondere in der Versorgung mobiler Verbraucher immer mehr Bedeutung.

Die Smart Fuel Cell AG (SFC) aus Brunnthal bei München gehört zu den Marktführern dieser Technologie. Durch den leisen Betrieb sind deren DMFC-Anlagen hervorragend für den Gebrauch auf Sportbooten und beim Camping geeignet. Der Wohnmobilhersteller Hymer bietet sie daher als optionale Ausrüstung mit an. Auch bei der Atlantiküberquerung einer Segelyacht stellte ein SFC-Aggregat bereits seine Leistungsfähigkeit unter Beweis: In drei Wochen betrug der Methanolverbrauch nur 30 Liter. Der Dieselverbrauch eines vergleichbaren Aggregates hätte bei etwa 190 Litern gelegen.

Gegenüber herkömmlichen Akkus oder Batterien erreichen diese Zellen bei gleicher Größe und geringerem Gewicht ein Mehrfaches der Leistung sowie eine wesentlich höhere Betriebsdauer. Durch die miniaturisierte Bauweise sind DMFC somit hervorragend als *Energiewandler der Zukunft* geeignet. Das Methanol wird dabei über austauschbare Tankpatronen zugeführt, deren Volumen und Formgebung dem jeweiligen Gerätedesign angepasst wird.

Die besondere Stärke der 2000 gegründeten SFC liegt darin, dass es frühzeitig marktfähige Produkte erschaffen hat. Die im Verhältnis zu Wasserstoff leichtere Betankbarkeit von Aggregaten mit Methanol hat dabei erheblich geholfen, nicht im Entwicklungsstadium stecken zu bleiben.

AUDIENZ BEIM BUNDESPRÄSIDENTEN Während der *Woche der Umwelt* am Schloss Bellevue, dem Berliner Sitz des Bundespräsidenten, konnten sich Besucher Anfang Juni 2007 serienreife Anwendungen anschauen. In enger Zusammenarbeit mit der Veloform GmbH hatte das bayerische Unternehmen dreirädrige CityCruiser (Velotaxi, s. Abb. 1) mit brennstoffzellenbetriebenem Hilfsmotor ausgestattet. Außerdem steuerte SFC das Antriebsaggregat für ein elektrisches Zustellfahrzeug der Post bei, das gemeinsam mit der Hercules GmbH & Co KG und der Clean Mobile GmbH entwickelt wurde (s. Abb. 2). Der Energiewandler (180 W) versorgt den E-Motor, der 1,5 kW Maximalleistung und 200 W im Dauerbetrieb liefert. Mit einem Liter Methanol kann eine Reichweite von 200 km erreicht werden. Der fahrfähige Prototyp dieses Postfahrrads, das zusätzlichen Schub aus dem Brennstoffzellensystem erhält, soll zusätzlich zum Fahrer eine Nutzlast von bis zu 120 kg transportieren können. Die Projektpartner erhoffen sich von diesem Gespann eine Vereinfachung des Zustellbetriebs, da zukünftig auf Zwischenstopps zum Aufladen von Batterien verzichtet werden kann. Praxistests im täglichen Betrieb sollen im Herbst 2007 stattfinden. Die Serienauslieferung an die Royal Mail in England soll im Frühjahr 2008 folgen.

Abb. 1: SFC Vorstandsvorsitzender Dr. Peter Podesser (l.) und CTO Dr. Jens Müller vor der Börse, im Hintergrund die CityCruiser [Quelle: SFC]

Bei mobilen Verkehrsleitsystemen, die früher regelmäßig zum stundenlangen Nachladen ins Depot mussten, ermöglichen die DMFC-Zellen einen dauerhaften Betrieb vor Ort. Darüber hinaus besteht ein erhebliches Potenzial bei der Stromversorgung militärischer Anwendungen. Der minimale Kohlendioxidausstoß der Energiewandler ermöglicht den problemlosen Einsatz selbst innerhalb von Gebäuden. Ansonsten wird nur heißer Wasserdampf emittiert.

SFC SMART FUEL CELL AG

Land:	Deutschland
Heimatbörse:	Deutsche Börse, Prime Standard
ISIN:	DE0007568578
WKN:	756857
Internet:	www.smartfuelcell.de

ERFOLGREICHER BÖRSENGANG Mittlerweile ist aus dem ehemaligen VC-Unternehmen ein Börsenunternehmen geworden. Seit Aufnahme der Notiz von Smart Fuel Cell im Open Market 2006 schwankte der Kurs zunächst bei geringen Umsätzen. Die Anteile befanden sich zunächst ausschließlich im Besitz institutioneller Investoren, darunter etliche Fondsgesellschaften, sowie des Firmengründers. Am 25. Mai 2007 erfolgte der Aufstieg ins Handelssegment *Prime Standard*, sozusagen die Oberliga im Gefüge der börslichen Handelsplattformen. Somit handelt es sich bei SFC nicht um einen Börsengang im herkömmlichen Sinne eines Initial Public Offerings. Vielmehr signalisiert der Wechsel der Handelsplattform, verbunden mit einer gleichzeitigen Kapitalerhöhung, dass man es mit dem Finanzmarkt ernst meint, nicht mehr nur unter Insidern wahrgenommen und gehandelt werden möchte, sondern sich auch der breiten Anlegerschaft als zukunftsträchtiges Investment öffnet. Verbunden mit allen Publizitäts- und Bilanzierungsvorschriften, die das neue Segment erfordert.

Die Bookbuilding-Spanne lag zwischen 32 und 39 Euro. Der Handel startete zum Kurs von 37 Euro. Damit erlöste das

Abb. 2: Zulieferfahrrad für die Post mit BZ-Schubeinheit [Quelle: Clean Mobil GmbH]

Unternehmen 89 Millionen Euro. 49 Mio. Euro verbleiben im Unternehmen, die übrigen 40 Mio. gingen an die Altaktionäre. Ein vergleichsweise hoher Preis, denn 2006 wurde bei einem Umsatz von 7 Mio. Euro noch ein Verlust von 4,2 Mio. Euro erwirtschaftet. Vorstand Peter Podesser ist jedoch zuversichtlich, bereits 2008 in die Gewinnzone gelangen zu können. In der Spitze übersprang der Kurs schon einmal kurz die 50 Euro-Marke. Zunächst bewegte sich der Wert im Bereich zwischen 28 und 35 Euro. Mittlerweile musste der Kurs jedoch „Federn lassen" und sank bis auf 27 Euro ab.

Unter den institutionellen Anteilseignern finden sich so bekannte Namen wie der US-Chemieriese Dupont und Fondsgesellschaften wie DWS, Dit, Fidelity, Swisscanto und Lupus Alpha. Ein Zeichen dafür, dass deren Analysten an die schnelle Erreichbarkeit des Break-Even glauben.

METHANOL UND ETHANOL Unter dem Gesichtspunkt der Direkt-Brennstoffzellen-Technologie sind noch weitere Werte des internationalen Kurszettels von Interesse. Da wäre einerseits der verwendete Treibstoff Methanol. Weltgrößter Produzent und Lieferant von Methanol ist nach eigenen Angaben die Methanex Corp., die von der weiteren Verbreitung dieses Zellentyps besonders profitieren sollte.

Andererseits ist auch Ethanol ist in den letzten Monaten verstärkt in den Blickpunkt geraten. Bei Ethanol handelt es sich - im Gegensatz zu Methanol, das ungenießbar ist - um trinkbaren Alkohol. Er kann aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen werden. So genannter Bioethanol wird zunehmend auch als Treibstoff sowie Beimischung für Verbrennungsmotoren eingesetzt. Zudem sind Direkt-Ethanol-Brennstoffzellen (DEFC) realisierbar (s. auch S. 12).

Mit miniaturisierten DEFC zielt Medis Technologies auf den Markt der elektronischen Kleinstgeräte, insbesondere Handies und Laptops. Medis spricht in diesem Zusammenhang auch von *Direct Liquid Fuel Cells* (DLFC). Diese Zellen für den mobilen Einsatz werden mit einer wässerigen Ethanollösung versorgt. Weitere Geschäfts- und Entwicklungsbereiche von Medis befassen sich mit medizinischen Diagnosesystemen, High-Tech-Polymeren, Verbrauchsoptimierung von Motoren sowie energiesparenden Kühl- und Gefriersystemen. Der Aktienkurs hat allerdings im Laufe der vergangenen Monate erhebliche Einbußen hinnehmen müssen.

Verglichen mit der H_2-Direktbetankung von Brennstoffzellen scheint die Alkoholvariante zunächst ein Umweg zu sein. Der Vorteil ist hingegen, dass Alkohol leichter abzufüllen und zu transportieren ist. Dadurch öffnet sich hier ein Markt für praxisreife Anwendungen, während andere Bereiche noch auf die Errichtung der Versorgungsinfrastruktur warten müssen.

Aggregate mit Alkoholversorgung kann bereits jeder kaufen und verwenden. Produkte zum Anfassen – das ist, was der Anleger braucht, um Vertrauen zu einer Idee zu fassen und um zu investieren. In diesem Sinne: Prost! ||

→ *www.sfc.com,*
→ *www.h2am.de*

METHANEX CORP.

Land:	Kanada
Heimatbörse:	TSE Toronto Stock Exchange
WKN:	882639
Internet:	www.methanex.com

MEDIS TECHNOLOGIES LTD.

Land:	USA / Israel
Heimatbörse:	NASDAQ
WKN:	501706
Internet:	www.medistechnologies.com

Quellen:

- *Handelsblatt, scc, Erster Brennstoffzellen-Hersteller drängt an die Börse, 30. April 2007*
- *Mohr, D., Börsengang von Smart Fuel Cell, FAZ.NET, 25. Mai 2007*
- *Rühle, A.-S., Wasserstoff und Wirtschaft, Hydrogeit Verlag, Kremmen, 2005*

Autor:

Dr. Alf-Sibrand Rühle
→ *ruehle@hydrogeit.de*

TH!NK WIRD ZUM H_2-LOGIC-MOBIL

TH!NK in Hannover

Im Staate Dänemark tut sich was: H2 Logic ApS und TH!NK Technology arbeiten gemeinsam an einem Kleinwagen, der beste Chancen besitzt, den Großen die Show zu stehlen. H2 Logic hat in das ehemalige Elektrofahrzeug ein komplettes Brennstoffzellensystem integriert inklusive eines BZ-Stacks von Ballard sowie eines H_2-Tanks von Lincoln Composites. Die bereits unter dem Beifahrersitz befindliche Batterieeinheit wurde an Ort und Stelle belassen, so dass das Hybridfahrzeug nun über eine Reichweite von zweimal 150 km verfügt. Während der Hannover Messe präsentierten die Dänen das Stadtfahrzeug erstmals der Öffentlichkeit.

Praktische Erfahrungen wollen die Skandinavier im September 2007 in Norwegen sammeln, wenn ein erstes Modell zur Einweihung des Hydrogen-Highways (HyNor) ausgeliefert wird. 2008 sollen dann fünf weitere Exemplare zum Einsatz kommen. Wenn alles klappt, könnten 2012 erstmals auch Endverbraucher eigene Fahrerfahrungen sammeln.

H2 Logic arbeitet sowohl an BZ-Systemen für City- und Service-Fahrzeuge als auch an Betankungseinheiten. Ein H2 Truck V2 sowie eine Tankstation wurden Mitte Mai an Samsø Energy Academy übergeben. Zwei Gabelstapler, zwei Golf-Carts, ein Service-Lorry sowie eine H_2-Station sollen 2008 beim dänischen Netzwerk Hydrogen Link eingesetzt werden.

TH!NK Technology, früher Pivco, gehörte ehemals zur Ford Motor Company und entwickelte für die den TH!NK City, ein Elektrofahrzeug, das zur Jahrtausendwende für Aufsehen sorgte. Der TH!NK, der ursprünglich auf norwegisch „Tenk!“ hieß, sollte Ford dabei helfen, die strengen Umweltstandards in Kalifornien einhalten zu können. Nachdem knapp über 1000 Fahrzeuge verkauft wurden, weichten jedoch Autokonzerne und Regierung die Bestimmungen auf und Ford verabschiedete sich wieder vom E-Mobil. Anfang 2003 verkauften die Amerikaner TH!NK und die geplante Verschrottung von über 400 Exemplaren konnte erst von Greenpeace verhindert werden. Nach einer zwischenzeitlichen Zugehörigkeit zu einem schweizerischen Unternehmen landete das Entwicklungs-Team nun wieder bei Jan Otto Ringdal, dem ursprünglichen Gründer von Pivco und heutigem Geschäftsführer von Nordic Power System (s. S. 6). ||

HONDA FCX KOMMT FRÜHER ALS ERWARTET

Q‘orianka Kilcher – ihr erstes Auto ist ein Honda FCX [Quelle: Honda]

Im Wettlauf der Automobilindustrie um den frühsten Marktzugang für Brennstoffzellenfahrzeuge hat derzeit Honda die Nase vorn. 2005 übergab Honda als erster Autokonzern ein Versuchsfahrzeug in die Hände von Privatpersonen: einer vierköpfigen Familie aus Kalifornien. Und im März 2007 erhielt die Schauspielerin Q‘orianka Kilcher als jüngste Leasing-Kundin einen brennstoffzellenbetriebenen Honda FCX. Das Nachfolgemodell dazu, das emissionsfreie Coupé FCX, wird darüber hinaus nach aktuellen Angaben ein Jahr früher als zunächst gemeldet erhältlich sein. Bereits im Jahr 2008 soll eine geringe Stückzahl sowohl in den USA als auch in Japan als Imageträger zum Einsatz kommen. Im Sommer 2007 wird das Wasserstoffauto auf der schwedischen Insel Gotland Premiere feiern. Von Vorteil werden dabei für Honda die in Skandinavien eher kühlen Temperaturen sein, weil dadurch das Kühlersystem nicht so groß wie beispielsweise in Kalifornien dimensioniert werden muss. ||

KFZ-INDUSTRIE IN DER VERANTWORTUNG

Im dritten Teil des Klimaberichtes hat das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) dem Verkehrssektor eine besondere Verantwortung beim Klimaschutz zugewiesen. Der weltweite Ausstoß von Treibhausgasen aus der Verkehrsbranche habe seit 1970 um rund 120 Prozent zugenommen, so heißt es. Der Verkehrsclub Deutschland (VCD) kritisierte in diesem Zusammenhang, dass der Kohlendioxidausstoß in Deutschland seit 1990 um etwa fünf Prozent gestiegen sei, obwohl die CO_2-Emissionen in allen anderen Sektoren sanken. Dies sei vor allem auf die starke Zunahme des Lkw- und Flugverkehrs sowie auf die wachsende Zahl von schweren und leistungsstarken Pkw zurückzuführen.

Im Jahr 1970 waren rund 15 Mio. Pkw auf der Straße unterwegs. Heute sind es über 46 Mio. Autos in Deutschland. Michael Gehrmann, VCD-Bundesvorsitzender, erklärte dazu: „Der unbegrenzte Ausstoß von Treibhausgasen im Verkehr konterkariert anderweitige Bemühungen für mehr Klimaschutz.“ ||

4. & 5. BZ-GENERATION VON GM

GM-E-Flex-FC001 [Quelle: GM]

General Motors (GM) hat die Reichweite seines Chevrolet Sequel auf 483 Kilometer mit einer einzigen Tankfüllung Wasserstoff (8 kg) erhöht. Unter praxisnahen Bedingungen fuhren GM-Ingenieure das Versuchsfahrzeug im Mai 2007 auf öffentlichen Straßen quer durch den US-Bundesstaat New York. Der für die Fahrt benötigte Wasserstoff wurde mit Hilfe von Wasserkraft erzeugt. Larry Burns, Vizepräsident Forschung und Entwicklung, erklärte: „Mit dieser Fahrt hat General Motors einen weiteren Meilenstein in Richtung der Vermarktung von Wasserstofffahrzeugen gesetzt, indem die von Konsumenten erwartete Reichweite realisiert wurde."

Der Sequel verfügt über mehrere High-Tech-Systeme an Bord: elektromechanisches Lenken und Bremsen *by-wire*, Radnabenmotoren, Lithium-Ionen-Batterien, Aluminium-Konstruktion sowie das Brennstoffzellenaggregat der vierten Entwicklungsgeneration. An der Vorderachse sitzt ein Dreiphasen-Asynchron-Elektromotor mit 88 PS bei 2.350 Newtonmetern. In den Naben der Hinterräder sitzt jeweils ein 34 PS starker Dreiphasen-Permanentmagnet-Synchronmotor (insg. 1.600 Nm). ||

Kurz zuvor hatte GM zudem auf der Shanghai Motorshow ein zweites Antriebssystem für den Chevrolet Volt vorgestellt. Bis dahin galt der Volt als rein batteriebetriebenes Elektrofahrzeug. Das ursprünglich verwendete E-Flex-System mit Lithium-Ionen-Batterien wurde nun um ein BZ-System erweitert (s. Foto). Das E-Flex-System ist nach Herstellerangabe eine flexible, vollelektrische Fahrzeugarchitektur, die darauf ausgelegt werden kann, mit Strom aus unterschiedlichen Quellen betrieben zu werden. Sein Debüt feierte dieses System im Januar 2007 auf der Detroit Motor Show im Konzeptfahrzeug Chevrolet Volt. In der dort vorgestellten, ersten Antriebsvariante besaß der Volt eine Batterie, die eine Reichweite von 65 km ermöglichte. Zum Laden der Batterie diente ein kleiner mit E85-Bioethanol betriebener Verbrennungsmotor, so dass die Gesamtreichweite mit einer Tankfüllung 1.030 km betrug. „Der Reiz unserer E-Flex-Strategie liegt darin, dass wir verschiedene Antriebssysteme in der gleichen Fahrzeugarchitektur unterbringen können, je nachdem, welche Energie lokal verfügbar ist", sagte Larry Burns.

Das jetzt zum Einsatz kommende BZ-System der fünften Generation ist nur halb so groß wie sein Vorgänger. Der Volt kommt damit 480 km weit und benötigt dafür 4 kg Wasserstoff. Mit rund 1,6 t Gesamtgewicht bringt er etwa 30 % weniger auf die Waage als der Sequel. Anfang Juni verkündete GM zudem, einen Auftrag für die Entwicklung von neuen Lithiumbatterien an Continental Automotive Systems aus Frankfurt vergeben zu haben. ||

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. 33

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

© Oliver Knauff

HYDROGEN 7 FÜR VIPS

Der BMW Hydrogen 7 kam auch bei Gouverneur Arnold Schwarzenegger gut an. [Quelle: BMW]

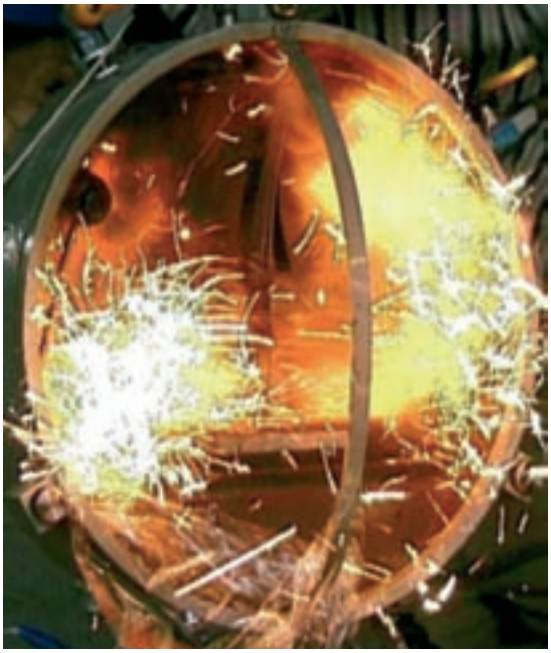
BMW präsentierte während der Auto-Show in Los Angeles Ende 2006 die mittlerweile 7. Generation eines wasserstoffbetriebenen Personenwagens: den *Hydrogen 7*. Im Frühjahr dieses Jahres wurde damit begonnen, wie bereits angekündigt die ersten Exemplare einer 100 Fahrzeuge umfassenden Clean-Energy-Flotte an ausgewählte Kunden zu verleasen.

Zunächst erhielten die prominentesten Politiker aus Bayern Autos für ihren Fuhrpark. Anschließend kamen noch zahlreiche weitere VIPs in den Genuss, ohne Schadstoffemissionen umherfahren zu können, darunter Bundesverkehrsminister Wolfgang Tiefensee (der kurz zuvor auch einen F-Cell von DaimlerChrysler ausgehändigt bekam), der FDP-Vorsitzende Guido Westerwelle, EU-Kommissar Günther Verheugen, der Technologieberater Roland Berger, Erich Sixt u.v.a.m. ||

Thema: Sicherheit | **Autor:** Thomas Grunewald

ENTZÜNDUNG VON GASGEMISCHEN

Schlagfunkenuntersuchung an der BAM



Funkenbildung verschiedener Gasgemische [Quellen: BAM]

Aussagen über die Zündwirksamkeit und insbesondere die Zündwahrscheinlichkeit infolge von mechanisch erzeugten Schlagfunken lassen sich nach dem bisherigen Kenntnisstand nur sehr vage formulieren. Kenntnisse über die Abhängigkeit von der jeweils vorliegenden Brenngas/Luft-Atmosphäre liegen selbst für bekannte kinetische Schlagenergie kaum vor. Eine fundierte Zündgefahrenbewertung ist daher ebenso problematisch wie die Erstellung und Novellierung des für den Explosionsschutz zuständigen Regelwerkes. Thomas Grunewald aus der Arbeitsgruppe „Anlagensicherheit: Konstruktiver Explosionsschutz" von der Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM) hat sich deswegen dieser Thematik angenommen und umfangreiche Versuche durchgeführt.

Im Maschinenbau und in der Verfahrenstechnik werden in explosionsgefährdeten Bereichen häufig Baustähle verwendet. Daher war es das Ziel der Forschungsarbeit, statistisch gesicherte Werte für die Zündwahrscheinlichkeit von Stahl-Schlagfunken in Abhängigkeit von der kinetischen Schlagenergie und der Mindestzündenergie der verwendeten Brenngas/Luft-Gemische zu ermitteln. Die Untersuchungen zur Entstehung mechanisch erzeugter zündfähiger Schlagfunken erfolgten mit Hilfe von Schlagfunkenmaschinen bei drei kinetischen Schlagenergiewerten.

Unterhalb der kinetischen Schlagenergie von 3 Newtonmetern konnten keine zündfähigen mechanisch erzeugten Stahl-Schlagfunken erzeugt werden. Bei einer kinetischen Schlagenergie von 10 Nm wurden hingegen einzelne mechanisch erzeugte Stahl-Schlagfunken durch Oxidationsvorgänge des abgetrennten Teilchens zu einer gefährlichen Zündquelle. Die Versuche haben weiterhin gezeigt, dass dies für Brenngas/Luft-Gemische der IEC-Explosionsgruppe IIC (z. B. Wasserstoff und Acetylen) mit einer Zündwahrscheinlichkeit im einstelligen Prozentbereich zutrifft. Bei Wasserstoff/Luft-Gemischen ist im Vergleich zu Acetylen/Luft-Gemischen die Zündwahrscheinlichkeit etwas geringer. Insbesondere ist der Zündbereich für mechanisch erzeugte und oxidationsfähige Funken etwas kleiner. Dies hängt vermutlich mit der höheren Wärmeleitfähigkeit von Wasserstoff gegenüber den meisten Kohlenwasserstoff-Verbindungen und der damit verbundenen geringen Oxidationsmöglichkeit der Stahlfunken zusammen. Mit der vergleichsweise hohen kinetischen Schlagenergie von 190 Nm wurden alle Brenngas/Luft-Gemische unabhängig von einer stattfindenden Oxidation des Teilchens durch einen einzigen Schlagvorgang zur Explosion gebracht. Dabei lag die Zündwahrscheinlichkeit bei Wasserstoff (und auch bei Acetylen) bei 100 %. Für andere Gemische fiel die Zündwahrscheinlichkeit in den unteren zweistelligen (z. B. Ethylen) beziehungsweise bis in den einstelligen Prozentbereich (z. B. mit Propan, Benzindampf, Methan) ab.

Die experimentellen Untersuchungen haben weiter gezeigt, dass die Zündfähigkeit mechanisch erzeugter Funken grundsätzlich von einer Vielzahl von Einflussgrößen abhängt. Eine Interpolation der Ergebnisse auf Werte zwischen den untersuchten kinetischen Schlagenergien von 10 Nm und 190 Nm ist daher nicht möglich. ||

→ www.bam.de

Autor:

Dipl.-Ing. Thomas Grunewald
Techn. Regierungsamtsrat
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin
→ thomas.grunewald@bam.de

MÜNCHENER H_2-STATION

[Quelle: Total Deutschland GmbH]

München hat seine erste öffentliche Wasserstofftankstelle im Stadtkern erhalten. Ende März nahm die Total Deutschland GmbH die Station in der Detmoldstraße in Betrieb, nachdem das H2argemuc-Projekt am Münchener Flughafen Ende 2006 nach zehn Jahren ausgelaufen war (s. HZwei Jan. 2007).

Wie bereits im November-Heft angekündigt verfügt die Station über eine Zapfsäule für flüssigen Wasserstoff, an der unter anderem die Hydrogen 7-Limousinen von BMW tanken werden. Der entsprechende LH_2-Tank wurde erstmals unterirdisch installiert. Eine Betankungsmöglichkeit für gasförmigen Wasserstoff besteht derzeit noch nicht.

Zeitgleich mit der Inbetriebnahme wurde auch eine Photovoltaikanlage eingeweiht, die sich direkt auf dem Tankstellengelände befindet. ||

BP GRÜNDET HYDROGEN ENERGY

Der Mineralölkonzern BP (Beyond Petroleum) hat Mitte Mai die Gründung eines Joint Ventures mit Rio Tinto angekündigt: *Hydrogen Energy*. Das neue Unternehmen, das in Weybridge im Südosten von England angesiedelt sein wird, soll Kraftwerke für Strom aus Wasserstoff unter Einlagerung des Kohlendioxids (CCS – Carbon Capture and Storage) planen, bauen und betreiben. Sobald Hydrogen Energy kartellrechtlich genehmigt ist, soll zudem ein Bündnis zwischen BP und General Electric (GE) in das Unternehmen integriert werden.

Inhalt des Bündnisses von BP und GE ist die gemeinsame Entwicklung und Nutzung von mindestens fünf Wasserstoffkraftwerken, die auch zur Entwicklung neuer Techniken beitragen sollen. Dazu zählt die Integration von Gasifizierungs- und Stromerzeugungstechnologien in Projekte zur Stromproduktion aus Wasserstoff. Außerdem wollen die Großkonzerne die Stromerzeugung aus fossilen Ressourcen mit der Abspaltung und unterirdischen Einlagerung von Kohlendioxid kombinieren. GE-Chef Jeffrey Immelt und der designierte Chef von Hydrogen Energy Lewis Gillies gaben die Vereinbarung auf einem von GE veranstalteten Medientag bekannt, der sich mit der nächsten Generation sauberer Technologien und innovativer Umweltpartnerschaften befasste.

Die beiden Partner beabsichtigen, fünf Wasserstoffkraftwerke zu bauen, bei denen die Gasifizierungs- und Turbinentechnologie von BP zum Einsatz kommt. Dabei wird Petrolkoks oder Kokskohle als Ausgangsprodukt verwendet. Der Wasserstoff wird zum Antrieb einer Gasturbine genutzt, um Strom zu erzeugen. Und durch die Integration der CCS-Technologie sollen rund 90 Prozent des Kohlendioxids, das sonst in die Atmosphäre gelangen würde, aufgefangen und eingelagert werden. Jede der im Industriemaßstab geplanten Anlage soll rund 500 Megawatt Strom erzeugen – ausreichend für rund 325.000 US-Haushalte. „Stromerzeugung aus Wasserstoff unter großflächigem Einsatz von Kohlendioxidabspaltung und -einlagerung ist eine sehr reale Möglichkeit, den steigenden Energiebedarf der Welt zu befriedigen und gleichzeitig schädliche Umwelteinflüsse zu begrenzen“, sagte Lewis Gillies. ||

AIR PRODUCTS PUSHT WASSERSTOFF

[Quellen: Air Products]

Geschäfte mit Wasserstoff werden schon seit rund 100 Jahren gemacht, aber heutzutage erlangt die H_2-Produktion angesichts der mitunter hitzig geführten Energiediskussion eine neue Dimension. Dies hat Air Products erkannt und ist daher seit Jahren weltweit mit dem Aufbau neuer H_2-Herstellungsanlagen beschäftigt. Im Mai 2007 integrierte der weltweit größte Wasserstoffproduzent eine Betankungsanlage der Serie 300 bei Chevron Hydrogen Company in Orlando, Florida. Die dortige Station ist nahe dem Flughafen für die Versorgung von Shuttle-Bussen mit modifizierten Verbrennungsmotoren konzipiert.

Kurz zuvor, im April 2007, hatten Air Products und FuelCell Energy bekannt gegeben, gemeinsam neuartige Generatoren zur Energieerzeugung entwickeln zu wollen. Das Besondere dabei ist, dass aus Erdgas oder Biogas innerhalb dieser Einheit neben Strom und Wärme auch Wasserstoff hergestellt werden kann. Beide Unternehmen stellen dafür ihr jeweiliges technisches Know-how zur Verfügung: Direct-FuelCell-Generatoren von FuelCell Energy und erweiterte Gasabscheider von Air Products. Das neue System liefert 250 kW sowie 135 kg H_2 pro Tag und ist insbesondere für kleinere Industriekunden konzipiert, die regelmäßig Wasserstoff benötigen.

Davor hatte Air Products an der kalifornischen Universität Irvine (UCI) eine neue Wasserstoffbetankungseinheit mit zwei Druckstufen installiert: mit 350 sowie mit 700 bar. Diese Station wird Teil des California Hydrogen Infrastructure Projects (CHIP) sein, an dem das US-Ministerium für Energie

(DOE) sowie zahlreiche Autokonzerne beteiligt sind (z. B. Toyota, Honda, BMW, Nissan). Die 700-bar-Einheit ist die erste öffentlich zugängliche Station dieser Art in den USA. „Dies ist wirklich ein entscheidender Meilenstein in der Weiterentwicklung von Betankungsstationen. Die duale Auslegung der Druckeinheit erlaubt den Fahrern, selbst den gewünschten Druck für ihr wasserstoffbetriebenes Fahrzeug zu wählen", sagte Ed Heydorn aus der Entwicklungsabteilung von Air Products. ||

NRW BAUT UND BAUT

Angelika Heinzel (vorne), Christa Thoben und Adolf Sauerland, Oberbürgermeister von Duisburg (hinten) [Foto: Ullrich Sorbe]

In Nordrhein-Westfalen wird fleißig gebaut. Mitte Mai 2007 unternahm Angelika Heinzel, die ZBT-Geschäftsführerin, mit verschiedenen Landespolitikern den ersten Spatenstich für den Baubeginn eines neuen Test-, Applikations- und Assemblierungs-Zentrums (TAZ) am Zentrum für Brennstoffzellen-Technik gGmbH (ZBT) in Duisburg. Ende Mai erfolgte gleich der nächste Spatenstich, durchgeführt durch die Landeswirtschaftsministerin Christa Thoben, und zwar für den Bau einer Wasserstoffgewinnungsanlage an der Kläranlage Bottrop. Und Herten soll endlich ein eigenes H_2-Zentrum erhalten.

Im TAZ sollen künftig neue Arbeitsbereiche ergänzend zu den Aktivitäten des bereits bestehenden ZBT erschlossen werden. Auf etwa 3000 Quadratmetern werden neue Labor- und Werkstatträume entstehen, die dann auch Unternehmen offen stehen. Zu den geplanten Arbeitsschwerpunkten zählen:

- Abteilung *Wasserstofftechnik* (Infrastruktur)
- Abteilung *Elektrochemie* (Diagnostik & Lebensdauerbetrachtung)
- Bereich *Fertigungstechnik* (automatisierte BZ-Herstellung)
- Bereich *Test & Qualifizierung* (Erschließung der Marktpotentiale)
- Bereich *Mikrosysteme* (Miniaturisierung)

„Die Arbeit des neuen TAZ wird dazu beitragen, die Kosten bei der Herstellung von Brennstoffzellensystemen weiter zu reduzieren, um so die breite Vermarktung und Anwendung noch rascher zu erreichen. […] Dieses Angebot ist europaweit einzigartig", sagte die anwesende nordrhein-westfälische Wirtschaftsministerin Christa Thoben. Das Land NRW und die Europäische Union unterstützen das ZBT und den Aufbau des TAZ mit rund 15,6 Mio. Euro.

Das nächste Vorhaben, *EuWak – Erdgas und Wasserstoff* aus Kläranlagen, das die Emschergenossenschaft in Kooperation mit der Stadt Bottrop durchführt, beschrieb Ministerin Thoben folgendermaßen: „Dieses Projekt zur energetischen Optimierung der Kläranlage Bottrop dient nicht nur dazu, aus den anfallenden Faulgasen der Kläranlage Erdgas in hoher Qualität herzustellen, sondern auch darauf aufbauend den immer bedeutender werdenden Energieträger Wasserstoff in nennenswertem Anteil zu erzeugen. Dies ist ein weiterer Meilenstein beim Aufbau einer dezentralen Wasserstoffinfrastruktur in Nordrhein-Westfalen von der Erzeugung des Wasserstoffs bis zu seiner energetischen Nutzung."

Die örtliche Kläranlage verfügt bisher über drei Gasmotoren, die für die Kraft-Wärme-Kopplung genutzt werden. Ein Teil des Faulgases soll nun abgezweigt und zu Biogas mit Erdgasqualität sowie in einem weiteren Schritt zu Wasserstoff aufbereitet werden. „Dieses Pilotprojekt soll eine allgemein verwendbare Verfahrenstechnik liefern, die dann auf alle gleichartigen Anlagen übertragen werden kann", betonte Thoben. NRW und die EU unterstützen das Projekt mit rund 1,2 Mio. Euro (Gesamtkosten: 3,7 Mio. Euro).

In Herten ist man noch nicht ganz so weit, aber der Aufbau des Wasserstoffkompetenz-Zentrums ist bereits beschlossene Sache. Die konstituierende Sitzung des Projektbeirats fand am 11. Juni 2007 unter der Leitung des Vorsitzenden Ingo Westen statt. Der Beirat beschloss, die Stadt Herten im Aufbau eines H_2-Zentrums zu unterstützen und das bereits bestehende Netzwerk auszubauen. ||

2. HAMBURGER H_2-TANKSTELLE

[Foto: Barbara Makowka]

Hamburg hat seine zweite Wasserstofftankstelle eingeweiht. Am 31. Mai nahm sie Flughafengeschäftsführer Claus-Dieter Wehr im Beisein des Hamburger Umweltsenators Axel Gedaschko auf dem Flughafengelände der Hansestadt offiziell in Betrieb. Es handelt sich dabei um eine transportable Versorgungseinheit, die der Betankung von zwei auf dem Vorfeld im Einsatz befindlichen brennstoffzellenbetriebenen Schleppern und einem Kleintransporter mit gasförmigem Kraftstoff dient (HZwei berichtete 1-2007). Initiiert wurde dieser Praxistest von der Hamburger Landesinitiative für Wasserstoff-

und Brennstoffzellentechnologie, dem Hamburger Flughafen sowie der Wasserstoffgesellschaft Hamburg.

Die Tankstellenkomponenten sind alle in einen drei Meter langen Container integriert. „Flughafeneinsätze sind als Pilotprojekte für den Aufbau einer lokalen Wasserstoff-Infrastruktur besonders geeignet“, erklärte Dr. Joachim Wolf, Leiter Hydrogen Solutions bei der Linde Group, die hauptverantwortlich für die Installation war. „Der klar umrissene Aktionsradius der Fahrzeuge und deren zentrale Betankung prädestinieren diesen Einsatz für die Verwendung von Wasserstoff als emissionfreiem Kraftstoff.“

Der am Hamburger Flughafen verwendete Wasserstoff gilt durch den Zukauf von CO_2-Zertifikaten als schadstofffrei. Die Emissionskompensation durch Zertifikate aus einem Klimaschutzprojekt wurde durch den TÜV SÜD überprüft und durch die Vergabe eines entsprechenden Prüfsiegels bestätigt. ||

HEXIS GRÜNDET DEUTSCHE TOCHTER

Aus schweizerischer Sicht übernimmt Deutschland innerhalb der Europäischen Union immer mehr die Führungsrolle bei der Entwicklung, Erprobung und Marktvorbereitung von Brennstoffzellen-Heizgeräten. So sieht es jedenfalls die in Winterthur ansässige Hexis AG. Die Geschäftsleitung entschied daher, ein Tochterunternehmen in Deutschland zu gründen, um sich auf diesem Markt besser nachhaltig engagieren zu können. Auf diese Weise möchte Hexis an den geplanten groß angelegten Projekten partizipieren, die sich derzeit in der Bundesrepublik in der Planung befinden und EU-weit durchgeführt werden sollen.

Unterstützt werde diese Entscheidung von der Eigentümerin der Hexis AG, der Stiftung für Kunst, Kultur und Geschichte, die bei Erreichung der anvisierten Ziele ihr Engagement auch über das Jahr 2008 hinaus zusagte. Volker Nerlich zeigte sich angesichts der Entwicklung in den vergangenen Monaten optimistisch: „Dieses Jahr konnten bereits vier Brennstoffzellen-Heizgeräte vom Typ Galileo 1000 N für Tests an EWE, E.ON und EnBW in Deutschland sowie GVM in der Schweiz ausgeliefert werden. Im Labor konnten wir darüber hinaus eine signifikante Verbesserung der Lebensdauer nachweisen. Wir befinden uns also auf dem besten Weg, unsere System innerhalb der nächsten fünf Jahre kommerziell anbieten zu können.“ ||

EUROPÄISCHE ENERGIEZUKUNFT

Nicht nur hier zu lande redet man über Wasserstoff, auch in Brüssel beschäftigen sich die Europa-Parlamentarier mit diesem Zukunftsthema. Insbesondere der *World Energy Technology Outlook*, den die EU-Kommission Anfang des Jahres vorstellte, befasst sich intensiv damit. In der Studie *WETO-H2* hat die Forschungsabteilung der EU-Behörde eine langfristige Energieprognose für die Welt bis 2050 aufgestellt, in der Wasserstoff eine zentrale Rolle zufällt. Einen Technologiedurchbruch, wann Wasserstoff kostengünstig in größerem Umfang produziert werden könnte, erwartet die Kommission für das Jahr 2030.

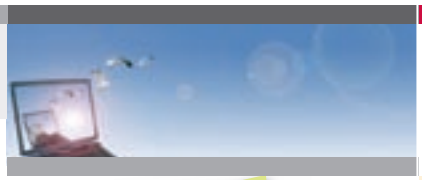
Die Studie befasst sich mit insgesamt drei Szenarien, dem Referenzszenario, sowie einem, bei dem Emissionsrechte für Kohlendioxid für 200 Euro pro Tonne verkauft werden (Carbon Constraint Case), und einem, bei dem innovative Techniken für die H_2-Produktion eingesetzt werden (H_2-Case). Im direkten Vergleich läge der Primärenergiebedarf im Jahr 2050 bei der dritten Variante um rund acht Prozent unter dem Referenzszenario. Weitere fünf Prozent darunter läge allerdings der Carbon Constraint Case.

Der slowenische EU-Forschungskommissar Janez Potocnik gibt zu bedenken, dass mit hohen Steigerungsraten sowohl beim Energieverbrauch als auch beim CO_2-Ausstoß zu rechnen ist. Würde – wie im Referenzszenario beschrieben – Business as usual betrieben, sagen die Autoren der Studie einen weltweit um das 1,4-fache steigenden Primärenergieverbrauch und eine Verdoppelung des Kohlendioxidausstoßes voraus. Zudem käme es bis 2050 zu einer deutlichen Verknappung von Erdgas und Erdöl, so dass Kohle in der Energiebilanz die wichtigste Rolle einnehmen würde. ||

Auflösung des Sudoku-Rätsels von S. 29

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

Wissen auf den Punkt gebracht: cognitas.



cognitas.
Wissen auf den Punkt gebracht

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

Spezialisten für Brennstoffzellen-Dokumentation!

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

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

Lesen Sie unsere Projektberichte: www. cognitas.de

Sparen Sie so bis zu 30% mit dem richtigen

Information Management

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

Wir freuen uns auf Sie!

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

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

www.cognitas.de

Sie finden uns auch in:
Paderborn, Stuttgart und Salzburg

TERMINKALENDER

JULI

30.07.-08.08. European Summer School Hydrogen Safety
Lehrgang, Belfast/UK, University of Ulster, Tel. +44-2890366-680, Fax -060, *ESSHS@ulster.ac.uk, www.engj.ulst.ac.uk/esshs/*

SEPTEMBER

11.-13.09. International Conference on Hydrogen Safety
Konferenz, San Sebastián/Spanien, INASMET-Tecnalia, Tel. +34-943-003-678, Fax -800, *www.hysafe.org/conference*

13.11. Brennstoffzellenforum Hessen
Konferenz, Herborn, Wasserstoff- & Brennstoffzelleninitiative Hessen, Tel. 0611-7748-1, Fax -415, *www.brennstoffzelle-hessen.de*

24.-25.09. f-cell
Kongress & Messe, Stuttgart, Peter Sauber Agentur, Tel. 0711-22835-14, Fax -55, *www.f-cell.de*

25.-27.09. Grove Fuel Cell Symposium
Kongress & Messe, London/England, Elsevier, Tel. +44-1865-843-691, Fax -958, *www.grovefuelcell.com*

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

27.09.-30.09. RENEXPO, IHE HolzEnergie, PV-EXPO
Kongress & Messe, Augsburg, Reeco GmbH, Tel. 07121-3016-0, Fax -100, *www.renexpo.de*

OKTOBER

15.-19.10. Fuel Cell Seminar
Konferenz, San Antonio/Texas, Fuel Cell Seminar Headquarters, Tel. +1-202-973-8671, Fax -331-0111, *www.fuelcellseminar.com*

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

18.10. Wasserstoff-Exzellenz in Hamburg
Symposium, Hamburg, Handelskammer Hamburg, Tel. 040-36138-381, Fax -269, *www.hk24.de*

22.-26.10.2007 Mini-BHKW - Grundlagen, Aufbau, Praxis
Kursus, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

26.-28.10. EnergieTage Hessen, Passivhaus
Kongress & Messe, Wetzlar, Reeco GmbH, Tel. 07121-3016-0, Fax -100, *www.energietage.com*

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*

8.-10.11. Wasserstoff-Symposium Stralsund
Symposium, Stralsund, FH Stralsund, Tel. 03831-456-703, 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 Srl., Tel. +39-2-6630-6866, Fax -5510, *www.idrogenoexpo.com*

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*

29.11. Brennstoffzellen und Wasserstofftechnologie
Basisseminar, 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
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*

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*

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*

H2 Expo

Internationale Konferenz und Fachmesse für Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologien

22.–23. Okt. 2008

CCH – Congress Center Hamburg

Jetzt registrieren und den Frühbucherrabatt nutzen!

www.h2expo.com

Hamburg Messe und Congress