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

H2wei

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN

→ BZ-HEIZGERÄTE STEHEN VOR DER SERIENFERTIGUNG

→ WIE BRENNSTOFFZELLEN VOR BRÄNDEN SCHÜTZEN

5. TEIL DER WIRTSCHAFTSSERIE VON DR. ALF-SIBRAND RÜHLE
Weiterbildung erschließt neue Märkte

INHALTSVERZEICHNIS

2 Editorial

3 Impressum

4 Messe
Hannover Messe mit Energieschwerpunkt
Titel: Brennstoffzellen-Heizgeräte
enertec mit 2. Sonderschau Brennstoffzelle

10 Entwicklung
Airbus will mit Brennstoffzellen abheben
Icefuel: H_2-Beförderung durch Kabel
Wasserstoff aus Algen
Brennstoffzellen im Caravan
Simulation und Modellierung
N_2telligence bekämpft Brände

22 Politik
Aufbau eines H_2-Netzwerkes

25 Wirtschaft
h-tec & Heliocentris im Vergleich
5. Teil der Finanzserie von Dr. Rühle

28 Autos
DaimlerChrysler als Feuerwehr
H_2-Tankstelle für die Olympiade 2008
Entwicklung des H_2-Verbrennungsmotors
Reformer & zwei Brennstoffzellen für Total

30 Meldungen & Rätsel
Neues von Tognum / MTU / CFC
Behälterexplosion aufgeklärt
Neue politische Ausrichtung der CSU
Energieverbrauch steigt

33 Stellenmarkt NEU

34 Terminkalender

35 Firmenverzeichnis

6 *Titel: Neues von den Hausenergieversorgern*

10 *BZ-Integration ins Flugzeugkonzept der Zukunft*

17 *Truma entwickelt eigene Camping-BZ-Systeme*

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 Fertigung von Brennstoffzellen-Heizgeräten nähert sich dem Markt-Standard. [Quelle: BIT GmbH, Hamburg]

ZEIT ZUM ENERGIESPAREN

Liebe Leserinnen und Leser!

Die Themen *Energieeinsparung* und *Klimawandel* beherrschen seit Wochen die Medien. Und dies nicht nur, weil Deutschland momentan gerade die EU-Ratspräsidentschaft innehat. Auch nicht, weil vielleicht gerade mal wieder die Ölpreise in neue Höhen emporklettern. Ganz im Gegenteil, der Barrelpreis ist derzeit relativ niedrig. Nein, es scheint schlichtweg die Zeit gekommen zu sein für diese Themen.

Jahrelang behandelten die Bevölkerung und auch die Medien die Klimadebatte eher stiefmütterlich. Otto Normalverbraucher schimpft lieber auf steigende Energiepreise anstelle selbst etwas zu verändern. Und über die Tagespresse sind diese komplexen Sachverhalte nur schwer vermittelbar. Selbst Fachmagazine berichten lieber über technische Neuerungen als über komplizierte Zukunftstheorien. Woher kommt also jetzt auf einmal das große Interesse an Klimastudien und Energiesparlampen?

Einen wesentlichen Anteil daran dürfte Sir Nicholas Stern haben. Der Chef-Ökonom der britischen Regierung hatte vergangenen Herbst seine volkswirtschaftliche Analyse des Klimawandels, den so genannten *Stern Report*, vorgelegt und damit für Aufruhr gesorgt. Er stellte fest, dass frühzeitige Klimaschutzmaßnahmen ökonomisch betrachtet insgesamt deutlich günstiger sind als die enormen Belastungen, die durch einen ungebremsten Anstieg der Treibhausgasemissionen entstehen würden. Soll heißen: Klimaschutz lohnt sich.

Weitere Unruhe brachte Russland in die Energiepolitik, nachdem zunächst die Öl- und dann die Gasförderung nach Deutschland zeitweise unterbrochen worden war und damit jedermann und jederfrau bewusst wurde, wie abhängig wir – speziell im Winter – von ausländischen Energielieferungen sind. Zeitlich passend kamen dann nach und nach die drei Teile des Berichts vom Internationalen Wissenschaftsrat zum Klimawandel (IPCC), die unmissverständlich deutlich machten, dass auch Deutschland nicht von den Folgen eines globalen Temperaturanstiegs verschont bleiben würde.

Der zwischenzeitliche Höhepunkt war erreicht, als nach Veröffentlichung des 3. IPCC-Teils in dicken Lettern angekündigt wurde, dass es nur noch **13 Jahre bis zum Klima-GAU** dauern würde und das Ende der Welt bevorstünde. Prompt folgten die obligatorischen Rufe nach Kerosinsteuer und Tempolimit. Und Australien belebte die Diskussion, indem down under kurzerhand alle alten Glühbirnen verboten wurden. Seitdem ist auch in Europa die bisher eher ungeliebte Energiesparlampe in aller Munde.

Die Wellen schlagen mittlerweile selbst in den bisher klima- und beratungsresistenten USA sehr hoch. Hollywood verpasste Al Gore, Ex-Präsidentschaftskandidat und Klimaaufklärer, im März kurzerhand einen Oscar für seinen Film *Eine unbequeme Wahrheit*, woraufhin dieser – mal wieder – als Präsidentschaftskandidat gehandelt wird.

Angesichts dieser heißen Debatte um Klimaerwärmung und Energiepreise verwundert es, dass der Energieverbrauch in Deutschland weiter zunimmt. Der Bedarf lag 2006 gegenüber dem Vorjahr um 1,2 % höher. Dem möchte die derzeitige EU-Ratspräsidentin Angela Merkel entgegentreten, indem sie für Europa neue Ziele deklariert: 20 / 20 / 20 – so lautet die Devise seit dem Brüsseler EU-Gipfel: Erhöhung des Erneuerbare-Energien-Anteils am Gesamtenergieverbrauch auf 20 % bis 2020 / Verringerung des Energieverbrauchs um 20 % / Reduzierung der CO_2-Emissionen bis 2020 um 20 % gegenüber 1990.

Die meisten Deutschen unterstützen die Vorreiterrolle, die Deutschland damit beim Umweltschutz einnimmt. In einer Emnid-Umfrage befürworteten laut N24 rund 78 % der Befragten entsprechende Maßnahmen.

Aber was hat dies alles mit Wasserstoff und Brennstoffzellen zu tun?

Ganz klar! Eine Wasserstoffwirtschaft macht erst dann wirklich Sinn, wenn der Energiespeicher Wasserstoff mit Hilfe erneuerbarer Energien erzeugt wird. Und kein anderer Energiewandler ist so effizient wie die Brennstoffzelle. In Kombination sind Wasserstoff und Brennstoffzellen also geradezu prädestiniert für eine CO_2-Reduzierung. Und außerdem gilt: Je mehr darüber geredet wird, desto eher wird auch mal gehandelt.

Möge diese Energiesparbegeisterung also mindestens noch bis zum Sommer anhalten, wenn sich die G8 in Heiligendamm treffen, damit dort ebenfalls über Energie- und Klimaprobleme geredet werden kann und möglichst bald weitere Taten folgen. ||

Herzlichst

Sven Geitmann
HZwei Herausgeber

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

AUSSTELLERREKORD TROTZ ÜBERNAHME

Tobias Renz schließt nahtlos an die Evers-Tradition an

2006 kamen zahlreiche Politiker auf den Stand, hier Minister Wolfgang Tiefensee im Gespräch mit Stephan Möller von der H.I.A.T. gGmbH

Die Hannover Messe wartet in diesem Jahr gleich mit drei Besonderheiten auf: Top1 – die *Energy 2007* präsentiert sich mit einem neuen Konzept, Energie wird vom 16. bis 20. April ein Kernthema in Hannover sein und nicht mehr länger nur eine Randerscheinung. Top 2 – 2007 ist das erste Jahr, in dem der *Gemeinschaftsstand Wasserstoff und Brennstoffzellen* federführend von Tobias Renz organisiert wird, während Arno A. Evers nur noch im Hintergrund seine Kontakte spielen lässt. Top 3 – Mit dem neuen Konzept konnte mit allein 40 neuen Teilnehmern bereits lange vor Messeeröffnung ein neuer Ausstellerrekord erzielt werden.

Bereits im Januar war das Vorjahresniveau erreicht, zum Redaktionsschluss hatten dann 130 Aussteller aus 23 Ländern zugesagt. Seit der Gründung von FAIR PR im Jahr 1995 ist dies die höchste Anzahl von Ausstellern. Der 13. Gemeinschaftsstand Wasserstoff + Brennstoffzellen verspricht damit wieder einmal ein Hingucker zu werden. Damit steht schon lange vor Toröffnung fest, dass sich trotz der neuen Zuständigkeiten kaum etwas an der gewohnten Organisationsform geändert hat. Das Versprechen, das Arno A. Evers im vergangenen Jahr gab, wurde somit eingehalten: Für die Aussteller bleibt alles beim Alten, fast alles, denn erstmalig wird der orangefarbene Teppich direkt am West-Eingang ausgerollt, so dass Bahnreisende nur eine minimale Distanz zurückzulegen haben.

Dieser Fakt ist deswegen von Bedeutung, da nach der Übernahme durch die Deutsche Messe, die im vergangenen Jahr während der Hannover Messe bekannt gegeben worden war, zunächst nicht sicher war, ob dieser Wunsch von Evers auch tatsächlich erfüllt werden würde. Ein anderer Messeveranstalter musste wenige Jahre zuvor in einem vergleichbaren Fall deutliche Einbußen hinnehmen.

Tobias Renz, der neue Chef auf dem orangefarbenen Gemeinschaftsstand in Halle 13, wird den Messebesuchern somit wieder viele Neuerungen präsentieren können. Marktführer, klein- und mittelständische Unternehmen sowie Forschungseinrichtungen werden ihre Produkte, Dienstleistungen und Innovationen aus allen Branchenbereichen sowohl auf den jeweiligen Ständen als auch im Forum vorstellen. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der stationären Energieversorgung (s. S. 6 Titelstory). Besonders freut sich Renz, noch mehr Aussteller als zuvor aus dem fernen Ausland (insg. 19 Aussteller aus den USA und CFCL aus Australien) als Gäste auf der über 3000 m² großen Gesamtausstellungsfläche begrüßen zu dürfen.

Tobias Renz

Insgesamt erwartet die weltweit größte Industrie- und Energiemesse in Hannover vom 16. bis 20. April 2007 rund 6000 Aussteller und 200.000 internationale Fachbesucher. Ein besonderes Augenmerk wird dabei auf dem Thema *Energie* liegen. Angesichts der aktuellen heißen Debatte über Kli-

maerwärmung und Energiepreise hat die Deutsche Messe die erneuerbaren Energien als neues Zugpferd erkannt. Das Messeprogramm bietet viele interessante Technologien für den Energiemix der Zukunft – von den konventionellen bis zu den erneuerbaren Energien. Neben dem großen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Stand wird auch wieder die Clean Moves Expo in Halle 13 zu sehen sein, auf der alternative Antriebskonzepte vorgestellt werden.

Allein auf der Energy werden sich rund 880 Aussteller auf mehr als 33.000 m² vorstellen. Sie wird zukünftig alle zwei Jahre wechselnde Ausstellungsschwerpunkte verfolgen: In diesem Jahr sowie in allen weiteren *ungeraden* Jahren liegt der Focus auf *Windenergie*. Im Jahr 2008 sowie allen folgenden *geraden* Jahren liegt er auf der *Dezentralen Energietechnik*. Der VDMA-Fachverband Power Systems, der Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. (BEE) und der Bundesverband WindEnergie e.V. (BWE) unterstützen dieses Konzept. „Weltweit boomt der Ausbau erneuerbarer Energien", sagte Johannes Lackmann, Präsident des BEE. „Deutsche Unternehmen exportierten im vergangenen Jahr Erneuerbare-Energien-Anlagen im Wert von etwa sechs Milliarden Euro. Die Hannover Messe kann für diesen Markt als weltgrößte Industriemesse zur entscheidenden Drehscheibe werden. Die Stärkung des Bereiches *Renewables* auf der Messe ist dafür die entscheidende Voraussetzung." ||

Tobias Renz FAIR-PR in Hannover:
auf Stand G26, → Halle 13
→ www.fair-pr.com, www.cleanmoves.com

BRENNSTOFFZELLEN AUF DER CeBIT

Das Thema *Brennstoffzelle* wird auch für die Informations- und Kommunikationstechnik-Branche interessant, allerdings weniger im Notebook-Sektor sondern eher bei der autarken Energieversorgung. Auf der diesjährigen CeBIT 2007, die vom 15. bis 21. März in Hannover stattfand, präsentierten vereinzelte Unternehmen ihre individuellen Brennstoffzellenlösungen. Die Rittal GmbH & Co. KG informierte in zwei Foren ausführlich über unterbrechungsfreie Stromversorgung im eigens hierfür eingerichteten Brennstoffzellen-Pavillon. Verschiedene Spezialisten erklärten Theorie und Praxis anhand einer 3-kW-Brennstoffzelle. Auch die Lampertz GmbH & Co. KG, ein Tochterunternehmen von Rittal, thematisierte diese Technik im eigens dafür eingerichteten Future-Lab, in dem neue Entwicklungen – unter anderem die Brennstoffzelle – vorgestellt und diskutiert wurden.

BZ-Laptops, die in den vergangenen Jahren lautstark angekündigt worden waren, konnte HZwei nicht ausfindig machen. Dazu mehr in der → Juli-Ausgabe.

Ein bis dato ungewöhnliches Einsatzgebiet für Brennstoffzellen hat N_2telligence entdeckt und auf der CeBIT vorgestellt: Brandschutz mit Brennstoffzellen. Lesen Sie in diesem Heft mehr dazu auf → Seite 20. ||

DENEX®
Dezentrale Energiesysteme
BAUSAN®
Bauen und Sanieren
ENBIO®
Bioenergie

Internationale Fachmesse und Kongress

Kongressthemen:
- 2. Biokraftstoff Forum – Strategie, Recht, Technologie und Praxis
- Exportworkshop Internationale Klimaschutzprojekte: Anwendung der flexiblen Kyoto-Mechanismen JI und CDM
- Photovoltaik im Mittelmeerraum – Rechtliche Rahmenbedingungen
- Regenerative Energien in Tschechien und der Slowakei: Markt, Einspeisevergütung, Förderung, Joint Ventures
- u.v.m.

11.-13.05.2007, Messe Kassel
REECO
www.denex.info

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

LEISTUNGSSCHAU DER HAUSENERGIEVERSORGER

Vaillant, Viessmann, Baxi & Co. zeigen BZ-Heiztechnik

Abb. 1: Guido Gummert und die BETA 1.5 Plus während der ISH 2007 [Quelle: Baxi Innotech]

Die Hannover Messe – speziell der Gemeinschaftsstand Wasserstoff und Brennstoffzellen – ist schon seit Jahren ein beliebter Tummelplatz für die Hausenergieversorgungsunternehmen der Branche, um den potentiellen Kunden sowie den Mitbewerbern den aktuellen Entwicklungsstand präsentieren zu können. Auch in diesem Jahr werden wieder zahlreiche verschiedene Ausführungen stationärer Brennstoffzellen für Ein- und Mehrfamilienhäuser sowie Gewerbe- und Industrieanwendungen zu bestaunen sein. Die sieben folgenden Unternehmen aus diesem Sektor konnte Tobias Renz bis zum Redaktionsschluss für eine Teilnahme gewinnen.

CFCL PLANT FUEL CELL FOUNDRY Den längsten Anfahrtsweg hat die Ceramic Fuel Cells Limited (CFCL), die aus Australien angereist kommt. Auch wenn dieses Unternehmen bisher in Deutschland noch nicht sonderlich bekannt ist, zählt es sich selbst bereits zu den weltweit führenden Herstellern von Festoxid-Brennstoffzellen mit Strom-Wärme-Kopplung. In Hannover ist es jetzt zum vierten Mal in Folge vertreten; ein deutliches Signal, dass man verstärkt auf den deutschen Markt drängt.

Ein weiterer Beleg hierfür ist das Engagement von CFCL im Industriepark Oberbruch in Heinsberg bei Aachen, wo ihr erstes europäisches Standbein aufgebaut werden soll. Seit Januar dieses Jahres laufen die Planungen für einen dortigen Brennstoffzellen-Produktionsstandort *Fuel Cell Foundry*. Zunächst soll im ersten Bauabschnitt bis 2009 eine halbautomatische Fertigungsstätte installiert werden, in der dann später bis zu 50.000 Brennstoffzellen-Stacks (Leistung: 1 kW) pro Jahr hergestellt werden können. Im zweiten Bauabschnitt sollen drei weitere vollautomatische Anlagen entstehen, in denen bis zu 150.000 Elemente pro Jahr in einer neu zu errichtenden Fabrik neben dem bereits bestehenden Gebäude des niederländischen Stromkonzerns Nuon gefertigt werden.

Unterstützung beim Aufbau der Brennstoffzellenfabrik erhalten die Australier vom Land Nordrhein-Westfalen, das das Projekt mit 3,2 Mio. Euro fördert. Die Ministerin für Wirtschaft, Mittelstand und Energie, Christa Thoben, erklärte: „Mit seiner Entscheidung für den Standort NRW unterstreicht CFCL die Bedeutung des Landes als eine der stärksten Energieregionen Europas.“ Thoben hofft dabei auf die Schaffung von rund 200 neuen Arbeitsplätzen.

Abb. 2: CFCL stellt die neue FlexiGen-Einheit in Hannover vor [Quelle: CFCL]

Ähnlich erfreut zeigte sich Nuon Deutschland. Dr. Thomas Mecke, Vorsitzender der Geschäftsführung, sagte: „Gemeinsam ist es uns gelungen, einen attraktiven Investor in die Region zu holen.“ Dazu sagte Brendan Dow, Vorsitzender des Vorstands von CFCL: „Es freut uns, dass wir diesen Meilenstein erreicht und in Europa einen Ort gefunden haben, an dem wir unsere Fertigung entwickeln werden. Deutschland ist ein wichtiger Markt für die Entwicklung von Brennstoffzellen in Europa und mit seinen gut ausgebildeten Fachkräften ist Nordrhein-Westfalen ein hoch entwickelter europäischer Industriestandort für Brennstoffzellen-Technologie.“

CFCL in Hannover: → auf Stand E26/3

HEXIS STARTET GALILEO-FELDTESTS Nicht ganz so weit hat es Hexis, ebenfalls ein Hersteller von SOFC-Systemen, der aus der Schweiz anreist. Nach der Neuaufstellung des Unternehmens Anfang 2006 mit deutlich verringerter Mannschaft (erst 12, jetzt 15 Mitarbeiter) und den damit verbundenen Herausforderungen wird mittlerweile wieder hoffnungsvoll nach vorne geschaut. Hexis setzt derzeit die Arbeiten am BZ-Heizgerät Galileo 1000 N fort, das bereits auf der Hannover Messe 2005 als neuer Wurf vorgestellt worden war. Zunächst vollzogen die Ingenieure im Jahr 2006 an diesem Gerät weitere Optimierungsarbeiten, bevor Hexis erste Praxistests im Labor startete. Anfang 2007 folgte nun der Auftakt eines 2-jährigen Feldtests, in dem die Schweizer mehrere Exemplare im Praxisalltag erproben wollen. Ende Februar wurden vier Systeme in Deutschland bei E.ON Energie, EnBW und EWE sowie in der Schweiz beim Gasverbund Mittelland in Betrieb genommen.

Abb. 3: Galileo 1000 N während der Hannover Messe 2005

Als Schwerpunkt ihrer weiteren Entwicklungsarbeit betrachten die Eidgenossen die Verbesserung der Stack-

Lebensdauer. Volker Nerlich vom Business Development der Hexis AG sieht insbesondere bei der Thermomechanik im Brennstoffzellen-Stapel, der Kontaktierung zwischen den Zellen und dem metallischen Stromsammler sowie bei der Materialzusammensetzung noch Optimierungspotential, um die Degradation zu reduzieren und die Leistungsdichte zu erhöhen. Weitere Forschungsarbeiten sollen dabei neue Erkenntnisse liefern, wie andere Materialien, besondere Beschichtungen oder ein verändertes Design die Lebensdauer verlängern können.

Hexis in Hannover: → IBZ-Stand 12/3

VAILLANT FÄHRT ZWEIGLEISIG Innerhalb Deutschlands wird ebenfalls emsig an BZ-Hausenergieversorgungssystemen gearbeitet. Aber nicht immer läuft alles so wie ursprünglich geplant. Der deutsche Heiztechnikhersteller Vaillant entwickelt mittlerweile seine vierte Prototypengeneration, ohne dass eines der Vorgängermodelle bisher Serienreife erlangt hätte. Nachdem das Unternehmen lange Zeit gemeinsam mit dem amerikanischen BZ-Entwickler Plug Power an Niedertemperatur-PEM-Brennstoffzellen arbeitete, kam im letzten Jahr der Konzeptwechsel. Als neue Membranmaterialien auf den Markt kamen, die höheren Temperaturen standhalten können, entschieden sich die Kooperationspartner für die Hochtemperatur-PEM-Brennstoffzellen (HT-PEM). Dieser Komponentenwechsel machte zwar neuerliche Entwicklungsschritte notwendig, ermöglicht aber einen insgesamt einfacheren Systemaufbau.

Die Remscheider fahren in ihrem Konzept mittlerweile zweigleisig. Ursprünglich wurde nur an Systemen für Mehrfamilienhäuser und kleine Gewerbebetriebe gearbeitet. In dieser Leistungsklasse kamen bisher über 60 PEM-Geräte bei mehrjährigen Feldtests in sieben europäischen Ländern erfolgreich zum Einsatz. Gleichzeitig konnten erste Erfahrungen über die Zusammenschaltung von 31 Geräten in einem virtuellen Kraftwerk gesammelt werden. Um die immer noch zu hohen Kosten weiter senken zu können, engagiert sich Vaillant seit Ende 2006 in einem transatlantischen Konsortium (7 EU- & 2 US-Partner), das sowohl von der EU als auch von der US-Regierung gefördert wird.

Parallel wird seit Anfang 2006 auch an kleineren BZ-Systemen geforscht, die in Einfamilienhäusern eingesetzt werden können. In diesem Bereich arbeitet der Haustechnikproduzent mit dem Autozulieferer Webasto zusammen, der sich seinerseits seit längerem mit Festoxid-Brennstoffzellen beschäftigt. Die SOFC-Systeme waren für die Stromerzeugung aus Benzin oder Diesel an Bord von Fahrzeugen konzipiert worden und werden nun an den Erdgasbetrieb angepasst.

Beide Anlagen werden erst auf den Markt kommen, wenn sie vollständig ausgereift sind; voraussichtlich nicht vor 2010.

Vaillant in Hannover: → IBZ-Stand E12/3

VIESSMANN BAUT AUF SIMULATION Der Mitbewerber Viessmann arbeitet nach wie vor an Niedertemperatur-PEM-Brennstoffzellen, die für die Versorgung von Einfamilienhäusern konstruiert werden. Das Besondere ist allerdings, dass die gesamte Entwicklung im eigenen Haus stattfindet.

Praxiserfahrungen will Viessmann in Feldtests sammeln, die für dieses Jahr vorgesehen sind. Fürs nächste Jahr sind Demonstrationsanlagen geplant, damit Langzeiterfahrungen gesammelt werden können. Um bereits vorher auf etwaige Probleme vorbereitet zu sein, hat Viessmann Simulationen erstellt. Als Grundlage dienten dafür die zuvor in einem Wohnhaus gesammelten Daten. Relevante Eingangsgrößen sind neben den Kenngrößen, die das Leistungsverhalten der

Abb. 4: IBZ-Stand während der Hannover Messe 2006 [Quelle: Arno A. Evers FAIR-PR]

Brennstoffzelle und des Spitzenlastkessels beschreiben (Leistungen, Wirkungsgrade etc.), die Außentemperatur sowie der Strom- und Wärmebedarf des Gebäudes. Da das System wärmegeführt betrieben wird, kann überschüssige elektrische Energie ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Die bisherigen Berechnungen lassen etwa 23%ige Energiekostenersparnisse erwarten. Der CO_2-Ausstoß könnte gegenüber einem konventionell mit Strom und Erdgas versorgten Einfamilienhaus um rund 18 % niedriger ausfallen.

Die Markteinführung dieser Technik ist erst nach 2010 vorgesehen. Viessmann betont allerdings, dass dann die Brennstoffzelle die konventionelle Heiztechnik nicht verdrängen, sondern lediglich ergänzen werde.

Viessmann in Hannover: → IBZ-Stand E12/3

EFC HEISST JETZT BAXI INNOTECH Der Vierte im Bunde der Initiative Brennstoffzelle (IBZ) ist european fuel cell gmbh, für die es lediglich ein Katzensprung von Hamburg nach Hannover ist. Zunächst aber eine Richtigstellung: efc heißt seit März 2007 Baxi Innotech. Mark Edwards, CEO der BAXI Group, erklärte diese Umbenennung des Tochterunternehmens mit den Worten: „Der globale Markt verlangt ein hohes Maß an Flexibilität bei der Entwicklung zeitgemäßer Produkte. Mit Baxi Innotech können wir darauf schnell und effizient reagieren."

Bereits während der ISH 2007 – Weltleitmesse für Bad-, Gebäude-, Energie-, Klimatechnik und erneuerbare Energien – präsentierten die Hanseaten in Frankfurt auf dem Stand des Mutterkonzerns Baxi Group Ltd. ihr modifiziertes System BETA 1.5 Plus (s. Abb. 1). Es handelt sich dabei um die Weiterentwicklung des Brennstoffzellen-Heizgerätes BETA 1.5 für Einfamilienhäuser, das mittlerweile über fast zwei Heizperioden im Feldtest erprobt wurde. Insgesamt 15 Testgeräte dieses bisherigen Modells stehen inzwischen in Deutschland und Großbritannien. Die zuerst installierte Anlage hat bereits 5000 Betriebsstunden zusammen und weist nach Aussage des Geschäftsführers Guido Gummert eine hohe Betriebssicherheit auf.

Über das jetzt vorgestellte Nachfolgemodell sagte Gummert: „Von außen sieht die neue BETA 1.5 Plus so aus wie ihr Vorgänger. Ihr Innenleben aber ist optimiert: weniger Bauteile, die meisten mit seriennahem Status, so dass sie künftig

auch in großen Stückzahlen gefertigt werden können.“ Hinsichtlich der Kommerzialisierung erklärte er: „Ab 2010 haben wir den Markt im Blick.“

Baxi Innotech in Hannover: → IBZ-Stand E12/3

EBZ STELLT INHOUSE 5000 VOR Einen kleinen Vorgeschmack auf das, was in diesem Bereich die östlichen Bundesländer zu bieten haben, konnten die Gäste der enertec vom 5. bis 8. März in Leipzig erlangen. Auf der Sonderschau Brennstoffzelle stellte die TU Bergakademie Freiberg das inhouse 5000-Modell vor, das in Gemeinschaftsarbeit mit verschiedenen ostdeutschen Unternehmen (u.a. mit der Entwicklungs- und Vertriebsgesellschaft Brennstoffzelle mbH EBZ) entstanden ist – allerdings nur auf Postern. Der erste Live-Auftritt ist für Hannover reserviert worden.

Gegenüber dem Vorläufermodell inhouse 4000, das 2005 auf dem Gemeinschaftsstand von Arno A. Evers stand, soll das neue System über eine größere Leistung bei gleichzeitig kleiner Bauweise verfügen. Weitere Informationen auf Seite 9 im enertec-Messebericht.

EBZ in Hannover: → IBZ-Stand F32/4

SIEMENS POWER GENERATION Aus dem etwas leistungsstärkeren Bereich der stationären Kraftwerkstechnik für Gewerbe- und Industrieanwendungen kommt der Siemens-Bereich Power Generation (PG), der sich nach jahrelanger Abwesenheit gerne wieder auf dem BZ-Spielfeld zurückmelden möchte. Das Comeback stand bisher allerdings unter keinem guten Stern.

Im vergangenen Jahr hieß es zunächst noch recht hoffnungsvoll, das Unternehmen mit Standorten in Deutschland und den USA würde gemeinsam mit den Stadtwerken Hannover und der E.ON Kraftwerke GmbH ein SFC-200-System aufbauen und dieses im Laufe des Jahres ausliefern (s. HZwei 08/06). Die Hochtemperatur-Brennstoffzelle mit einer Leistung von 125 kW, die von Siemens erstmals in einem seriennahen Produktionsverfahren gebaut wurde, ging Ende 2006 auch tatsächlich im Kraftwerk Herrenhausen in Betrieb. Ende Januar 2007 musste die SFC-200 mit dem Projektnamen *e|cell* aber wegen Problemen mit der elektrischen Stack-Heizung nach insgesamt 1.100 Betriebsstunden – wovon rund die Hälfte nur Probebetrieb war – vom Netz genommen werden. Einige Komponenten wurden daraufhin zu Instandsetzungsarbeiten ins Herstellerwerk von Siemens nach Pittsburgh (USA) geschickt.

„Wie es mit e|cell weitergeht, können wir derzeit noch nicht sagen, da die Analyse bei Siemens noch nicht abgeschlossen ist“, erklärte der Projektleiter Wolfgang Domas, obwohl die zuvor gemessenen Leistungswerte den Erwartungen entsprochen hatten. „Bei einem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben wie e|cell muss man immer mit Rückschlägen rechnen. Daher haben wir von Anfang an den Einsatz der Brennstoffzelle in einem eigenen Kraftwerk und nicht bei einem Industriekunden vorgesehen.“

Ursprüngliches Ziel von e|cell war, die Anlage mit den so genannten *Tubes* (röhrenförmige Einzelzellen, s. Abb. 5), die in einem neuen seriennahen Produktionsprozess hergestellt worden waren, ausgiebig in der Praxis zu testen. Der Schritt von der aufwändigen Handarbeit zu einem automatisierten Verfahren gilt als wesentliche Voraussetzung, um zukünftig Brennstoffzellen wirtschaftlich in Kraftwerken einsetzen zu können. ||

Siemens PG in Hannover: → Stand G20/4

MARKTEINFÜHRUNG

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gab im Dezember 2006 die beim Institut für ZukunftsEnergieSysteme gGmbH (izes) in Auftrag gegebene „Analyse und Bewertung von Instrumenten zur Markteinführung stationärer Brennstoffzellen“ frei. Dieses Gutachten war im September 2006 fertig gestellt worden. Im Januar bezogen die Initiative Brennstoffzelle sowie die VDMA Arbeitsgemeinschaft Brennstoffzellen Stellung und kritisierten in einer gemeinsamen Erklärung, der Zeitpunkt der Markteinführung für Hausenergieanwendungen läge zu früh. Zunächst sei es erforderlich, die Geräte ausreichend zu testen, damit sie beim Markteintritt auch tatsächlich ausgereift seien.

Als neuen Richtwert, ab wann die Brennstoffzellentechnik konkurrenzfähig eingesetzt werden könnte, wurden Investitionskosten für Brennstoffzellenheizgeräte in der Hausenergieanwendung von 1.500 Euro/kW genannt.

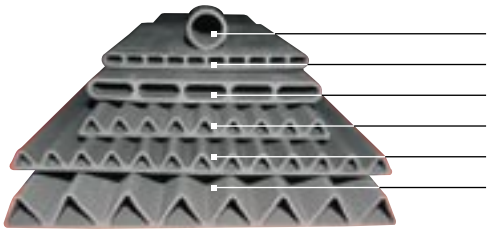


Abb. 5: SOFC-Zellentwicklungsstufen [Quelle: Siemens AG]

Zelltyp	Leistung (DC Watt)	Aktive Länge (cm)
TUBULAR	190	150
HPD 10	295	75
HPD 5*	250	75
Delta 9	410	75
Delta 13	630***	75
Delta 8**	›1000***	100

Brennstoff: Befeuchteter H_2
Temperatur: 1000 °C, isotherm
Brennstoffausnutzungsgrad: 80 %

* Zelltyp für Prototyp /SECA Meilenstein 12/2006
** Zelltyp für Modultest BMWi Meilenstein 06/2008
*** Gerechnete Daten

Tab. 1: Leistungsstufen der SOFC-Entwicklung [Quelle: Siemens AG]

Wir sind immer dabei.
Mit neuer Energie und viel Engagement.
Wo neue Energie ist, ist auch E.ON Hanse nicht weit.
www.eon-hanse.com
e·on Hanse

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

MARKTFÄHIGES BZ-SYSTEM FÜR NISCHENANWENDUNG

enertec: Sonderschau Brennstoffzelle noch nicht etabliert

Abb. 1: Oben Photovoltaik und unten Brennstoffzelle

Abb. 2: Den meisten Platz dieses 4-kg-Geräts nimmt das Netzteil ein.

In Leipzig hat während der enertec 2007 zum zweiten Mal die *Sonderschau Brennstoffzelle* stattgefunden. Auf dem Gemeinschaftsstand, der wieder von der Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e.V. (FEE) organisiert wurden, stellten vom 5. bis 8. März sechs Unternehmen ihre Produkte und Dienstleistungen vor. 2005 waren es neun gewesen.

Die Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technik ist noch ein Nischenmarkt. Während der E-world im Februar in Essen wurde dieses Thema gar nicht angesprochen, und die enertec musste in diesem Bereich einen Ausstellerrückgang um 50 % hinnehmen. Die Thematik bleibt damit vornehmlich auf Fachveranstaltungen wie die H2Expo oder die f-cell beschränkt, während der Haupt-Event jährlich während der Hannover Messe in Halle 13 stattfindet. Dennoch ließen sich in Leipzig durchaus erwähnenswerte Neuheiten finden, wenn auch nur wenige.

Die FLEXIVA® automation & Robotik GmbH zeigte gleich drei marktfähige Produkte. Im Mittelpunkt stand ein BZ-System, das für die Überwachung, Messung und Übertragung von Umweltdaten als Back-up für Solarmodule entwickelt wurde (s. Abb. 1). Das ZEMIS® LG45T2 liefert maximal 40 Watt (Preis: 3500 EUR). Um eine entsprechende Leistung aus Sonnenenergie generieren zu können, wären nach Aussage von Vertriebs-Chef Rainer Lochschmidt 15 m^2 PV-Fläche notwendig. Besonders stolz ist Flexiva auf den weiten Einsatzbereich des Outdoor-Systems. Der PEM-Brennstoffzellen-Stack kommt von Schunk und nutzt die innere Abwärme, um sich selbst zu wärmen. Dadurch ist ein Betrieb bei Temperaturen bis -25 °C möglich.

Zudem verfügen die Sachsen über ein BZ-Ladegerät für die netzferne Stromversorgung bei kleiner Leistung sowie ein modulares Gleichstrom-Wandlersystem zur Verwendung in Brennstoffzellenanlagen mit bis zu 10 kW.

Das Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik von der TU Bergakademie Freiberg informierte mit einer Posterpräsentation über ihre dritte, optimierte Generation einer PEM-BZ-Anlage. Der Prototyp der inhouse 5000, wie er erstmalig während der Hannover Messe 2007 zu sehen sein wird, verfügt mit 5 kW_{el} über mehr Leistung (zuvor 4 kW) bei kleinerer Bauweise. Ein Feldtest mit diesem System soll im September dieses Jahres starten. Zunächst soll dabei an der Niedertemperatur-PEM festgehalten werden, parallel laufen aber bereits Entwicklungsarbeiten an der Hochtemperatur-PEM-Brennstoffzelle.

Besonders beliebt bei den regionalen TV-Teams war das Elektro-Mobil *Mink*, das von der Wasserstofftechnologie-Initiative Mecklenburg-Vorpommern e.V. (WTI) vorgestellt wurde. Seinen Strom erhält dieses Fahrzeug zwar aus einer Fahrbatterie, aber durch den zusätzlichen Einbau eines Nexa-Moduls (Ballard: 1,2 kW) konnte die Reichweite um 50 % auf 120 km vergrößert werden. Gedacht ist solch ein Mobil nach Aussage von WTI-Geschäftsführer Dr.-Ing. Gerhard Buttkewitz beispielsweise für Naturparks.

Entsprechende Hintergrundinformationen konnten die Besucher am zweiten Messetag im Forum Energie erhalten, wo die 4. Denkwerkstatt der AFG Brennstoffzellen zum Thema „Integration erneuerbarer Energieträger und Brennstoffzellen“ stattfand, die aber nur mäßig besucht war.

Die Eismann und Stöbe GbR aus Leipzig zeigte parallel dazu auf der TerraTec ein tragbares H_2-Versorgungssystem, das speziell für die Bereitstellung von Wasserstoff für FID-Analysatoren konzipiert wurde. Als Speichermodul dient eine Metallhydridkartusche, die über ein Heizelement erwärmt werden kann, um somit Wasserstoff abgeben zu können. Große, schwere Druckgasflaschen, die über ein viel zu hohes Druckniveau verfügen, sind damit überflüssig, da ohnehin nur minimale Mengen benötigt werden.

Das von Eismann und Stöbe selbst entwickelte Gerät kann den Wasserstoff mit individuell wählbarem Ausgangsdruck zur Verfügung stellen. Der Speicherinhalt reicht je nach Wasserstoffbedarf im Durchschnitt für ein bis zwei FID-Messtage (14 Std. bei 20 ml/min mit 1,5 bar).

Insgesamt verzeichnete die enertec einen Ausstellerzuwachs gegenüber 2005 um 5 % bei 15 % mehr Standfläche. ||

Thema: Entwicklung | **Autor:** Julika Bleil

BRENNSTOFFZELLEN ZUR BORDSTROMVERSORGUNG VON FLUGZEUGEN

Neues aus der Zukunftswerkstatt von Airbus

[Quelle: Airbus SAS]

Wasserstoff und Airbus. Wer denkt da nicht zuerst an das Cryoplane? „Airbus hatte doch mal einen Wasserstofflieger konzipiert. Ob daran noch gearbeitet wird?" Das Cryoplane, bei dem Wasserstoff in den Triebwerken verbrannt wird, ist ein revolutionäres Antriebskonzept, aber bei dem heutigen Preisverhältnis von Wasserstoff zu Kerosin nicht marktfähig. Während das Cryoplane-Wissen auf Kerosinsteuer, Schadstoffemissionskosten, weitere Rohölverteuerung und Technologiesprünge in Wasserstoffherstellung, -speicherung und -transport wartet, setzen die Flugzeugbauer vorerst auf eine effizientere Verwendung von Kerosin. Und im Zuge dessen betritt auch Wasserstoff wieder die Bühne.

VISION 2020 – VORGABEN FÜR GEMINDERTE SCHADSTOFFBELASTUNG IN DER LUFTFAHRT Mit zunehmender Industrialisierung und steigendem Lebensstandard einer wachsenden Weltbevölkerung ist die Energieversorgung durch abnehmende Rohstoffreserven und verstärkte Umweltbelastung geprägt. Die Luftfahrt hat zurzeit nur einen kleinen Anteil am Rohölverbrauch von etwa 3 %. Die Luft- und Lärmbelastung an stark frequentierten Flughäfen wird jedoch bald an ihre Grenzen stoßen. Der Einfluss der Emissionen in Reiseflughöhe ist bislang zwar nicht eindeutig geklärt, aber trotzdem werden aktuell erste Forderungen laut, Fernflüge zur Eindämmung des Treibhauseffekts zu meiden.

Flugzeugbetreiber müssen zukünftig mit Steuern, begrenzten Kontingenten und Flughafengebühren für Emissionen rechnen. Aus diesem Grund hat die ACARE (Advisory Council for Aeronautics Research) in ihrer *Vision 2020* Ziele für die Luftfahrtforschung vereinbart, die zu einer Reduktion von CO_2–Emissionen um 50 %, bei NO_x um 80 % und bei wahrgenommenem Außenlärm um 50 % führt.

Der Produktlebenszyklus eines Flugzeuges umfasst etwa 50 Jahre von Entwurf über Produktion bis zum Betriebsende. Der langfristige Erfolg künftiger Produkte, die sowohl dem Markt gerecht werden als auch einen deutlichen Schritt zur Erfüllung der Vorgaben aus der *Vision 2020* leisten, hängt von einer frühzeitigen Erforschung neuer Technologien ab. Ihre Potentiale müssen erkannt, ihre Tauglichkeit bewiesen sein – lange bevor sie tatsächlich im Flugzeug eingesetzt werden. Der Einsatz einer Brennstoffzelle zur emissionsfreien Bordstromversorgung wird von Airbus vor diesem Hintergrund betrachtet. Das Konzept fügt sich als Bestandteil eines systemübergreifenden Forschungsprojektes zum *More Electric Aircraft* ein.

ELEKTRISCHE STATT HYDRAULISCHER UND PNEUMATISCHER ENERGIE Traditionelle Flugzeugsysteme werden durch radikale Ansätze ersetzt. Bislang gibt es im Flugzeug hydraulische, pneumatische und elektrische Energienetze. Die Klimaanlage, das mit Abstand energieintensivste System im Flugzeug, wird zurzeit in erster Linie mit pneumatischer Energie versorgt: Den Triebwerken wird verdichtete Luft abgezapft. Diese wird über mächtige Rohrleitungen durch das Flugzeug transportiert und dient neben der Energieversorgung der Klimaanlage auch zur Enteisung der Flügel.

Im Sinne eines effizienteren Powermanagements und zur Optimierung der Triebwerke – die Leistungsabnahme über so genannte Zapfluft ist wenig effizient – verfolgen Boeing und Airbus einen *More Electric Aircraft*-Ansatz. Hier werden zunehmend hydraulische und pneumatische Verbraucher durch elektrische ersetzt. Ziel ist das *All Electric Aircraft*, bei dem es nur ein einziges Energieversorgungsnetz gibt – ein elektrisches. Dieser Ansatz stellt eine beachtliche Herausforderung dar, denn der gesteigerte Bedarf elektrischer Leistung liegt im Megawattbereich. Ein Kleinkraftwerk würde also an Bord künftiger Flugzeuge notwendig. Wie sieht dafür ein denkbares Energieversorgungskonzept aus?

DIE REVOLUTIONÄRE BORDVERSTROMUNG Elektrische Energie kann über Generatoren, die auf der Triebwerkswelle angebracht sind, entnommen werden. Dies führt zu einer hohen Belastung der Triebwerke. Eine Herausforderung stellt hier insbesondere die Kühlung der Generatoren dar. Verbesserungen dieser recht ausgereiften Technologie sind nur unter verhältnismäßig großem Aufwand möglich.

Alternativ dazu kann eine Brennstoffzelle die Bordstromversorgung übernehmen. Brennstoffzellen, die im Hinblick auf den Wirkungsgrad Triebwerksgeneratoren bereits heute überlegen sind, befinden sich zwar erst am Anfang ihrer technischen Entwicklung. Somit ist auch hier ein relativ großer Aufwand nötig, um die Marktreife zu erreichen. Im Unterschied zu den Generatoren ist aber das Potential technischer Verbesserungen sehr groß. Langfristig kann sich hier eine Investition besser bezahlt machen.

Darüber hinaus ist das Leistungsspektrum einer Brennstoffzelle nicht auf die Stromerzeugung begrenzt. Gerade in der Luftfahrt bieten sich weit reichende Integrationsmöglichkeiten: Nebenprodukte wie Wasser, Wärme und sogar die sauerstoffarme Abluft können genutzt werden. Ziel ist, die maximale Integration einer Brennstoffzelle für die Bordstromerzeugung eines futuristischen All Electric Aircraft herauszuarbeiten, um den größten Nutzen von Brennstoffzellen zu erreichen.

Als besonders attraktiv hat sich ein Konzept herausgestellt, welches Hochtemperatur-PEM-Brennstoffzellen vorsieht. Dank neuer Membrantechnologien arbeiten diese bei knapp 200 °C statt der üblichen 80 °C. Dies erleichtert die Kühlung, weil gerade in heißen Regionen mit bis zu 50 °C Außentemperatur gerechnet werden muss. Zudem liegt das Wasser nach der Kondensation keimfrei und sauer vor. Je 100 kW elektrischer Leistung werden rund 50 Liter Wasser pro

Stunde generiert. Mehr als ausreichend, um den Wassertank eines Verkehrsflugzeugs überflüssig zu machen. Denkbar ist sogar, das Wasser durch Mineralisierung als Trinkwasser zu nutzen; eine Gewichtsreduktion, die sich bezahlt macht.

MEHRFACHNUTZEN EINER BRENNSTOFFZELLE In einem weiteren Integrationsschritt lässt sich die Abwärme der Brennstoffzelle nutzen, um die Flügel zu heizen. Denkbar wäre, den Kühlstrom der Brennstoffzelle über die betroffenen Flügelregionen zu führen, um so einen Eisansatz zu verhindern.

Gänzlich neu ist das Konzept zur Verwendung der Abluft, die bei Versorgung mit Außenluft bei Austritt aus der Brennstoffzelle nur noch rund 10 % Sauerstoff enthält. Für die meisten Stoffe, so auch für Kerosin, ist dieser geringe Sauerstoffanteil brand- und explosionshemmend. In Flugzeugtanks können sich explosionsfähige Sauerstoff-Kerosindampf-Gemische bilden, die bei vorhandener Zündquelle eine Tankexplosion verursachen. Eine Reihe von Tankexplosionen in Flugzeugen hat die europäische und die amerikanische Luftfahrtbehörde veranlasst, neue Standards hinsichtlich der Tanksicherheit zu setzen. Die Tankinertisierung ist eine Möglichkeit, den neuen Anforderungen gerecht zu werden. Hier stellt die Abluft eine günstige Alternative dar zu aufwändigen druckluftbetriebenen Lufttrennapparaten.

Versorgt wird die Brennstoffzelle durch Flüssigwasserstoff und Kabinenabluft. Platz für einen Wasserstofftank gäbe es zum Beispiel in der Hecktüte, die zurzeit die Auxilary Power Unit (APU = Notstromversorgung) beinhaltet. Die APU wird derzeit noch zum Start der Triebwerke genutzt, sofern es auf Grund ihrer hohen Lärm- und Schadstoffemissionen noch erlaubt ist. Sie kann durch eine leise und schadstofffreie Brennstoffzelle ersetzt werden, ebenso wie die zusätzliche Generatorleistung für ein More Electric Aircraft. Die Brennstoffzelle selbst würde idealerweise in Flügelnähe zwecks Enteisung und im Sinne einer redundanten Energieversorgung in Modulbauweise angeordnet werden.

POWERMANAGEMENT UND GEWICHTSREDUKTION Eine anspruchsvolle Aufgabe kommt dem Powermanagement zu. Neben der benötigten Strommenge ist eine ausreichende Produktion von Wärme, Wasser und stickstoffhaltiger Luft sicherzustellen. Zudem muss das Powermanagement die bedarfsgerechte Produktion von Gleichstrom durch Brennstoffzellen und Wechselstrom durch Generatoren gewährleisten.

Die meisten heute verfügbaren Brennstoffzellenkomponenten sind nicht gewichtsoptimiert. Die Entwicklung von Komponenten speziell für die Anforderungen des Flugzeugbaus bietet – wie eine Sensitivitätsanalyse gezeigt hat – ein großes Potential.

Die einzigartigen Integrationsmöglichkeiten einer Brennstoffzelle im Flugzeug führen bereits bei heutigem Systemgewicht zu einer Kraftstoffersparnis. Noch nicht gelöste Herausforderungen wie zum Beispiel Wasserstoffinfrastruktur an Flughäfen, Lebensdauer oder Zertifizierungsaspekte brauchen jedoch Zeit. In etwa zehn Jahren wäre eine Umsetzung des vorgestellten Konzepts denkbar. ||

Autorin:

Dipl.-Ing. Julika Bleil
ehemals bei Airbus, jetzt bei
The Boston Consulting Group
→ Bleil.Julika@bcg.com

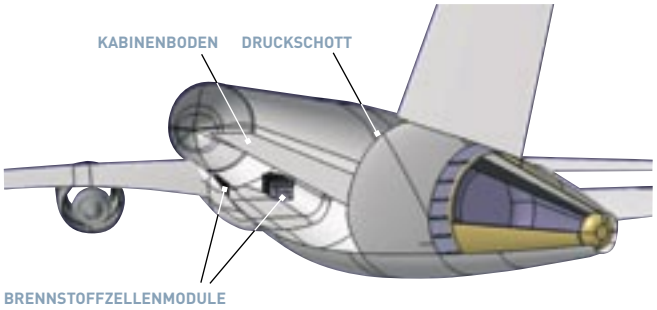


Abb. 3: Mögliche Platzierung von BZ-Modulen

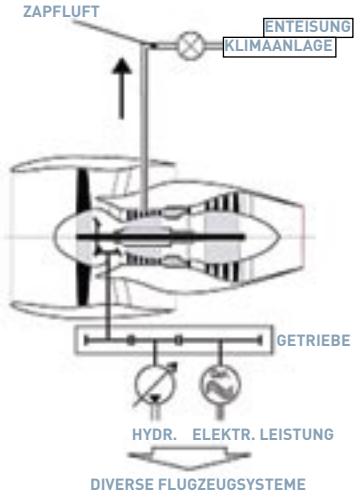
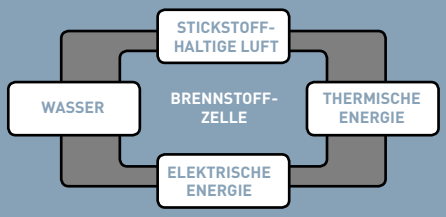


Abb. 2: Zapfluftentnahme am Triebwerk [Quelle: Arendt]

VORTEILE BEI VOLLER INTEGRATION EINES BRENNSTOFFZELLENSYSTEMS



- **Komfortvorteile:** Es kann mehr Trinkwasser zur Verfügung gestellt werden. Dieses kann für Getränke, Duschen oder Luftbefeuchtung verwendet werden. Der für Getränke benötigte Stauraum in der Kabine reduziert sich. Die Gänge werden durch kleinere Trolley-Ausführungen nicht mehr blockiert.
- **Sicherheitsvorteile:** Ein in Modulen aufgebautes Brennstoffzellensystem erhöht die Redundanz. Produktion von stickstoffangereicherter Luft dient der Inertisierung und vermindert die Explosions- und Brandgefahr.
- **Umweltvorteile:** Die geräuscharm arbeitende Brennstoffzelle verringert die Lärmbelastung. Zudem arbeitet sie emissionslos. Je nach Integrationsstufe kann hinsichtlich des Brennwerts durch Gewichtsreduktion und effizientere Energieversorgung deutlich mehr Kerosin eingespart werden, als Wasserstoff mehr verbraucht wird.

Thema: Entwicklung | **Autor:** Anett Dylla

H_2-TRANSPORT DURCH KABEL

icefuel® - Eine Option zur nachhaltigen Energieversorgung

Die rasante Steigerung des weltweiten Energiebedarfs und ein diversifizierender Energiemix mit wachsenden Anteilen an erneuerbaren Energien stellen zunehmend höhere Anforderungen an die Energieinfrastruktur. Gefragt sind flexible Lösungen, die erneuerbare Energien effizienter integrieren. Dabei hat Wasserstoff als universeller Sekundärenergieträger ein großes Einsatzpotenzial. icefuel® ist ein neues Energietransport-, Speicherungs- und Wandlungs-System, das neueste Entwicklungen der Mikrosystem- und Nano-Technik aufgreift und von Insellösungen ausgehend in bestehende Infrastrukturen integriert werden kann.

Zahlreiche Projekte weltweit befassen sich mit der chemischen Energiespeicherung auf Basis von Wasserstoff. Überwiegend wird dabei Wasserstoff gasförmig unter Druck bei Raumtemperatur gelagert und transportiert. Der Übergang auf Flüssigwasserstoff (LH_2) verspricht trotz des zusätzlichen Verflüssigungsaufwands deutliche Effizienzvorteile bei der Lagerung und Verteilung des Wasserstoffs – die Verfügbarkeit entsprechender Isolationen und Komponenten vorausgesetzt.

DIE IDEE icefuel® steht für *integrated cable energy system* for fuel and power. Es basiert auf der Technik des gleichzeitigen Transportes von Stoff- und Elektrizitätsströmen in einem Kabelverbund. In der Tiefsee-Erdöl-/ Erdgasförderung werden derartige Multifunktionskabel (Subsea-Umbilical-Pipes) seit langem verwendet. Sie vernetzen am Meeresgrund die Bohr-, Aufarbeitungs- und Sammelsysteme über Längen von mehreren tausend Kilometern. Mit icefuel® wird diese so genannte *Umbilical-Technologie* für die Energieinfrastruktur on-shore verfügbar.

Der Transport von kryogenen flüssigen Energieträgern in diesem System erfordert die Ausrüstung der Kabel mit thermischen Superisolationen. Entsprechende Composit-Materialien und Fertigungslösungen existieren bereits. Mit ihnen ist eine hocheffiziente Wärmeisolation in die Kabelfertigung integrierbar. Die notwendige Flexibilität für den maschinellen Wickelprozess ist dafür gegeben. Das isolierte Kabel bleibt weiterhin biegsam und trommelbar, so dass die flexible Verlegung trotz Superisolation wie bei Stromkabeln möglich ist.

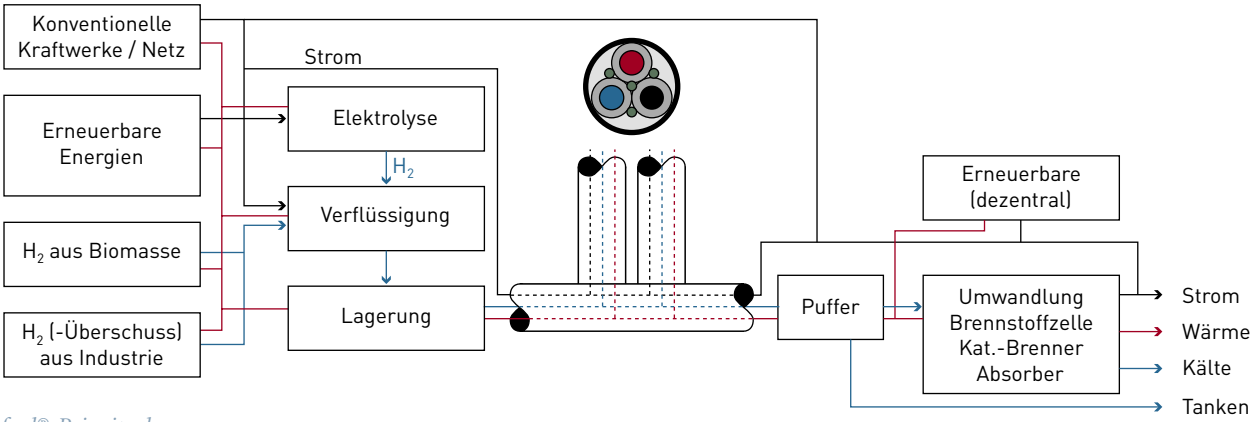
SYSTEMBESCHREIBUNG Für den Einsatz dieser Technik ist zunächst ein lokaler Kryospeicher notwendig, in dem verflüssigter Wasserstoff gespeichert wird. Von diesem lokalen Tank wird der Brennstoff flüssig und damit ohne nennenswerten Kompressionsaufwand mit den neuen Kabeln zu Verbrauchern (z. B. nahe Gewerbe oder Haushalte) geleitet. Am Ort der Entnahme wird der Brennstoff über ein Mikrosystem verdampft und vorzugsweise einer Brennstoffzelle zugeführt. Die Rückgewinnung der stofflich gespeicherten Energie erfolgt direkt beim Verbraucher, so dass eine Kraft-Wärme-Kopplung möglich ist. Der Nutzungsgrad ist im Vergleich zu konventionellen Systemen sehr viel besser. Wasserstoffbetriebene Brennstoffzellensysteme benötigen keinen Reformer und sind dadurch effizienter und zuverlässiger. Zudem arbeiten sie CO_2-frei.

Durch die Integration der Stromleitung in das neue Kabel-Design eröffnen sich zusätzlich interessante Optionen für die effizientere Nutzung von dezentralen Stromquellen. Beispielsweise kann Fotovoltaikstrom direkt über icefuel®-Kabel für die Wasserstoffelektrolyse verwendet werden. Außerdem treten nur sehr niedrige elektrische Widerstände in tiefkalten Leitungen auf.

Wesentliche Funktionen in diesem System werden durch die Integration von Komponenten aus der Mikrosystemtechnik realisiert. Aufgrund geringer Stoffflüsse und Querschnitte im System ist sie für die Verteilung, den Energieaustausch und die Wandlung, die Mess-, Steuer- und Regelungstechnik sowie das Energiemanagement geradezu prädestiniert. Besonders von Vorteil sind die dieser Technik inhärenten hohen Wirkungsgrade und Sicherheiten.

UMSETZUNG DER IDEE Ziel des im Juli 2006 gestarteten und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Verbundprojektes sind fundierte Aussagen zur technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit des Systems. Damit sollen entscheidende Voraussetzungen für die rasche Nutzung der genannten Potenziale geschaffen werden.

Anhand eines Miniplant-Systems soll zunächst das Grundprinzip der icefuel®-Infrastruktur entwickelt und im Labormaßstab demonstriert werden. Zentrale Bestandteile der praktischen Entwicklungsarbeiten sind das Design der flexiblen Leitungen und die Integration der Mikrosystemkomponen-



icefuel®-Prinzipschema

ten. Letztere werden individuell auf den speziellen Anwendungsfall im gesamten System adaptiert. Aus dem Versuchsbetrieb lassen sich wesentliche skalierbare Daten ermitteln. Parallel dazu erfolgen sicherheitstechnische und genehmigungsrechtliche Betrachtungen zum Leitungstransport von LH_2 sowie umfangreiche experimentelle Untersuchungen.

Noch befindet sich die Entwicklung im frühen explorativen Stadium mit technischen und wirtschaftlichen Risiken, die erst mit dem Betrieb des Miniplant-Systems quantifiziert werden können. Unabhängig von der technischen Entwicklung der einzelnen Komponenten ist die breite Markteinführung des icefuel®-Systems nicht kurzfristig zu sehen. Alle ökologischen, ökonomischen und technologischen Trends lassen jedoch eine zunehmende Verbesserung der Randbedingungen für das System erwarten. Dieser Optimismus erklärt sich daraus, dass das Konzept weder zur konventionellen Kraftwerks- und Infrastrukturtechnik noch zu den erneuerbaren Energien im Wettbewerb steht. Bestehende Systeme werden nicht ersetzt, sondern entlastet und damit rentabler. Für die Energietechnik eröffnen sich neue Exportmärkte in Regionen mit Infrastrukturbedarf, insbesondere für erneuerbare Energien. ||

Autorin:

Dipl.-Ing. Anett Dylla
Mensch-Marketing-Technik, Alzenau
→ ady@mensch-marketing-technik.de
→ www.icefuel.de

Die Energiedichte kryogener Brennstoffe (LNG oder LH_2) ist im Vergleich zur Energiedichte von Gasen hundertfach höher. Große Energiemengen können somit in vergleichsweise kleinen Stoffvolumina transportiert werden. Dies führt zu sehr kleinen inneren Leitungsquerschnitten und zur Miniaturisierung der Systemkomponenten.

RECHENBEISPIEL: ENERGIEVERSORGUNG EINES EINFAMILIENHAUSES

Kraft-Wärme-Kopplung mit Hilfe einer Brennstoffzellen-Heizung:
25.000 kWh/a Wärmebedarf + 5.000 kWh/a Strombedarf = 30.000 kWh/a Gesamtenergiebedarf

· ca. 0,7 l/h LNG oder ca. 1,6 l/h LH_2 (bei angenommenem konstantem Verbrauch)
· Leitungsquerschnitt: ca. 1mm (bei sehr niedriger Fließgeschwindigkeit)

Bei einem etwas größeren Durchmesser können durch die Änderung der Fließgeschwindigkeit etwaige Verbrauchsschwankungen ausgeglichen werden.

Thema: Entwicklung | **Autor:** Rüdiger Schulz-Friedrich

WASSERSTOFF AUS ALGEN

Solare Biowasserstoffproduktion

Als sekundärer Energieträger der Zukunft ist in immer stärkerem Maße Wasserstoff im Gespräch. Die technische Verwendung von Wasserstoff als Energieträger für Brennstoffzellen oder Verbrennungsmotoren ist schon sehr weit entwickelt. Die Entwicklung von regenerativen und damit nachhaltigen Produktionsverfahren von Wasserstoff liegt dagegen noch sehr weit zurück. Die biologische Gewinnung von Wasserstoff aus der Kopplung von Photosynthese und Wasserstoffbildung zeigt zwar einerseits ein hohes Potential. Anderseits benötigt sie aber bis zur praktischen Anwendung noch einen intensiven Forschungs- und Entwicklungsprozess.

Die Entdeckung, dass photosynthetisch lebende Mikroalgen (einzellige Grünalgen und Cyanobakterien) in der Lage sind, molekularen Wasserstoff zu produzieren, stammt aus den 30er Jahren des vorigen Jahrhunderts. Der deutsche Biochemiker und Pflanzenphysiologe Hans Gaffron entdeckte damals bei seinen Untersuchungen zu den Stoffwechselleistungen einzelliger Grünalgen, dass diese in der Lage sind, Wasserstoff umzusetzen. Außerdem erkannte er, dass die Produktion und die Aufnahme von Wasserstoff bei den Algen mit der Photosynthese im Zusammenhang stehen. Seit dieser Entdeckung wurde viele Jahre in reiner Grundlagenforschung untersucht, woher der Wasserstoff stammt und unter welchen Bedingungen er gebildet wird. Das für die H_2-Produktion verantwortliche Enzym wurde in Bakterien gefunden und als *Hydrogenase* bezeichnet, da es Wasserstoff (engl.: hydrogen) aus Protonen und Elektronen bilden kann. Aufgrund der Fähigkeit von Algen und Cyanobakterien, die Energie der Sonne direkt über photosynthetische Prozesse zur Wasserstoffbildung zu nutzen, rückten diese Organismengruppen immer mehr ins Zentrum eines Forschungsfeldes, das wir heute als *solare Biowasserstoffproduktion* bezeichnen.

Als im Zuge der Ölpreiskrisen der 1970er Jahre nach neuen Energiequellen gesucht wurde, sah man die beschriebene Grundlagenforschung in einem anderen Licht. In vielen Forschungslaboren wurde nun mit verschiedenen Organismen versucht, eine möglichst hohe Produktionsrate an Wasserstoff zu erreichen. Als Ende der 1980er Jahre zur Energiediskussion verstärkt auch die Umweltdiskussion hinzukam, die die Verwendung umweltgerechter Energieträger fordert, erlangte das Arbeitsgebiet der solaren Biowasserstoffproduktion auch zunehmendes öffentliches und politisches Interesse. Dies führte in Deutschland in den Jahren 1989 bis 1994 zu einer großzügigen Forschungsförderung durch das damalige Bundesministerium für Forschung und Technologie. Diese Förderung der Forschungsaktivitäten in Deutschland wurde 1994 auf Grund fehlender finanzieller Unterstützung durch die Industrie nahezu vollständig gestoppt. Parallel dazu entwickelten viele andere Länder (z.B. die USA und Japan) nationale Förderprogramme zur Erforschung und Entwicklung der solaren Biowasserstoffproduktion.

In den letzten Jahren sind durch neue Techniken und Methoden entscheidende Fortschritte bei der Untersuchung der Hydrogenasen gelungen. Parallel dazu ist auch wieder ein verstärktes Interesse an der solaren Biowasserstoffproduktion bei den Forschungsförderern in Deutschland und auch auf EU-Ebene festzustellen, was insgesamt hoffnungsvoll stimmt. Diese Zuversicht für die Zukunft der solaren Biowasserstoffproduktion begründet sich auch aus der Tatsache, dass mit der finanziellen Forschungsförderung in der Arbeitsgruppe des Autors durch die Linde Group auch die Industrie ihr Interesse an dieser zukünftigen und nachhaltigen Möglichkeit zur Wasserstoffproduktion zeigt.

PHOTOSYNTHESE UND WASSERSTOFF Bei der photosynthetischen Lichtreaktion von pflanzlichen Organismen wird die Energie des Sonnenlichtes genutzt, um Wasser zu spalten. Dadurch wird zunächst Sauerstoff als „Abfallprodukt" freigesetzt. Außerdem bilden sich Reduktionsäquivalente. Diese werden normalerweise unter Beteiligung des Calvin-Zyklus zur Reduktion von Kohlendioxid zu Zucker verwendet, ein Vorgang, den wir als Kohlendioxidfixierung bezeichnen. Diese Reduktionskraft kann aber auch bei Organismen mit Hydrogenasen zur Reduktion von Protonen zu elementarem, gasförmigem Wasserstoff dienen (Abb. 1). Dieser Wasserstoff

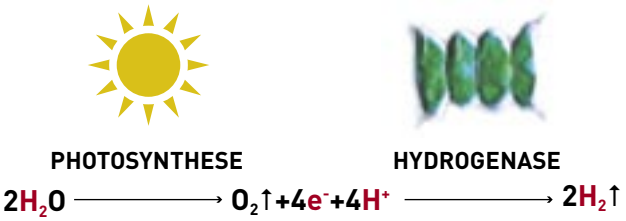


Abb. 1: Durch die Photosynthese wird bei Cyanobakterien, Algen und Pflanzen Wasser mit Hilfe von Sonnenenergie gespalten. Mikroalgen können mit Hilfe von Hydrogenasen aus Elektronen und Protonen elementaren Wasserstoff produzieren.

wird dann als solarer Biowasserstoff bezeichnet. Grundsätzlich sind in der Natur neben den Hydrogenasen auch die Nitrogenasen zur Wasserstoffproduktion in der Lage.

HYDROGENASEN BILDEN WASSERSTOFF Wie alle wichtigen Stoffwechselleistungen in der Biologie, so wird auch der Umsatz von Wasserstoff von speziellen katalytischen Proteinen (Enzymen) vermittelt. Die wichtigste Enzymgruppe in dieser Hinsicht bilden die Hydrogenasen. Hydrogenasen sind Enzyme, die mit unterschiedlichem Aufbau in einer Reihe von Bakterien, Protozoen, Algen und Pilzen vorkommen. Man unterscheidet zwei Haupttypen voneinander: die NiFe-Hydrogenasen, die die Metalle Nickel und Eisen enthalten, und die FeFe-Hydrogenasen, die nur Eisen enthalten (Abb. 2). Beide Enzymgruppen ermöglichen sowohl die katalytische Bildung von Wasserstoff aus Protonen und Elektronen als auch die Umkehrreaktion, die Spaltung von Wasserstoff. Bestimmt wird die Hauptrichtung der Reaktion durch den Typ der Hydrogenase (produzierende, bidirektionale oder aufnehmende Hydrogenase) sowie durch das reaktive Umfeld der Hydrogenasen in den lebenden Zellen.

Energiequelle zur H_2-Produktion können, wie in diesem Artikel bevorzugt beschrieben, das Sonnenlicht über die Photosynthese sein, aber auch organische Verbindungen. Unter

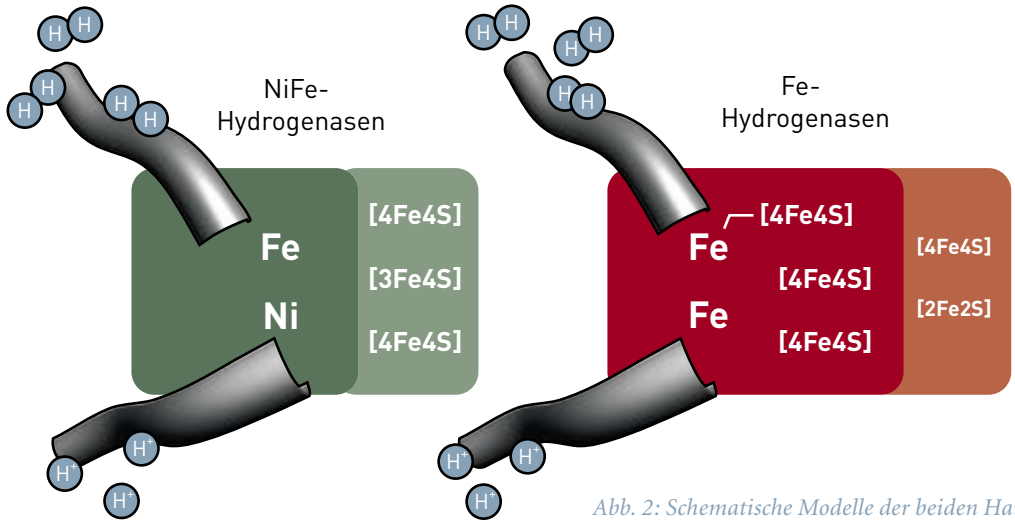


Abb. 2: Schematische Modelle der beiden Haupttypen von Hydrogenasen

natürlichen Bedingungen wird beispielsweise in Böden oder in Teichen, Seen und Meeren von den dort vorkommenden Organismen Wasserstoff in großen Mengen durch Hydrogenasen und auch Nitrogenasen gebildet (ca. 200 Mio. Tonnen pro Jahr). Dieser ist dort normalerweise kaum nachweisbar, da andere eng benachbart zu den Produzenten lebende Organismen den Wasserstoff sofort wieder mit Hilfe ihrer Hydrogenasen als willkommene Energiequelle aufnehmen.

Hydrogenasen sind in den meisten Fällen sehr sauerstoffempfindlich, so dass oft schon ein kurzer Kontakt mit der Luft ausreicht, um sie zu inaktivieren. Diese Sauerstoffempfindlichkeit ist eines der Kernprobleme, das gelöst werden muss, wenn es zukünftig zur biologischen Wasserstofferzeugung im technischen Maßstab kommen soll. Das zweite Problem sind die oft geringen Produktionsraten von Wasserstoff. Zur Lösung beider Probleme sind weltweit vielfältige Forschungs- und Entwicklungsansätze in Bearbeitung.

NITROGENASEN BINDEN DEN LUFTSTICKSTOFF Eine zweite Enzymgruppe, die der Nitrogenasen, bildet Wasserstoff nur als ein Nebenprodukt ihrer katalytischen Aktivität. Trotzdem kommt auch den Nitrogenasen eine wichtige biologische Funktion bei der Betrachtung des Stoffwechsels von gasförmigem Wasserstoff in der Natur zu. Nitrogenasen sind sauerstoffempfindliche Enzyme und kommen ausschließlich in stickstofffixierenden Bakterien, wie zum Beispiel den Cyanobakterien, vor. Ihre Hauptfunktion besteht in der Umwandlung von gasförmigem Stickstoff (N_2) der Luft zu den für Bakterien und Pflanzen verwendbaren Ammoniumionen (NH_4^+). Bei dieser Katalyse verbraucht die Nitrogenase Energie in Form von Adenosintriphosphat (ATP). Als Nebenprodukt entsteht gasförmiger Wasserstoff:

$$N_2 + 10\,H^+ + 8\,e^- + 16\,ATP + 16\,H_2O \rightarrow 2\,NH_4^+ + H_2 + 16\,ADP + 16\,P_i$$

Nitrogenasen können keinen Wasserstoff aufnehmen. Die Reaktion läuft also immer nur vom freien zum gebundenen Stickstoff ab. Wasserstoff wird nur als Nebenprodukt der Reaktion freigesetzt. Darauf begründet sich auch die geringe Produktionsleistung der Nitrogenasen für Wasserstoff, die aber trotzdem mit einem

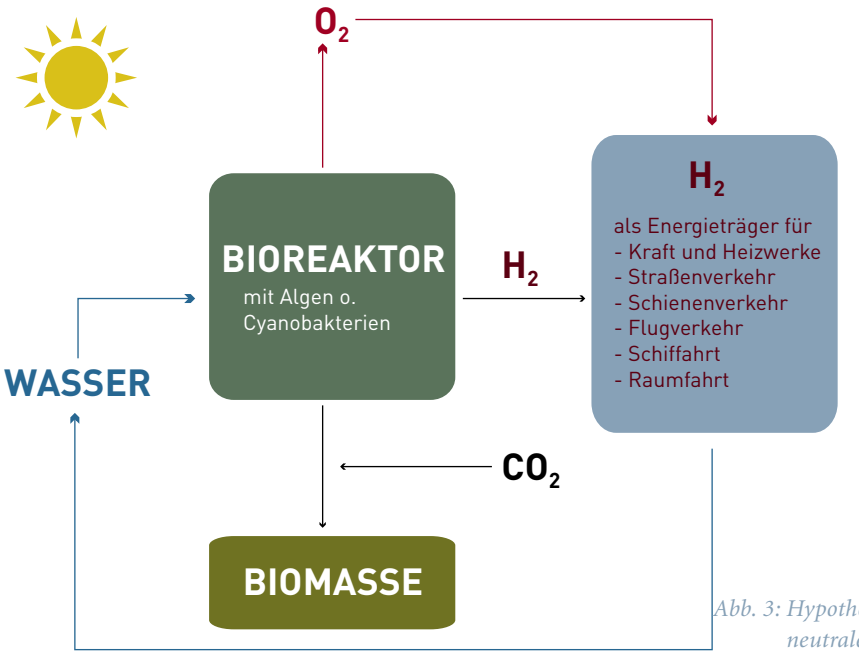


Abb. 3: Hypothetisches Modell eines CO_2-neutralen Energiekreislaufes

hohen Energieeinsatz der lebenden Zellen in Form von ATP verbunden ist. Aus diesen unabänderlichen biologischen Tatsachen begründete sich die seit einigen Jahren vorherrschende Meinung unter Fachleuten, dass die Nitrogenase nur sehr eingeschränkt zur Produktion von Biowasserstoff im technischen Maßstab geeignet ist.

SOLARER BIOWASSERSTOFF EIN ENERGIETRÄGER VON MORGEN? Die einzige praktisch unerschöpfliche Energiequelle auf unserer Erde ist die Sonne. Wasserstoff gilt als der Energieträger der Zukunft. Die technischen Herausforderungen zum Transport, der Lagerung und der Verwertung von Wasserstoff sind offensichtlich, aber nicht grundsätzlicher Art und damit schon weitgehend gelöst. Die Produktion von Wasserstoff allerdings, heute hauptsächlich aus fossilen Lagerstoffen und damit durch die CO_2-Problematik nicht umweltverträglich und durch die Verknappung der fossilen Brennstoffe nicht zukunftsträchtig, ist eine Herausforderung für die Zukunft.

Eine regenerative Möglichkeit zur umweltschonenden Gewinnung von Wasserstoff stellt der durch Mikroalgen gebildete solare Biowasserstoff dar. Dieser Prozess bildet ein direktes und zyklisches System, bei dem die Nutzung des Produktes (Wasserstoff) als Energieträger wieder das Substrat der Reaktion (Wasser) freisetzt (Abb. 3). Bei der Biowasserstoffproduktion durch Mikroalgen kommt es gleichzeitig durch das unvermeidliche Wachstum und die Vermehrung der lebenden Zellen auch zur Bildung von mehr oder weniger Biomasse. Diese Biomasse bindet Kohlendioxid (CO_2) und kann vielfältig ebenfalls zur Energiegewinnung oder auch zur Biowirkstoffproduktion sowie zur Ernährung von Mensch und Tier eingesetzt werden.

Abb. 4: Forschungsbioreaktor zur Wasserstoffproduktion mit Mikroalgen

Zum Erreichen des Fernziels, der technischen Anwendung der solaren Biowasserstoffproduktion im industriellen Maßstab, sind noch einige Probleme zu lösen: die biologische Sauerstoffempfindlichkeit der Hydrogenasen sowie die noch geringe Produktivität. Mit biochemischen, molekularbiologischen und gentechnologischen Methoden werden Hydrogenasen von Cyanobakterien und Grünalgen zurzeit in vielen Laboren weltweit untersucht. Der Prozess der Wasserstoffbildung wird stetig weiter optimiert. Die in letzter Zeit erzielten wissenschaftlichen Fortschritte bei der Lösung der beiden Hauptprobleme stimmen hoffnungsvoll. Das Grundprinzip ist bereits von der Natur über lange Zeit optimiert worden und bildet damit bereits ein hocheffizientes System zur Wasserstoffproduktion. Dennoch ist allen beteiligten Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen bewusst, dass noch einige Jahre vergehen werden, bis in größeren, technisch verwertbaren Mengen Wasserstoff in Bioreaktoren (Abb. 4) erzeugt werden kann. ||

Autor:

Prof. Dr. Rüdiger Schulz-Friedrich
Botanisches Institut,
Christian-Albrechts-Universität, Kiel
Tel. 0431-880-4226,
Fax 0431-880-4238,
→ rschulz@bot.uni-kiel.de

H_2 = Energie der Zukunft!

- Technologie von heute und morgen
- für umweltfreundliche Antriebe
- sichert die Mobilität
- als stationäre Energiequelle

PRAXAIR

Praxair Industriegase GmbH & Co. KG
Hans-Böckler-Straße 1, 40476 Düsseldorf
Fon: 02 11.26 00-311, Mobil: 0173.7039216
fridtjof_schroeter@praxair.com · www.praxair.de

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

TRUMA ENTWICKELT BRENNSTOFFZELLEN FÜR CAMPING-FAHRZEUGE

Strom aus Flüssiggas abseits der Zivilisation

Die Truma Gerätetechnik GmbH & Co. KG ist ein Hersteller von Klimageräten und Flüssiggasheizungen für den Camping-Bereich. Mittlerweile macht das Unternehmen aus Putzbrunn aber auch mit einem eigenen Brennstoffzellensystem von sich reden. Das selbst entwickelte Modul mit dem Namen *VeGA* wird mit Flüssiggas betrieben und ist für die Bordstromversorgung von Freizeitfahrzeugen konzipiert. Das System konnte nach Angaben der Bayern im Labor zufrieden stellende Resultate erzielen und soll während des Caravan Salons 2007 Ende August in Düsseldorf als Vorseriengerät präsentiert werden.

Das BZ-Gerät, das überschaubare 60 x 40 x 25 Zentimeter misst und weniger als 20 Kilogramm wiegt, soll nahezu geräuschlos eine Leistung von bis zu 250 Watt bringen. Als Energieträger wird Flüssiggas eingesetzt, ein Propan-Butan-Gemisch, das im Camping-Bereich sehr weit verbreitet ist. In der Regel befindet es sich ohnehin bei Wohnwagen und Reisemobilen in problemlos austauschbaren Druckbehältern mit an Bord, weil damit Heizung, Kühlschrank, Warmwasserboiler und Herd betrieben werden können.

Pro Betriebsstunde verbraucht das VeGA-System bei maximaler Leistungsabgabe etwa 90 Gramm Flüssiggas. Aus einer 11-kg-Druckgasflasche könnte die Brennstoffzelle somit rund 120 Stunden bei Volllast versorgt werden; bei geringerer Leistungsabgabe entsprechend länger. Die Stromkosten lägen dann nach Berechnung der Camping-Fachmänner bei 0,50 Euro pro Kilowattstunde (15 Euro pro Flaschenfüllung).

Truma betont, dass das VeGA-Modul „die einzige Brennstoffzelle ist, die speziell für den Caravan- und Reisemobil-Markt entwickelt wurde." Es verfügt über eine eigene Entschwefelungseinheit, die den fossilen Kraftstoff für das Reformersystem vorreinigt, damit anschließend der Brennstoffzelle sauberer Wasserstoff zugeführt werden kann. Der Stack produziert dann den abseits von jeglicher Zivilisation so begehrten Strom. Über einen Spannungswandler fließt dieser zunächst in die Bordbatterie, die automatisch nachgeladen wird, ohne dass sich der Benutzer darum kümmern muss.

Der einzige Mitbewerber auf dem bisher noch sehr überschaubaren Markt ist Smart Fuel Cell (SFC) aus Brunnthal. Deren Systeme, die auch für anderweitige Anwendungen wie zum Beispiel Verkehrstechnik und Messwerterfassung konzipiert wurden, verfügen über eine Leistung von 50 Watt und arbeiten mit Methanol, das flüssig in Kanistern gespeichert wird. Durch die Kombination mehrerer Module sind auch höhere Leistungen realisierbar.

MESSEPRÄSENZ Eine erste Produktstudie von VeGA präsentierte Truma bereits auf dem Caravan Salon 2006. Dabei handelte es sich um ein wirklichkeitsnahes Modell, von dem zunächst nur die Umhüllung in Betracht genommen werden konnte. In diesem Jahr soll auf der Düsseldorfer Messe (24. Aug. bis 2. Sept.) ein Vorseriengerät zu sehen sein. Für 2008 ist die Produktion erster Testsysteme in kleiner Auflage geplant. Im Frühjahr 2009 könnte dann die Serienreife erreicht werden. Der Systempreis wird voraussichtlich über 4.000 Euro liegen. ||

VeGA

Benannt ist VeGA nach einem Stern (Vega bzw. Wega), der der hellste im Sternbild Leier (Lyra) und der dritthellste auf der nördlichen Hemisphäre ist. Die Helligkeit der Vega dient bei photometrischen Messungen als Maßstab im wechselseitigen Vergleich mit anderen Sternen.

Design des VeGA-Brennstoffzellensystems

Thema: Entwicklung | **Autor:** Christian Siegel

MODELLIERUNG UND SIMULATION VON BRENNSTOFFZELLEN

Fluiddynamische Ansätze in Forschung und Entwicklung

In Energiedebatten und Diskussionen über nachhaltige Energieversorgung wird der Brennstoffzelle ein enormes Potenzial zugeschrieben. Mit den Vorteilen geringer Emissionen, vergleichsweise niedriger Arbeitstemperatur und hoher Effizienz wird die Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzelle (PEM) als Alternative im Bereich mobiler, zentraler sowie dezentraler Energieversorgung in einem weiten Leistungsbereich angesehen. Um das Zellenlayout weiter optimieren zu können, sind Computersimulationen ein probates Mittel. Neben empirischen Modellierungsansätzen werden seit einigen Jahren vermehrt fluiddynamische Aspekte verfolgt. Das Thema *Brennstoffzellensimulation* wird dadurch anschaulicher.

Die ersten Brennstoffzellenmodelle basierten auf analytischen und empirischen Ansätzen. Sie werden noch bis heute in so genannten *Systemmodellen* eingesetzt und bilden das Rückgrat der gesamten Brennstoffzellensimulation. Diese dynamischen Modelle können komplette Stacks inklusive der Peripherie modellieren. Es sind somit effiziente Hilfsmittel zur Simulation, Regelung und Optimierung von Anlagen. Die einzelne Zelle und auch der gesamte Stack werden hierbei als eine mit Ein- und Ausgangsvektoren beschriebene *Black-Box* betrachtet (s. dazu auch [1] und [2]). Außerdem können zusammen mit der Simulationssoftware MATLAB/Simulink die Tool-Boxen von ADVISOR (Advanced VehIcle SimulatOR), EUSim FuelCell von EUTECH oder die FuelCellLib von MODELICA benutzt werden, um das dynamische Zellen- sowie Anlagenverhalten vorherzusagen.

FLUIDDYNAMISCHE ANSÄTZE Sind hingegen detaillierte Informationen aus dem Inneren der Zelle von primärer Bedeutung, so sind mechanistische Modelle unumgänglich. Diese komplexen Ansätze sind allerdings eher multi-physikalisch ausgerichtet und können einzelne Zellenkomponenten bis auf Porenebene modellieren. Basierend auf den vor zehn Jahren veröffentlichten fluiddynamischen Ansätzen von Gu et al. [3] wird die mathematische Modellierung heute in vielen Bereichen der Chemie und Elektrochemie eingesetzt.

Typische PEM-BZ-Simulationsaufgaben sind:

- Gestaltung des Flowfields im Hinblick auf optimale Zelleneffizienz
- Modellierung der Stromdichteverteilung und Ermittlung des Katalysatorwirkungsgrades
- Simulation des Zellenverhaltens bei unterschiedlichen Material- und Betriebsparametern
- Modellierung der Temperaturverteilung zur Entwicklung von Temperierkonzepten
- Simulation des Zweiphasenverhaltens von Wasser in der Zelle

Die Basis für die fluiddynamische PEM-Brennstoffzellenmodellierung liefern die Erhaltungsgleichungen für Masse, Impuls, Ladung, Spezies und Energie, allgemein ausgedrückt durch folgende Gleichung:

$$d_1 \cdot \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} + d_2 \cdot \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{\partial j_x}{\partial x} - \frac{\partial j_y}{\partial y} - \frac{\partial j_z}{\partial z} + S$$

Dabei stellen d_1 und d_2 Zeitkonstanten, Ψ eine Variable, j_i die Flussvektorkomponenten und S eine Quelle/Senke dar. Neben den multi-physikalischen Kopplungen der Erhaltungsgleichungen untereinander werden zusätzlich elektro-chemische, thermo-dynamische, hydro-dynamische und teilweise empirische Gleichungen und Materialparameter verwendet, um das Zellenverhalten zu modellieren. Erschwert wird die Modellierung und Simulation dabei durch die stark unterschiedlichen räumlichen Ausdehnungen der Zellenkomponenten (*aspect ratio* = O(100) [4]) sowie die stark unterschiedlichen Zeitkonstanten.

MODELLIERUNGS-TOOLS FÜR BRENNSTOFFZELLEN Um diese komplexen, nichtlinearen Systeme partieller Differenzialgleichungen zu lösen, sind flexible Simulations-Tools basierend auf numerischen Algorithmen notwendig. Die Rechengebiete werden dafür zunächst in Finite-Differenzen, Finite-Elemente oder in Finite-Volumen diskretisiert. Die daraus resultierenden Gleichungssysteme können dann zusammen mit Rand- und Startwerten mittels numerischer Verfahren (z. B. BAND-J oder SIMPLE(R/C)) gelöst werden. Dabei können direkte oder moderne iterative Löser basierend auf einer Residuumfunktion (GMRES), einem Mehrgitterverfahren (Multigrid-MG) oder auf einem konjugierten Gradienten (CG) eingesetzt werden. Neben einigen interessanten open-source Softwareprojekten sind derzeit kommerziell erhältliche Tools wie FLUENT, STAR-CD, CFX oder COMSOL Multiphysics (FEMLAB) am weitesten verbreitet.

Nach [4] können komplette Einzelzellen je nach Flowfield-Layout mit 1x 10 e^6 Rechenpunkten simuliert werden. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass eine Variable an einem Knoten je nach Rechengebiet (ein-, zwei-, oder dreidimensional) mehrere Freiheitsgrade besitzt. Um die numerische Stabilität einer Lösung zu verbessern, ist es von Vorteil, ein Modell sequentiell zu lösen. Prinzipiell sollten immer die Ladungserhaltungsgleichungen des elektrischen und ionischen Potenzials gelöst werden, ehe man die restlichen Gleichungen betrachtet.

Ein möglicher Ablauf einer fluiddynamischen Brennstoffzellensimulation ist in Abb. 1 dargestellt.

Wenn eine Lösung erzielt worden ist, die Berechnung also konvergiert hat, sollten alle Daten nochmals kritisch mit den jeweiligen Modellierungsannahmen und Vereinfachungen betrachtet und das Verhalten der Lösung logisch mit der Realität verknüpft werden.

Eine mögliche Simulation ist in Abb. 2 dargestellt. Man erkennt darin das Strömungsprofil (x, y und z-Komponente) in einem kathodenseitigen Gaskanal, berechnet aus einer Navier-Stokes-Gleichung. Als Randbedingungen wurden der Druck an Ein- und Ausgang sowie die Randbedingungen an

den Kanalwänden definiert. Am Rand zur kathodenseitigen Gasdiffusionsschicht wurde das Strömungsprofil mit dem Darcy'schen Gesetz (Fluss durch poröse Medien) gekoppelt. Man erkennt deutlich an der Länge der Pfeile die höheren Strömungsgeschwindigkeiten im Inneren des Gaskanals.

Im Zuge der weiteren Soft- und Hardware-Entwicklung wird es in den nächsten Jahren möglich sein, komplette PEM-Brennstoffzellensysteme zu modellieren und zu simulieren (s. dazu [5]). Verbesserungspotenzial besteht bei den Membranmodellen sowie bei einer detaillierteren Kopplung von Zweiphasen- und thermischem Verhalten. Mit neuer Messtechnik und *in-situ*-Verfahren wird es zudem möglich sein, mehr Informationen aus dem Innern der Zelle zu erhalten und somit die aktuellen Ansätze iterativ zu verbessern. Der Bereich *Modellierung und Simulation von Brennstoffzellen* bietet also weiterhin enormes Potenzial für Forschungsarbeiten, wobei das Spektrum von *Rapid-Prototyping* bis hin zu *Simultaneous Engineering* reicht. In der Industrie und Forschung besteht die begründete Hoffnung, auf diese Weise elektrochemische Energiewandler weiter zu verbessern, um somit deren Leistungsfähigkeit und Lebensdauer weiter erhöhen zu können. ||

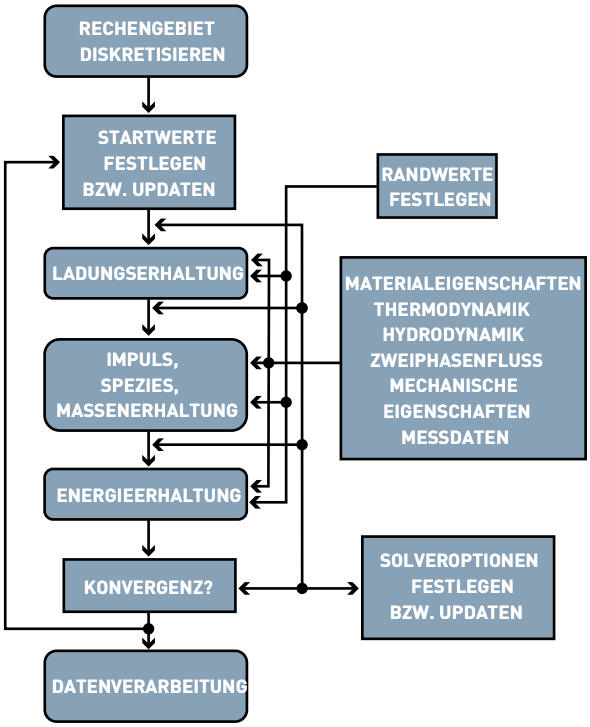


Abb. 1: Flussdiagramm einer fluiddynamischen Brennstoffzellensimulation

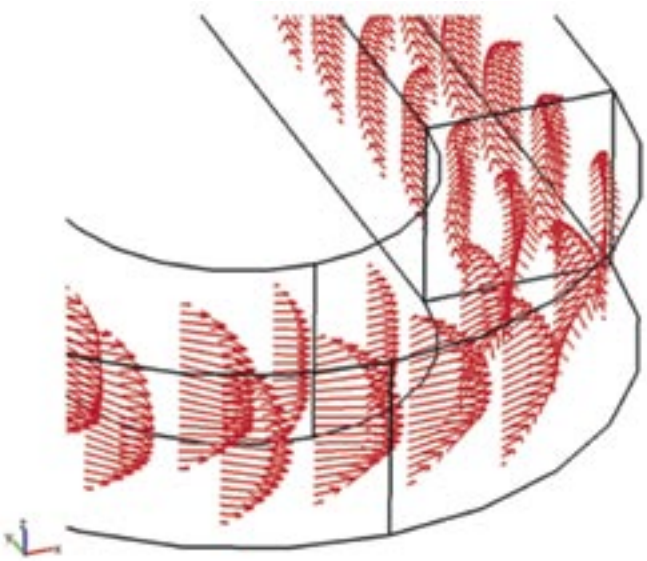


Abb. 2: Simulation des Strömungsprofils eines kathodenseitigen Gaskanals einer PEM-Brennstoffzelle

Literatur:

[1] Haraldsson, K. & Wipke, K. (2004). Evaluating PEM fuel cell system models, J. Power Sources, Vol. 126 (1-2), S. 88-97

[2] Siegel, C. & Scheuren, J.-J. (2006). Vergleich und Bewertung unterschiedlicher Polymer-Elektrolyt-Membran Brennstoffzellen Modellierungsansätze, Revue Technique Luxembourgeoise, Vol. 98 (3), S. 117-134

[3] Gu, W.B., Wang, C.-Y. & Liaw, B.Y. (1997). Numerical modeling of coupled electrochemical and transport processes in lead-acid batteries, J. Electrochem. Soc., Vol. 144 (6), S. 2053-2061

[4] Wang, C.-Y. (2004). Fundamental models for fuel cell engineering, Chem. Rev., Vol. 104 (10), S. 4727-4766

[5] Liu, Z., Mao, Z., Wang, C., Zhuge, W., & Zhang, Y. (2006). Numerical simulation of a mini PEMFC stack, J. Power Sources, Vol. 160 (2), S. 1111-1121

Autor

Dipl.-Ing. Christian Siegel
Universität Luxemburg, Luxembourg-Kirchberg
→ christian.siegel@uni.lu

- **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

Jahrespressekonferenz des DWV: das gab es 2006, das kommt 2007 ... Hannovermesse mit Gemeinschaftsstand Wasserstoff und Brennstoffzellen ... Klimawandel: die Zeit drängt!

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

BRENNSTOFFZELLEN ZUM BRANDSCHUTZ

N_2telligence bietet mehr Sicherheit durch weniger Sauerstoff

Systempräsentation während der CeBIT 2007 [Quelle: N_2telligence]

Abgas zur Brandprävention nutzen – das hört sich zunächst nach einem dreckigen und stinkenden Verfahren inmitten einer großen Qualmwolke an. Beim zweiten Gedanken kommt man dann ins Grübeln und überlegt, dass im Abgas kaum noch Sauerstoff enthalten sein dürfte, schließlich ist dieser zuvor verbrannt. Und ohne Sauerstoff gibt es auch keine Oxidation. Der Aha-Effekt kommt dann aber erst, wenn Lars Frahm, einer der Geschäftsführer von N_2telligence, erklärt, dass es sich bei dem Abgas eher um Abluft handelt, und die ist weder dreckig noch stinkig, denn sie stammt aus einer Brennstoffzelle.

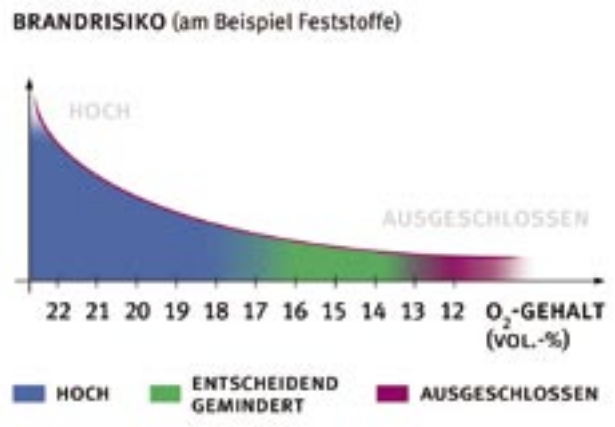
Lars Frahm und Andreas Exler sind typische Jungunternehmer, wie man sie sich vorstellt: Jung, dynamisch, erfolgreich, mit vielen neuen Ideen. Gemeinsam gründeten die beiden Wirtschaftsingenieure im Juli 2006 eine Gesellschaft: die N_2telligence GmbH, die sich dem Thema *Brandschutz durch Sauerstoffreduzierung* widmet. Hintergrund ihrer Tätigkeit ist ein ganz einfaches Prinzip: Indem die Sauerstoffkonzentration in Räumen reduziert wird, sinkt die dortige Brandgefahr. Andreas Exler bringt es auf den Punkt: „Wo kein Sauerstoff, da kein Feuer."

Die eigentliche Idee, Brandschutz durch O_2-Reduzierung zu betreiben, ist nicht neu. Hier gibt es bereits Unternehmen, die beispielsweise mit Hilfe von Luftzerlegungsmembranen zunächst die Bestandteile der Luft trennen, um dann nur den Stickstoff wieder in den Raum zu entlassen. Derartige Verfahren sind allerdings vergleichsweise laut. Zudem benötigen sie Strom für die Kompressoren.

Eine Alternative dazu fand eine Hamburger Arbeitsgruppe beim Luftfahrtunternehmen Airbus während der Arbeit an Brennstoffzellenlösungen für Flugzeuge. Julika Bleil, Andreas Westenberger und Claus Hoffjann entwickelten das neue Arbeitsprinzip gemeinsam mit Lars Frahm, der die Exklusivrechte zur Vermarktung der Erfindung außerhalb der Luftfahrttechnik erhielt und auf N_2telligence übertrug.

BRENNSTOFFZELLE ALS N_2-PRODUZENT Zentraler Ansatzpunkt der Erfinder sind die Brennstoffzellen. Diese verfügen nach einhelliger Meinung der Team-Mitglieder über mehr Fähigkeiten, als nur Strom, Wärme und Wasser erzeugen zu können. Die modernen Energiewandler können den Sauerstoffgehalt in geschlossenen Räumen senken, indem die Umgebungsluft in der Zelle oxidiert und durch stickstoffreiche Abluft substituiert wird. Der O_2-Gehalt kann dadurch kontrolliert abgesenkt werden, so dass brandgefährdete Räume weiterhin begehbar bleiben, ein Feuer aber nicht entfacht werden kann.

Lars Frahm erklärt: „Indem man den Volumenstrom an der Brennstoffzellen-Kathode verändert, verändert sich auch der Sauerstoffgehalt der Abluft. Da die benötigte O_2-Menge während des Betriebs konstant ist, kann der Stickstoffanteil in der Abluft durch die Änderung des Lambda-Wertes eingestellt werden." Das wichtigste Kriterium, um effektiven Brandschutz betreiben zu können, sei allerdings die Dichtigkeit des Raumes, fügt der Jungunternehmer an. Zunächst erfolgt bei der Inbetriebnahme eine Inertisierungsphase, bei der der Sauerstoffgehalt der Luft in dem jeweiligen Raum von 21 % auf den gewünschten Wert (8 bis 18 %) gesenkt wird. Frahm erläutert: „Danach muss man nur noch die Leckage-



[Quelle: N_2telligence]

Rate ausgleichen. Je dichter der Raum ist, desto seltener ist die Brennstoffzelle in Betrieb."
Je nach Bedürfnissen lässt sich das System für die jeweilige Anwendung individuell einstellen. Soll beispielsweise die Entzündung von Dieselkraftstoff verhindert werden, muss der O_2-Gehalt bis auf 14 % reduziert werden. Sollen alle Kerzen im Raum gelöscht werden, reicht eine Absenkung bis auf 16,8 % aus.

MULTI-TASKING Ein entscheidender Pluspunkt bei diesem Prinzip ist, dass die Räume weiterhin für Menschen begehbar bleiben. Die jeweils empfohlene Aufenthaltsdauer in derart geschützter Umgebung ist zwar seitens der Berufsgenossenschaft begrenzt, aber schwerwiegende gesundheitliche Beeinträchtigungen seien nach Ansicht der Norddeutschen nicht zu erwarten. Frahm rechnet vor: „Der Sauerstoffpartialdruck bei 15 % auf Meereshöhe entspricht dem in 2800 Metern Höhe. Und im Inneren von Flugzeugen herrschen durch den reduzierten Kabinendruck die gleichen Verhältnisse wie bei 17 % O_2-Gehalt." Dennoch empfiehlt er sicherheitshalber eine ärztliche Untersuchung, bevor längere Zeit in entsprechenden Räumen gearbeitet werden soll, um bereits im Vorwege Herz- und Kreislaufprobleme ausschließen zu können.

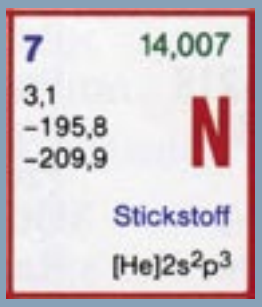
Mit ihrem Konzept wollen die Jungunternehmer gleich mehrere Fliegen mit einer Klappe schlagen. Neben der Brandprävention versprechen sie auch eine Betriebskostenabsenkung auf mehreren Ebenen. Andreas Exler erklärt warum: „Unser System benötigt keinen Strom, es erzeugt vielmehr welchen, wie ein Auto, das beim Fahren Sprit erzeugt. Dadurch sind Sie nicht nur vor Feuer geschützt, sondern auch vor Stromausfällen."

Außerdem sehen sie ein breites Anwendungsspektrum. „Unser System eignet sich sowohl für Rechenzentren als auch für Gefahrstofflager. Aber auch in Museen und Archiven ist der Einsatz sinnvoll. Also überall dort, wo Sauerstoff – aus welchen Gründen auch immer – nicht willkommen ist", erläutert Lars Frahm. Je nach Größe der Brennstoffzelle und nach Dichtigkeit von Türen und Fenstern können auf diese Weise Räume beliebiger Größe geschützt werden.

Einen praktischen Eindruck ihrer Schaffenskraft gaben die Hamburger während der CeBIT 2007, die vom 15. bis 21. März in Hannover stattfand. Sie präsentierten ein erstes Komplettsystem im Rahmen der Sonderschau *Centrum für InformationsSicherheit* (CefIS) auf dem Stand der Kidde Brand- und Explosionsschutz GmbH. ||

→ www.n2telligence.de
N_2telligence in Hannover: → Stand E26/2

STICK-STOFF



Stickstoff ist zu rund 78,1 Vol.-% in trockener Luft auf Meereshöhe enthalten (Sauerstoff: 20,9 Vol.-%). Es tritt meist in molekularer Form auf und wird wegen seiner Reaktionsträgheit als Inertgas bezeichnet.
Das chemische Symbol für Stickstoff *N* basiert auf der lateinischen Bezeichnung *Nitrogenium*, die wiederum vom altgriechischen Wort für *Laugensalz* herrührt. Der deutsche Begriff beschreibt die charakteristische Eigenschaft des Moleküls N_2: es *erstickt* Flammen / Menschen *ersticken*.
Da Stickstoff das zentrale Element bei der Unternehmenstätigkeit ist, schlägt sich dies auch im Firmennamen nieder: *N_2telligence* – eine Kombination von N_2, das als chemisches Symbol für *Stickstoff* steht, und dem englischen Wort für *Intelligenz*.

Thema: Politik | **Autor:** Boris Jermer

WASSERSTOFF-CLUSTER IN EUROPA

Wie eine H_2-Wirtschaft aufgebaut werden kann

Die Frage, wie eine Wasserstoffwirtschaft in Deutschland und Europa von der Theorie in die Praxis umgesetzt werden kann, wird immer bedeutender, jetzt, wo sich auch Regierung und Unternehmen intensiver mit diesem Thema beschäftigen. Aber wie soll dieser Aufbau einer neu ausgerichteten H_2-Wirtschaft praktisch vonstatten gehen? Wie sollen aus der bisherigen Chemieinfrastruktur neue regionale Innovationsnetzwerke werden? Und wie können diese dann weiter ausgebaut werden?

Die Entwicklung neuer technologischer Systeme besteht aus unzähligen miteinander verwobenen Effekten, die in diesem Bericht unmöglich alle beleuchtet werden können. Das Hauptaugenmerk soll deswegen im Folgenden auf der Bildung von regionalen Innovationsnetzwerken liegen, da mit dieser Vorgehensweise eine gute Chance besteht, den gewollten technologischen Fortschritt mit anzustoßen und zu begleiten. Für dieses Phänomen der Netzwerkbildung hat sich in der Vergangenheit der Begriff *Cluster* durchgesetzt, womit nach der offiziellen Definition eine Organisationsform von Industrieunternehmen gemeint ist, die höhere Produktivität und mehr Innovationen erzeugen als räumlich weiter angeordnete Strukturen. Die Bildung solcher Konstrukte besteht aus einem koevolutionäreren Zusammenspiel von Technologie, Geschäftsmodellen und lokalen Gegebenheiten.

Die wohl bekanntesten Beispiele sind:

· Hollywood als Film-Netzwerk
· Silicon-Valley als Region für Hochtechnologie
· die „Autostadt“ Wolfsburg
· das Ruhrgebiet mit den Kompetenzen Kohle und Stahl

Üblicherweise gliedert sich die Entwicklung eines Clusters in (1) die Phase der Initiierung und später (2) in die Phase des nachhaltigen Wachstums, wobei die erste Phase nur erfolgreich verlaufen kann, wenn „unternehmerische Funken“ überschlagen. Cluster können zwar politisch initiiert werden, sie bedürfen aber in der täglichen Umsetzung der kleinen und mittelständischen Unternehmer. Die Rolle der Politik in diesem Prozess wird schon seit Jahren untersucht und es wurde nachgewiesen, dass der exogene Einfluss von Politik deutlich kleiner ist, als sich das so mancher Politiker erhofft. Die zeitliche Entwicklung von Clustern liegt wesentlich über der Dauer einer Legislaturperiode und macht es damit Politikern schwer, Einfluss zu nehmen, weil die Entwicklung sehr langfristig geschieht und selten zu schnellen Erfolgen führt.

ALTER WEIN IN NEUEN SCHLÄUCHEN? Cluster sind im Grunde nichts Neues, denn schon die Zünfte im Mittelalter würden den heutigen Kriterien mühelos standhalten. Die regionale Abgrenzung war damals und ist auch heute stark vom Betrachter abhängig. Die jeweiligen Grenzen können auf Grund der Systemdynamik nicht genau beschrieben werden. Wo fängt ein Cluster an und wo verlaufen seine Grenzen? Ein Cluster kann sich über Landesgrenzen hinweg erstrecken, und genauso können schon wenige Straßenzüge einer Stadt die Eigenschaften eines Clusters aufweisen. Eine dieser Eigenschaften ist eine hohe Wertschöpfungstiefe, die den engen Verbund in der frühen Entwicklungsphase begünstigt. Gerade in der beginnenden Wasserstoffwirtschaft ist das Netz der beteiligten Organisationen noch sehr weit geknüpft. Es gibt heute beispielsweise nur eine Hand voll Zulieferer von H_2-Behältern, die über die ganze Welt verstreut sind. Wie kann man also nun die Wasserstoffwirtschaft weiterentwickeln, wo vielerorts noch keine ausreichenden Strukturen vorhanden sind?

Der Schlüssel liegt in einem intelligenten Cluster-Management, welches die vorhandenen Strukturen erkennt und weitere sinnvolle Partner mit in den Prozess einbindet. Im Grunde zeigen symbiotische Verhältnisse, wie sie etwa

zwischen der Chemie- und Gaseindustrie schon jetzt bestehen, wie es funktionieren kann: Ob in Ludwigshafen, Herten oder der Region Köln, überall nutzen die Gaseunternehmen die Nähe zur Chemieindustrie. Diese soliden und gewachsenen Strukturen können für den Auf- und Ausbau von H_2-Clustern genutzt werden, indem weitere Organisationen (z. B. Politik, Ausbildungsinstitute, Städte und Kommunen, Feuerwehr, Handwerk) mit in die Cluster-Formationen einbezogen werden. Die großen Herausforderungen wie das Schaffen von Akzeptanz bei den regionalen Unternehmern und in der Bevölkerung, das Integrieren von Bildungsträgern oder das Entwickeln von gemeinsamen Projekten können so gemeistert werden.

DIE ROLLE VON UNTERNEHMEN UND POLITIK Die Entstehung von Clustern ist kein punktueller Moment sondern ein sequentieller Prozess, der sich über Jahre oder manchmal Jahrzehnte hinziehen kann. Eine Untersuchung des US-amerikanischen Councils on Competitiveness zeigt, dass durchschnittlich 20 Jahre vergehen, bevor ein Cluster zu merkbaren volkswirtschaftlichen Effekten führt. Entsprechende Formationen entstehen typischerweise durch die Initiative von wenigen unternehmerisch agierenden Akteuren gewissermaßen aus sich selbst heraus. Gerade diese wenigen intrinsisch motivierten Unternehmer können einem Cluster zum Erfolg verhelfen und schaffen selbst mit stark begrenzten Ressourcen in der Regel deutlich mehr als ein politisch verordnetes Förderprogramm. Die Rolle des Gesetzgebers liegt somit weniger in der Entwicklung der Clusterbildung, als vielmehr darin, dass er Strukturen schafft, in denen vorhandene Ressourcen optimal umgesetzt und entwickelt werden können. Gerade in der frühen Phase kann der Gesetzgeber die Markteinführung durch sinnvolle und geeignete Gesetze und Regeln begünstigen. So wäre beispielsweise zu klären, ob Wasserstoff den Status eines *Kraftstoffes* erhält. Seine Verwendung als verteilbarer und privat nutzbarer Energieträger würde dadurch vereinfacht. Die derzeitige ungeklärte Situation im Energiesteuergesetz ist dagegen nicht förderlich.

VORHANDENE STRUKTUREN BESSER NUTZEN Rund um die existierende Chemieinfrastruktur sind schon heute viele wichtige Knotenpunkte vorhanden, die sinnvoll verknüpft werden können. Beispielsweise verfügen die einzelnen Werksfeuerwehren der Chemiestandorte über ein fundiertes Wissen über Wasserstoff, womit diese zu einem wertvollen Mittler für die Berufsfeuerwehren anderer aufstrebender Regionen werden.

Zudem ist offensichtlich, dass die Kosten für den Aufbau einer Tankstelle in ländlichen Regionen um ein vielfaches höher liegen, als wenn bei einem Gaseunternehmen ein 350-bar-Booster an eine existierende Leitung nebst Puffertank angeschlossen wird. Der Aufbau einiger H_2-Zapfstellen an geeigneten Standorten wird natürlich nur einen Teil der Probleme lösen, bedeutet aber einen entscheidenden ersten Schritt für den Aufbau einer Infrastruktur. Sobald sich eine tragfähige Struktur etabliert hat, sind weitere Schritte mit deutlich geringeren Hürden verbunden. In einer Startphase muss hingegen noch um jede Entscheidung gerungen und ein hohes Maß an Aufklärungsarbeit geleistet werden.

Mit diesem Ansatz zeigte das Ludwig-Bölkow-System-Technik-Institut schon 1996: Innerhalb kürzester Zeit besteht die Möglichkeit mehrere zehntausend Pkw und Busse in einigen Metropolregionen zu betreiben. Bis heute ist dahingehend wenig Sichtbares passiert, außer, dass die heimische Automobilindustrie ihre neuen Fahrzeuge, sofern überhaupt vorhanden, eifrig nach Kalifornien verschifft. Dort wird der Übergang von einer fossilen zu einer nachhaltigen Energiewirtschaft durch Null-Emissions-Quoten für Kraftfahrzeuge vorangebracht. Die europäische Diskussion über die Besteuerung von CO_2-Emmissionen ist dazu vergleichsweise harmlos und damit kein ausreichender Anreiz für die ansässige Automobilindustrie. So zeigt keine der großen Firmen besondere Ambitionen, in Deutschland eine Fahrzeugflotte in einem schon existierenden Cluster zu testen. Dabei verfügen die Standorte der chemischen Industrie über eine starke regionale Struktur: Es geht mittlerweile also nicht mehr allein um den Aufbau, sondern auch um den Ausbau der vorhandenen Infrastruktur, was erhebliche Zeit- und Kostenvorteile mit sich bringt.

GEEIGNETE REGIONEN FÜR H_2-CLUSTER Die existierenden Chemie- und Gase-Netzwerke eignen sich für den Aufbau der H_2-Cluster von morgen. Neben der Region Rheinland könnten auch weitere Standorte von der bereits vorhandenen Chemieindustrie deutlich mehr profitieren. Mit den rund 15 Milliarden Kubikmetern Wasserstoff pro Jahr aus Kuppelprozessen (z. B. von der Elektrolyse bei der Chlor-Produktion) lassen sich beim Aufbau der Wasserstoffwirtschaft in den Cluster-Regionen mehr als nur die ersten wenigen Applikationen betreiben. Es ergibt sich für Europa die gewaltige Energiemenge von 45 Terawatt äquivalent zu dem Durchschnittsverbrauch von über 7 Mio. Pkw (bei 1 kg H_2 / 100 km). Wenn man die vorhandene Chemieinfrastruk-

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

Zwei 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.

Besuchen Sie uns auf dem Gemeinschaftsstand H2/FC auf der **HANNOVER MESSE 2007** in Halle 13, Stand F20/2.

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.

Cluster-Potentiale in Deutschland basierend auf der existierenden Chemieinfrastruktur

tur zu Grunde legt, eröffnen sich zudem interessante Möglichkeiten und weitere Perspektiven für folgende Regionen:

· Halle/Leipzig
· Marl/Herten (Zukunftszentrum Herten)
· Köln, Leverkusen/Dormagen (HyCologne)
· Frankfurt (ZeroRegio)
· Ludwigshafen/Mannheim
· Augsburg

Zwar gibt es noch zahlreiche weitere Chemie-Standorte (z. B. Bitterfeld oder Burghausen), doch sind diese nicht in der Nähe zu Metropolregionen und somit schwer in einen Cluster integrierbar. Außerdem beweisen Städte wie Berlin und Hamburg, dass auch starker politischer Wille zu der Bildung von Clustern führen kann. Mittelfristig soll dort der Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen wie Wind oder Biomasse hergestellt werden.

BEISPIELE IN EUROPA Ein Blick auf die europäische Landkarte zeigt zahlreiche weitere H_2-Regionen. In den Niederlanden und Belgien erstreckt sich von Rotterdam im Norden bis Charleroi im Osten und Isbergues im Westen eine solide Wasserstoffinfrastruktur. Auch die Rhein-Ruhr-Pipeline zwischen Leverkusen und Marl bietet große Potentiale. In West-Schweden, in der Nähe von Göteborg, organisiert sich zurzeit eine Cluster-Formation unter dem Namen HyFuture (Hydrogen Sweden). Dort steht über eine Tonne Wasserstoff pro Stunde (ca. 33 MW) aus der örtlichen Chemie in Stenungsund als Kuppelprodukt für Projekte zur Verfügung. Dieses Kollaborationsprojekt wird ähnlich wie in der Region Köln (HyCologne) von Netzwerkmanagern einer Public-Private-Partnership (PPP) übernommen. In Schweden bemüht man sich erfolgreich um die Integration der bislang knapp 20 öffentlichen und privaten Partner. Es beteiligen sich die örtliche Chemie- und Automobilindustrie, Universitäten, lokale Politik und kleine Start-Ups, die in der frühen Phase die Chancen in den frühen Nischenmärkten nutzen wollen.

Die derzeitige Abkehr von fossilen Brennstoffen und das aktuell neu erwachte Bewusstsein für den menschenverursachten Klimawandel eröffnen neue Märkte mit neuen Wertschöpfungsketten und neuen Geschäftsmodellen. Politische Programme wie das Nationale Innovationsprogramm der Bundesregierung (NIP) enthalten sinnvolle Ansätze zur Nutzung der vorhandenen Cluster-Strukturen. Es bleibt zu hoffen, dass die neu gegründete Programmgesellschaft NOW (Nationale Organisation für Wasserstoff und. Brennstoffzellen) jetzt erwacht und nicht zuletzt durch Förderung von Clustern die vorhandenen Potentiale an den Chemiestandorten besser nutzbar macht. Gerade in dem Zusammenspiel von lokalen Gegebenheiten, Technologie und neu entstehenden Geschäftsmodellen liegt ein großes Potential, den Standort Deutschland auf dem Weg in die Wasserstoffwirtschaft deutlich voranzubringen. ||

1: Michael E. Porter „The Competitive Advantage", 1999
2: „Clusters of Innovation National Report", www.compete.org
3: LBST: „Chemical Surplus Hydrogen Potentials in Europe", 1996
4: www.hyfuture.eu

Autor:

Boris Jermer MA
HyCologne, Hürth
→ jermer@hycologne.de

HELIOCENTRIS

H-TEC

h-tec und Heliocentris – zwei deutsche Brennstoffzellenunternehmen, die beide mit der Produktion und dem Verkauf von Demonstrations- und Lehrmodellen begonnen haben und damit groß geworden sind. Zwei Unternehmen, die entscheidend dazu beigetragen haben, Brennstoffzellen im In- und Ausland bekannt zu machen. Zwei Unternehmen, die häufig in einem Atemzug genannt werden, sich jetzt aber in ganz unterschiedliche Richtungen weiterentwickeln.

Die Heliocentris GmbH, die gerade erst im Juni 2006 in eine Aktiengesellschaft eingegliedert worden ist (s. HZwei 08/06), hat vor Ablauf eines Jahres einen neuen Geschäftsbereich aufgebaut: Fuel Cell Systems and Solutions.

C. Leu
[Quelle: Heliocentris]

Neben ihrem bisherigen Kerngeschäft, der Entwicklung und dem Vertrieb von Brennstoffzellensystemen für Ausbildungs-, Forschungs- und Demonstrationszwecke, strebt das Berliner Unternehmen nun in den Bereich der Applikations- und Systemintegration. Christian Leu, der technische Leiter dieser neuen Abteilung, erklärte gegenüber HZwei: „Dies ist ein folgerichtiger Schritt, der sich fast zwangsläufig aus unserer bisherigen Tätigkeit ergeben hat. Neben der wichtigen Anwendungsintegration der Brennstoffzelle können viele Hersteller ihre Kunden nicht in ausreichendem Maß mit After Sales Services bedienen. Bei uns hat sich das mittlerweile fast zu einem eigenen Geschäftsfeld entwickelt."

In der Vergangenheit hatte Heliocentris mehrfach Brennstoffzellenprodukte individuell an die Wünsche der Kunden aus dem universitären Sektor angepasst und war dadurch bis nach Spanien, Bahrain, Pakistan und bis in die USA vorgedrungen. Diese Dienstleistungen sollen nun auch Kunden aus der Industrie angeboten werden. András Gosztonyi, Finanzvorstand der Heliocentris AG, freut sich, dass dadurch ein Kundensegment außerhalb der bisherigen Kernkundschaft erschlossen wird.

Heliocentris kann in diesem Bereich auf seine bestehenden Netzwerkstrukturen zu Herstellern und Vertriebspartnern in der ganzen Welt zurückgreifen, mit denen zum Teil bereits Kooperationsverträge geschlossen wurden (z. B. Ballard, Angstrom Power, Hydrogenics; s. HZwei 01/07). Das Leistungsspektrum reicht mittlerweile von 1 W bis 12 kW.

Erste Überlegungen, neben dem Kerngeschäft neue Marktsegmente zu erschließen, begannen Anfang vergangenen Jahres. Daraufhin erhöhte sich die Mitarbeiterzahl von zuvor elf (2005) auf 20 Angestellte (Ende 2006).

Während der Hannover Messe wird dieser neue Tätigkeitsbereich erstmals der Öffentlichkeit vorgestellt. ||

Heliocentris in Hannover: → Stand E12/1

Seit 1997 ist die h-tec Wasserstoff-Energie-Systeme GmbH in den Räumen einer ehemaligen Kleiderfabrik mitten in Lübeck ansässig. Diese Räumlichkeiten könnten in Kürze zu eng werden, denn das norddeutsche Unternehmen plant seine Geschäftserweiterung.

von li.: D. Austermann, E. Otte u. U. Küter
[Quelle: h-tec]

Im Februar 2007 überreichte Schleswig-Holsteins Wirtschaftsminister Dietrich Austermann einen Bewilligungsbescheid über 720.000 Euro an h-tec-Geschäftsführer Uwe Küter, um ein Forschungsvorhaben mit der Punker GmbH zu fördern. „Das Ziel des F&E-Projektes ist die Entwicklung neuer kostengünstiger Brennstoffzellen- und Elektrolyseur-Systeme im 5-kW-Bereich. Diese können in verschiedenen portablen und stationären Anwendungen zum Einsatz kommen", erläuterte Küter.

Mit Hilfe der Fördergelder aus dem Landesprogramm *Betriebliche Innovationen – Spitzeninnovationen* soll eine Neuauslegung der Zellengeometrie ermöglicht werden, um auf diese Weise eine höhere Leistungsdichte bei gleichzeitig geringeren Materialkosten zu erhalten. Das Lübecker Unternehmen, das bisher vorrangig als Hersteller von Lehr- und Demonstrationssystemen aktiv war, hofft damit, erfolgreich in den Bereich der industriellen Anwendungen vorstoßen zu können.

Als strategischer Partner, der neben seinem Know-how insgesamt 1,5 Mio. Euro in dieses Projekt mit einbringt, ist die Punker GmbH beteiligt. Der Eckernförder Ventilatorenhersteller sieht für das eigene Unternehmen in diesem Bereich einen großen Wachstumsmarkt und zählt darauf, dass große, luftgekühlte Brennstoffzellen entsprechende Ventilatoren benötigen.

„Das F&E-Projekt der Firma h-tec stellt einen signifikanten Sprung in der wirtschaftlichen Nutzung der Brennstoffzellentechnologie dar. Mit der neuen, leistungsfähigeren und kostengünstigeren Brennstoffzelle wird es h-tec gelingen, einen neuen Standard bei Brennstoffzellen zu entwickeln. Damit besitzt h-tec das Potential zur Marktführerschaft", sagte Austermann.

Die beteiligten Partner gehen nach Meldung der Internet-Zeitung HL-live.de davon aus, dass im Zuge dieses Projektes innerhalb der kommenden sechs Jahre etwa 40 neue Arbeitsplätze entstehen könnten. ||

h-tec in Hannover: → Stand E46/6

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

ERKLÄREN, VERMITTELN, AUSPROBIEREN

Weiterbildung erschließt neue Märkte

Gerade einmal sechzehn Jahre ist er alt und geht noch zur Schule. Doch in seinem Hobby gilt er bereits als alter Hase und wird auch schon einmal von Profis um Rat gebeten. Alexander Sommerkamp-Homann entdeckte seine Leidenschaft für die Brennstoffzellentechnologie bereits mit dreizehn Jahren. Seitdem forscht und entwickelt er unermüdlich, brachte es zum Bundessieger des Wettbewerbs *Jugend mit unendlicher Energie* und veröffentlichte erste Fachbeiträge. Manch einer kennt ihn vielleicht von der H2Expo, wo er mit seinem BZ-Modellboot in den vergangenen beiden Jahren einen viel beachteten Messestand hatte.

Alexander ist ein anschauliches Beispiel dafür, wie faszinierend die Thematik *Brennstoffzelle* auch für junge Leute sein kann. Diese Faszination angemessen vermitteln zu können, gewinnt zunehmend an Bedeutung. Es geht zukünftig mehr und mehr darum, qualifizierten Nachwuchs zu fördern, der die Herausforderungen, die die Energieversorgung an uns alle stellt, lösen und meistern wird.

Erinnern wir uns einmal an den Physik- oder Chemieunterricht. Was ist haften geblieben? Welches waren die eindrucksvollsten Unterrichtsmomente? Na klar: Die Experimente. Was man live erlebt hat, das bleibt ungleich besser in Erinnerung als Lehrbuchinhalte oder Formeln an der Tafel. Das ist auch im Wasserstoffsektor nicht anders. Wer die Funktion der Brennstoffzelle im Vortrag erläutert, entsprechende Schaubilder an die Wand wirft, darf sich zwar regen Interesses erfreuen. Richtig „mitgehen“, ja sogar begeistert applaudieren tun die Zuhörer aber immer erst, wenn die Brennstoffzelle Strom produziert und sich der Ventilator des Demonstrationsmodells dreht.

MARKTFÜHRERSCHAFT „Deutschland hat den Anschluss zur Weltspitze wiedergefunden“, freute sich kürzlich Dr. Johannes Töpler, Vorstandsvorsitzender des Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verbandes anlässlich der Jahrespressekonferenz des DWV in Berlin. Bei Lehrmitteln rund um das Thema *Brennstoffzelle* sind deutsche Unternehmen allerdings bereits seit vielen Jahren führend. Das Spektrum beginnt bei Spiel- und Experimentieranwendungen, die bereits Kinder begeistern, und setzt sich fort über Funktions- und Demonstrationsmodelle für den Physik- und Chemieunterricht. Es erstreckt sich bis hin zu äußerst anspruchsvollen Experimentiereinrichtungen, Prüfständen und Messeinrichtungen, die nicht nur in Universitäten und Forschungseinrichtungen, sondern auch in der Industrie zum Einsatz kommen; beispielsweise um die Leistungsfähigkeit verschiedener Zellentypen vergleichen und optimieren zu können.

Zu den weltweit wichtigsten Lehrmittelanbietern gehören die Lübecker h-tec Wasserstoff-Energie-Systeme GmbH und die Berliner Heliocentris Fuel Cells AG. Die Absatzmärkte liegen vorwiegend dort, wo auch die industrielle Brennstoffzellenentwicklung am intensivsten erfolgt, nämlich in Nordamerika, Europa und Asien. Die Nachfrage wächst weltweit kontinuierlich.

Die h-tec GmbH ist ein innovatives Unternehmen, das auf zwei Säulen, nämlich einem Lehrmittel- und einem Industriebereich steht. Dadurch entsteht ein hohes Synergiepotenzial: Erkenntnisse aus der Lehrmittelentwicklung und -erprobung fließen in die industrielle Anwendung und umgekehrt. „Bei steigenden Stückzahlen konnten die Preise pro Einheit in den letzten Jahren deutlich gesenkt werden“, freut sich Uwe Küter, h-tec-Geschäftsführer. Derartige Erfahrungen der Lehrmittelsparte hinsichtlich der Stückzahl- und Preisentwicklung können wertvolle Planungshilfen für das weitere Wachstum im Industriesegment liefern.

Die seit Mitte letzten Jahres börsennotierte Heliocentris AG verfügt gleichfalls über ein breites Lehrmittelspektrum. Sogar der weltweit bekannteste Brennstoffzellenhersteller Ballard Power Systems aus Kanada nutzt Lernsysteme von Heliocentris.

Wissensvermittlung, das ist nicht allein die Kommunikation mit demjenigen, der etwas lernen will oder soll. Wissen über Zukunftstechnologien packend weiterzugeben ist eine Aufgabe, bei der auch Lehrkräfte Unterstützung brauchen. Manch ein Physik- oder Chemielehrer muss sich erst einmal selbst in die Materie einarbeiten. Klassische Lehrpläne haben in diesem Bereich oft noch erhebliche Lücken. Die E.ON Hanse AG hat diese Defizite erkannt und bemüht sich mit verschiedenen Projekten, Lehrkräften das erforderliche Know-how und die notwendige Unterstützung für einen erfolgreichen Unterricht zu geben. Auch h-tec unterstützt die Lehrer, indem den Funktionsmodellen Lehrbücher beigefügt sind, die vorbereitete Arbeitsblätter enthalten, die für den Unterricht nur noch vergrößert werden müssen. Außerdem können alle Unterrichtsvorlagen von der Homepage www.h-tec.com heruntergeladen werden.

Begleitbuch für Experimentierkästen von h-tec, erschienen im Hydrogeit-Verlag

Für Autodidakten steht eine Vielzahl interessanter Fachbücher bereit, darunter viele, die auch ohne technische Vorkenntnisse verständlich sind. Moderne Medien, wie zum Beispiel die *Wasserstoff-CD* des Hydrogeit-Verlages, vermitteln einen guten Überblick, auch über verwandte Gebiete wie Um-

WISSENSVERMITTLUNG ÜBER

- Vorträge und Seminare
- Lernspielzeuge
- Funktions- und Demonstrationsmodelle
- Prüf- und Messeinrichtungen
- Lehrbücher
- Interaktive Lernmedien (z. B. CD-Rom)
- Messen und Konferenzen
- Informationsplattformen im Internet
- (Jugend-) Wettbewerbe

Heliocentris lieferte die Brennstoffzelle für den Shell Eco-marathon Sieger 2006
[Quelle: Heliocentris GmbH]

weltbelastung oder Ressourcenverknappung. Und bei einem interaktiven Quiz macht das Lernen sogar Spaß.

MARKETING Die ersten praktischen Erfahrungen mit der Brennstoffzelle können als etwas Vertrautes im Gedächtnis bleiben, ähnlich wie der Fahrschulwagen für einen Fahranfänger. Verbindet sich die positive Begegnung mit live erlebter Innovation zudem mit einer bestimmten Marke, so ist das zwar ein rein emotionaler, unter Marketinggesichtspunkten jedoch durchaus attraktiver Effekt.

Unter diesem Aspekt liegt es nahe, die Ausbildung für das Wasserstoff-Zeitalter nicht nur durchzuführen, sondern auch gezielt zu fördern. Zum Beispiel durch attraktive Wettbewerbe, wie den Shell Eco-marathon, bei dem im Mai 262 Teams von Universitäten und Fachhochschulen aus 20 Ländern starten werden, darunter acht deutsche, doppelt so viele wie im Vorjahr. Etliche der Teams verwenden Brennstoffzellen. Solche Wettbewerbe, verbunden mit attraktiven Preisgeldern, sind eine erstklassige Motivation für den Nachwuchs. „Das Leistungsspektrum im Lehrmittelsegment erweitert sich immer mehr in den professionellen Bereich, so dass die Grenze zu realen Applikationen zunehmend verschwimmt. So freut es uns, dass zwei der startenden Teams Komponenten von Heliocentris verwenden“, erklärt Heliocentris-Finanzvorstand András Gosztonyi.

Aber wann wird mit Brennstoffzellen endlich Geld zu verdienen sein? Eine Frage, die seit Jahren immer wieder zu hören ist. Dabei gibt es einen Bereich, in dem bereits heute verdient wird. Und der liegt genau hier: Im Bereich der Ausbildung, der Vermittlung, des Erklärens und des Ausprobierens. Kaum eine Schule oder technische Universität wird in Zukunft ohne entsprechende Unterrichtsmaterialien, Experimentiereinrichtungen beziehungsweise Prüfstände auskommen.

Es ist ein Markt, der sich bemerkenswerten Wachstums erfreut und darüber hinaus buchstäblich der Schlüssel ist, der zur Öffnung aller weiteren Märkte erforderlich ist. Während Primärenergieträger wie Kohle, Öl, Gas, Solar-, Wind- oder Wasserkraft besser fassbar sind und diese Techniken meist umgehend verstanden und in ihrer Rolle für die Energiegewinnung richtig eingeordnet werden, sind Wasserstoff und Brennstoffzelle erklärungsbedürftig. Deren Rolle zur Energiewandlung und –speicherung muss zunächst einmal verstanden werden. ||

Literatur:

- *Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband e.V. (DWV) (Hrsg.); Pressemitteilung 1/07; Berlin 22.2.2007*
- *Höller, S.; Küter, U.; Voigt, C.; Brennstoffzellen im Unterricht; h-tec, 2. Aufl., Hydrogeit Verlag, 2007*
- *Hydrogeit Verlag (Hrsg.); Die Wasserstoff-CD; Kremmen, 2004*
- *Öko Invest, Titelthema „Wasserstoff“; Ausgabe Nr. 375/07 17.Jg.,Nr.3 vom 5.2.2007, S.1-5*
- *Shell Deutschland Oil GmbH (Hrsg.);Digitale Pressemappe unter http://presseportal.de/story.htx?firmaid=53326*

Autor:

Dr. Alf-Sibrand Rühle
→ ruehle@hydrogeit.de
→ www.h2am.de

Die Wasserstoff-CD erscheint noch in diesem Sommer in 2. Auflage im Hydrogeit Verlag.

OLYMPIADE 2008 MIT WASSERSTOFF

Sport-Events waren schon immer gute Gelegenheiten, um neue Techniken einem großen Publikum vorstellen zu können. Dieser Meinung sind auch BP und Air Products, die der Öffentlichkeit gemeinsam ihre neue Wasserstofftankstelle bei den Olympischen Spielen 2008 in China vorstellen wollen.

Eingeweiht wurde die neue H_2-Station im Beijing Hydrogen Park in Peking bereits im November 2006. Seitdem fahren dort Busse von SinoHytec im Testbetrieb durch die Großstadt. Bei der Tankstelle handelt es sich um eine öffentliche BP-Station, die zusätzlich über eine Wasserstoffzapfsäule verfügt. Die entsprechende Betankungstechnik stammt von Air Products, die ihr Know-how mittlerweile weltweit an über 50 Wasserstoffbetankungsstationen zum Einsatz gebracht haben.

Wilbur Mok, Präsident von Air Products Asia, erklärte während der Zeremonie: „Wir sind sehr zufrieden, dass sich BP für unsere Technologie entschieden hat. Dass wir dazu beitragen können, die Olympischen Spiele in Peking möglichst umweltfreundlich zu gestalten, ehrt uns zusätzlich. Die Nutzung für den Massenverkehr ist vom pädagogischen Standpunkt aus betrachtet viel versprechend. Die Busfahrer machen sich mit Wasserstoff als Alternative zur konventionellen Energieversorgung vertraut, was letztlich die öffentliche Akzeptanz verstärkt." Für die sicherheitstechnische Leistung bekam der weltweit größte Wasserstofflieferant nach der erfolgreichen Inbetriebnahme der Anlage (Series 300) eine Auszeichnung von BP überreicht.

Es handelt sich hierbei um das erste Demonstrationsprojekt für zukünftige Wasserstoffenergiefahrzeuge in der Volksrepublik. Während der Olympischen Spiele im kommenden Jahr werden die Busse von hier aus starten, um Athleten und Besucher zu den Sportstätten zu befördern. ||

BZ-AUTO FÜR FEUERWEHR

[Quelle: DaimlerChrysler]

DaimlerChrysler hat ein brennstoffzellenbetriebenes A-Klasse Modell an die Feuerwehr von Sacramento in Kalifornien übergeben. Dort wird der Mercedes-Benz F-Cell zukünftig als Kontrollfahrzeug eingesetzt, um einen Ausblick auf das Nutzungspotential von Brennstoffzellenfahrzeugen zu vermitteln.

Hintergrund dieser Aktion ist, dass die Feuerwehr von Sacramento Erfahrungen im Umgang mit wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellenfahrzeugen sammeln soll, um dadurch geeignete Lösungen für den sicheren Transport von Wasserstoff zu entwickeln. In Kalifornien befindet sich unter anderem die California Fuel Cell Partnership, wo bereits zahlreiche BZ-Autos im Einsatz sind. „Dieses Programm zeigt, wie DaimlerChrysler die an Industrie und Politik gestellte Herausforderung annimmt, alltagstaugliche Alternativen zu konventionellen Antriebsformen zu entwickeln", sagte Prof. Herbert Kohler, Leiter der Konzernforschung.

Bei dem Wasserstoffauto handelt es sich um eines von 100 Exemplaren, die in den vergangenen Monaten von DaimlerChrysler an verschiedene Kunden zu Testzwecken ausgeliefert wurden. Das Feuerwehrfahrzeug wurde äußerlich angepasst und mit entsprechenden Lichtern sowie einer Sirene ausgestattet.

Die Polizei der Wayne State Universität in Michigan / USA besitzt ebenfalls ein brennstoffzellenbetriebenes Auto. ||

FORD PRÄSENTIERT HYSERIES DRIVE

Ford präsentiert HySeries Drive
[Quelle: Ford Motor Company]

Die Ford Motor Company stellte im Januar 2007 auf der Detroit Motorshow drei neue Konzeptstudien vor – eine davon war aus dem so genannten *Crossover-Segment*: der Ford Airstream. Die Umsetzung dieses gemeinsam von Ford und Airstream entwickelten Konzepts wurde gleich darauf Ende Januar während der Washington DC Auto Show präsentiert: der Ford Edge, in dem erstmalig das neue HySeries Drive™-System vorgestellt wurde.

Bei dem Ford Edge handelt es sich nach Aussage des amerikanischen Automobilkonzerns um das weltweit erste Brennstoffzellen-Hybrid-Elektrofahrzeug mit Plug-In-Potential. Die HySeries Drive-Technologie sieht vor, dass wahlweise Brennstoffzellen, Benzin- oder Dieselgeneratoren zur Versorgung des installierten Elektroantriebs eingesetzt werden können. „Dieses Fahrzeug bietet Ford die ultimative Flexibilität zur Erforschung fortschrittlicher Antriebssysteme", erklärte Gerhard Schmidt, Vize-Präsident der Ford-Forschungsabteilung.

Das in Washington vorgestellte Modell verfügt sowohl über eine Brennstoffzelle als auch über eine 336-Volt-Lithium-Ionen-Batterie. Das Design dieses so genannten Crossover Utility Vehicles (CUV) basiert auf dem Airstream-Wohnanhänger –„einer amerikanischen Design-Ikone" – bei dem, wie es heißt, auch Ideen aus der Raumfahrt mit einflossen. ||

HyICE: TRANSATLANTISCHE H_2-KOOPERATION

Tiefkalte Gemischbildung [Quelle: BMW Group]

Höchste Effizienz und höchste Leistungspotentiale – diese Zielsetzung war für HyICE vorgegeben worden. Und nach drei Jahren Entwicklungsarbeit kam ein neuer Wasserstoffmotor heraus, der Zeichen für eine Zukunftstechnik setzen soll.

Im Rahmen von HyICE, dem ersten transatlantischen Forschungsprojekt der EU, arbeiteten insgesamt zehn europäische Partner an der *Optimierung des Verbrennungsprozesses in wasserstoffbetriebenen Fahrzeugantrieben* (Projektuntertitel). Ihr Ziel war die Potentialanalyse von monovalenten Wasserstoffverbrennungsmotoren. Mitte Februar präsentierten sie beim Projektkoordinator BMW Group in München ihre Ergebnisse.

Herausgekommen ist ein wasserstoffbetriebener Verbrennungsmotor, der im Hinblick auf Leistung und Kosten deutliche Vorteile gegenüber anderen Antriebssystemen bietet. Es wurden zwei Methoden der Gemischbildung entwickelt: Direkteinspritzung und externe Gemischbildung. Bei beiden Verfahren konnte die Leistung bei gleichzeitiger Senkung des Verbrauchs verdoppelt werden. Nach einhelliger Meinung der Projektpartner konnte damit bewiesen werden, dass „der Wasserstoffmotor mit einer Leistung von 100 kW pro Liter Hubraum eine Technik der Zukunft ist, die sich in punkto Leistung mit herkömmlichen Motoren messen kann."

Bisher einmalig war der intensive Wissensaustausch führender europäischer Wissenschaftler mit Forschern der US-Energiebehörde Department of Energy (DOE). Der EU-Kommissar für Wissenschaft und Forschung, Janez Potočnik, erklärte: „Die Ergebnisse, die man mit einem Wasserstoffverbrennungsmotor erreicht hat, sollten die Industrie anspornen, diese Form der Mobilität weiterzuentwickeln. Es handelt sich hier um einen Schlüsselbeitrag zum Schutz der Umwelt und zur Sicherung der führenden Rolle Europas im globalen Wettbewerb."

Mitglieder dieses von der Europäischen Union geförderten Public Private Partnership-Projektes waren Automobilkonzerne, Zulieferer sowie zwei Universitäten. ||

ZWEI BRENNSTOFFZELLEN FÜR TOTAL-TANKSTELLE

Zwei BZ-Systeme im direkten Vergleich

Die H_2-Tankstelle in Berlin Spandau, die im Rahmen des HyFLEET:CUTE-Forschungsprogramms aufgebaut wurde, ist um zwei Besonderheiten erweitert worden: Seit Anfang März versorgen gleich zwei Brennstoffzellen den Tankstellen-Shop mit Strom. Und der für die Fahrzeugbetankung benötigte Wasserstoff wird jetzt mit Hilfe eines neuen Flüssiggasreformers direkt vor Ort erzeugt.

Nach Darstellung von Total handelt es sich bei dem von der Firma Linde betriebenen System um „die erste Reformeranlage Europas, die an der weltweit größten H_2-Tankstelle Wasserstoff aus Flüssiggas herstellt." Der neu installierte Steam-Reformer wurde von CarboTech als fertiges System in einen Container eingebaut und erzeugt hochreinen Wasserstoff. Ein nachgeschalteter Verdichter erhöht den Ausgangsdruck (15 bar) auf 400 bar, damit anschließend die Fahrzeuge mit GH_2 (300 bis 350 bar) betankt werden können. Im Sommer 2007 soll dafür ein ionischer Kompressor installiert werden, mit dem dann täglich bis zu 14 Busse betankt werden können.

Zeitgleich wurden zwei stationäre Brennstoffzellen mit jeweils 5 kW in Betrieb genommen, die den Boil-off-Wasserstoff des ebenfalls vor Ort installierten LH_2-Speichers nutzbar machen sollen. Die Abdampfverluste werden nun aufgefangen und den beiden Brennstoffzellen zugeleitet. Das Aggregat von Axane ist luftgekühlt und stellt Strom für die Bonjour-Boutique der Total-Station zur Verfügung. Das System von EPS ist wassergekühlt und liefert neben elektrischer Energie auch Wärme für die Fußbodenheizung im Shop.

Die Installationen dienen den an diesem Projekt beteiligten Partnern zu Forschungszwecken, um weitere Erfahrungen für einen späteren großflächigen Betrieb sammeln zu können. ||

NEUE H_2-TANKSTELLE IN MÜNCHEN

Am Münchener Flughafen geht es allmählich zu Ende mit dem Betrieb der dortigen Wasserstofftankstelle, aber Ende März erhielt die bayerische Landeshauptstadt Ersatz: Am 26. März fand die Einweihung der neuen H_2-Station statt. Es handelt sich dabei um eine öffentliche Tankstelle von der Total Deutschland GmbH, die in Kooperation mit der BMW AG sowie der Linde AG speziell für Wasserstoff ausgelegt wurde. Weiteres dazu lesen Sie bitte im Juli-Heft.

DEUTSCHLAND IST WELTSPITZE

DWV-Vorsitzender J. Töpler [Quelle: B. Makowka]

Nach Ansicht des Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verbandes e.V. (DWV) ist es Deutschland innerhalb der letzten Monate gelungen, beim Thema Wasserstoff im internationalen Vergleich aufzuholen. Noch in den 1980er Jahren sei die Bundesrepublik Vorreiter in Sachen Wasserstoff und Brennstoffzelle gewesen, habe dann aber zwischenzeitlich den Anschluss an die Weltspitze verloren. Jetzt zeichne sich eine Trendwende ab, erklärte der DWV Ende Februar während seiner erstmals anberaumten Jahrespressekonferenz in Berlin. Deutschland gehöre wieder zur Weltspitze.

Für den Vorstandsvorsitzenden Dr. Johannes Töpler resultiert das steigende öffentliche Interesse an der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie aus der wachsenden Sorge um das Weltklima und der zunehmenden Sensibilisierung der Bevölkerung für das Thema Energieversorgung. Töpler forderte: „Im Sinne einer nachhaltigen Sicherung unserer zukünftigen Energieversorgung müssen Wasserstoff als Speicher- und Transportmittel und Brennstoffzellen als hocheffiziente Wandler eine tragende Rolle einnehmen."

Verbandssekretär Dr. Ulrich Schmidtchen lobte in diesem Kontext die im vergangenen Jahr verbesserten politischen und finanziellen Rahmenbedingungen. Er erwarte, dass auch die deutsche Ratspräsidentschaft in Brüssel im ersten Halbjahr 2007 die bereits seit Jahren positive Haltung der Europäischen Kommission weiter untermauern und im siebten Forschungsrahmenprogramm eine gemeinsame Technologieinitiative für Wasserstoff und Brennstoffzellen starten wird. Gleichzeitig bemängelte er, dass „die EU bisher in einem fünfjährigen Rahmenprogramm für Wasserstoff und Brennstoffzellen mit 300 Millionen Euro etwa genau so viel an Fördermitteln ausgibt wie die USA oder Japan in nur einem Jahr. Das ist entschieden zu wenig, wenn wir konkurrenzfähig sein wollen."

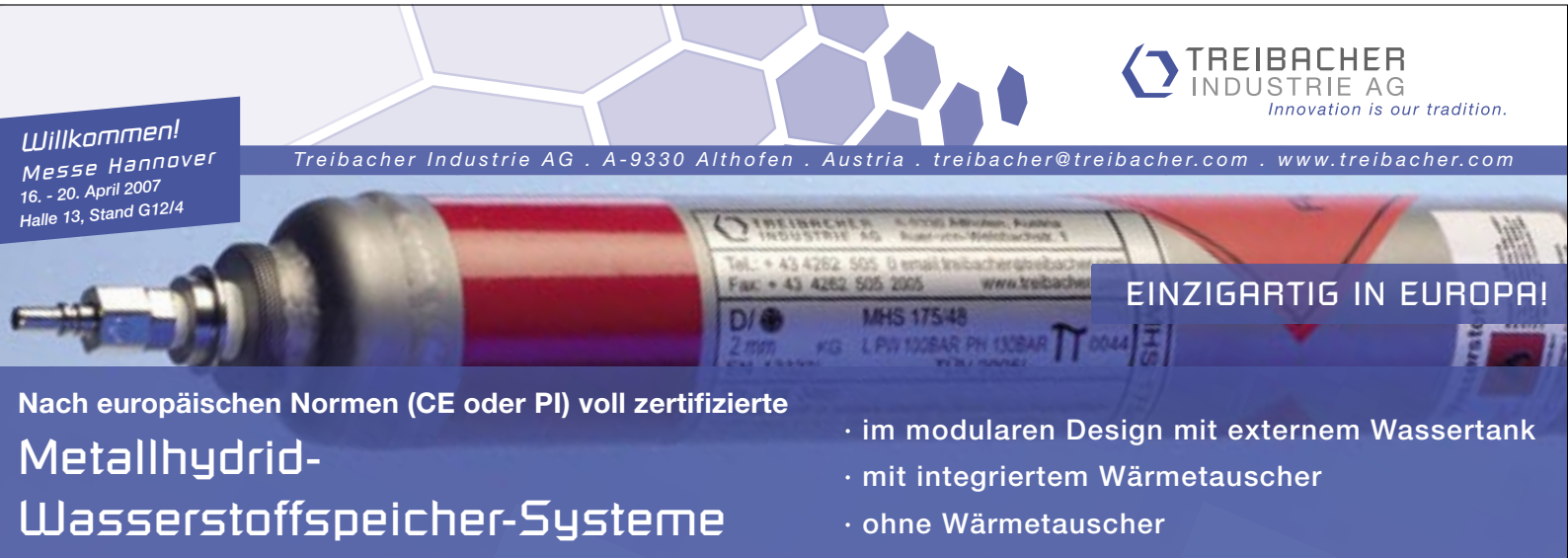
Der DWV-Vorsitzende Töpler ergänzte: „Die Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie wird in 20 Jahren eine tragende Säule einer nachhaltigen, zukunftsträchtigen Energieversorgung in Deutschland sein. Vorausgesetzt, wir erhalten auch die nachhaltige Unterstützung der deutschen beziehungsweise europäischen Politik." ||

STROM UND KÄLTE FÜR TELEKOM-RECHENZENTRUM

[Quelle: CFC Solutions]

Die Deutsche Telekom AG orientiert sich mehr und mehr in Richtung Brennstoffzellentechnik. Zukünftig soll ein HotModule der CFC Solutions GmbH für eine zuverlässige Energieversorgung der Server im Rechenzentrum von T-Systems sorgen. Die Inbetriebnahme im Münchener Euroindustriepark ist für den Sommer 2007 vorgesehen.

Durch den Ankauf von Biogas soll bei diesem Projekt ein CO_2-neutraler Betrieb sichergestellt werden. Außerdem soll der elektrische Systemwirkungsgrad (fast 50 %) durch Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung mit einer Absorptionskältemaschine noch weiter erhöht werden. Die zudem anfallende thermische Energie wird durch den Einsatz eines Wärme-Kälte-Wandlers zum Kühlen der Server genutzt.



Das Prinzip der unterbrechungsfreien Energiebereitstellung stellt CFC auf den Kopf, indem das öffentliche Stromnetz nur angezapft wird, wenn das HotModule ausfallen sollte. Unter dem Slogan *Permanent Premium Power* (P^3) stellt die autark arbeitende Anlage die benötigte elektrische und thermische Energie dauerhaft zur Verfügung.

Auftraggeber dieses Projekts, das mit Geldern des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert wird, ist die PASM Power and Air Condition Solution Management GmbH & Co. KG, bei der es sich um eine bayerische Tochtergesellschaft der Deutschen Telekom AG handelt.

Parallel zu diesem neuen Projekt beendete CFC Solutions kürzlich ein seit mehr als drei Jahren laufendes Projekt im Kreiskrankenhaus Grünstadt. Die rheinland-pfälzische Umweltministerin Margit Conrad war am 6. Februar Zeugin, als die Hochtemperatur-Brennstoffzelle nach erfolgreichem Projektabschluss (27.000 Betriebsstunden) verladen wurde, um sie zur Durchsicht ins Herstellerwerk zu transportieren.

Ab Herbst dieses Jahres soll ein neuer Brennstoffzellenstapel *Eurostack* eingebaut und mit einer nachgeschalteten ORC-Anlage (Organic Rankine Cycle), die aus der Brennstoffzellenabwärme zusätzlichen Strom gewinnt, ergänzt werden. Ministerin Conrad begrüßte diese Planung: „Der elektrische Nettowirkungsgrad überschreitet damit den Wirkungsgrad der derzeit effizientesten Gas- und Dampfturbinenkraftwerke.“ ||

GEKLÄRTE UNFALLURSACHE

Kohlensäure und Rost haben miteinander reagiert und Wasserstoff freigesetzt. So lautet die Erklärung für die Behälterexplosion, die am 21. Dezember 2006 im Chemiepark Linz zwei Tote und einen Schwerverletzten forderte. Die Fachwelt sei von diesem Phänomen überrascht gewesen, hieß es, weswegen weitere Sicherheits- und Aufklärungsmaßnahmen in Angriff genommen wurden.

Nach zweimonatigen Aufklärungsarbeiten gab AMI bekannt, dass eine Knallgas-Explosion zu diesem tragischen Unfall geführt habe. Die Experten fanden heraus, dass durch die Materialbeschaffenheit des Behälters, der aus Baustahl bestand, und durch das darin befindliche leicht alkalische Wasser (1 g Karbonaten pro Liter) eine Korrosionsreaktion (Rostbildung) stattgefunden hatte. Gleichzeitig hätte sich dabei Wasserstoff gebildet, hieß es. Dies sei jedoch ein Phänomen gewesen, das in der Fachwelt der chemischen Industrie bisher nicht bekannt gewesen sei.

Wie Agrolinz Melamine international (AMI) zunächst bekannt gegeben hatte, waren an dem Behälter, der teilweise mit Wasser – so genanntem *Brüdenkondensat* – gefüllt war, *Heißarbeiten* durchgeführt worden, wobei vorab sämtliche Sicherheitsmaßnahmen wie Freigabescheinwesen, Erlaubnisschein, Sicherungsposten, etc. eingehalten wurden. Der entstandene Wasserstoff, der sich unter dem Behälterdach gesammelt hätte, habe mit dem atmosphärischen Sauerstoff ein explosionsfähiges Gemisch gebildet, wodurch es nach Aufnahme der Heißarbeiten zu der Explosion gekommen sei. Zwei Mitarbeiter der Firma Kremsmüller waren dabei tödlich verletzt worden, während der Sicherungsposten der Firma AMI schwer verletzt wurde. ||

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. 35*

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

© Oliver Knauff

CFC SOLUTIONS WIRD EIGENSTÄNDIG

Aus der ehemals kleinen Sparte für Brennstoffzellensysteme von MTU Friedrichshafen ist mittlerweile ein eigenständiges Unternehmen geworden. Die CFC Solutions GmbH operiert zukünftig unter neuem Namen als eigene Produktmarke in der Firmendivision *Systeme und Komponenten* des Unternehmensverbundes Tognum.

Nachdem sich die RWE Fuel Cells GmbH aus dem ehemaligen Joint Venture komplett zurückgezogen hatte (s. HZwei 01/07), erfolgte dieser Schritt im Rahmen der Umstrukturierung bei der Tognum GmbH, bei der es um eine Neuausrichtung der gesamten Geschäftsaktivitäten ging. Tognum-Präsident Volker Heuer erklärte: „Die neue Gliederung schafft klare Verantwortungsstrukturen und lässt uns unsere Wachstumsstrategie besser umsetzen.“ Er ergänzte, er wolle über besser vernetzte Unternehmen einen klaren Mehrwert für die Kunden schaffen.

Als Konsequenz dieser Umstrukturierung legt das Unternehmen den Namensbestandteil *MTU* ab. „Der neue Name wird den exklusiven Markenauftritt von CFC Solutions als eigenständiges Unternehmen innerhalb der Tognum-Gruppe unterstützen“, betonte Michael Bode, Geschäftsführer der CFC Solutions GmbH. Gleichzeitig soll ein neues Logo die hinzugewonnene Eigenständigkeit symbolisieren.

Als nächsten Schritt prüft die Tognum GmbH derzeit den Gang an die Börse. ||

CSU ALS „ÖKO-PARTEI“

Markus Söder, Generalsekretär der CSU, hat eine Neuausrichtung seiner Partei in Umweltfragen angekündigt. Zunächst erklärte er Mitte Februar, die CSU werde zukünftig einen klaren Schwerpunkt in der Umweltpolitik setzen: „Das Thema Klimaschutz ist lange von allen Parteien unterschätzt worden.“ Neben Energieeinsparung setze er daher in der Energiepolitik künftig auf die Förderung der Wasserstofftechnologie: „Bayern muss das Wasserstoffland Nummer eins werden.“ Anfang März setzte er noch einen drauf, indem er forderte, ab 2020 sollten nur noch Wasserstoff- und Hybrid-Fahrzeuge zugelassen werden.

Das Nachrichtenmagazin *Der Spiegel* zitierte CSU-Generalsekretär Markus Söder mit den Worten: „Ab dem Jahr 2020 dürfen nur noch Autos zugelassen werden, die über einen umweltfreundlichen Antrieb verfügen.“ Von diesem Zeitpunkt an müssten herkömmliche Verbrennungsmotoren durch Wasserstoff- und Hybridtechnik abgelöst werden.

Die CSU macht mit dieser Neuausrichtung unmissverständlich klar, dass Umweltschutz kein Nischenthema mehr ist. Es werde vielmehr zum zentralen Wirtschaftsthema. Der Generalsekretär verdeutlichte: „Mich freut, dass die CSU insgesamt auf dem Weg ist, sich zu einer ökologischen Partei zu entwickeln.“ Gleichzeitig warnte er davor, dass Bayern derzeit Gefahr laufe, den bisherigen Vorsprung in der Wasserstofftechnik zu verspielen.

Auch der bayerische Umweltminister Werner Schnappauf erklärte „den Einstieg in eine wasserstoff-basierte Wirtschaft“ zum zentralen Thema der CSU-Politik. Er sprach sich für ein neues ökologisches Profil aus: „Umweltpolitik darf nicht als Reparaturkolonne verstanden werden“, sagte Schnappauf der Nachrichtenagentur AP. Er ergänzte: „Wir müssen eine nächste industrielle Revolution einleiten.“ Der Klimawandel könne seiner Meinung nach nur beeinflusst werden, wenn es in den kommenden Jahrzehnten gelinge, fossile Brennstoffe durch Wasserstofftechnik abzulösen, berichtete net tribune.

Der Minister forderte, alle entsprechenden Forschungsaktivitäten in Europa auf das Ziel eines Wasserstoffzeitalters zu bündeln. Entscheidend sei, so genannten grünen Wasserstoff aus Biomasse und Sonnenkraft zu erzeugen und den Aufbau einer H_2-Infrastruktur voranzutreiben. Zugleich müsse die Effizienz beim Energieverbrauch gesteigert werden.

Hintergrund dieser neuen Leitlinie sei die aktuelle Energiedebatte sowie die Wählbarkeit der CSU insbesondere für junge Leute. „Um weiterhin bei jüngeren Wählern mehrheitsfähig zu bleiben, muss die CSU verstärkt Lebensthemen wie Umwelt- und Klimaschutz sowie gesunde Ernährung in den Vordergrund rücken“, hieß es. ||

WASSERSTOFFBRAND

Im Industriegebiet Am Mechtenberg in Essen ist es am 6. März 2007 zu einem Wasserstoffbrand auf dem Gelände eines Metall verarbeitenden Betriebes gekommen. Aus dem Sicherheitsventil der Behälterarmaturen war Wasserstoffgas ausgetreten und hatte sich aus derzeit noch ungeklärten Gründen entzündet. Der Wasserstoff verbrannte mit einer rund 3 Meter langen Stichflamme, die auf einen in unmittelbarer Nähe befindlichen Stickstoffbehälter gerichtet war. Aus Sicherheitsgründen wurden zunächst alle Menschen im Umkreis von 500 Metern evakuiert.

[Quelle: Feuerwehr Essen]

Die Einsatzkräfte kühlten aus großer Entfernung beide Tanks mit Wasserwerfern, um einer Explosion vorzubeugen, und überwachten die Tanktemperatur mit Fernthermometern sowie Wärmebildkameras. Nach erfolgreicher Kühlung ging ein Trupp unter Hitzeschutzkleidung vor und schloss das Absperrventil zwischen Wasserstoffbehälter und Sicherheitsventil. Die Flammen erloschen kurz darauf. Insgesamt waren 95 Einsatzkräfte vor Ort, verletzt wurde niemand. ||

ENERGIEVERBRAUCH STEIGT WEITER

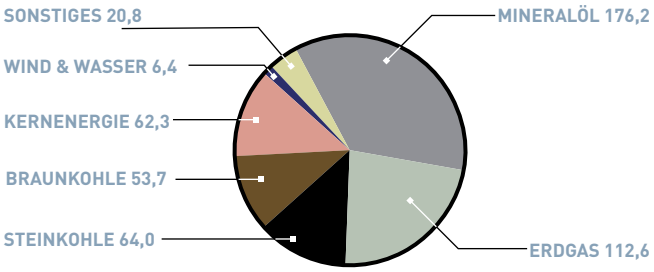
Trotz technischer Weiterentwicklung und Effizienzsteigerung nimmt der Energieverbrauch in der Bundesrepublik weiter zu. Im Jahr 2006 erhöhte sich der Energiebedarf um 1,2 % im Vergleich zum Vorjahr. 493,6 Millionen Tonnen Steinkohleeinheiten (Mio.t SKE; 14.464 Peta-Joule) verbrauchten die Deutschen, obwohl die Monate November und Dezember äußerst mild waren und das Preisniveau vergleichsweise hoch lag. Beim Strom schafften die erneuerbaren Energien erstmals den Sprung über die 5-%-Hürde. Ihr Anteil belief sich auf 5,3 % gegenüber 4,7 % im Vorjahr.

Der bedeutendste Energieträger in Deutschland, das Mineralöl (35 % vom Gesamtbedarf), verzeichnete einen relativ geringen Verbrauchsanstieg um nur 0,2 %. Hier war abermals eine Umschichtung vom Benzin zum Dieselkraftstoff festzustellen. Der Erdgasverbrauch erhöhte sich um 1,5 %, wobei insbesondere der Einsatz bei der Stromerzeugung anstieg (4 %). Während der Steinkohleanteil um 1,7 % zunahm, reduzierte sich der Braunkohleanteil um 1,5 %. Kernenergie wurde gar um 2,7 % mehr abverlangt, bleibt damit aber auf Platz 4 der deutschen Energieträger. Den größten prozentualen Anstieg verzeichnete die Windkraft (12 %), aber auch die Wasserkraft konnte deutlich zulegen (4 %).

Bei der Stromerzeugung lag der Anteil der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2006 bei 11,8 %. Die Zielvorgabe des Koalitionsvertrages, deren Anteil bis 2010 auf mindestens 12,5 % zu steigern, wird voraussichtlich schon im Jahr 2007 überschritten. 2020 könnte der Anteil die 16-%-Marke erreichen.

Dieses Wachstum spiegelt sich auch bei den Beschäftigungszahlen wieder. Allein im letzten Jahr sind nach Berechnung des Bundesumweltministeriums rund 24.000 neue Arbeitsplätze entstanden, so dass mittlerweile etwa 214.000 Menschen in diesem Bereich beschäftigt sind. ||

PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH 2006 IN MIO. T. SKE



Quelle: AG Energiebilanzen

BAXI INNOTECH
fuel cell heating

Vor 10 Jahren als european fuel cell gmbh gestartet, sind wir heute eines der führenden Unternehmen im Bereich der Brennstoffzellentechnik. Als ein Unternehmen der BAXI-Gruppe sind wir zuständig für die Entwicklung, Herstellung und den Vertrieb von Brennstoffzellen-Heizgeräten.
Um unsere Marktposition weiter auszubauen, suchen wir eine flexible, unternehmerisch und strategisch denkende Persönlichkeit als

Leiter/-in Vertrieb

und perspektivisch Mitglied der Geschäftsleitung

Ihre Kernaufgabe besteht darin, aktiv den Markt und die Wettbewerber zu analysieren, Verkaufsstrategien, Angebotsphasen und Mailings zu entwickeln und so die Positionierung unserer Produkte und des Unternehmens am Markt zu optimieren. Sie halten engen Kontakt zu unseren Marktpartnern und unterstützt durch den Produktmanager sind Sie verantwortlich für die Akquise neuer Kunden, die Betreuung bestehender Kunden sowie die Koordination der Vertriebsingenieure innerhalb Europas.
Sie führen ein kleines dynamisches Team und sind für den effizienten Einsatz dieser Mitarbeiter verantwortlich. Sie besitzen sehr gute Fachkenntnisse im Bereich der Brennstoffzellentechnik, haben Branchenkenntnisse in der Heizungstechnik und konnten während Ihrer Berufstätigkeit bereits einschlägige Erfahrungen im Vertrieb sammeln. Es fällt Ihnen leicht zu begeistern, Sie schätzen es, durch Kompetenz und Persönlichkeit zu überzeugen und sind an einer positiven Arbeitsatmosphäre interessiert.

Folgende Erwartungen haben wir an Ihre Qualifikation:

- abgeschlossenes Studium auf einem einschlägigen Gebiet des Ingenieurwesens (vorzugsweise Verfahrenstechnik, Maschinenbau oder Elektrotechnik)
  ODER ein abgeschlossenes betriebswirtschaftliches Studium mit nachweisbarer technischer Expertise
- verhandlungssicheres Englisch Wort und Schrift
- sichere Anwenderkenntnisse im MS-Office

Wir bieten Ihnen eine verantwortungsvolle Aufgabe mit interessanten Gestaltungsfreiräumen in einem internationalen Umfeld.

Gehen Sie mit uns einen neuen Weg in einer innovativen, wachsenden Branche und bewerben Sie sich bis zum 30.04.2007 mit Angabe der Gehaltsvorstellung und des frühestmöglichen Eintrittstermines bei unserem Dienstleister für Personalangelegenheiten:
COWEO Personalberatung; Gabriele Wilk, Postfach 15 01 33, 19031 Schwerin oder gern auch per mail – wilk@coweo.de

BAXI INNOTECH
fuel cell heating

Vor 10 Jahren als european fuel cell gmbh gestartet sind wir heute eines der führenden Unternehmen im Bereich der Brennstoffzellentechnik und verfügen über Know-how bei der technischen Weiterentwicklung der „kleinen Brennstoffzelle“ für den Einsatz im Einfamilienhaus. Als Entwicklungsunternehmen der britischen BAXI-Gruppe, einem der führenden Kessel- und Heizungsgerätehersteller Europas, sind wir zuständig für die Entwicklung neuer Technologien.
Im Konzernverbund profitieren wir von der Zusammenarbeit mit den Fachabteilungen der Konzernunternehmen. Zur Verstärkung unseres Teams suchen wir zum nächstmöglichen Termin eine/n

Entwicklungsingenieur/-in Reformertechnik

Ihre Kernaufgabe besteht in der Produktentwicklung eines Gasaufbereitungsprozesses und dem Aufbau der dafür notwendigen Fertigung, hierzu gehören insbesondere:

- Erstellung von Spezifikationen und Testabläufen
- Aufbau und Betrieb von Prüf- und Testständen
- Systemsimulation und Validierung der Testergebnisse
- Unterstützung bei der Erstellung der MSR-Technik
- Entwicklungsbegleitung der Peripheriekomponenten für das Brennstoffzellen Heizgerät
- Systemintegration

Sie besitzen sehr gute Fachkenntnisse und konnten bereits einige Erfahrungen in Projekten der Reformerentwicklung sammeln. Sie besitzen technisches und mathematisches Verständnis, sind kreativ, kostenbewusst, können eigenverantwortlich arbeiten ohne dabei als Einzelkämpfer zu agieren. Die Fähigkeit in Systemen zu denken und dabei trotzdem die notwendigen Details im Blick zu haben, gehört ebenfalls zu Ihren Stärken. Praktische Erfahrungen mit Versuchsaufbauten, Kenntnisse elektrochemischer Systeme und Umgang mit der Software „Labview“ runden Ihr Profil ab.

Folgende Erwartungen haben wir an Ihre Qualifikation:

- abgeschlossenes Studium auf einem einschlägigen Gebiet des Ingenieurwesens (vorzugsweise Verfahrenstechnik, Maschinenbau oder Elektrotechnik)
- sehr gute Englischkenntnisse in Wort und Schrift
- sichere Anwenderkenntnisse in MS-Office

Wir bieten Ihnen eine verantwortungsvolle Aufgabe, die Sie in einem hochqualifizierten Team erfüllen.

Gestalten Sie mit uns aktiv neue Wege in einer innovativen, wachsenden Branche und bewerben Sie sich bis zum 30.04.2007 mit Angabe der Gehaltsvorstellung und des frühestmöglichen Eintrittstermins bei unserem Dienstleister für Personalangelegenheiten:
COWEO Personalberatung; Gabriele Wilk, Postfach 15 01 33, 19031 Schwerin oder gern auch per mail – wilk@coweo.de

TERMINKALENDER

APRIL

16.-20.04. Gemeinschaftsstand „Wasserstoff und Brennstoffzellen“
Messe, Hannover, Tobias Renz Fair-PR, Tel. 089-7201-384-0, Fax -20, *www.fair-pr.de*

16.-20.04. Clean Moves Expo & Konferenz
Ausstellung & Konferenz, Hannover, Halo Energy, Tel. 030-31017519, *www.halo-energy.com*

24.04. Dresdner Wasserstofftag
Kongress, Dresden, Umweltzentrum Dresden, Tel. 0351-4943-340, Fax -440, *www.uzdresden.de*

25.04. Portable Brennstoffzellen im Kleinleistungsbereich
Referat, FH Köln-Deutz, VDI/DWV, Tel. 02191-182-242, Fax -349, *Badenhop@dwv-info.de, www.vdi.de/koeln*

26.04. Wasserstofftechnologie im maritimen Sektor
Workshop, Wismar, HIAT, Tel. 0385-3993-630, Fax -631, *info@hiat.de, www.hiat.de*

29.04.-2.05. Hydrogen and Fuel Cells
Konferenz & Messe, Vancouver/Kanada, Advance Group, Tel. +1-604-68-89655, Fax -53521, *www.hfc2007.com*

MAI

10.05. Zulassungs- & Sicherheitsfragen bei BZ-Systemen
Referat, FH Köln-Deutz, VDI/DWV, Tel. 02191-182-242, Fax -349, *Badenhop@dwv-info.de, www.vdi.de/koeln*

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

11.-13.05. DENEX / ENBIO / BAUSAN
Messe, Kassel, Reeco GmbH, Tel. 07121-3016-0, Fax -100, *www.denex.info*

15.-16.05. Alternative Antriebe für Automobile
Tagung, Berlin, Haus der Technik, Tel. 0201-1803-211, Fax -280, *www.hdt-essen.de*

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

28.05. Hamburger Wasserstoff-Stammtisch
Treffen, Hamburg, H2Gate, Tel. 040-8901824-7, Fax -5, *info@h2gate.com, www.h2gate.com*

JUNI

6.06. DWV Mitgliederversammlung
Versammlung, München, DWV, Tel. 0700-49376-835, Fax -329, *www.dwv-info.de*

11.-12.06. Fuel Cell Early Markets
Konferenz, Brüssel/Belgien, Tel. +1-207-781-2150, Fax -9601, IntertechPira, *www.intertechusa.com/fuelcells.html*

14.-15.06. Fuel Cell
Konferenz & Messe, Rochester/USA, Fuel Cell Magazine, Tel. +1-720-528-3770, *www.fuelcell-magazine.com*

18.-22.06. European Hydrogen Energy Conference
Konferenz, Maastricht/Niederlande, Dutch Hydrogen and Fuel Cell Association, Tel. +31-20679-3411, Fax –7306, *www.ehec2007.com*

19.06. Fahrzeugtreibstoffe – Quo vadis?
Tagung, Essen, Haus der Technik, Tel. 0201-1803-211, Fax -280, *www.hdt-essen.de*

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

22.-24.06. Energie + Natur
Messe, Hildesheim, Profair Consult + Project GmbH, Tel. 05121-20626-0, Fax -26, *www.messen-profair.de*

26.-28.06. Power-Gen Europe
Konferenz & Messe, Madrid/Spanien, PennWell Corp., Tel. +44-1992-656-617, Fax -700, *www.powergeneurope.com*

28.-29.06. Alternative Antriebe für Automobile
Seminar, München, Haus der Technik, Tel. 0201-1803-211, Fax -280, *www.hdt-essen.de*

JULI

2.-6.07. Lucerne Fuel Cell Forum
Konferenz & Messe, Luzern/Schweiz, European Fuel Cell Forum, Tel. +44-56-496-7292, Fax -4412, *www.efcf.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*, Internetplattform für H_2, BZ und erneuerbare Energien

SONSTIGE DIENSTLEISTER

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

VERANSTALTER

Gemeinschaftsstand Wasserstoff + Brennstoffzellen, Hannover Messe 2007, 16.-20. April. Rekordbeteiligung: über 130 Aussteller aus 23 Ländern *www.fair-pr.com*

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 e.V., Innovationspark Wuhlheide, 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*

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*

Auflösung des Sudoku-Rätsels von S. 31

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

HZwei JAHRES-ABONNEMENT + BUCH GRATIS

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOF F UND BRENNSTOFFZELLEN

HZwei

HZwei, das Magazin für Wasserstoff und Brennstoffzellen, macht bis zum Jahresende eine Abonnenten-Offensive:
Bestellen Sie jetzt Ihr Jahres-Abo für 24,– **€** (inkl. MwSt. zzgl. Versand) und erhalten Sie dazu:

Wasserstoff-Autos – Was uns in Zukunft bewegt
von Dipl.-Ing. Sven Geitmann
Sachbuch mit 168 Seiten,
101 farbige Abbildungen, 54 Tabellen
Hydrogeit Verlag, Kremmen 2006
Preis: 19,80 €

Nutzen Sie jetzt das **einmalige Angebot** und lesen Sie viermal jährlich über die neusten Geschehnisse aus der Branche. Wenn Sie Ihre Bestellung noch vorm 30. Juni abschicken, erhalten Sie als persönliches Dankeschön ein **kostenloses Buch über Wasserstoffautos.**

BESTELL-FORMULAR

[ ] **Hiermit bestelle ich HZwei – das Magazin für Wasserstoff und Brennstoffzellen.**

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

Name Vorname

Adresse

Straße, PLZ, Ort

Ort, Datum 1. Unterschrift

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

Ort, Datum 2. Unterschrift

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

Bitte per Post oder Fax absenden an:
Hydrogeit Verlag, Lange Horst 2a, 16766 Kremmen,
Fax: 033055-21320 oder im Internet bestellen unter www.hzwei.info