Hydrogeit Verlag / www.hzwei.info / 9. Jahrgang / April 2009 / 7 €

HZwei

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN

→ SOLARER WASSERSTOFF – EINE RUNDUM SAUBERE SACHE

→ BAXI INNOTECH BAUT GAMMA 1.0 MIT BALLARD-STACKS

LBST simuliert den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur
1.000 Wasserstofftankstellen für Deutschland

INHALTSVERZEICHNIS

2 Impressum

3 Editorial

4 Meldungen
Gründungen in Herten und Hessen
Neue Führung bei P21
DWV-Jahrespressekonferenz
Kleinst-Brennstoffzellen aus den USA
H_2-Verbindung München – Modena

7 Messe
enertec in Leipzig
Deutsche auf Auslandsreisen
Schwarzenegger auf CeBIT
Vorschau auf Hannover Messe
Bewegung bei BZ-Heizungsgeräten

12 Titel
Solare Wasserstoffherstellung
Merkel beim BEE
Sonne-Wind-Brennstoffzellen-Container
Solarenergie in Biomasse gespeichert
Wasserstofftaxen für Venedig
Kohlenstoffnitrid reagiert auf Licht

20 Entwicklung
H_2-Detektion mit photonischem Kristall
Entwicklung von BZ-Steuerungssystemen

24 Projekte
Neue Partner in Barth

25 Weiterbildung
Neues Institut an der FH Stralsund
Brennstoffzellenpraktikum an der TU Berlin

28 Infrastruktur
Folgeuntersuchungen zur GermanHy-Studie

31 Autos & Rätsel
Daimler kündigt B-Klasse und H_2-Stationen an
Studenten bauen BZ-Auto in Rekordzeit
Phileas-Busse für Köln und Amsterdam
MAN und BP/Aral steigen aus
Shell-Eco-Marathon in Deutschland

38 Terminkalender

39 Firmenverzeichnis

Quelle: Baxi Innotech

10 *Enthüllung der GAMMA 1.0 von Baxi Innotech*

Quelle: b+w Electronic Systems

12 *Titel: Wasserstoffherstellung mit Wind und Sonne*

Quelle: TU Berlin

26 *Brennstoffzellenpraktikum an der TU Berlin*

IMPRESSUM HZwei

ISSN: 1862-393X
Jahrgang: 9. (2009)

Verlag: Hydrogeit Verlag
Gartenweg 5
D - 16727 Oberkrämer

Sitz: Oberkrämer
UStID.: DE 221143829

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
Satz: Henrike Hiersig, Weimar
Anzeigen: Kirsten Laasner Projektmanagement, Kirchheim

Lektorat: Dione Gutzmer, Berlin
Druck: Möller Druck und Verlag GmbH, Ahrensfelde

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: 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.

H_2YDROGEIT Verlag

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.

Titelbild: Wasserstoffblasen bei der Elektrolyse mit Hilfe von Solarstrom [Quelle: © quayside – Fotolia.com]

DIE CHANCE

Liebe Leserinnen und Leser!

Eigentlich müsste in diesem Jahr gefeiert werden, denn nach offizieller geschichtlicher Darstellung wurde vor genau 170 Jahren die Brennstoffzelle erfunden. Stattdessen herrscht aber Krisenstimmung. Zeitung lesen macht da überhaupt keinen Spaß mehr, denn es steht ja doch nur wieder irgendein neuer rekordverdächtiger Milliardenverlust drin.

Wer sich aber dennoch die Mühe macht und auch die Randnotizen der Wirtschaftsseite studiert, findet immer mal wieder positive Meldungen. Dann steht dort beispielsweise: „IT-Firmen zuversichtlich“, „Bio-Lebensmittel boomen“ oder „Positive Signale für die Windenergiebranche“.

Für den einen sind dies nur uninteressante Nebenschauplätze, für den anderen aber die Schlagzeilen für die Zukunft. Sicherlich sind diese Wochen und Monate für einige Unternehmen nicht ganz einfach. Wer persönlich von einer Werksschließung betroffen ist, der pfeift auf aufmunternde Sonntagsreden. Fakt ist aber, dass es nicht überall kriselt.

Es gibt durchaus einige Wirtschaftszweige, die gar nicht oder nur am Rande von Umsatzeinbußen betroffen sind. Etliche Firmenlenker sind derzeit einfach nur verunsichert und warten deswegen zunächst mal ab, was denn nun passieren wird und ob ihr Unternehmen nicht auch noch mit heruntergezogen wird. Und dann gibt es da noch die stillen Profiteure. Angesichts der großen Verluste auf der einen Seite bleiben die Profiteure derzeit noch schön leise, schließlich will man ja nicht etwaige Neider auf sich ziehen.

Wo nun die Erneuerbare-Energien-Branche und der Wasserstoff- und Brennstoffzellensektor einzuordnen sind, zeichnet sich heute schon ab. Erste Anzeichen stimmen optimistisch, schließlich sind dies diejenigen Wirtschaftszweige, die als Inbegriff einer sauberen und nachhaltigen Zukunft gelten. Passend dazu erfreute der Gaselieferant Linde unlängst das krisengeschüttelte Börsenumfeld mit der Meldung einer gesteigerten operativen Ertragskraft: Die Gewinne im Kerngeschäft technische Gase – vor allem Wasserstoff – ziehen an.

In dem arg geschüttelten Automobilbereich stürzen sich derzeit alle geradezu auf Hybridautos. Die Schockstarre, die noch zum Jahreswechsel herrschte und die Detroiter Auto-Show zu einer Schmalspurausstellung machte, scheint überwunden. Auf dem Genfer Auto-Salon waren alle wieder mit dabei und zeigten stolz ihre elektromotorbetriebenen Antriebsalternativen.

Der momentane E-Mobil-Hype könnte dabei auch für die Brennstoffzelle zum Vorteil werden, da eine voranschreitende Elektrifizierung im Kfz-Bereich auch ihr zugute kommt. Brennstoffzellensysteme kommen ohnehin häufig nicht ohne Akkumulatoren aus. Und da viele Brennstoffzellen derzeit noch nicht marktreif sind, kann zunächst mal die Batteriebranche zeigen, was sie kann. Dann wird sich herausstellen, dass auch Lithium-Ionen-Akkus keine Alleskönner sind und noch einigen Entwicklungsbedarf haben.

Es ist daher mehr als verständlich, dass sich die Niedersächsische Landesregierung fortan nicht mehr nur auf die Unterstützung von Brennstoffzellen beschränkt, sondern eine Landesinitiative für Brennstoffzellen- und Batterietechnologie ins Leben ruft. Diese soll für drei Jahre mit rund zehn Mio. Euro ausgestattet werden und auch die Bereiche Systemintegration sowie Speichertechnologien unter einem Dach vereinen.

So wie hier entwickeln sich derzeit aus der Not heraus ganz neue Ansätze. Während einige Bereiche nach Jahrzehnten der Prasserei – berechtigterweise – um ihre Existenz bangen müssen, bieten sich anderen Bereichen ganz neue Möglichkeiten. Dass es nicht länger so weitergehen kann wie bisher, dürfte mittlerweile klar sein. Das Spiel ist nun eröffnet für diejenigen, die neue Ideen und vielleicht auch schon neue Produkte in der Schublade haben.

Herzlichst

Sven Geitmann
HZwei Herausgeber

PS: Noch ein Hinweis: Wir haben die Gliederung der HZwei geringfügig überarbeitet. Zukünftig finden Sie die Meldungen ganz vorne, damit Sie schneller einen Überblick über die wichtigsten Geschehnisse bekommen. Dahinter folgen in gewohnter Weise die Messe- und Kongressberichte sowie die ausführlicheren Fachbeiträge, die etwas mehr Zeit beim Lesen in Anspruch nehmen. ||

DWV ERSTELLT FORDERUNGSKATALOG

Gastredner bei der DWV-Pressekonferenz

Der Deutsche Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband e.V. hat auf seiner Jahrespressekonferenz Mitte Februar 2009 in Berlin einen Forderungskatalog vorgestellt. Darin geht es um die Manifestierung von Wasserstoff und Brennstoffzellen als Elemente eines zukünftigen nachhaltigen Energiesystems. Der Verband fordert unter anderem die Steuerbefreiung für Wasserstoff als Energieträger, egal aus welchen Energiequellen er hergestellt wird. Dies beinhalte ausdrücklich auch die Herstellung aus Erdgas, da dieser Weg notwendig sei, um den Übergang vom fossilen zum erneuerbaren Zeitalter bewältigen zu können.

Darüber hinaus führte Dr. Joachim Wolf, stellvertretender Vorsitzender des DWV-Vorstands, aus, dass auch die Nutzung von Biomasse in Frage komme, allerdings stets unter dem Gesichtspunkt eines intelligenten und schonenden Umgangs mit allen Ressourcen sowie mit Energie. Zu einer Konkurrenzsituation mit der Lebensmittelwirtschaft dürfe dies allerdings nicht führen. Wolf erläuterte: „Wir essen die Garbe und fahren mit dem Stengel."

Mit besonderem Interesse verfolgten die Anwesenden die Ausführungen von Peter Froeschle, Leiter der Abteilung Marktentwicklung bei der Daimler AG, der für Ende des Jahres die Präsentation des Nachfolgemodells der brennstoffzellenbetriebenen A-Klasse in Aussieht stellte (s. auch S. 31). Er betonte: „Die B-Klasse ist absolut kundentauglich. […] Wir sind nach wie vor davon überzeugt, dass Wasserstoff und Batterien elementare Bausteine für eine nachhaltige Zukunft sein werden." Der DWV-Vorsitzende Dr. Johannes Töpler ging noch etwas weiter und sagte: „Strom, Wasserstoff und Brennstoffzelle werden die Säulen der Infrastruktur für Transport, Speicherung und Verteilung erneuerbarer Primärenergien sein."

Hinsichtlich des bisher Erreichten zeigte sich Vorstandsmitglied Dr. Ulrich Schmidtchen zufrieden: „Wir sind besonders froh darüber, dass der technische Fortschritt und die politische Unterstützung im Moment synchron laufen. Das war in der Vergangenheit nicht immer so." Gleichzeitig forderte der DWV eine stärkere bundespolitische Unterstützung bei der Vereinheitlichung von Zulassungsregelungen im öffentlichen Bereich, und zwar länderübergreifend.

Details über das von Dr. Andreas Ziolek vorgestellte HyRamp-Vorhaben können in der nächsten Ausgabe der HZwei nachgelesen werden. ||

DWV auf der Hannover Messe → Halle 13, Stand H66/3

h2-netzwerk-ruhr GEGRÜNDET

In Nordrhein-Westfalen ist derzeit vor der nächstjährigen Weltwasserstoffkonferenz in Essen viel los. Anfang dieses Jahres erfolgte zunächst der Zusammenschluss der Städte Bottrop, Gladbeck, Herten und Marl mit der Emschergenossenschaft, der Wirtschaftsförderung metropoleruhr GmbH sowie der WiN Emscher-Lippe GmbH, und nur wenige Wochen später gründeten diese das h2-netzwerk-ruhr e.V.. Die Auftaktveranstaltung fand am 11. März 2009 unter Anwesenheit von Vertretern aus Industrie und Politik in Bottrop statt.

Gemeinsam verfolgen die Vereinsmitglieder das Ziel, die regionalen Aktivitäten im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie noch stärker zu fördern, um zukünftig im europäischen Rahmen besser wahrgenommen zu werden. Außerdem soll dazu beigetragen werden, die ehemals montan geprägte Region in einen Standort für „Neue Energien" umzuwandeln und als europaweit bedeutenden Standort für die Wasserstoff- und Brennstoffzellenindustrie zu etablieren.

Der Hertener Stadtbaurat Volker Lindner erklärte: „Wir wollen das Silicon Valley der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie werden." Ähnliche Ambitionen sind auch aus der Region Leipzig/Dresden bekannt (s. S. 7). ||

→ *www.h2-netzwerk-ruhr.de*

HESSEN ERHÄLT H2BZ PROJEKT GMBH

In Punkto professioneller Netzwerk- und Öffentlichkeitsarbeit im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzellen war Hessen deutschlandweit stets mit führend. Am 15. Januar 2009 legte die Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Initiative Hessen nochmals einen drauf und gründete eine eigene Projektgesellschaft.

Mit der H2BZ Projekt GmbH verfügt Hessen nun über ein eigenes Unternehmen, das sich ausschließlich Projekten aus den Gebieten der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie widmet. Das Ziel dieser Initiative ist, nicht nur eigene Projekte zu initiieren, sondern die Umsetzung auch aktiv zu begleiten und zu unterstützen, wovon sich Birgit Scheppat, Vorstandsvorsitzende der H2BZ-Initiative Hessen, einen deutlichen Mehrwert für ihre Mitglieder verspricht.

Geschäftsführer der in Wiesbaden ansässigen H2BZ Projekt GmbH ist Alfred Stein. Er erklärte: „Über Wasserstoff und Brennstoffzellen wird schon zu lange diskutiert. Wir wollen mit unserer Projekt GmbH allen aktiven Unternehmen helfen, mit wettbewerbsfähigen Produkten und Konzepten auf den Markt zu kommen." ||

H2BZ Initiative Hessen in Hannover → Halle 13, Stand E50/1

KNALL IM UNTERRICHT

Die Knallgasprobe ist ein chemisches Experiment zum Nachweis von Wasserstoff. Üblicherweise knallt es bei der Durchführung einmal, ohne dass Mensch oder Material dabei zu Schaden kommen. Im Chemieunterricht an einer Bochumer Realschule ist es jedoch Anfang Februar 2009 zu einer ungewollt heftigen Reakti-

on gekommen. 24 Schüler der neunten Klasse sowie zwei Lehrer wurden dabei verletzt. Sie zogen sich Hautverletzungen und Knalltraumata zu und wurden ins Krankenhaus gebracht. Bei dem Versuch hatte der Lehrer Wasserstoff mit Hilfe von Schwefelsäure und Eisenspänen erzeugt. Spritzer der Schwefelsäure gelangten in die Augen dreier Schüler, die keine Schutzbrillen trugen. ||

FÜHRUNGSWECHSEL BEI P21

Wolfgang Essig [Quelle: P21]

Wolfgang Essig hat im Januar 2009 als neuer Geschäftsführer die Leitung bei der P21 GmbH übernommen. Zuvor war Dieter Brächtken als CEO bei dem Brunnthaler Unternehmen im Amt.

Essig, der bereits bei verschiedenen Telekommunikationsfirmen in Führungspositionen tätig war (z. B. British Telecom, Level3, Siemens), gilt mit mehr als 29 Jahren Berufserfahrung als ausgewiesener Branchenkenner. 2006 erhielt er den National Leadership Award des Economic Forums Deutschland e.V. Zuletzt arbeitete er als Mitglied des Konzernvorstandes bei COLT Telecom.

Essig wird sich zunächst vorrangig um den Ausbau des Lösungs- und Serviceportfolios sowie die Stärkung des Unternehmens kümmern. Seine erste wichtige Personalentscheidung war Anfang März 2009 die Berufung von Dieter Klein zum Chief Operating Officer. Klein war zuvor als CEO bei Nokia Siemens Networks tätig und übernimmt jetzt den Vertriebs- und Marketingbereich sowie den technischen Service bei P21. Das bayerische Unternehmen entstand aus einem Management-Buy-out aus dem Vodafone-Konzern und zählt mittlerweile zu den führenden Anbietern von Energiemanagement-Lösungen im Telekommunikationsbereich. ||

H_2-MEILE MODENA – MÜNCHEN

Am 23. Februar 2009 hat die Landesregierung von Südtirol den Weg zum Aufbau eines Wasserstoffzentrums im Süden Bozens frei gemacht. Der Standort soll direkt an der Autobahnausfahrt liegen. Landeshauptmann Luis Durnwalder erklärte: „Damit schaffen wir die Voraussetzung für die Verwirklichung der geplanten Wasserstoffmeile zwischen Modena und München." Diese 650 km lange Autobahnverbindung soll bis 2010 eine Vollversorgung für H_2-Fahrzeuge ermöglichen. Die Planung des italienischen Teils – vom Brenner bis nach Modena – ist bereits in die Wege geleitet.

Sichtlich erfreut zeigte sich Durnwalder über das Interesse von EU-Energiekommissar Andris Piebalgs: „Der Kommissar hat betont, dass es das erste konkrete Projekt dieser Art in Europa sei." Ziel des Landes Südtirol ist, bis 2013 rund 75 Prozent des Energiebedarfs in Südtirol – Verkehr ausgenommen – mit alternativen Energiequellen abzudecken. ||

AUS FVS WIRD FVEE

FVEE ForschungsVerbund Erneuerbare Energien
Renewable Energy Research Association

Ein Name allein mag noch nicht allzu viel bedeuten, aber er sollte doch widerspiegeln, wofür er steht. Dies hat sich auch der ForschungsVerbund Sonnenenergie (FVS) gedacht, der Anfang des Jahres seine Umbenennung bekannt gab. Fortan heißt er ForschungsVerbund Erneuerbare Energien (FVEE). „Der neue Name spiegelt das Tätigkeitsfeld besser wider", hieß es.

Seit geraumer Zeit beschäftigen sich die zehn Mitgliedsinstitute, die durch mehr als 1.600 Wissenschaftler und Mitarbeiter repräsentiert werden, auch mit anderen Themen als nur mit Photovoltaik und Solarthermie. Brennstoffzellen und Wasserstoff gehören ebenso zu ihren Tätigkeitsbereichen wie Geothermie, Biomasse und Windenergie. Mit dem neuen Namen sei nun besser ersichtlich, dass der Verbund auf allen Gebieten der erneuerbaren Energietechnologien tätig ist. ||

→ *www.fvee.de*

Dynamisches Testen von Brennstoffzellen?

Wir sind an der Hannover Messe: Group Exhibit H2/FC Halle 13 Stand G44/5

Präzise Massedurchflussmesser und Regler von Vögtlin Instruments AG:

- Hohe Genauigkeit dank Echtgaskalibrierung
- Unempfindlicher auf Kondensatbildung
- Grosser Dynamikbereich – geringer Druckverlust
- Herstellung von präzisen Gasgemischen
- Analoge & digitale Schnittstelle (Profibus)

Noch Fragen? Gerne geben wir Ihnen weitere Auskunft!

vögtlin instruments

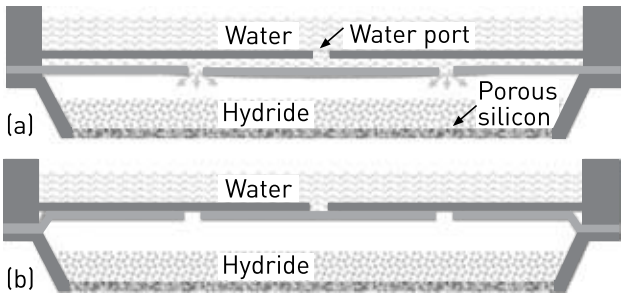
Telefon: +41 61 756 63 00
Internet: www.voegtlin.com

KLEIN, KLEINER, MINI

Beim Wettlauf um die kleinste Brennstoffzelle dürfte die Universität von Illinois mittlerweile ganz weit vorne liegen. Deren Energiewandler misst gerade mal 3 mm x 3 mm x 1 mm und ist voll funktionsfähig. Wie das Wissenschaftsmagazin New Scientist berichtete, erzielte der erste Prototyp mit Wasserstoff eine Spannung von 0,7 Volt bei 0,1 Milliampere Stromstärke. Mit einer Tankfüllung arbeitet das System 30 Stunden.

Probleme bereiteten allerdings zunächst die Peripheriegeräte. „Derart verkleinerte Komponenten benötigen zumeist mehr Energie für ihren Betrieb, als das Brennstoffzellensystem liefern kann“, erläutert der Wissenschaftler Saeed Moghaddam. Deswegen verzichtet er auf Pumpen und baut auf Oberflächenspannung. Die Minizelle verfügt über lediglich vier Komponenten: Das oben liegende Wasserreservoir wird durch eine dünne Membran von dem darunter befindlichen Metallhydrid getrennt. Über kleine Löcher gelangt Wasserdampf nach unten und bildet Wasserstoff (a). Ist ausreichend H_2-Gas vorhanden, drückt es die Membran hoch und verschließt die Löcher (b). Der eigentliche Strom wird in der unten liegenden Elektroneneinheit erzeugt.

Der Betrieb von Mobiltelefonen sei damit zwar noch nicht möglich, aber für Mikroroboter könnte sie durchaus geeignet sein, insbesondere wenn noch die erhoffte Verzehnfachung der Stromstärke erreicht wird. ||



[Quelle: Journal of Microelectromechanical Systems]

BZ-HUBSCHRAUBER II

Unverhofft ist das Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM) in den Genuss kostenloser PR-Arbeit gekommen. Ohne eigenes Zutun kursierte vor einigen Wochen die Meldung durch die Medien, gemäß der ein brennstoffzellenbetriebener Mini-Hubschrauber des Instituts zur Lebensrettung eingesetzt werden könne. Falsch war diese Meldung nicht, aber leider schon mehrere Monate alt. Institutsleiter Dr. Robert Hahn freute sich zwar über das neuerliche Interesse von Fernsehstationen und Zeitungsredaktionen aus aller Welt – sogar aus China kamen Anfragen, aber gegenüber HZwei räumte er sofort offen und ehrlich ein, dass die Originalmeldung vom Juni 2008 stamme; nicht super alt, aber eben auch nicht mehr ganz neu.

AUSLANDSEINSÄTZE

Die Präsenz deutscher Firmen auf ausländischen Brennstoffzellen- und Wasserstoffveranstaltungen hat nicht zuletzt aufgrund der Vorbereitungsarbeiten auf die in Essen stattfindende Weltwasserstoffkonferenz 2010 zugenommen. So verwundert es nicht, dass es auch in Vancouver, Kanada, einen Gemeinschaftsstand deutscher Firmen auf der Hydrogen and Fuel Cells (31. Mai bis 3. Juni 2009) geben wird. Analog zu den jüngsten Events in Brisbane, Australien, (WHEC 2008) und Tokio, Japan, (Fuel Cell Expo 2009) wird dieser von der Peter Sauber Agentur Messe und Kongresse GmbH organisiert.

Am Rande der Fuel Cell Expo, die vom 25. bis 27. Februar in Japan stattfand, wurde gemeldet, dass das Energieland Nordrhein-Westfalen auf eine engere Zusammenarbeit mit Japan setzt. Peter Scholz, im Landeswirtschaftsministerium zuständig für Außenwirtschaftsbeziehungen, erklärte in Tokio: „Gerade auf Gebieten wie der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie gibt es Kooperationsmöglichkeiten mit japanischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen.“ Hanns-Joachim Neef, ehemals beim Projektträger Jülich, kündigte an, noch innerhalb der nächsten zwölf Monate Delegationen aus Kyushu nach Nordrhein-Westfalen bringen zu wollen.

Auch der Organisator des Gemeinschaftsstandes Wasserstoff und Brennstoffzellen der Hannover Messe, Tobias Renz FAIR-PR, beschränkt sich nicht mehr nur auf deutsches Terrain und tritt dieses Jahr erstmalig in Shanghai, China, als Mitveranstalter der China International Hydrogen & Fuel Cell Expo (14. bis 16. August 2009) auf. ||

→ *www.hfc2009.com*
→ *www.hfce.cn*

VENEZIANISCHES H_2-TAXI

Die Gondeln in Venedig sind weltweit berühmt und benötigen außer einer langen Schubstange keinerlei technische Finessen – dafür werden aber in der Regel nur zwei Personen befördert. Um etwas mehr Menschen gleichzeitig von A nach B chauffieren zu können, gibt es in der italienischen Lagunenstadt die Wassertaxen. Die wurden bisher mit konventionellen Dieselaggregaten betrieben. Die moderne Alternative sieht dafür jetzt einen Hybridantrieb bestehend aus einer Brennstoffzelle, einem Akkumulator und einer Solaranlage vor.

Zur Umsetzung dieser Idee haben sich mehr als zwölf italienische Firmen und Forschungsinstitute zusammengeschlossen. Kurz vor Weihnachten 2008 präsentierten sie das Vorhaben, nachdem bereits im September das Wirtschaftsministerium seinen Segen erteilt und eine 5-Mio.-Euro-Förderung im Rahmen des Programms Industria 2015 für dieses Vision-Projekt zugesagt hatte. Projektleiter und Koordinator ist das staatliche Schiffsbauunternehmen Fincantieri, das gemeinsam mit den städtischen Verkehrsbetrieben ACTV und vorwiegend lokalen Firmen eine Realisierung bis 2013 anstrebt.

Bis dahin soll eine kleine Nahverkehrsflotte mit 16 umweltfreundlichen Wassertaxen fertig gestellt werden. Diese sollen mit PEM-Brennstoffzellen bestückt und auf den Dächern mit Solarpanelen ausgestattet werden. Der benötigte Wasserstoff soll vom halbstaatlichen, weltweit drittgrößten Energiekonzern Enel kommen, der im März 2008 mit dem Bau eines Wasserstoffwerks (Kapazität: 16 MW) in Fusina unweit Venedigs begann. Bis zur Fertigstellung der mit 240 Passagierplätzen ausgestatteten Prototypen werden voraussichtlich noch drei Jahre vergehen.

Der zuständige Forschungsleiter bei Fincantieri, Piercipriano Rollo, kündigte an: „Die Motorboote in Venedig werden geräusch- und emissionsfrei wie Gondeln durch die Kanäle gleiten.“ ||

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

FUEL CELL VALLEY

Sachsen – Quo Vadis?

Wirtschaftsminister Thomas Jurk (l.), Rainer Lochschmidt, Flexiva

Das Solar Valley in Sachsen hat sich weit über Deutschlands Grenzen hinaus einen Namen gemacht. Ähnlich, wie sich vor Jahren die Halbleiterindustrie im US-amerikanischen Silicon Valley ansiedelte, hat sich mittlerweile eine Vielzahl an Firmen im deutschen Osten niedergelassen. Und während die dortige Solarindustrie wächst und wächst, scheint es, als wenn im Großraum um Leipzig und Dresden bereits eine weitere Erfolgsgeschichte im Entstehen begriffen ist – allerdings noch in den allerersten Anfängen.

Alle zwei Jahre trifft sich die ostdeutsche BZ-Szene während der enertec in Leipzig, um dort über ihre Forschungsfortschritte zu informieren. So auch in diesem Jahr, als die Brennstoffzellen Initiative Sachsen BZS e.V. vom 27. bis 29. Januar 2009 zum Besuch des Gemeinschaftsstandes sowie des -Forums eingeladen hatte. Während der Podiumsdiskussion „KWK mit Brennstoffzellen – Quo Vadis?“ gab es mehrfache Andeutungen, dass die Entwicklung der regionalen BZ-Szene durchaus Parallelen zum Werdegang der dortigen Solarindustrie aufweist. So erinnerte Prof. Alexander Michaelis, Direktor des Fraunhofer-Instituts Keramische Technologien und Systeme (IKTS), daran, dass auch die Solarbranche lange Zeit unterschätzt wurde und erst vor wenigen Jahren den endgültigen Durchbruch schaffte. Seiner Meinung nach könnte es im Brennstoffzellensegment ganz ähnlich verlaufen, auch wenn dort derzeit noch etwas Geduld gefragt sei.

Dr. Hartmut Krause, Geschäftsführer der DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH und Vorsitzender der Brennstoffzellen Initiative Sachsen, stellte zudem die regionalen Technologie-Cluster vor. Sowohl im Bereich der PEM- als auch der SOFC-Technik gibt es mittlerweile mehrere Unternehmen und Institute, die seit Jahren erfolgreich zusammenarbeiten. Auf diese Weise ist unter anderem das komplett in Deutschland entwickelte und zusammengebaute PEM-Hausenergieversorgungssystem inhouse5000 entstanden.

Erstmals wurde während der Podiumsdiskussion die Idee laut, in Analogie zum Solar Valley ein Fuel Cell Valley ins Leben zu rufen, was allerdings nicht ganz ohne politische Unterstützung funktionieren wird. Gute Kontakte zum Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit existieren bereits. Der sächsische Wirtschaftsminister Thomas Jurk erschien höchstpersönlich am BZS-Gemeinschaftsstand (s. Foto). ||

BZS, BTI, DBI, EBZ, Flexiva, IFAM, IKTS, RBZ, TU Freiberg auf der Hannover Messe → Halle 13, Stand F 50/1

f-cell

Die Brennstoffzelle | 9. Forum für Produzenten und Anwender

Foto: Daimler

28.-29.9.2009
Stuttgart

Haus der Wirtschaft

Das internationale Forum für die Branche

Schwerpunkt 2009: mobil

Fachvorträge
Messe
f-cell*Award*

www.f-cell.de

DAIMLER | Baden-Württemberg | Wirtschaftsförderung Region Stuttgart | PETER SAUBER AGENTUR

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

NIVEAU HALTEN TROTZ KRISE

Hannover Messe macht mobil

P250 Schlepper mit BZ-Antrieb [Quelle: Linde Material Handling]

Auf der Hannover Messe ist der größte europäische Gemeinschaftsstand für Wasserstoff und Brennstoffzellen zu Hause und obwohl auch im Messegeschäft die Folgen der Finanzkrise deutlich zu spüren sind, zeigen sich die Veranstalter zuversichtlich, in diesem Jahr die Ausstellerzahl vom Vorjahr halten zu können. Trotz schwieriger Ausgangslage werden wieder zahlreiche Firmen zu den Zukunftsthemen erneuerbare Energien, Energieeffizienz, Wasserstoff und Brennstoffzellen ausstellen, so dass die Chancen gut stehen, dass vom 20. bis 24. April 2009 viele interessante Neuigkeiten zu bestaunen sein werden.

Die Deutsche Messe AG zeigte sich vorab zuversichtlich, dass die gesamte Energy, eine der insgesamt 13 Einzelmessen, das Vorjahresniveau halten kann. Die bisherigen Ausstelleranmeldungen lägen „nicht schlechter" als 2008, wo über 1.000 Stände aufgebaut wurden, was an dem ungebrochenen Interesse an den Themen Erneuerbare Energien und Energieeffizienz liegen dürfte. Dies spiegelt sich auch in der Premiere der neuen Leitmesse Wind wieder, die dieses Mal ergänzend zu den beiden anderen Energie-Leitmessen Energy und Power Plant stattfindet und alleine 200 Aussteller erwartet.

VIELE NEUERUNGEN Der Organisator des Gemeinschaftsstandes Wasserstoff und Brennstoffzellen Tobias Renz rechnet in diesem Jahr mit rund 145 Ausstellern aus über 23 Ländern. Erfreut zeigt er sich, dass in diesem Jahr wieder Firmen wie Ballard Power Systems, BASF Fuel Cell, MTU Onsite Energy und Plug Power mit dabei sind. Darüber hinaus sind erstmalig mit vertreten Institutionen wie Buschjost Norgren, DBI Gas- und Umwelttechnik, Enerday, FWB Kunststofftechnik, NOW, ThyssenKrupp Marine Systems sowie Vögtlin Instruments. Zum ersten Mal wird es in diesem Jahr einen Ausstellungsbereich außerhalb von Halle 13 geben. Auf einem 3.000 Quadratmeter umfassenden Freigelände vor Halle 27 können in diesem Jahr mit Brennstoffzellen betriebene Fahrzeugen live erlebt werden.

Die zweite Neuerung ist das zweigeteilte Diskussionsforum: Im moderierten *Public Forum* im Zentrum des Gemeinschaftsstandes werden täglich rund 20 Vertreter aus Wirtschaft und Wissenschaft über aktuelle Herausforderungen diskutieren. Im zweiten Forum, dem *Technischen Forum*, stellen Aussteller erstmals die technischen Finessen ihrer Produkte und Entwicklungen vor.

Eine wahre Erfolgsgeschichte kann auf dem Stand der SFC Smart Fuel Cell AG angeschaut werden. Dr. Peter Podesser, der SFC-Vorstandsvorsitzende, sagte: „In der Tat sehen wir uns bei SFC als ‚Eisbrecher' in einer Industrie, die bislang eher durch Prototypenankündigungen als durch echte kommerzielle Lösungen in der Öffentlichkeit bekannt ist. Mittlerweile laufen weltweit über 11.000 SFC-Brennstoffzellen in den unterschiedlichsten Anwendungen bei Endverbrauchern und professionellen Nutzern. Mit einem attraktiven Preis zwischen 2.000 und 4.000 Euro je nach Leistung sind sie mittlerweise in vielen Industriesparten die Energieversorgung der Wahl geworden."

In Halle 13 wird außerdem der P250 Linde PureMotion Schlepper zu sehen sein. Er verfügt über ein HyPX Fuel Cell Hybrid Power Pack von der Hydrogenics GmbH und wurde erstmals von Linde Material Handling während der CeMAT 2008 in Hannover gezeigt. Mit Hilfe einer Förderung aus dem Nationalen Innovationsprogramm plant Linde den Bau und den Betrieb von insgesamt 50 dieser Fahrzeuge, um bis 2015 Messdaten für eine detaillierte Auswertung sammeln zu können. Der Schlepper verfügt über eine Dauerleistung von 10 kW und wird mit gasförmigem Wasserstoff (350 bar) versorgt.

NRW WIRBT FÜR WHEC 2010 Auch wieder mit von der Partie ist das Energieland Nordrhein-Westfalen, das mit mehr als 20 Unternehmen und Forschungseinrichtungen auf seinem rund 600 m² großen Gemeinschaftsstand Neues aus den Bereichen Brennstoffzelle und Wasserstoff, Kraftstoffe und Antriebe sowie Photovoltaik unter dem Motto „Mobil mit neuer Energie" präsentieren wird. Das diesjährige Highlight dürfte der Hyundai Tucson FCV sein, den das Kompetenz-Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW unter Bezugnahme auf das diesjährige Partnerland Korea als Mitaussteller gewinnen konnte. Außerdem wird es in diesem Jahr einen *Info-Point Außenwirtschaft* geben, auf

dem Experten über Chancen für deutsche Unternehmen in Pennsylvania, Norwegen, Australien, Chile und Singapur informieren.

Um die Praktikabilität von Brennstoffzellenanwendungen zu demonstrieren, wird die Beleuchtungsanlage des Gemeinschaftsstandes während der gesamten Messezeit von einem BZ-System des Mitausstellers IdaTech Fuel Cells GmbH mit Strom versorgt. Die ElectraGen™ XTi wird mit einem Methanol-Wasser-Gemisch betrieben und arbeitet gänzlich autark. Als weiterer Teilnehmer wird die Masterflex Brennstoffzellen GmbH ihre neusten Produkte für Indoor-Anwendungen vorstellen. Gemeinsam mit der digomed: medical IT solutions GmbH schloss Masterflex Mitte März 2009 eine Kooperation für die Vermarktung von mobilen Visite- und Werkstattwagen. Und die Gräbener Maschinentechnik GmbH & Co. KG zeigen, wie in Netphen-Werthenbach bei Siegen metallische Bipolarplatten in Serie hergestellt werden. Wem das noch nicht genug ist, der kann an den täglich stattfindenden Rennfahrten mit der brennstoffzellenbetriebenen Carrera-Bahn teilnehmen. Den Gewinnern winken Karten für die 18. Weltwasserstoffkonferenz (WHEC), die vom 16. bis 21. Mai 2010 in Essen stattfinden wird.

Neben diesen großen Ständen gibt es noch zahlreiche Einzelaussteller in verschiedenen anderen Hallen, wie beispielsweise Promat, die eine mikroporöse Dämmplatte (Promalight) für Temperaturen bis zu 1.000 °C herstellen (Halle 5, Stand D26), oder AEI Europe, die Wasserstoff mit einem eigens entwickelten Verfahren aus Methan und Biogas herstellen (Gemeinschaftsstand Stadt Celle, Halle 13, Stand E10). Walther-Präzision präsentiert in Halle 20 auf Stand B11 Hochdruckbetankungssysteme für Kraftfahrzeuge (bis 875 bar). Auch die Clean Mobile AG ist in diesem Jahr wieder auf dem Bayern-Innovativ-Stand mit dabei (Halle 13, Stand E71) und zeigt Brennstoffzellenantriebe für Elektrofahrzeuge (s. HZwei Juli 2008).

SONDERSCHAUEN Um nachhaltige Mobilität geht es auch auf der Clean Moves. In Halle 13 auf dem Stand B78 werden zahlreiche Anschauungsobjekte zum Thema energieeffiziente Mobilität vorgestellt. Zudem werden an allen Messetagen im 20-Minuten-Takt Vorträge über den anstehenden Mobilitätswandel abgehalten. In Halle 24 gibt es darüber hinaus noch die Sonderschau E-Motive, die sich dem Bereich der elektrischen Fahrzeugantriebe widmet.

Für eine schnelle Verbindung zwischen den verschiedenen Messehallen sorgen dieses Mal zwei Brennstoffzellenbusse, die von der Düsseldorfer Rheinbahn und den Vestischen Straßenbahnen aus Herten zur Verfügung gestellt werden. ||

Hydrogenics in Hannover → Halle 13, Stand F66/1
NRW-Gemeinschaftsstand → Halle 13, Stand C68

→ *www.fair-pr.com*

Kommerzialisierung von Wasserstoff und Brennstoffzellen

→ 16. Gemeinschaftsstand Wasserstoff und Brennstoffzellen
HANNOVER MESSE 2010
19. – 23. April
www. fair-pr.com

→ Internet Dokumentation über weltweite H_2/FC Konferenzen

→ Hintergrund-Information zu Energie-Effizienz u.a.

EVERS → www.fair-pr.com/background/facts.php

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

DIE GAMMA-VERSION IST DA

Baxi Innotech baut auf Stacks von Ballard

GAMMA 1.0: kompakt (60cm x 60cm x 160cm) und einfach zu transportieren, r.: Guido Gummert [Quelle: Baxi Innotech]

In den vergangenen Monaten war es still um Brennstoffzellenheizgeräte, lediglich das im Herbst 2008 gestartete Callux-Projekt sorgte für einige Neuigkeiten. Von Seiten der Heizungsbauer gab es jedoch schon lange keine neuen Entwicklungen mehr zu vermelden. Pünktlich zur Vorbereitung der Hannover Messe kommt aber wieder etwas Leben in die Branche. Viessmann, Hexis und auch CFCL melden sich wieder zurück, und die Baxi Innotech GmbH wartet sogar mit einer komplett neuen Version ihres Brennstoffzellenheizgeräts auf, dem Modell GAMMA 1.0.

Das neue BZ-Heizgerät hat einen neuen Namen und auch eine neue Leistungsklasse, besitzt aber nach wie vor über eine Niedertemperatur-PEM-Brennstoffzelle. Die jetzt vorliegende dritte Entwicklungsstufe verfügt über eine elektrische Leistung von 1 kW. Diese Leistungsreduzierung von zuvor 1,5 kW_{el} wurde infolge einer weiteren Optimierung des Produktionsverhältnisses von Strom zu Wärme möglich. Guido Gummert, Geschäftsführer der Baxi Innotech, erklärte gegenüber HZwei: „Damit können wir häufiger im Nennlastpunkt fahren."

LEISTUNGSREDUZIERUNG Die erstmalige Vorstellung erfolgte am 11. März 2009 während der Weltleitmesse für Energie- und Heizungstechnik (ISH) in Frankfurt am Main. Gegenüber dem Vorgänger (BETA 1.5) sollen mit diesem Modell höhere Wirkungsgrade und geringere CO_2-Emissionen erzielt werden. Darüber hinaus wird eine längere Lebensdauer angegeben (20.000 Stunden) bei gleichzeitig reduzierten Kosten. Die GAMMA 1.0 vermag 100 Prozent des Warmwasser- und Heizbedarfs und knapp drei Viertel des Strombedarfs von Einfamilienhäusern abzudecken. Äußerlich weist es sichtbare Züge eines nahezu ausgereiften Aggregates auf.

Während des Entwicklungsprozesses erfuhr die gesamte Steuerungssoftware eine Optimierung. Die Messtechnik wurde ebenso reduziert wie Anzahl und Länge der Rohrleitungen. Zudem wurde die Wasseraufbereitung überarbeitet und ein neues Brennwertgerät eines Baxi-Schwesterunternehmens integriert.

Mit der Präsentation kündigte das Hamburger Unternehmen den Start einer ersten Kleinserie zur Marktvorbereitung an. Ab Oktober 2009 sollen die Feldtests starten. Seit 2005 wurden 15 BETA-1.5-Systeme getestet. Weitere 20 BETA-1.5-Plus-Modelle wurden bereits, zehn weitere werden noch bis zum Sommer 2009 unter anderem in Baden-Württemberg, Niedersachsen, dem Saarland, Brandenburg und Hamburg sowie in den Niederlanden und Großbritannien installiert.

BRENNSTOFFZELLEN AUS KANADA Überraschend kam am gleichen Tag die Meldung, dass die Hanseaten einen Liefer-, Lizenz- und Kooperationsvertrag mit Ballard Power Systems geschlossen haben. Dieser Vertrag sieht vor, dass der kanadische BZ-Entwickler seinen FCgen-1030-Stack exklusiv an Baxi Innotech für den Einsatz in der neuen GAMMA 1.0 im Rahmen des so genannten 800-Keller-Programms Callux liefert. Im Gegenzug sichern die Hamburger zu, eine Mindestmenge an Stacks abzunehmen. Die Weiterentwicklung dieses Stacks, in den bereits Erfahrungen aus dem japanischen Heizgerätemarkt eingeflossen sind, soll für den europäischen Markt zukünftig gemeinsam erfolgen. Zudem erwägen die Partner, die Fertigung nach Deutschland zu verlagern.

Martyn Coffey, Vorstandsvorsitzender der Baxi Gruppe, erklärte in Frankfurt: „Wir sehen die Kraft-Wärme-Kopplung, die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme, als eine der effizientesten Lösungen an, um grundlegenden Veränderung in der Klima- und Energiepolitik verantwortungsvoll zu begegnen. Sie wird spürbaren Einfluss auf unsere Produktentwicklung haben – eine Weiterentwicklung vom klassischen Heizkessel zum systemorientierten Gesamtkonzept". Gummert konkretisierte: „Wir stellen der Öffentlichkeit ein Aggregat vor, das in Leistung, Maßen und Gewicht nunmehr sehr praxisgerechte Züge trägt. Die GAMMA 1.0 ist das Ergebnis einer sechsjährigen Zusammenarbeit mit Zulieferern, Energieversorgungsunternehmen und Fachhandwerkern, die ein in Form und Technik reifes Konzept ergeben hat."

ENERGIE ERZEUGENDES HAUS Auch die schweizerische Hexis AG arbeitet weiterhin an BZ-Heizgeräten, allerdings an Festoxidbrennstoffzellen. Das in Winterthur ansässige Unternehmen konzentriert sich derzeit mit seinen 15 Mitarbeitern auf die Verringerung der Degradation. Wie die Initiative Brennstoffzelle meldete, rechnet Hexis damit, dass ab dem Jahr 2012 mit dem Einstieg in einen Premiummarkt zu rechnen sei, ehe die Systeme ab etwa 2017 in Großserien produziert werden können. Zur Realisierung ihrer Pläne haben die Schweizer Mitte März 2009 eine Entwicklungs- und Vermarktungskooperation mit Hoval und Stiebel Eltron geschlossen, um dadurch eine Vorreiterrolle auf dem Weg zum `Energie erzeugenden Haus´ übernehmen zu können.

Währenddessen intensivierte Ceramic Fuel Cells Limited (CFCL) seine Zusammenarbeit mit dem Energieversorger E.ON. Anfang Februar 2009 gaben beide Unternehmen bekannt, in den nächsten drei Jahren bei der Entwicklung sowie Vermarktung von BZ-Heizgeräten in Großbritannien enger zusammenarbeiten zu wollen. Inhalt der Vereinbarung ist ein Exklusivrecht für E.ON für den Einsatz der Gennex-Modelle auf den britischen Inseln bei einer Mindestabnahmemenge von 100.000 Stück innerhalb von sechs Jahren.

Viessmann verkündete indes, dass mit Brennstoffzellen rund 25 % der Energiekosten eines Einfamilienhauses eingespart werden könnten. Dies sei das Ergebnis einer Simulationsrechnung, hieß es seitens des Heiztechnikherstellers, bei der das wirtschaftliche Potenzial der BZ-Technik analysiert worden ist. Im Rahmen eines seit Anfang 2008 laufenden Feldtests erzielte ein mit Erdgas betriebenes Versuchsgerät eine elektrische Leistung von 1,35 Kilowatt und eine Wärmeleistung von 4,3 kW (Gesamtwirkungsgrad: 80 %). Der Betriebsanteil der PEM-Brennstoffzelle an der Wärmeerzeugung lag während der kalten Monaten Februar und März bei 40 beziehungsweise 43 %, während der Sommermonate Juni, Juli und August, in denen kaum geheizt werden musste, betrug der Anteil rund 80 %. Die restliche Arbeit übernahm ein herkömmliches Gaswandgerät.

KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG Neue rechtliche Rahmenbedingungen gelten seit dem 1. Januar 2009 in punkto Stromeinspeisung. Brennstoffzellen werden ähnlich wie Blockheizkraftwerke auch als geeignete Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) angesehen, für die das KWK-Gesetz gilt. Somit sind Brennstoffzellen auch von den Überarbeitungen betroffen, die seit Anfang des Jahres in Kraft getreten sind. Demnach erhalten die Betreiber bei einer Stromeinspeisung ins öffentliche Netz vom Netzbetreiber den gesetzlich vorgeschriebenen Zuschlag in Höhe von 5,11 Cent pro erzeugter Kilowattstunde. Diese Regelung gilt zehn Jahre lang. Hintergrund dieser Maßnahme ist das Ziel der Bundesregierung, durch die gezielte Förderung derartiger Anlagen den KWK-Anteil in der Stromerzeugung um 25 Prozent zu steigern. Damit sollen Energieressourcen geschont, Emissionen vermindert und der Klimaschutz vorangetrieben werden. In der Praxis bedeutet dies, dass die Betreiber der Stromnetze verpflichtet sind, Brennstoffzellen ans Netz anzuschließen, den erzeugten Strom abzunehmen und diesen zu vergüten. Wie hoch diese Vergütung im Einzelfall ausfällt, orientiert sich jeweils am aktuellen Strompreis, der an der Strombörse EEX in Leipzig für Grundlaststrom bezahlt wird, und wird jeweils quartalsweise neu bestimmt. Dazu kommt dann noch der besagte vorgeschriebene Zuschlag von 5,11 Cent pro Kilowattstunde. ||

Innitiative Brennstoffzelle in Hannover → Halle 13, Stand E44/1
CFCL in Hannover → Halle 13, Stand F54/4

RICELL
FUEL CELL PERFORMANCE

Mit Sicherheit mehr Sicherheit!
Ob Indoor oder Outdoor, ob zeitweilige, dezentrale oder unterbrechungsfreie Stromversorgung, in der IT oder auch an schwer zugänglichen Stellen – Rittal Brennstoffzellensysteme bieten für nahezu jeden Anwendungsfall die richtige und zuverlässige Lösung. Da können Sie sicher sein!

- Hoher Wirkungsgrad **bis 50 %** spart bares Geld
- Skalierbare Leistung von 0,3–20 kW
- CO_2-freie Stromerzeugung
- Geräuscharm
- Geringe Wartungskosten
- Perfekter Gehäuseschutz für extreme Temperaturbereiche

Hannover Messe,
20.04.–24.04.2009,
Halle 11, Stand D06

Rittal GmbH & Co. KG – Auf dem Stützelberg
D-35745 Herborn – Telefon 02772 505-0
eMail info@rittal.de – www.rittal.de

FRIEDHELM LOH GROUP

RITTAL

Thema: Solar | **Autor:** Sven Geitmann

SOLARER WASSERSTOFF

Vision oder Utopie?

[Quelle: danielschoenen – Fotolia.com]

Immer wieder manifestiert sich Kritik am Wasserstoff, weil dieser momentan zu über 85 Prozent aus Erdgas hergestellt wird. Wirklich sauber sei das ja nicht und nachhaltig schon gar nicht, so heißt es dann. Diesem Kontrapunkt wird stets der Verweis auf die Zukunft entgegengestellt: Wasserstoff könne mit Hilfe erneuerbarer Energien hergestellt werden, per Elektrolyse mit Hilfe von Windstrom oder durch Solarenergie. Aber geht das denn überhaupt? Wie realistisch ist diese Zukunftsvision? Die HZwei geht dieser Frage in diesem Heft nach und widmet sich insbesondere dem solaren Wasserstoff. In loser Reihenfolge werden dann in den nächsten HZwei-Ausgaben weitere Schwerpunkte zu den Themen Wind- und Bioenergie folgen.

Die Idee von einer solaren Wasserstoffwirtschaft ist nicht neu. Ein erstes so benanntes Konzept hat seine Ursprünge bereits in den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts. Hinter diesem Begriff verbirgt sich die Idee, dass die Sonnenenergie nicht nur genutzt wird, um über Photovoltaik Strom oder über Solarthermie warmes Wasser zu erzeugen. Der eigentliche Ansatz ist vielmehr, die Sonnenenergie direkt oder indirekt zur Herstellung von Wasserstoff zu verwenden. Zur Realisierung könnte solare Primärenergie in Sekundärenergie (Wärme oder Strom) umgewandelt werden, um daraus dann Wasserstoff zu erzeugen. Der Wasserstoff stünde dann als Sekundärenergieträger zur Verfügung, der entweder direkt genutzt oder über größere Entfernungen transportiert werden kann. Der Wasserstoff ist hierbei der Energiespeicher, der Sonnenenergie transportabel macht.

Die Frage ist nur, wie die H_2-Herstellung am sinnvollsten durchgeführt werden kann: über Erhitzung, Aufspaltung oder Elektrolyse. In der HZwei wurden in den vergangenen Monaten bereits verschiedene Konzepte, die wahlweise auf Biomasse, auf elektrochemischem Weg oder auf dem direkten Einsatz der Sonnenstrahlen in einem Solar-Wasserstoff-Kraftwerk basieren, vorgestellt.

Die ODB-Tec GmbH & Co. KG entwickelt beispielsweise photoelektrochemische Solarzellen, um Wasserstoff direkt aus Solarenergie zu erzeugen (s. HZwei August 2006). Über ein patentiertes Verfahren wird dabei Wasser allein durch die Lichteinstrahlung in seine Bestandteile gespalten. Wie Dieter Ostermann, der Geschäftsführer des kleinen Monheimer Unternehmens, der HZwei-Redaktion berichtete, ist er derzeit noch auf der Suche nach strategischen Partnern, um diese Technik weiterentwickeln zu können.

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

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

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

DWV
Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband

DWV hält Jahreskonferenz und stellt Jahresbericht vor ... Landesinitiative Hessen gründet Projektgesellschaft zur Unterstützung von Existenzgründern ... April: die größte Ausstellung zu Wasserstoff und Brennstoffzellen wieder auf der Hannover Messe

BIOENERGIE IST SONNENENERGIE Mit einem anderen Konzept macht ganz aktuell die Stadt Herten mal wieder von sich reden. Für das dortige im Entstehen begriffene H_2-Anwenderzentrum auf Ewald, über das Dieter Mende bereits ausführlich im April 2008 berichtete, erfolgte am 20. Januar 2009 der erste Spatenstich. Neben dem Informationszentrum wird dort zudem auf dem ehemaligen Zechengelände der so genannte *Blaue Turm* errichtet (s. HZwei Juli 2008), in dem noch vor Ablauf dieses Jahres Wasserstoff aus Biomasse hergestellt werden soll. Die Wirtschaftsministerin von Nordrhein-Westfalen Christa Thoben legte am 5. März 2009 den Grundstein für die 42 Meter hohe und 24,6 Mio. Euro teure Demonstrationsanlage, in der Biomasse (z. B. Grünschnitt, Straßenbegleitgrün, Olivenkerne) in Wasserstoff umgewandelt werden sollen. Biomasse ist letztlich ja nichts anderes als von der Natur bereits gespeicherte Sonnenenergie. Dies hat auch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe erkannt und verfolgt einen ganz ähnlichen Ansatz. Näheres dazu auf Seite 16.

Weitere interessante Neuigkeiten wird es noch im April 2009 vom Mineralölkonzern Total und Windparkbetreiber Enertrag geben. Gemeinsam wollen beide Unternehmen während der NHA Conference and Hydrogen Expo in den USA von ihrem in Planung befindlichen Hybridkraftwerk in Prenzlau berichten, bei dem aus Biogas und Windstrom Wasserstoff hergestellt wird (s. HZwei Okt. 2007). Gemäß aktueller Berechnungen soll der dort aus erneuerbaren Energien erzeugte Wasserstoff für den Pkw-Einsatz nur 14 Cent pro Kilometer kosten, während fossiler Kraftstoff mit 15 Cent pro Kilometer berechnet wird. Mehr dazu folgt in der nächsten HZwei-Ausgabe.

Auch am Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS) wird in diese Richtung geforscht. Dr. Michael Stelter erklärte: „In unserer Pilotanlage verwenden wir ausschließlich Reststoffe aus der Landwirtschaft, etwa Maisstroh, also die Maispflanze ohne Kolben. Wir erzeugen damit 30 Prozent mehr Biogas als in herkömmlichen Anlagen.“ Neben der Vergärung verfolgt das IKTS auch bei der Verstromung des Biogases ein zukunftsweisendes Konzept. Es wird in einer Hochtemperaturbrennstoffzelle, die einen Gesamtwirkungsgrad von bis zu 85 % aufweist, in Strom und Wärme umgewandelt. Eine 1,5 kW starke Pilotanlage, die für den Bedarf eines Einfamilienhauses ausreicht, haben die Forscher bereits realisiert.

DIREKTE SONNENENERGIENUTZUNG Das Deutsche Institut für Luft- und Raumfahrt (DLR) bevorzugt indes die direkte Nutzung der Sonnenenergie zur Spaltung von Wasser, auch wenn dafür eigentlich Temperaturen von 2.500 °C notwendig sind (s. HZwei Juli 2008). Im Süden Spaniens gelang es den DLR-Forschern, quasikontinuierlich Wasserstoff zu erzeugen. Im Rahmen des Hydrosol-II-Projekts bauten sie in Almeria ein Heliostat-Feld auf, das die Sonnenstrahlen auf einen Punkt bündelt. In dem dort platzierten Reaktor entstehen dadurch Temperaturen von 800 bis 1.000 °C, die ausreichen, um über einen mehrstufigen Kreisprozess Wasser spalten zu können.

Welche Wege es noch gibt, solaren Wasserstoff zu erzeugen, lesen Sie auf den nächsten Seiten. ||

IKTS auf der Hannover-Messe → Halle 13, Stand F50/1
DLR auf der Hannover-Messe → Halle 13, Stand G60/2

HYDRO BOY HF

Die Ertragreichen im leichten Gehäuse

Die neue Generation Hydro Boy: Die 1524HF und 2524HF-Geräte sind mit moderner Hochfrequenztechnologie ausgestattet. Sie sorgen so für einen hohen Wirkungsgrad. Durch die Reduzierung schwerer und voluminöser Wickelgüter sind diese Wechselrichter besonders leicht und handlich. Dank der modularen Bauweise der Leistungselektronik passen sich die Hydro Boy-Wechselrichter zudem perfekt an äußere Gegebenheiten an. Sie vereinen damit modernste SMA Technologien und höchsten Wirkungsgrad im 19″ Gehäuse.

www.SMA.de

SMA

Thema: Solar | **Autor:** Sven Geitmann

KLIMASCHÜTZER NR. 1

Erneuerbare Energien als Jobmotor

Kanzlerin Angela Merkel mit Hermann Albers (l.) und Dietmar Schütz vom BEE

Die Erneuerbaren Energien befinden sich auf dem besten Weg, als einer der wenigen Gewinner aus der aktuellen Finanzkrise hervorzugehen. Merkliche Einbußen sind bei Sonne, Wind & Co. bisher nicht zu verzeichnen. Aktuelle Prognosen stimmen optimistisch. Dies stellte auch Bundeskanzlerin Angela Merkel fest, die beim Neujahrsempfang des Bundesverbandes Erneuerbare Energie e.V. (BEE) am 28. Januar 2009 in Berlin eine aktuelle Studie mit einer Ausbauprognose überreicht bekam. Gemäß dieser Analyse könnten erneuerbare Energien im Jahr 2020 einen Anteil von rund 47 Prozent des deutschen Strombedarfs decken, ohne dass eine zuverlässige Stromversorgung in Frage gestellt werden müsste.

Die Studie „Stromversorgung 2020“, die gemeinsam vom BEE und der Agentur für Erneuerbare Energien vorgestellt wurde, belegt, dass sich sowohl die aus erneuerbaren Energien produzierte Strommenge als auch die installierte Leistung bis 2020 gegenüber heute etwa verdreifachen wird. Dietmar Schütz, Präsident des BEE, erklärte: „Wir stehen als Klimaschützer Nr. 1 bereit.“ Er bekräftigte die Zusage der Branche, bis 2020 über 200 Mrd. Euro investieren zu wollen und fügte hinzu: „Die Finanzkrise ist die Chance für einen noch vehementeren Ausbau der erneuerbaren Energien.“

WETTBEWERB MIT DEN USA Die Kanzlerin zog in ihrer Rede eine entsprechend positive Bilanz der bisherigen Energiepolitik und stellte zufrieden fest: „Vor 18 Jahren wurde das Stromeinspeisegesetz eingeführt. Erneuerbare Energien sind damit jetzt volljährig.“ Angesichts dieser langen Reifezeit der verschiedenen Energietechnologien zeigte sich Merkel zuversichtlich, im Konkurrenzkampf mit den USA, die unter Obama eine nachhaltiger ausgerichtete Energiepolitik betreiben wollen, bestehen zu können: „Wir freuen uns auf den Wettbewerb.“

Die positiven Auswirkungen der erneuerbaren Energien auf Klimaschutz, Brennstoffimporte und Arbeitsmarkt sind nach der aktuellen Branchenprognose erheblich. Der Bedarf an fossilen Brennstoffen sinkt dadurch und mit ihm die hohen Kosten für Energieimporte. Die daraus folgenden Einsparungen in Milliardenhöhe übertreffen der Studie zufolge die Ausgaben für den Ausbau der erneuerbaren Energien bei weitem. Hinzu komme, dass sich die Zahl der Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien von heute 250.000 auf 500.000 im Jahr 2020 verdoppeln werde. Die Bundeskanzlerin bezeichnete dementsprechend den Bereich der erneuerbaren Energien als „Jobmotor“.

FINANZIELLE UNTERSTÜTZUNG Um diese Entwicklung weiter zu unterstützen, stockte das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie sein Technologieförderprogramm nochmals um 15 Mio. Euro auf. Für das Jahr 2009 stehen damit insgesamt 115 Mio. Euro für die Förderung moderner Energietechnologien zur Verfügung. Im Rahmen des Programms „Klimaschutz und Energieeffizienz“ soll auf diese Weise die angestrebte Modernisierung der Energieversorgung innerhalb Deutschlands weiter vorangetrieben werden.

Für den Wärmebereich stellt das Bundesumweltministerium im laufenden Jahr 400 Mio. Euro zur Förderung der erneuerbaren Energien im Rahmen des so genannten Marktanreizprogramms zur Verfügung. Mit Hilfe dieser Gelder soll der „schlafende Riese“ geweckt werden. Damit ist das große Energieeinsparpotential gemeint, das derzeit noch im Wärmesektor schlummert, wo rund 51 % der Gesamtenergie verbraucht wird. Seit dem 1. Januar 2009 gilt das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz, das den Anteil der erneuerbaren Energien im Wärmebereich von heute 7 % auf 14 % im Jahr 2020 anheben soll.

Den bisherigen Beitrag der regenerativen Energien zur Stromversorgung in Deutschland im Jahr 2008 beziffert der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) nach vorläufigen Angaben mit 14,3 % (88 Mrd. kWh). Die Windenergie lieferte davon in 2008 mit über 45 % den bedeutendsten Beitrag gefolgt von Biomasse (26 %), die erstmals die Wasserkraft (24 %) überflügelte. Photovoltaik lag bei 0,5 %. ||

IRENA GEGRÜNDET

Nur zwei Tage zuvor fand die Gründung der Internationalen Agentur für erneuerbare Energien (IRENA) statt. Sie ist als institutionelles Gegengewicht zur Internationalen Atomenergieagentur (IAEA) und zur Internationalen Energieagentur (IEA) gedacht und wurde vornehmlich auf Betreiben Deutschlands ins Leben gerufen.
Der IRENA-Initiator und Präsident der Europäischen Vereinigung für Erneuerbare Energien (EUROSOLAR), Hermann Scheer, sagte während der Gründungsveranstaltung: „IRENA wird dem weltweiten Einsatz erneuerbarer Energien einen Schub geben und ihren Ausbau beschleunigen. Nun kann IRENA unverzüglich mit der Arbeit beginnen und erste Strukturen aufbauen. Nach 19 Jahren Vorbereitungszeit darf jetzt keine Zeit mehr verloren gehen." Über die konkreten Aufgaben der neuen Agentur sagte Scheer: „IRENA wird praxisnahe und konkrete Politikberatung anbieten, den Technologietransfer erleichtern und bei der Suche nach Finanzierung für Erneuerbare-Energien-Projekte Unterstützung leisten. Die Agentur wird den Austausch von Know-how fördern sowie die Ausbildung von Fachkräften vorantreiben."
Anfang März trat mit Weißrussland der 76. Staat IRENA bei.

Thema: Solar | **Autor:** Michael Tausch, Dirk Weniger

DER ENERGIE-CONTAINER

Hybridkraftwerk am Rande der Zivilisation

Autarke Energieversorgung mit Sonne und Wind [Quelle: b+w Electronic Systems]

Komplettlösungen für eine autarke Energieversorgung unabhängig vom öffentlichen Stromnetz sind bisher noch Mangelware. Im kleinen Leistungsbereich gibt es mittlerweile zwar erste Produkte, aber bei größeren Leistungen sieht es bisher noch mager aus. Während der Energiemesse enertec präsentiert ein Firmenkonsortium Ende Januar 2009 in Leipzig ein Kombikraftwerk, das hier Abhilfe schaffen soll. In dem so genannten Energie-Container werden verschiedene regenerative Energieerzeuger kombiniert, um eine dauerhafte Stromversorgung sicherstellen zu können. Es handelt sich dabei um das aktuell einzige Produkt dieser Art auf dem Markt.

Während sich andere Anbieter in der Regel auf Einzelsegmente (z. B. Wind, Solar, Biomasse) spezialisieren und dann durchaus größere Anlagen konzipieren, ist der Energie-Container ein Kombikraftwerk, das die Vorzüge verschiedener Energietechniken zu vereinen versucht. Das Konzept sieht eine großflächige Photovoltaikanlage, eine Windkraftanlage sowie ein Batterie- und ein Brennstoffzellensystem mitsamt Reformer vor, die eine Vollversorgung auch im höheren Leistungsbereich ermöglichen sollen. Die Energie ist permanent abrufbar, wobei verschiedene Ressourcen zur Energieerzeugung genutzt werden. Je nach Dimensionierung kann der Container bis zu einem Jahr autark arbeiten und Energie liefern.

Die Basis für die Gesamtanlage bildet ein 20-Fuß-Standardcontainer. Dieser sichert die notwendige Standfestigkeit und ermöglicht einen einfachen Transport. Alle Komponenten, auch die Module von Solaranlage und Windturbine sowie Batterien und Brennstoffzelle mitsamt Reformer und Tanks, können im Container verstaut werden. Die Beförderung ist per Lkw und auch über größere Entfernungen mit dem Schiff oder Flugzeug sowie in schwer erreichbaren Gebieten mit dem Helikopter möglich.

Als Primärenergiequellen dienen die Photovoltaikanlage sowie die Windturbine. Der somit regenerativ erzeugte Strom wird in Batterien zwischengespeichert. Die Brennstoffzelle bildet mit dem Erdgasreformer das Back-Up-System. Sollte der regenerativ erzeugte Strom mal nicht verfügbar und das Batteriepaket entladen sein, dann versorgt die Brennstoffzelle alle Anwendungen mit Energie. Gleichzeitig werden auch die Batterien wieder aufgeladen. Sind alle Primärenergiequellen in Betrieb, können je nach den örtlichen Verhältnissen 5.000 bis 15.000 kWh Strom erzeugt werden. Bei Bedarf kommt dann die Energie der Brennstoffzelle noch hinzu. Zur optimalen Überwachung auch aus der Ferne ist der Energie-Container mit einem Monitorsystem ausgestattet, das die Steuerung von einer zentralen Stelle aus ermöglicht. Das führt zu einem geringen Serviceaufwand und hält die ohnehin niedrigen Wartungs- und Betriebskosten niedrig.

INDIVIDUELLE AUSLEGUNG Die Auslegung der Gesamtanlage erfolgt individuell nach Kundenwünschen. Anhand der eigens programmierten Software werden zunächst die Bedürfnisse auf Anwenderseite eingegeben, um somit eine Anlagendimensionierung vornehmen zu können. Je nachdem, wie viel Dauerleistung notwendig ist und wie viele Spannungsspitzen auftreten, kann die Größe der notwendigen Modulfläche sowie die Größe des modular aufgebauten Brennstoffzellensystems bestimmt werden. Je präziser die anfängliche Spezifierung erfolgt, desto effizienter und kostengünstiger kann anschließend das System ausgelegt werden. Darüber hinaus können unterschiedliche Batterietypen und größere Tanks für die Brennstoffzelle mit Reformer eingesetzt werden. Dadurch kann der Energiecontainer individuell auf den Einsatzbereich des Kunden abgestimmt werden.

Der Energie-Container bietet gegenüber den Einzellösungen zahlreiche Vorteile: Er stellt ein permanentes Energieversorgungssystem dar, das durch die Kombination von Solarzellen, Windturbine, Batterien und Brennstoffzelle erhebliche Sicherheit schafft, auch wenn eine Komponente zeitweise nicht zur Verfügung stehen sollte, wenn beispielsweise gerade kein Wind weht oder die Sonne nicht scheint. Er kann innerhalb von acht Stunden aufgebaut, wieder abgebaut und kostengünstig transportiert werden. Er bietet eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten: in Katastrophengebieten, in Gebieten ohne oder mit schwacher Infrastruktur, auf Baustellen, an Mobilfunkstandorten, zur Grenzüberwachung

Das Hybridkraftwerk eignet sich speziell in Gebieten, in denen kein Anschluss an ein Stromnetz vorhanden ist beziehungsweise wo Strom durchgängig benötigt wird, aber wegen Netzüberlastung oder Netzausfall nicht ständig zur Verfügung steht.

Entwickelt wurde dieses Konzept von einem Konsortium bestehend aus mehreren Unternehmen. Die Leipziger Terracon Energy GmbH übernahm die gesamten Vorbereitungsarbeiten sowie die allgemeine Steuerung, wobei die SMA Solar Technologie AG die Controller und Wandler für die Solar- und Windkraftanlagen zur Verfügung stellte. Die IdaTech Fuel Cells GmbH stellte das Brennstoffzellensystem mitsamt Reformer bereit, und die b+w Electronic Systems GmbH & Co. KG kümmerte sich um die gesamte Integration. ||

Autoren:

Dirk Weniger (s. Foto), b+w Electronic Systems GmbH & Co. KG, Oberhausen
→ Dirk.Weniger@b-w.com
Michael Tausch, IdaTech Fuel Cells GmbH, Herten
→ mtausch@idatech.com

Thema: Solar | **Autor:** Dorothea Rechtenbach, Rainer Stegmann

GESPEICHERTE SONNENENERGIE

Fermentative Erzeugung von Biowasserstoff

Abb. 1: Bioreaktor zur fermentativen H_2-Erzeugung [Quelle: TU Hamburg-Harburg]

Die biologische Erzeugung von Wasserstoff ist ein umweltfreundlicher und nachhaltiger Prozess, der Biomasse energetisch verwertet und somit fossile Brennstoffe einspart. Außerdem bietet die Erzeugung von Bio-H_2 die Möglichkeit zur gleichzeitigen Aufbereitung organischer Reststoffe. An der TU Hamburg-Harburg werden seit 2003 Forschungsarbeiten zur fermentativen Erzeugung von Biowasserstoff aus erneuerbarer Biomasse durchgeführt. Von 2004 bis 2008 erfolgten die dortigen Arbeiten am Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft im Rahmen eines von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) geförderten Forschungsprojekts (BioH2@TUHH). Das Ziel dieses Projektes ist die Optimierung der Wasserstofferzeugung hinsichtlich der Produktionsrate, der Ausbeute sowie des Wirkungsgrades. Dafür wurden neben der Auswahl und dem Einsatz verschiedener Substrate wesentliche Einflussfaktoren analysiert und optimiert.

Die fermentative H_2-Erzeugung basiert auf dem Prinzip des anaeroben Abbaus (Vergärung). Die in den Substraten gespeicherte chemische Energie wird dabei von Bakterien für Stoffwechselvorgänge genutzt, indem die Substratmoleküle Schritt für Schritt zerlegt werden. Die Substrate werden überwiegend von so genannten Clostridien, stäbchenförmigen anaeroben Bakterien, abgebaut. Als Produkte entstehen hauptsächlich Wasserstoff, Kohlendioxid und organische Säuren (z. B. Essig- und Buttersäure).

Gegenüber photofermentativen Verfahren zeichnet sich die so genannte „dunkle“ Fermentation zu Biowasserstoff durch einen geringen technischen und energetischen Aufwand aus und bietet ein breites Spektrum einsetzbarer Substrate. Neben nachwachsenden Rohstoffen und Energiepflanzen können als Substrat auch organische Abfälle eingesetzt werden, so dass eine Kopplung der energetischen Verwertung biogener Reststoffe zu Wasserstoff mit gleichzeitiger Reststoffbehandlung ermöglicht wird.

DREIGLEISIGE UNTERSUCHUNG Die Laboruntersuchungen zur fermentativen Wasserstofferzeugung im Rahmen von BioH2@TUHH wurden in drei Testsystemen durchgeführt. Das erste und kleinste System (Sensomat, 100 ml) diente in erster Linie zur Untersuchung verschiedener Substrate und Inokula auf ihr Potential zur Wasserstoffbildung und wurde nur diskontinuierlich betrieben. Die Testsysteme ATS (5 l) und CSTR (20 l, s. Abb. 1) erlaubten neben dem Batchbetrieb (einmalige Substratzugabe zu Versuchsbeginn) auch eine kontinuierliche Beschickung, so dass wichtige Prozessparameter (wie Substratbelastung, Verweilzeit usw.) für eine spätere großtechnische Umsetzung des Verfahrens untersucht und optimiert werden konnten.

Als Substrate kamen neben Glucose auch Mais-, Kartoffelstärke, Zucker-, Futter- und Steckrübe sowie Kartoffel (-schale), Mais und Glycerin (als Nebenprodukt der Biodieselherstellung) zum Einsatz und wurden im Batchbetrieb auf ihr H_2-Bildungspotential untersucht. Die kontinuierliche H_2-Produktion wurde mit Glucose, Glycerin und Mais untersucht. Zur Animpfung des Prozesses wurde überwiegend ausgefaulter Klärschlamm als eine allgegenwärtige Mischkultur an Mikroorganismen eingesetzt, der zuvor bei 80 °C hitzevorbehandelt wurde. Aufgrund der Sporenbildung H_2-produzierender Mikroorganismen (Methanogene bilden keine Sporen) konnte mit dieser Maßnahme die H_2-Bildung etwa verdoppelt werden.

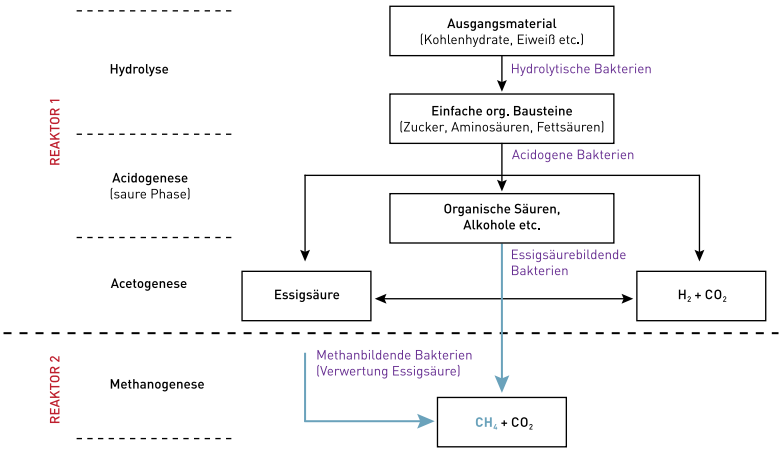


Abb. 2: Schema der Methanerzeugung aus den Gärrückständen der H_2-Stufe

GUTE EIGNUNG Erwartungsgemäß erreichte Glucose die höchste H_2-Produktion, da das Monosaccharid einfach und schnell von den Mikroorganismen abgebaut werden kann. So wurden im Batchbetrieb 221 Normliter Wasserstoff pro Kilogramm organischer Trockensubstanz (Nl H_2/kg oTS) gebildet. Eine Steigerung der Werte wurde durch den Einsatz eines Carbonatpuffers sowie einer Regelung auf pH 5 erreicht. Dies entspricht einem H_2-Umsatz

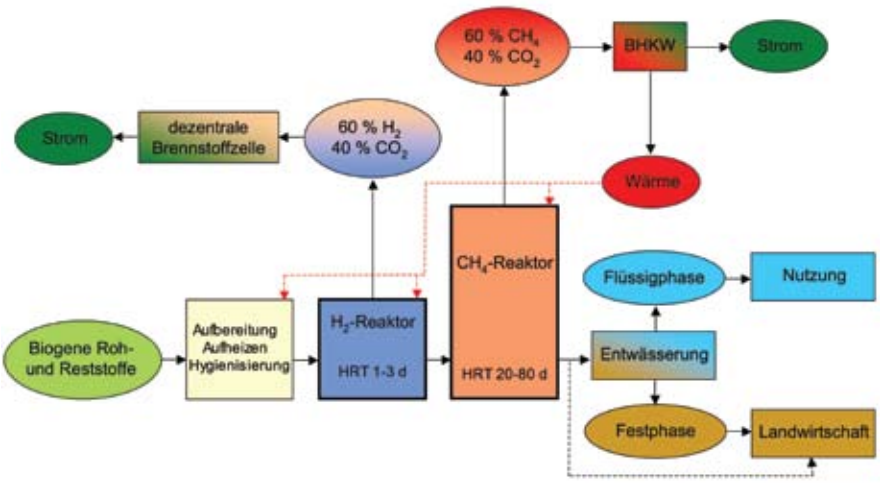


Abb. 3: Konzept der kombinierten Wasserstoff- und Methanproduktion

von 90 %. Die ebenfalls untersuchten Agrarprodukte zeigten auch relativ hohe H_2-Produktionswerte. So wurden aus Futter- und Zuckerrüben hohe Umsatzraten von rund 60 % erzielt. Der Bioabfall Kartoffelschale stellt mit 85 Nl H_2/kg oTS ebenfalls ein geeignetes Substrat für die Wasserstofferzeugung dar.

Die semikontinuierlich durchgeführten Versuche belegten eindeutig, dass die fermentative Erzeugung von Biowasserstoff auch für den kontinuierlichen Betrieb durchaus geeignet ist. Die längste semikontinuierliche Versuchsreihe wurde 311 Tage lang betrieben und lieferte mit Glucose eine hohe maximale Ausbeute (407 Nl H_2/kg oTS). Bei der kontinuierlichen H_2-Produktion aus Mais lag die Produktion im Vergleich zum Batchbetrieb rund 20 % höher. Auffallend bei Mais war die geringe Schwankungsbreite der Biogaswerte (± 8 %), was für eine spätere großtechnische Umsetzung des Verfahrens vorteilhaft ist.

Basierend auf diesen Ergebnissen werden als Substrate mit dem höchsten H_2-Bildungspotential Futter-, Zuckerrübe, Mais und Kartoffel sowie in erster Linie deren Reststoffe aus der Verarbeitung (z. B. zu Stärke) empfohlen.

KOMBINIERTE NUTZUNG Bei der fermentativen Erzeugung von Biowasserstoff fallen prozessbedingt neben den Gasen Wasserstoff und Kohlendioxid (CO_2) auch immer organische Säuren an, so dass die H_2-Erzeugung grundsätzlich als die erste Stufe eines Gesamtkonzepts angesehen werden sollte. Eine Möglichkeit zur Verwertung der Gärrückstände der H_2-Stufe stellt die nachgeschaltete Vergärung zu Methan dar (s. Abb. 2 und 3), was die durchgeführten Methanversuche untermauerten. Durch den Abbau der organischen Säuren der H_2-Stufe zu Methan konnte ein Abbau aller organischen Kohlenstoffbestandteile (TOC) von 82 bis 89 % erreicht werden. Der Abbaugrad der organischen Säuren (VFA) durch die methanogenen Bakterien betrug im Mittel 95 %.

Die Gegenüberstellung der elektrischen Energiewirkungsgrade zeigte, dass bei der kombinierten H_2- und CH_4-Produktion im Vergleich zur konventionellen Biogaserzeugung rund 25 % mehr Strom erzeugt wird. Der gesamte Energiegewinn einer entsprechenden Modellanlage errechnete sich mit Berücksichtigung der erforderlichen Wärmeenergie jährlich zu rund 1.500 MWh mit etwa 1.000 MWh_{el} elektrischer Energie. Somit bietet die zweistufige Produktion im Vergleich zur konventionellen Methanerzeugung einen deutlich höheren Ertrag an Strom. Außerdem bietet der produzierte Wasserstoff den Vorteil einer effizienten und emissionsarmen Nutzung in Brennstoffzellen und ermöglicht vielfältige Anwendungen. Die zweistufige Produktion von Biowasserstoff und Biomethan ist somit neben den ökologischen Vorteilen auch energetisch sinnvoll und bietet den Vorteil, dass auf die erprobte Technologie der Biogaserzeugung aufgebaut werden kann. Der apparative und monetäre Aufwand entspricht etwa dem einer nach dem Stand der Technik gebauten zweistufigen Biogasanlage und kann mit rund 13 ct/kWh_{el} beziehungsweise 40 ct/Nm^3 H_2 durchaus mit anderen Wasserstoffherstellungsverfahren konkurrieren.

FAZIT Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen belegen, dass die biologische Wasserstofferzeugung im Rahmen der Vergärung in Kombination mit einer nachgeschalteten Methanstufe eine vielversprechende Alternative zur Nutzung fossiler Energieträger bietet. Ziel zukünftiger Forschung sollte sein, die kombinierte Produktion von Biowasserstoff und Biomethan im Rahmen der Vergärung weiter in Richtung Marktreife zu forcieren. Das Ziel sollte sein, kontinuierlich arbeitende Anlagen im Pilotmaßstab zu entwickeln.

Natürlich könnte der hohe Weltenergiebedarf nicht annähernd durch Biowasserstoff und Biomethan gedeckt werden, doch er kann einen Beitrag zur nachhaltigen Rohstoff- und Energiebereitstellung leisten sowie die Umwelt durch Ressourcenschutz und CO_2-Emissionsverminderung entlasten. Insbesondere für dezentrale Lösungen bietet sich das kombinierte Verfahren der fermentativen H_2- und CH_4-Erzeugung an (vergleichbar mit der heutigen Biogaserzeugung durch Landwirte). Nicht zu vernachlässigen ist auch die Möglichkeit der effizienten, emissionsarmen und vielfältigen Nutzung des Biowasserstoffs in Brennstoffzellen. ||

Autoren:

Dipl.-Ing. Dorothea Rechtenbach
Technische Universität Hamburg-Harburg
Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft
→ dorothea.rechtenbach@tu-harburg.de

Prof. Dr.-Ing. Rainer Stegmann
Ingenieurbüro für Abfallwirtschaft IFAS, Hamburg

Thema: Solar | **Autor:** Xinchen Wang

KOHLENSTOFFNITRID – EIN ALTER BEKANNTER

H_2-Herstellung durch Lichteinstrahlung

Die H_2-Produktion aus Wasser mit Hilfe von Solarenergie und Katalysatoren benötigt keine fossilen Energieträger und ist damit eine ideale Energiequelle für die Zukunft. Für eine wirtschaftliche Nutzung von Wasser und Sonnenenergie werden allerdings Katalysatoren benötigt, die ausreichend effizient, stabil und kostengünstig sind und zudem auf Licht reagieren. Kohlenstoffnitrid ist solch ein Polymer, der bei Bestrahlung mit sichtbarem Licht und in Gegenwart eines Elektronenspenders Wasserstoff erzeugen kann. Anders als andere leitfähige Halbleiter ist Kohlenstoffnitrid chemisch und thermisch stabil und einfach herzustellen. Ein wichtiger Schritt in Richtung Photosynthese.

Die Suche nach geeigneten Photokatalysatoren ist schon seit Jahrzehnten ein ehrgeiziges Unterfangen in der Werkstoffkunde. Das optimale Material müsste die Wassermoleküle dissoziieren können, über eine geeignete Bandbreite zum Absorbieren sichtbaren Lichts verfügen und stabil auch bei Kontakt mit Wasser sein. Darüber hinaus müsste es ungiftig, ausreichend vorhanden und leicht zu verarbeiten sein.

ENTDECKUNG IM JAHR 1834 Innerhalb der letzten 30 Jahre wurden zahlreiche anorganische Halbleiter und Molekülverbindungen mit dieser Zielsetzung entwickelt. In der Regel waren bisher dafür teure Edelmetalle notwendig. Das Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung entdeckte jetzt jedoch, dass es auch möglich ist, einfache polymerähnliche Halbleiter zu verwenden, die nur aus Kohlenstoff und Stickstoff bestehen: aus Kohlenstoffnitrid, dem ältesten künstlichen Polymer, das Chemiker kennen. Die erste Synthese von Melon, wie Kohlenstoffnitrid auch genannt wird, stammt aus dem Jahr 1834 und wurde von Jöns Jakob Berzelius und Justus von Liebig berichtet. Damit ist Melon eines der am längsten bekannten synthetischen Polymere.

„Das Besondere an Kohlenstoffnitrid ist, dass es in Wasser selbst bei extrem sauren und basischen Bedingungen stabil ist. Außerdem kann es sehr einfach und kostengünstig hergestellt werden“, erklärt Xinchen Wang, dessen Arbeitsgruppe die Experimente in Zusammenarbeit mit der Universität Tokio und der Fuzhou Universität in China vorgenommen hat. Kohlenstoffnitrid kann in verschiedenen Erscheinungsformen mit unterschiedlichen Eigenschaften vorkommen, wobei die Graphitphase unter Normalbedingungen als die stabilste angesehen wird. Diese wird heutzutage synthetisch durch thermische Polykondensation organischer Monomers hergestellt ($g\text{-}C_3N_4$), wobei eine Schicht aus tri-s-Triazin-Einheiten besteht, die über Aminogruppen verbunden sind.

Diese Anordnung der tri-s-Triazin-Einheiten auf gleicher Ebene ermöglicht die Herstellung von Kohlenstoffnitrid-Polymeren mit guten elektrischen Eigenschaften und freier Formgebung, wie es ansonsten nur bei flüssigen Ausgangsstoffen der Fall ist. Die bei den vorliegenden Versuchen verwendeten Kohlenstoffnitride wurden präpariert, indem Cyanamid (99 % rein) für vier Stunden auf 400 bis 600 °C erhitzt wurde. Das Resultat ist ein Material, das das Sonnenlicht nutzt, um Wasserstoff aus Wasser herauszulösen. Eine weitere Substanz, die Chemiker als Opferreagenz bezeichnen, nimmt dabei den Sauerstoff des Wassers auf.

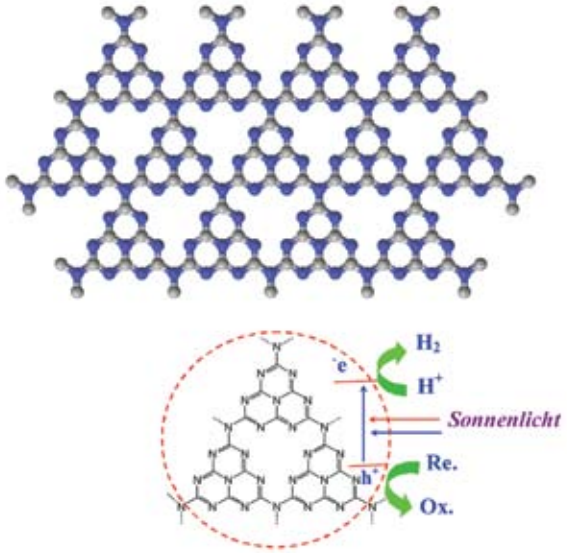


Abb. 1: Kristallstruktur von graphitischem Kohlenstoffnitrid [Quelle: Max-Planck-Institut]

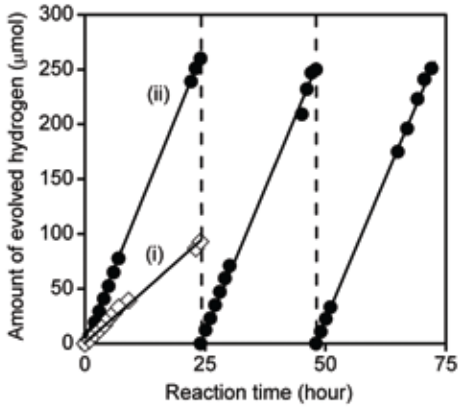


Abb. 2: H_2-Produktion ohne (i) und mit (ii) Edelmetall [Quelle: Max-Planck-Institut]

LICHT LÖST WASSERSTOFF HERAUS Die photokatalytischen Experimente wurden mit pulverförmigem $g\text{-}C_3N_4$ durchgeführt, weil Pulver die größtmögliche Reaktionsfläche bietet. Befand sich das $g\text{-}C_3N_4$ in Triethanolamin enthaltendem Wasser (10 Vol.-%), kam es bei der Bestrahlung mit Licht (Wellenlänge: > 420 nm) zu einer beständigen Wasserstofffreisetzung, auch ohne die Gegenwart von Edelmetallen wie Platin.

Allerdings war die H_2-Erzeugung beim Einsatz von reinen $g\text{-}C_3N_4$ zunächst schwankend. Zudem traten größere Abweichungen bei Versuchswiederholungen auf. Durch die Zugabe geringer Mengen Platins verbesserten sich sowohl die Reproduzierbarkeit und auch die Aktivität. Dadurch wurde zwar das Prinzip der „Metallfreiheit“ verletzt, dies erhöhte aber die Wasserstofferzeugung um den Faktor 7. Xinchen Wang erklärte dazu: „Unsere Ausbeute ist damit zwar nicht so hoch wie in den etablierten Verfahren, aber wir haben gezeigt, dass sich Wasserstoff prinzipiell nur mit

einer einzigen organischen Substanz als Hilfsmittel herstellen lässt.“ Die grundsätzliche Realisierbarkeit eines metallfreien Verfahrens konnte somit zunächst einmal im ersten Schritt bewiesen werden. Allerdings gibt es noch weiteren Forschungs- und Optimierungsbedarf, um zukünftig gänzlich auf Edelmetalle verzichten zu können.

NACHFORSCHUNGEN Der Umstand, dass das künstlich erzeugte Kohlenstoffnitrid selbst über Wasserstoffionen verfügt, machte weitere Evaluierungen notwendig, ob der freigesetzte Wasserstoff eventuell aus diesem Katalysatormaterial stammt. Um diese Langzeitstabilität untersuchen zu können, wurden Versuche mit Lichteinstrahlung über 72 Stunden durchgeführt mit intermittierenden Evakuierungsmaßnahmen (alle 24 Std., s. Abb. 2). Das Ergebnis war eine kontinuierliche H_2-Abgabe ohne bemerkbare Degradation des Kohlenstoffnitrids. Die gesamt Wasserstoffabgabe überstieg dabei mit 770 Mol die Menge der oberflächennahen tri-s-Triazin-Einheiten, was darauf hindeutete, dass der Wasserstoff nicht aus dem Katalysator stammen konnte.

Um darüber hinaus sicher zu gehen, dass der Wasserstoff tatsächlich nicht vom g-C_3N_4 kam, wurde noch ein weiterer Test unter Verwendung von Pt/g-C_3N_4 bei ultraviolettem Licht (> 300 nm) gemacht. Auch dieser Test zeigte eine exzellente Stabilität des eingesetzten Materials für den Einsatz als Photokatalysator. Ähnliche Ergebnisse, allerdings mit niedrigerer Produktionsrate, erbrachte auch der Einsatz anderer Elektronendonatoren als Triethanolamin wie beispielsweise Methanol und Ethanol.

Um darüber hinaus noch den Einfluss des Lichtes genauer analysieren zu können, wurde zusätzlich dessen Wellenlänge variiert und die Menge des freigesetzten Wasserstoffs gemessen. Dieser Test ergab, dass die H_2-Produktionsrate gut mit der Absorption im sichtbaren Spektrum übereinstimmte. Die größte mögliche Wellenlänge lag bei 540 nm. In absoluter Dunkelheit hingegen lief keinerlei Reaktion ab. Dadurch wurde die These untermauert, dass die Reaktion durch die Lichtabsorption im Kohlenstoffnitrid in Gange gehalten wird.

FAZIT Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die dargestellten ersten Ergebnisse als vielversprechend angesehen werden können, allerdings ist noch Optimierungsarbeit – auch für das Sauerstoffaufwandsystem – notwendig. Kohlenstoffnitrid kann jedoch als leicht zugänglicher, günstiger und einfacher Photokatalysator angesehen werden, der Wasserstoff auch ohne die Anwesenheit von Platin aus Wasser zu erzeugen vermag. Auch wenn die Gesamtkapazität noch sehr niedrig ist, zeigen die vorliegenden Resultate neue Wege auf, wie organische Halbleiterstrukturen bei der Suche nach neuen Energiepfaden mitwirken können. ||

Übersetzt aus dem Englischen

Autor:

Dr. Xinchen Wang
Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Postdam
→ katja.schulze@mpikg.mpg.de

Die Fronius Energiezelle – nun auch zertifiziert

Fronius hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Zukunft nachhaltig zu gestalten. Die Erforschung erneuerbarer Energien steht dabei ganz oben. Mit der Fronius Energiezelle ist uns weltweit das erste TÜV Süd zertifizierte Wasserstoff betriebene Brennstoffzellensystem gelungen. Ein weiterer Schritt zur sicheren, emissionsfreien Energieerzeugung in bewährter Fronius Produktqualität.

Besuchen Sie uns auf der **Messe Hannover**, vom 20. – 24. April **Halle 13, Stand G54/4** und folgen Sie uns in die Welt der Fronius Energiezelle: **www.fronius.com/energiezelle.**

Fronius

POWERING YOUR FUTURE

Thema: Entwicklung | **Autor:** Harald Giessen, C. Großmann, P. Mai |

OPTISCHER WASSERSTOFFSENSOR

Detektion in explosionsgeschützen Bereichen

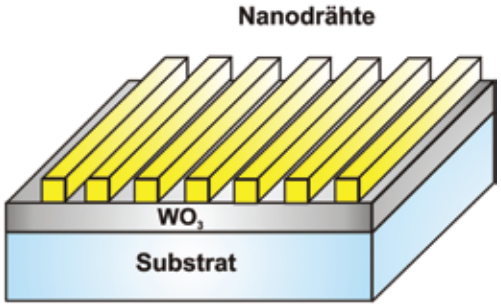


Abb. 1: Metallisch photonischer Kristall bestehend aus Glassubstrat, WO_3-Schicht und Nanodrähten [Quelle: Universität Stuttgart]

Wasserstoff zählt weltweit zu den wichtigsten chemischen Elementen, sei es in der Vergangenheit als Traggas für Luftschiffe oder heute als Reduktionsmittel in der Petrochemie oder als Schutzgas bei Schweißarbeiten. Auch in der Zukunft wird Wasserstoff weiterhin eine wichtige Rolle spielen, da er als wertvoller regenerativer Energieträger angesehen wird. Ein überaus wichtiger Faktor dabei ist stets die Sicherheit. Wasserstoff bildet im Bereich von 4 bis 72 Volumenprozenten in Verbindung mit Luft ein explosives Gemisch. Entzündet sich dieses Gemisch, so verbrennt der Wasserstoff in einer so genannten Knallgasreaktion unter Freisetzung großer Energiemengen zu Wasser. Aus all diesen Gründen ist es nötig und gesetzlich vorgeschrieben, überall dort, wo Wasserstoff auftritt, verarbeitet oder verwendet wird, die Konzentration in der Umgebungsatmosphäre zu überwachen.

Wasserstoffgas ist durchsichtig, geruchs- und geschmacklos. Es brennt mit nahezu unsichtbarer Flamme, was eine Detektion mit dem Auge extrem erschwert. Deswegen gibt es Sensoren, die die Überwachung übernehmen können. Bereits auf dem Markt erhältliche Sensoren wie beispielsweise Halbleiter- oder elektrochemische Sensoren basieren alle auf der Messung elektrischer Eigenschaften einer gegenüber Wasserstoff sensitiven Schicht (z.B. ohmscher Widerstand, Kapazität). Sie ermöglichen eine sehr genaue Überwachung der Wasserstoffkonzentration bis in den sub-ppm-Bereich bei einer Ansprechzeit von mehreren Sekunden.

Diese Sensoren bringen jedoch designbedingt erhebliche Nachteile mit sich: In der Messeinheit des Sensors werden elektrische Kontaktierungen benötigt. Dadurch entsteht eine zusätzliche Gefährdung durch Kurzschlüsse oder Abriss von Leitungen. Konventionelle Sensoren können daher nicht so ohne weiteres zur Überwachung explosionsgefährdeter Bereiche verwendet werden. Tatsächliche Sicherheit kann nur gewährleistet werden, indem diese konventionellen Sensoren zum Beispiel in ein explosionssicheres Gehäuse eingebaut werden. Dies macht die Überwachung explosionsgefährdeter Bereiche aufwändig und deshalb sehr teuer.

NEUER ANSATZ: EIN OPTISCHER WASSERSTOFFSENSOR Unser Ansatz, einen Wasserstoffsensor auf Basis eines metallischen photonischen Kristalls zu entwickeln, erlaubt es, die vorher genannten Probleme zu umgehen. Dieser Sensor arbeitet rein optisch. Die Wasserstoffkonzentration wird mit Hilfe von Licht bestimmt, und das Messsignal kann per Glasfaser zur Auswertung übertragen werden. Damit kann der Detetektionsmechanismus von der Auswerteelektronik räumlich getrennt werden. Es sind keine elektrischen Kontaktierungen im explosionsgefährdeten Bereich notwendig, und der Sensor kann dort ungeschützt eingesetzt werden. Niedrige Herstellungskosten sowie die Kontaktierung einzelner Sensoren durch Glasfaserkabel ermöglichen den kostengünstigen Aufbau ganzer Sensornetzwerke.

DAS SENSORPRINZIP Das zentrale Element dieses Sensors ist eine wenige hundert Nanometer dünne Schicht aus Wolframtrioxid (WO_3), ein Halbleitermaterial, welches starke Sensitivität gegenüber Wasserstoff zeigt. WO_3 verfügt über eine schwammähnliche, poröse Struktur, in welche Wasserstoff diffundiert und dann im Material chemisch gebunden wird. Der gesamte Prozess ist reversiblel und läuft auf einer Zeitskala von mehreren Sekunden ab. Dadurch ändern sich abhängig von der Wasserstoffkonzentration die optischen Eigenschaften der Schicht, beispielsweise deren Absorption oder die Transmission durch die Probe selber.

Dieser aus der Chemie bekannte *Gasochrome-Effekt* kann auch mit dem Auge beobachtet werden: Begast man die WO_3-Schicht mit Wasserstoff, so ändert sich nach wenigen Sekunden die Farbe des Materials (s. Abb. 2).

WO_3 ist schon seit über 100 Jahren bekannt. Seine Eigenschaft wird heute beispielsweise in so genannten „Smart Windows“ eingesetzt. Das sind speziell beschichtete Fenstergläser, deren optische Eigenschaften sich je nach Bedarf beeinflussen lassen.

Das Konzept unseres Sensors basiert darauf, genau diese Änderung optischer Eigenschaften mit hoher Genauigkeit zu detektieren und damit eine hoch sensitive Wasserstoffdetektion zu ermöglichen. Hierzu verwenden wir eine aus der Nanooptik bekannte Technik, bei der die WO_3-Oberfläche mit einem Nanogitter aus feinen Golddrähten versehen wird. Es entsteht ein so genannter „metallischer photonischer Kristall“ (s. Abb. 1). Zur Stabilisierung wird die gesamte Struktur auf ein Glasplättchen aufgebracht.

Der photonische Kristall hat ganz bestimmte optische Eigenschaften. Diese können durch Veränderung von Parametern (z. B. Geometrie der Schicht oder der Drähte) je nach Wunsch maßgeschneidert werden. Die Nanostrukturierung der Oberfläche führt dazu, dass Licht, das auf die Probe fällt, stark in der gassensitiven WO_3-Schicht lokalisiert wird. Damit wird es möglich, kleinste Änderungen der optischen Eigenschaften der Sensorschicht mit Hilfe einer einfachen Transmissionsmessung zu detektieren (s. Abb. 3).

Licht einer Weißlichtquelle, ähnlich einer herkömmlichen Glühbirne, wird mit Hilfe einer Linse kollimiert und anschließend durch den photonischen Kristall geschickt. Mit Hilfe eines Spektrometers wird dann die Extinktion, ein Mass dafür, wie viel Licht im Vergleich zur Ausgangsintensität durch die Probe transmittiert wird, gemessen. Die Extinktion nimmt bei abnehmender Transmission durch die Probe zu.

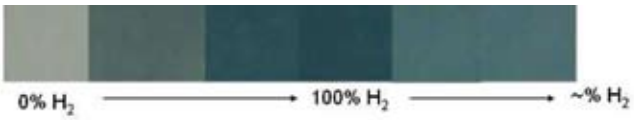


Abb. 2: Farbänderung von WO_3 bei unterschiedlichen H_2-Konzentrationen

Die Form des so gewonnen Extinktionsspektrums hängt neben verschiedenen anderen Parametern hauptsächlich von den optischen Eigenschaften der WO_3-Schicht und somit von der Wasserstoffkonzentration in der Umgebung ab.

Abbildung 4 zeigt Beispiele solcher Spektren für verschiedene Wasserstoff-Stickstoff-Gemische im Bereich von 0 bis 5 Vol.-% H_2. Die Transmission nimmt für Wellenlängen im Bereich zwischen 650 und 700 nm mit zunehmender Wasserstoffkonzentration deutlich ab.

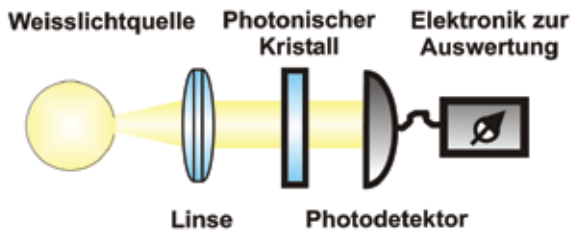


Abb. 3: Aufbau Extinktionsmessung

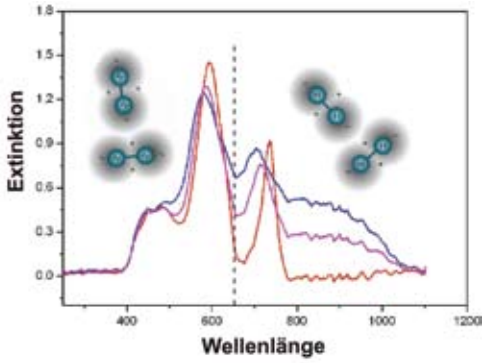


Abb. 4: Extinktionsspektren für unterschiedliche H_2-Konzentrationen

SENSORAUFBAU Für einen kommerziellen Sensor ist eine vereinfachte, miniaturisierte und fasergekoppelte Lösung wünschenswert. Dazu wird zunächst die Weißlichtquelle durch eine Laserdiode ersetzt, die Licht einer Wellenlänge im Bereich größter Signaländerung emittiert (Abb. 4). Dies genügt, um ein messbares Sensorsignal zu erzeugen.

Das Licht wird in eine Glasfaser eingekoppelt und zum Sensorkopf geleitet, welcher sich am Ort der H_2-Messung befindet. Dort wird es ausgekoppelt, zur Wasserstoffdetektion durch den photonischen Kristall geführt und mit einer zweiten Faser aufgesammelt. Die Faser führt das Licht zurück zur Messeinheit, wo schließlich die Intensität des Lichts gemessen und mit der Ausgangsintensität verglichen wird. Dies entspricht der oben beschriebenen Transmissionsmessung. Diese räumliche Trennung sowie das optische Messprinzip bedeuten für die Wasserstoffdetektion keinerlei potentielle Zündquellen im Messbereich.

Aus den Daten dieser Messung wird dann ein Signal, das proportional zur H_2-Konzentration ist, erzeugt. Die Messeinheit ist nur über zwei Glasfasern mit dem Sensorkopf verbunden, und es wird keinerlei Elektronik im Sensorkopf selbst benötigt. Die Intensität des Lasers ist so gering, dass eine Entzündung des Gemischs ausgeschlossen werden kann.

Solch ein Sensor ermöglicht die Messung von Wasserstoff im Bereich von 1.000 ppm bis in den Prozentbereich bei einer Ansprechzeit von wenigen Sekunden.

AUSBLICK Das hier vorgestellte Sensorkonzept kann in Zukunft auch auf andere gassensitive Schichten angewandt werden. Durch Maßschneidern der Parameter des photonischen Kristalls können auch sensitive Schichten, die auf andere Substanzen reagieren, optisch vermessen werden. ||

Die Autoren bedanken sich bei A. Seidel, R. Orzekowsky, T. Meyrath und D. Nau für wertvolle Beiträge zu diesem Projekt sowie beim BMBF für die finanzielle Unterstützung.

Autoren:

Prof. Harald Giessen
Universität Stuttgart
→ giessen@physik.uni-stuttgart.de

Dipl. Phys. C. Großmann
Universität Stuttgart
→ c.grossmann@physik.uni-stuttgart.de

Dipl. Phys P. Mai
Universität Stuttgart
→ p.mai@physik.uni-stuttgart.de

best testing – best quality

- Modernste Teststände für
  - Brennstoffzellen, Brennstoffzellensysteme und Reformer
  - Traktionsbatterien
  - Hybridantriebe
  - Einspritztechnik
  - Hydraulische Komponenten
- Erfahrung und Know-how
  - 30 Jahre Prüfstandsbau
  - Kooperation mit MS2 im Brennstoffzellenbereich
  - Über 1.000 Prüfstände weltweit für Entwicklung und Produktion
  - Weltweiter Vertrieb und Service

Infos unter: **www.moehwald.de**

Moehwald GmbH
Michelinstraße 21 · D-66424 Homburg
Kontakt: Christoph Fickinger
Tel. +49 (0)68 41-707-123
E-Mail: c.fickinger@moehwald.de

moehwald
Bosch Group

Thema: Entwicklung | **Autor:** Zijad Lemeš, Stefan Keller

UNIVERSELLE ELEKTRONIKPLATTFORM

Steuerung von Brennstoffzellensystemen

Brennstoffellen besitzen den großen Vorteil, chemisch gespeicherte Energie direkt in elektrische Energie umwandeln zu können. Für ihren praktischen Betrieb ist aber meist eine recht komplexe Peripherie aus gut aufeinander abgestimmten Komponenten notwendig. Je nach Betriebsführung und eingesetztem Brennstoffzellentyp ergeben sich dabei ganz unterschiedliche Systemkonfigurationen. Neben der optimalen Systemauslegung stehen die Hersteller außerdem vor der Herausforderung, eine passende, günstige und zudem sichere Steuerungselektronik inklusive Leistungskonditionierung zu realisieren. Genau hier setzen die Magnum Automatisierungstechnik GmbH und das Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) bei der Entwicklung universeller Steuerelektronik für Brennstoffzellensysteme an.

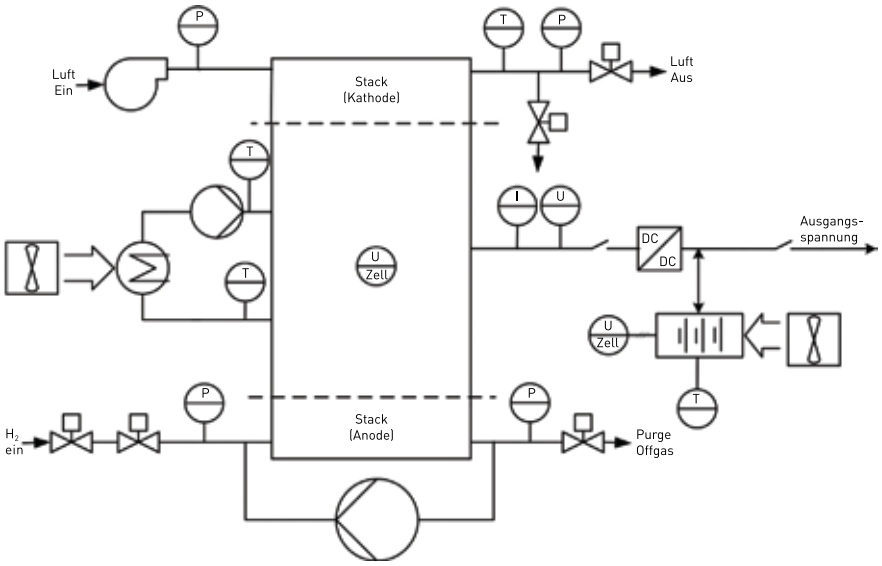


Abb. 1: BZ-System mit Flüssigkeitskühlung

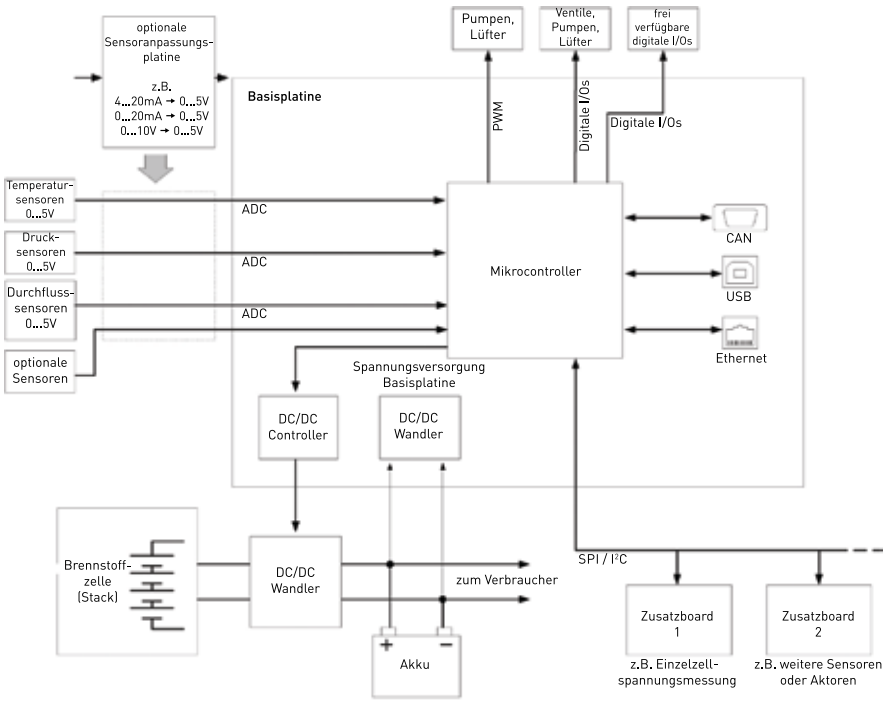


Abb. 2: Prinzipschaltung für eine universelle Steuerungselektronik

Das erklärte Ziel dieser Zusammenarbeit lautet, ein technisch ausgereiftes Produkt auf den Markt zu bringen, das den Systemherstellern die lästige und teure, aber unverzichtbare Arbeit der Elektronikentwicklung und -anpassung abnimmt. Auf diese Weise soll neben Kosteneinsparungen auch eine deutliche Verkürzung der Entwicklungszeit ermöglicht werden.

In der Startphase dieses im Rahmen von PRO INNO II vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Gemeinschaftsprojekts wurde zunächst eine umfangreiche Analyse des Aufbaus und der Bestückung unterschiedlicher Brennstoffzellensysteme mit Sensorik und Aktorik durchgeführt. Hier konnten die Projektpartner auf die jahrelange Erfahrung von Fraunhofer ISE im Bereich der Brennstoffzellensystemtechnik und von Magnum im Bereich der Brennstoffzellen-Prüftechnik sowie Elektronikentwicklung zurückgreifen. Als Ergebnis kam eine Mindestanzahl der benötigten Ein- und Ausgänge – sowohl analoger als auch digitaler – heraus.

Neben der Ansteuerung der verfahrenstechnischen Komponenten wird als Bestandteil der Steuerungselektronik auch die benötigte Leistungselektronik integriert. Diese übernimmt die Wandlung der variablen Brennstoffzellenspannung in eine feste Ausgangsspannung am Verbraucher (12 oder 24 Volt). Außerdem werden in dem Steuerbaustein des DC/DC-Wandlers die Routinen zum Akkulademanagement abgelegt. In der Abbildung 3 sind der Prinzipaufbau der Basiselektronik und die zugehörigen Zusatz- und Erweiterungsboards dargestellt.

Herzstück der Elektronik ist ein leistungsfähiger Microcontroller, auf dem ein Echtzeitbetriebssystem läuft. Damit ist ein stabiler und sicherer Betrieb gewährleistet. Eine kompakte Basisplatine deckt den Großteil realisierbarer Niedertemperatur- und auch Hochtemperatur-PEM-Brennstoffzellensysteme ab. So kann die Basisplatine unter anderem zum Betrieb von Methanol- und Wasserstoffsystemen genutzt werden. Zusätzliche Schnittstellen zu Erweiterungsplatinen bieten die Möglichkeit,

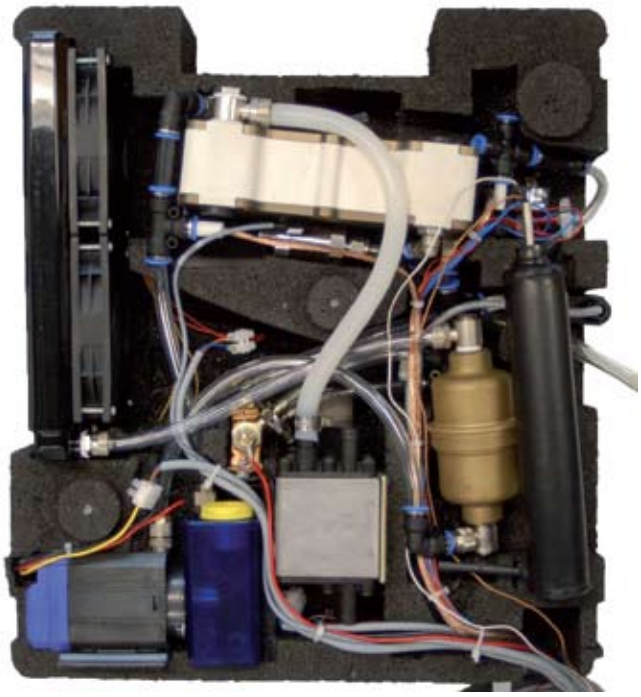


Abb. 3: Brennstoffzellenmodul mitsamt Peripherie [Quelle: Fraunhofer ISE]

auch spezielle Systeme zu steuern. Über Erweiterungsplatinen – beispielsweise für zusätzliche Temperatursensoren und Anschlüsse für Aktorik – lassen sich auch Reformer-, AFC- oder SOFC-Systeme abdecken.

Zusätzlich zur reinen Elektronikhardware wird eine Betriebsführungssoftware realisiert. Dabei werden in den Programmen unterschiedliche Systemkonfigurationen als Zusammenschaltung von Basisfunktionseinheiten abgelegt, die vom Systemintegrator nur noch parametriert werden müssen. Dazu wird eine Bediensoftware realisiert, von der aus die Parametrierung der Systeme erfolgen kann.

Somit erhalten die Hersteller von Brennstoffzellensystemen mit der Elektronikplattform inklusive der Leistungselektronik und zugehöriger Betriebsführungssoftware ein Komplettsystem für die Realisierung ihrer Steuerungselektronik. ||

Magnum in Hannover → Halle 13, Stand E50/1
Fraunhofer ISE in Hannover → Halle 13, Stand F60/1

Autoren:

Dr.-Ing. Zijad Lemeš
MAGNUM Automatisierungstechnik GmbH, Darmstadt
→ zijad.lemes@magnum.de

M.Sc. Dipl.-Ing. (BA) Stefan Keller
Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg
→ stefan.keller@ise.fraunhofer.de

inter solar 2009

27.–29. Mai 2009
Neue Messe München

Internationale Fachmesse für Solartechnik

Photovoltaik
Solarthermie
Solares Bauen

1.300 Aussteller
über 100.000 m² Ausstellungsfläche

Kongress- und Rahmenprogramm
PV Industry Forum | estec2009
Job & Karriere Forum
Neuheitenbörse

www.intersolar.de

CONNECTING SOLAR BUSINESS

Thema: Projekt | **Autor:** Sven Geitmann

LEUCHTTURM IN BARTH

Zweiter Anlauf mit neuen Partnern

Neue BZ-Einheit des Barther Busses [Quelle: atec innovation GmbH]

Das kleine Städtchen Barth in Mecklenburg-Vorpommern ist mittlerweile seit vielen Jahren der nördlichste Wasserstoffstandort Deutschlands. Aus einer Notsituation heraus entschloss sich damals die Gemeinde, parallel zum Ausbau des städtischen Klärwerkes ein innovatives Energiekonzept umzusetzen. Neben dem Elektrolyseur, der Sauerstoff zur Aufbereitung des Abwassers liefert, wurde noch eine Wasserstoffbetankungsstation gebaut und obendrein ein Brennstoffzellenbus angeschafft. Trotz erheblicher Probleme ist Barth dem eingeschlagenen Weg treu geblieben und erhält nun – nach dem erfolgreichen Umbau des Busses – sowohl ein HotModule als auch einen neuen Elektrolyseur.

An Sorgen hat es dem kleinen Städtchen an der Ostseeküste nie gemangelt. Zunächst war die örtliche Kläranlage dem stetig steigenden Besucheransturm nicht mehr gewachsen, weswegen die FH Stralsund die Einperlung von elektrolytisch erzeugtem Sauerstoff einem teureren Neubau vorzog. Für das Nebenprodukt der Elektrolyse, den ebenfalls anfallenden Wasserstoff, wurde das Leitprojekt Barth gestartet, womit jedoch die Sorgen nicht weniger wurden. Wie sich der mittlerweile emeritierte Prof. Jochen Lehmann von der FH Stralsund erinnert, gab es immer wieder Verzögerungen wegen Lieferproblemen verschiedener Komponenten, so dass der Bus, der im Rahmen der Wasserstoffinitiative Vorpommern Touristen herumfahren sollte, nur selten im Einsatz war. Zudem machten die Steuerungseinheiten im BZ-System des Busses sowie bei der Gaserzeugung Probleme.

NEUE KOOPERATIONEN Dies soll sich nun ändern. Mit neuen Partnern strebt die Stadt Barth einer hoffnungsvolleren Zukunft als Leuchtturmprojekt im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms (NIP) entgegen. Ende 2008 hatte die Dalkia Energie Service GmbH, die Energiesparte des Umweltdienstleisters Veolia Environnement, bekannt gegeben, dass es den Fördermittelzuschlag für die Installation, den Betrieb und die Steuerung einer Hybridanlage in dem Ostseebad erhalten habe. Die Unterstützung von Seiten der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW) erfolgt im Rahmen des NIP-Programms Needs, bei dem es um Demonstrationsprojekte stationärer Anwendungen in der Industrie geht. Barth ist damit das erste Teilvorhaben von Needs, wobei Needs offiziell erst im laufenden Jahr gestartet werden soll.

Konkret plant das Neu-Isenburger Unternehmen die Kombination einer MCFC-Brennstoffzelle (HotModule) sowie eines Gasmotors, die zur dezentralen Energieversorgung per Kraft-Wärme-Kopplung in die lokale Energieversorgung mit eingebunden werden sollen. Für MTU Onsite Energy wäre dies die erste Installation ihres neuen eckigen Modells, des Typs HM320, anlässlich des 100. Geburtstags von MTU Friedrichshafen in diesem Jahr ein würdiges Ereignis. Der Standort der Hybridanlage ist das Klärwerk der Stadtwerke Barth. In unmittelbarer Nähe zu der ebenfalls dort aufgebauten H_2-Betankungsstation steht die Biogasanlage, die für den notwendigen Brennstoff sorgen soll. Sie versorgt sowohl die Brennstoffzelle, die im Dauerbetrieb Strom- und Wärme erzeugt, als auch den Gasmotor, der in Teillast die Produktionsschwankungen der Biogasanlage ausgleicht. Die MTU Onsite Energy GmbH beteiligt sich an diesem Projekt, indem es eine neu entwickelte integrierte Systemlösung zur Steuerung beider Module bereitstellt. Von Seiten des NIP werden für dieses auf drei Jahre angelegte Projekt Fördermittel in Höhe von rund 1,8 Mio. Euro zugeschossen.

Uwe Gährs, Regionalleiter Nord bei Dalkia, erklärt: „Ziel vor Ort ist die Steigerung der Gesamtleistung und Verfügbarkeit der Anlage von derzeit 866 auf 1.020 kW_{el} durch Ersetzen des bestehenden Gasmotors durch eine kompakte Hybridanlage aus Brennstoffzelle und Gasmotor."

NEUER BUSANTRIEB Neuigkeiten gibt es auch beim dortigen Brennstoffzellenbus, der momentan bei der Fahrzeugbau Stela GmbH steht und auf Einsätze wartet. Bei dem für 22 Passagiere ausgelegten Midi-Bus handelt es sich um ein Hybridfahrzeug, das ursprünglich über eine Spitzenleistung von 80 Kilowatt verfügte. Als Energiewandler war sowohl ein PM-600-Brennstoffzellensystem der Firma Proton Motor als auch eine Traktionsbatterie zur Bremsenergierückgewinnung installiert, so dass eine Höchstgeschwindigkeit von 70 km/h und eine Reichweite von 180 Kilometern möglich waren.

Seit einigen Monaten besitzt das Fahrzeug eine neue Brennstoffzelleneinheit, die über zwei jeweils 16 kW leistende Module (HyPM HD16) von Hydrogenics verfügt, wobei der Einbau, der konstruktiv von der atec innovation GmbH begleitet und handwerklich sowie bautechnisch von der Fahrzeugbau Strela GmbH durchgeführt wurde, nicht ganz einfach war. Diese beiden Module mussten zunächst zu einem 32-kW-System kombiniert und dann in das bestehende Fahrzeug integriert werden. Dafür wurden Elektronik und Mechanik sowie die Zu- und Abführung der Medien neu strukturiert und optimiert. Für eine bessere Systemüberwachung wurde zudem ein zusätzlicher Monitor in der Fahrerkabine installiert. Durchgeführt wurde diese System-

MCFC-Stack im HM320

integration sowie die spätere Wartung von der Heliocentris Fuel Cells AG, worüber der Stadtplaner der Stadt Barth, Friedrich-Carl Hellwig, sehr erfreut war: „Selbst bei knappen Zeitvorgaben liefert Heliocentris termingerecht und zuverlässig."

NEUER ELEKTROLYSEUR Aufgrund der guten Zusammenarbeit erhielt das Berliner Unternehmen Ende 2008 gleich den nächsten Auftrag, bei dem es um die Installation eines neuen Elektrolyseurs geht, wobei dieses Mal ein alkalischer und nicht wieder ein PEM-Modell ausgewählt wurde. Das neue standardisierte und in Serie produzierte Gerät, das wie schon die neuen BZ-Module von Hydrogenics stammt, wurde Anfang März 2009 in einem 20-Fuß-Container komplett vorinstalliert angeliefert. Nach erfolgreicher Absolvierung einer 5-tägigen Inbetriebnahme soll die Gaserzeugung möglichst zügig wieder aufgenommen werden. Der Elektrolyseur liefert pro Stunde zehn Kubikmeter Wasserstoff für die H_2-Tankstelle und fünf Kubikmeter Sauerstoff zur Optimierung der Kläranlage. Die Regelung orientiert sich dabei am Sauerstoffbedarf, was nicht Standard ist und eine entsprechende Anpassung der Betriebsführung erforderlich machte. Der kaufmännische Geschäftsführer von Heliocentris, Dr. András Gosztonyi, erklärt: „Der eigentliche Vorteil für die Stadt Barth ist, dass Brennstoffzelle und Elektrolyseur nun aus einer Hand kommen, die Systeme optimal aufeinander abgestimmt werden können und es in Bezug auf die Wartung nur einen Ansprechpartner gibt."

Erstmals zeigt sich Projektleiter Hellwig wieder optimistisch, dass die sorgenvolle Zeit ein Ende hat und tatsächlich Praxiserfahrungen im täglichen Betrieb gesammelt werden können. Alles, was jetzt noch fehlt, ist ein Nutzer. Gerald Blochwitz, der sich für atec seit Anfang 2008 von seinem Stralsunder Büro aus um den Bus kümmert, erklärte: „Der Bus ist fahrbereit. Wir suchen jetzt geeignete Demonstrationsvorhaben, wo er seine Praxistauglichkeit unter Beweis stellen kann." ||

MTU Onsite Energy in Hannover → Halle 13, F64/1
Heliocentris in Hannover → Halle 13, E40/1
Proton Motor in Hannover → Halle 13, F64/2

FH STRALSUND INTERNATIONAL ANERKANNT

Die Fachhochschule Stralsund hat seit Anfang des Jahres ein Institut für Regenerative Energie Systeme (IRES). Mit der offiziellen Überführung des ehemaligen *Komplexlabors Alternative Energien* in eine zentrale wissenschaftliche Einrichtung wurde ein seit langem geplanter Entwicklungsschritt vollzogen.

Das Komplexlabor Alternative Energien besteht seit Mitte der 1990er Jahre und wurde maßgeblich vom mittlerweile emeritierten Prof. Jochen Lehmann aufgebaut. Neben zahlreichen verschiedenen Solaranlagen sowie einer Windkraftanlage verfügt das Labor über Möglichkeiten für experimentelle Untersuchungen an Brennstoffzellen, katalytischen Brennern, Wasserstoffmotoren und Elektrolyseuren sowie für Simulationsrechnungen von Hybridkraftwerken. Insbesondere in den Studiengängen Elektrotechnik, Maschinenbau und Wirtschaftsingenieurwesen bietet es hervorragende Rahmenbedingungen für Praktika sowie für studentische Bachelor-, Master- und Diplomarbeiten. Dieses einmalige Angebot zog in den vergangenen Jahren mehr und mehr Studierende aus dem Ausland an, so dass sich die FH Stralsund innerhalb Deutschlands und auch auf internationaler Ebene zu einer anerkannten Forschungsstätte entwickelte. Maßgeblich dazu beigetragen hat auch das jährlich stattfindende Symposium „Regenerative Energiequellen und Wasserstofftechnik". Die in diesem Jahr stattfindende 17. Frühjahrsschule zählt zu den fünf besten Intensivprogrammen der Europäischen Union.

Geleitet wird das neue IRES von Prof. Dr. Thomas Luschtinetz vom Fachbereich Elektrotechnik und Informatik. ||

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

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

Bei Fragen kontaktieren Sie bitte Herrn Nico Haak.

Hannover Messe
20.-24. April 2009, Standnummer F54/2 (Halle 13)

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.

Thema: Weiterbildung | **Autor:** Peter Strasser, Frédéric Hasché, Mehtap Özaslan |

BRENNSTOFFZELLE IN DER LEHRE

Praktikumsversuche an der TU Berlin

Abb. 1: Brennstoffzellenstack und Steuerungseinheit [Quelle: TU Berlin]

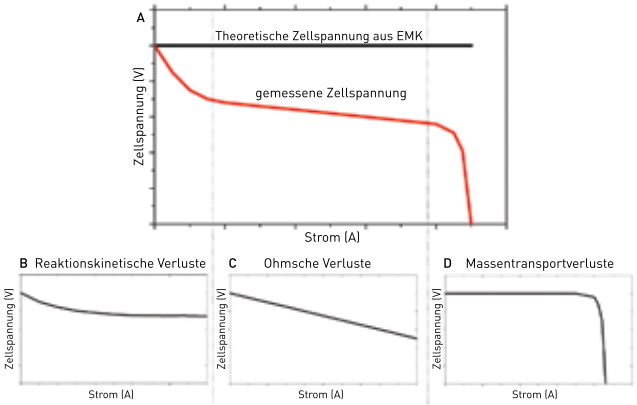


Abb. 2: Spannungsstromkennlinie einer Brennstoffzelle [Quelle: TU Berlin]

Seit Oktober 2008, also seit genau einem Semester, finden an der Technischen Universität Berlin Versuche zur Protonen Austausch Membran Brennstoffzelle (PEMFC) statt. Mit der Neubesetzung des Fachgebietes Technische Chemie durch Prof. Dr. Peter Strasser und der damit verbundenen Neuausrichtung der Forschungsschwerpunkte in Richtung Elektrokatalyse und elektrochemische Energieumwandelung wurden neue Lehrveranstaltungen konzipiert und bestehende überarbeitet. Ein Bestandteil davon ist das Brennstoffzellenpraktikum.

Ziel des Praktikums ist, das allgemeine Verständnis und die Anwendungsvielfalt von Brennstoffzellensystemen zu intensivieren. Durch die Einführung des Versuches zur PEMFC soll möglichst vielen Studierenden aus verschiedenen Fachdisziplinen die Möglichkeit gegeben werden, sich mit dieser Technologie vertraut zu machen. Durch den erhofften Multiplikationseffekt (Studierende – Freunde – Verwandte) wird eine noch höhere Akzeptanz sowie das Verständnis der Brennstoffzellentechnologie gefördert und das Bewusstsein für neue Technologien zur Energiegewinnung verstärkt. Nur eine Gesellschaft, die gegenüber neuen Technologien aufgeschlossen ist, wird diese in ihren Alltag integrieren können.

AUFBAU Das PEMFC-Praktikum wird mit Hilfe eines von der Heliocentris Energiesysteme GmbH angebotenen hyExpert™-Instructor-Brennstoffzellensystems durchgeführt. Dieser Versuchsaufbau beinhaltet alle didaktisch wichtigen Komponenten, um die Funktionsweise und Charakterisierung einer Wasserstoff/Luft-Brennstoffzelle studieren zu können. Das robuste Brennstoffzellensystem ermöglicht ein schnelles, eigenständiges Lernen der Studierenden ohne einen großen Aufwand an Messtechnik. Dabei werden zwei Arten der Wasserstoffspeicherung vorgestellt: Erstens die Nutzung eines Metallhydridspeichers und zweitens der Anschluss einer Wasserstoffdruckgasflasche. Zudem wird durch die Verwendung des Metallhydridspeichers der gesamte Versuchsaufbau portabel. So kann dieser direkt in den Hörsälen und Schulen zu Vorführungszwecken genutzt werden, um die Lerninhalte praktisch zu verdeutlichen.

Die Hauptkomponente ist ein Brennstoffzellenstack mit zehn in Reihe geschalteten Membran-Elektroden-Einheiten (MEA, engl. Membrane Electrode Assembly), die über bipolare Platten miteinander verbunden sind (Abb. 1). Der Wasserstoff wird durch einen Gasdiffusionslayer eingeleitet, während der Sauerstoff aus der Luft durch einen regelbaren Lüfter an der Kathodenseite zugeführt wird. Um den entstehenden Wasserdampf aus dem BZ-System abzuführen, wird regelmäßig und automatisch mit Wasserstoff gespült. Im Prinzip besteht eine solche MEA aus typischen Platin/Kohlenstoff-Elektroden sowie einer Nafionmembran als protonenleitendes Material. Außer dem Brennstoffzellenstack sind folgende Komponenten in dem Versuchsaufbau integriert:

- eine elektronische Last
- ein 12-V-Spannungswandler
- eine LED-Ampel
- ein regelbarer Lüfter
- ein Temperaturfühler
- ein H_2-Durchflussmessregler

Dabei dient die elektronische Last als regelbarer Widerstand zur Simulation eines beliebigen Verbrauchers. Der Spannungswandler ist für die Herstellung einer konstanten Spannung notwendig, um dessen Wirkung auf den Verbraucher zu verdeutlichen. Zum Betrieb eines optischen Verbrauchers mit konstanter 12-Volt-Spannung wird die LED-Ampel verwendet, um die Nutzleistung bei den verschiedenen Ampelphasen zu bestimmen.

DURCHFÜHRUNG Nach einer Vorsprache beim betreuenden Dozenten, einer Sicherheitsunterweisung und einer Besprechung des strukturellen Versuchsaufbaus des Brennstoffzellensystems nehmen die Studierenden eine typische Spannungsstromkennlinie (U-I-Kennlinie) unter Variation der Sauerstoffzufuhr aus der Luft bei einer bestimmten Temperatur auf. Abbildung 2 zeigt den klassischen Kurvenverlauf einer Brennstoffzelle. Die Abweichung der gemessenen Zellspannung (Abb. 2A) von der aus thermodynamischen Daten theoretisch berechneten Zellspannung lässt sich hauptsäch-

lich durch drei Einflüsse erklären. Im vorderen Bereich der Spannungsstromkurve sind vornehmlich reaktionskinetische Spannungsverluste (Abb. 2B) zu beobachten. Dies beruht auf der gehemmten oberflächenkatalytischen Kinetik der Sauerstoffreduktionsreaktion.

$$O_2 + 4\,H^+ + 4\,e^- \rightarrow 2\,H_2O$$

Hier setzt die Forschung unserer Arbeitsgruppe an, die neue, effizientere platinarme Nanopartikelkatalysatoren entwickelt, charakterisiert und ihren Wirkungsmechanismus studiert (s. HZwei Jan. 2009). Im mittleren Teil der Spannungsstromkurve sind verstärkt ohmsche Spannungsverluste (Abb. 2C) zu erkennen. Dabei wird beim Ladungstransport ein Teil der elektrischen Leistung direkt in Wärme umgewandelt. Dies kann während der Messung durch die zunehmende Stack-Temperatur beobachtet werden. Im hinteren Bereich der Spannungsstromkurve dominiert als limitierender Faktor der Massentransport (Abb. 2D). Hier werden die Reaktionspartner zur Membran-Elektroden-Anordnung nicht schnell genug zu den Platin/Kohlenstoff-Elektroden geführt. Durch die Variation der Luftzufuhr haben die Studierenden die Möglichkeit, diesen Massentransportverlust genau zu studieren. Je niedriger die Lüfterleistung ist, desto früher tritt dieser Verlust ein und verschlechtert die Performance des Gesamtsystems.

Eine weitere Untersuchungsaufgabe ist die Bestimmung des Wasserstoffverbrauchs für verschiedene Ströme des Brennstoffzellensystems. Hierbei wird der H_2-Volumenstrom in Abhängigkeit des Stack-Stroms gemessen. Aus den gemessenen Daten wird die Wasserstoff-Strom-Kennlinie ermittelt und eine direkte Proportionalität erhalten. Diese liefert wichtige Informationen zur Auslegung beziehungsweise zum Berechnen des H_2-Verbrauches für mögliche Anwendungen (z. B. Automobile, elektrische Kleingeräte, Laptops). Insgesamt untersuchen die Studierenden verschiedene Aspekte der Brennstoffzelle, wie die Abhängigkeiten der Sauerstoff- beziehungsweise Wasserstoffzufuhr, das Verhalten des Eigenbedarfs sowie der Nutzleistung, die Effizienz durch den Wirkungsgrad und die Auswirkung von Temperatureinflüssen auf das PEM-Brennstoffzellensystem.

FAZIT Es ist festzustellen, dass die Resonanz der Studierenden auf die Durchführung des PEMFC-Praktikumsversuchs – aber auch die/der Dozenten/-innen – äußerst positiv ist. Es werden Lehrinhalte vermittelt, die den Alltag in naher Zukunft maßgeblich verändern werden und somit einen hohen Praxisbezug besitzen. Dadurch erhalten die Studierenden schon jetzt einen Einblick in neue Zukunftstechnologien zur elektrochemischen Energieumwandelung.

Das Vorwissen der Studierenden über die Brennstoffzellentechnologie und Wasserstoffökonomie, also die Nutzung von Wasserstoff als Energieträger, ist je nach Studienrichtung unterschiedlich. Vor allem durch die in den letzten Jahren stark gestiegene Medienpräsenz dieses Themas werden Brennstoffzellen von fast allen Studierenden als zukünftige Energieerzeugungsmöglichkeit und als umweltfreundliche Technologie wahrgenommen. Der schlichte Aufbau einer Wasserstoff/Sauerstoff-Brennstoffzelle ist einigen aus der Schule und vielen aus universitären Lehrveranstaltungen bekannt. Trotz des enormen Potentials hinsichtlich des Wirkungsgrades und der nahezu Null-CO_2-Emission eines Brennstoffzellensystems im Vergleich zu einem typischen Verbrennungsmotor herrscht hohe Skepsis gegenüber dem Wasserstoff als Energieträger. Wasserstoff als Energieträger im Alltag ist für viele Studierende vor dem Versuch kaum vorstellbar. Das Gefahrenpotential von Wasserstoff wird deutlich höher als das von Verbrennungskraftstoffen wie Benzin und Kerosin eingeschätzt. Es ist jedoch festzustellen, dass nach dem Experimentieren mit der PEMFC sich schon deutlich mehr Studierende die Nutzung von Wasserstoff im Alltag vorstellen können. Hier scheint ein öffentlicher Informationsbedarf zur Nutzung von und zum Umgang mit Wasserstoff als Energieträger vorhanden zu sein.

So leistet die TU Berlin neben der breiten akademischen Lehre zum Thema PEMFC auch einen Beitrag zur Ausbildung von Studierenden, die eine hohe Spezialisierung in Elektrokatalyse und elektrochemischer Energieumwandelung aufweisen können. Dies sichert den nötigen Nachwuchs für die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologiebranche. ||

TU BERLIN

Im Rahmen der Grundausbildung Technische Chemie ist die Brennstoffzelle ein fester Bestandteil der Lehre an der TU Berlin und wird so in den Diplom- und Bachelor-Studiengängen Chemie, Chemieingenieurwesen sowie Wirtschaftsingenieurwesen mit Fachrichtung Technische Chemie gelehrt. Zudem sind Versuchsteile in das Wahlmodul „Chemiepraktikum für Physiker und Physikerinnen" sowie in das Pflichtmodul „Chemie" für den lehramtsbezogenen Bachelorstudiengang mit der beruflichen Fachrichtung Ernährung/Lebensmittelwissenschaft integriert worden.
Finanziert wurden die Versuchsaufbauten für die universitären Praktika und besonders das PEM-Brennstoffzellensystem aus Mitteln der Neuberufung sowie des 10-Mio.-Euro-Programms (OWL – Offensive Wissen durch Lernen) zur nachhaltigen Verbesserung der Lehre an der Technischen Universität Berlin.

Autoren:

Dipl.-Chem. Mehtap Özaslan
Technische Universität Berlin
→ mehtap.oezaslan@tu-berlin.de

Dipl.-Chem. Frédéric Hasché
Technische Universität Berlin
→ frederic.hasche@tu-berlin.de

Prof. Dr. Peter Strasser
Technische Universität Berlin
→ pstrasser@tu-berlin.de

Thema: Infrastruktur | **Autor:** Ulrich Bünger, Christoph Stiller, Jan Michalski

AUFBAU EINER H_2-INFRASTRUKTUR

Betriebswirtschaftliche Analyse der LBST

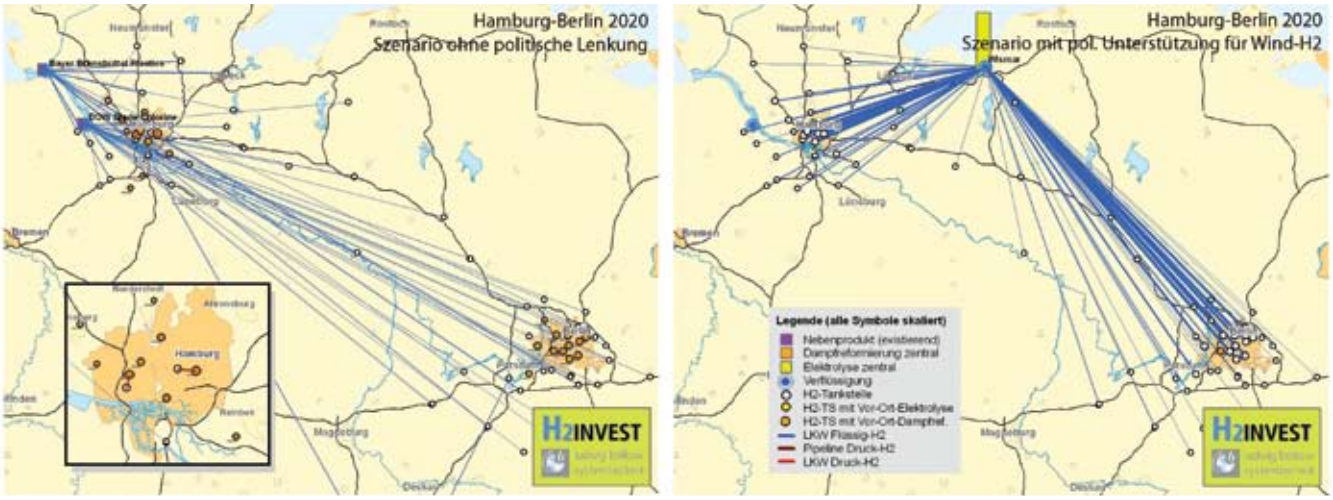


Abb. 1: H_2-Tankstellenversorgung von Berlin und Hamburg

***GermanHy* – unter diesem Stichwort fand Mitte 2008 eine Präsentation im Bundesverkehrsministerium in Berlin statt, bei der die Ergebnisse dieses Projekts vorgestellt wurden. Dabei ging es um die Nutzung von Wasserstoff als Kraftstoff für den Verkehrssektor in Deutschland (s. HZwei Juli 2008). In drastischen Szenarien berichteten die Autoren über die potentiellen Auswirkungen einer Ressourcenverknappung auf die Energiewirtschaft. Aufbauend auf denselben Annahmen hat die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST) in vertiefenden Analysen die erforderlichen betrieblichen Randbedingungen für eine Markteinführung von H_2-Fahrzeugen untersucht.**

Wasserstoff unterscheidet sich deutlich von anderen Kraftstoffen: einerseits durch die Vielfalt der Herstell- und Verteiloptionen, die seine Treibhausgasbilanz maßgeblich beeinflussen, andererseits durch die von der umgesetzten Menge und Transportdistanz abhängigen spezifischen Gestehungskosten, die zwischen einzelnen Tankstellen um einen Faktor 10 variieren können. Diese Unterschiede müssen vom Endkunden weitgehend ferngehalten werden, um auch in entlegenen Versorgungsgebieten bald einen Markt für H_2-Fahrzeuge zu ermöglichen. Ein weiteres Hindernis sind die hohen und risikobehafteten Anfangsinvestitionen, die kein Akteur alleine zu tragen bereit ist.

Diese Hürden können nur durch ein gemeinsames Herangehen privater Investoren und der Politik bewältigt werden. Dabei liegt die Aufgabe der Politik in der Überwachung verbrauchergerechter Strukturen sowie volkswirtschaftlicher und ökologischer Ziele, während die Rolle der Industrie vor allem in der Optimierung der Kosteneffizienz liegt.

MODELLIERUNG MIT H2INVEST Zur Unterstützung des Diskussionsprozesses entwickelte die LBST die Toolbox *Hydrogen Infrastructure Venture Support Tool* (H2INVEST). Dabei handelt es sich um ein Computerprogramm, das den kostenoptimierten Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur simuliert, um bereits vorab mögliche Entwicklungspfade ausfindig machen zu können. Vor kurzem erweiterte die LBST diese Software um ein zusätzliches Modul, mit dem die Wirkungen unterschiedlicher Konsortienmodelle und politischer Maßnahmenbündel objektiv analysiert werden können. Dabei wurde auf Annahmen und Ergebnisse aus dem europäischen H_2-Roadmapprojekt „HyWays“ und dem deutschen H_2-Roadmapprojekt „GermanHy“ zurückgegriffen. Die Toolbox wurde bereits im norwegischen Projekt „NorWays“ und für eine europäische Industrieinitiative eingesetzt.

Die H2INVEST-Toolbox unterstützt drei Arbeitsschritte:

1. Die Erstellung von regionalen Nachfrageszenarien und Tankstellennetzen
2. die Optimierung der Versorgung der Tankstellennetze mit Wasserstoff
3. die betriebswirtschaftliche Bewertung von Infrastrukturkonsortien mit frei definierbarer Zusammensetzung

Im ersten Schritt wird in der Analyseregion zunächst eine günstige Reihenfolge der „Erstversorgung“ mit Wasserstoff berechnet. Dafür werden Angaben über die demographische Entwicklung sowie die Marktdurchdringung von H_2-Pkw herangezogen. Anschließend wird die Entwicklung der Nachfrage in den Teilregionen für den Analysezeitraum (z. B. 2010 bis 2020) – basierend auf der lokalen Fahrzeugverteilung – simuliert. Schließlich werden aus dem bestehenden Tankstellennetz günstige Positionen für Wasserstofftankstellen ermittelt, um die Kraftstoffnachfrage des lokalen wie auch des interregionalen Verkehrs zu decken. Anhand von Absatzdaten konventionellen Kraftstoffes wird anschließend die H_2-Nachfrage an jeder einzelnen Tankstelle des Netzes abgeschätzt.

Im zweiten Schritt wird die kostengünstigste Versorgungsinfrastruktur für dieses Tankstellennetz geplant. Produziert werden kann an geeigneten zentralen Standorten (Nebenproduktwasserstoff, Biomasse, Erdgas, Windstrom und LH_2 aus bestehenden Verflüssigern) oder vor Ort an geeigneten Tankstellen (Erdgas, Netzstrom). Tankstellen ohne eine Vor-Ort-Produktion können durch Lkw-

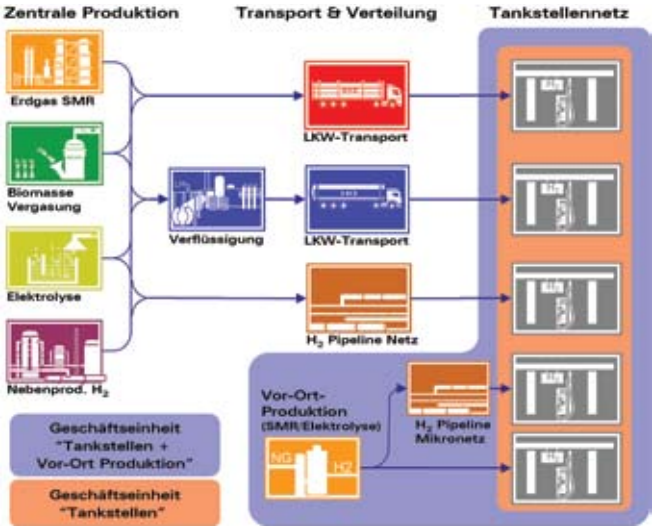


Abb. 2: Versorgungspfade mit Wasserstoff [Quelle: LBST]

Transport (GH_2/LH_2), durch Pipelinenetze aus zentraler Produktion oder durch Pipelinemikronetze aus Vor-Ort-Produktion benachbarter Tankstellen versorgt werden. Mit diesen Optionen wird über den Analysezeitraum die kurzfristig kostengünstigste Strategie zur Versorgung des wachsenden Tankstellennetzes entwickelt. Daraus lassen sich Aussagen zur Relevanz konkurrierender Technologien in einer künftigen Wasserstofflandschaft ableiten sowie zu Auswirkungen von unterschiedlichen Energiepreisen, Technologiekosten, CO_2-Steuern und spezifischen Fördermaßnahmen für einen H_2-Mix.

Die Ergebnisse des Versorgungsmodells können anschließend im dritten Schritt, dem Bewertungsmodul, für eine umfassende betriebswirtschaftliche Analyse weiterverwendet werden. Zu diesem Zweck werden als Untersuchungsobjekt spezifische Geschäftseinheiten und Konsortien definiert und entsprechende Verrechnungspreise entlang der gesamten Wertschöpfungskette modelliert. Darauf aufbauend werden wesentliche Kennzahlen berechnet, die wiederum in eine detaillierte betriebswirtschaftliche Bewertung einfließen. Auch weitere ökonomische Parameter wie Zielkapitalstruktur, technologiespezifische Abschreibungen, Betriebskapital und Inflation werden berücksichtigt. Auf diese Weise lassen sich nicht nur Umsatz- und Kostenverteilung zwischen den einzelnen Geschäftseinheiten, sondern auch spezifische Chancen und Risiken für die beteiligten Investoren ableiten.

BEISPIEL: HAMBURG – BERLIN Die beschriebene Methodik wurde beispielhaft auf den H_2-Infrastrukturaufbau für die Großräume Hamburg und Berlin (insgesamt ca. 9 Mio. Einwohner) und die Verbindungsautobahn A24 angewandt. Nach einem langsamen Hochlauf in dieser Region bis 2016 sind bis 2020 insgesamt etwa 60.000 H_2-Fahrzeuge durch rund 80 Tankstellen zu versorgen. Diese Annahmen stehen im Einklang mit dem GermanHy-Projekt, das für Deutschland bis 2020 von rund 500.000 Fahrzeugen und mindestens 1.000 Tankstellen ausgeht. Die Verteilung der Tankstellen mit H2INVEST resultiert in 34 Stationen für Hamburg, 41 für Berlin und fünf Autobahntankstellen.

Für die Optimierung der Tankstellenversorgung mit Wasserstoff wurde auf techno-ökonomische Daten aus den genannten Projekten zurückgegriffen. Bestehende Kapazitäten für Nebenprodukt-H_2 (z. B. Stade, Bitterfeld) sowie LH_2 (Leuna) sowie 43 mögliche Standorte für eine zentrale H_2-Produktion wurden berücksichtigt. Eine Optimierung ohne politische Lenkungsmaßnahmen ergab bis 2015 eine vorrangige Versorgung mit LH_2 per LKW aus Leuna. 2016 wird bei Stade ein neuer Verflüssiger gebaut, der zunächst bei einer 50%igen Auslastung die gesamte Versorgung übernimmt. Der Nachfragezuwachs bis 2020 wird durch Erhöhung der Auslastung dieser Anlage sowie durch Installation von Vor-Ort-Dampfreformern mit kurzen Pipelines zu benachbarten Tankstellen gedeckt (Mikronetz). In 2020 wird bei Brunsbüttel dann ein weiterer Verflüssiger gebaut. Bis dahin sind etwa acht Kilometer Pipeline gebaut, rund 70 % des Wasserstoffs werden vor Ort erzeugt und 30 % stammen aus verflüssigtem Nebenproduktwasserstoff (s. Abb. 1). Die durchschnittlichen Well-to-Wheel-CO_2-Emissionen betragen etwa 120 g/km (BZ-Fahrzeuge).

Werden hingegen eine CO_2-Besteuerung von 100 €/t und politische Unterstützung für Wind-Wasserstoff angenommen (30 % Einmalzuschuss zum Bau der Elektrolyseanlage zzgl. € 2,50 pro kg Wind-H_2), so verschiebt sich dieses Optimum, und ab 2017 kommt fast ausschließlich flüssig angelieferter Wasserstoff aus Ostseewindenergie zum Einsatz. Dadurch lassen sich die durchschnittlichen Well-to-Wheel-Emissionen auf unter 15 g_{CO2}/km senken.

VOR-ORT-PRODUKTION Für ein besseres Verständnis der Abhängigkeiten zwischen den beteiligten Akteuren wurden für das Versorgungsszenario ohne politische Lenkung betriebswirtschaftliche Sensitivitäten analysiert. Im Vordergrund dieses Beispiels stand dabei die Frage nach Auswirkungen der Vor-Ort-Produktion auf

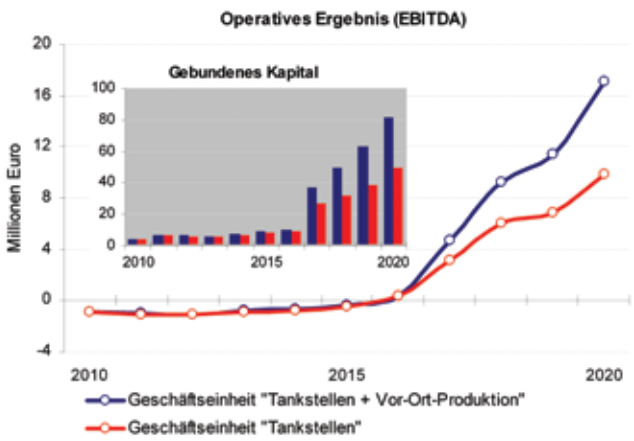


Abb. 3: Wirtschaftliche Betrachtung unterschiedlicher Betreibermodelle [Quelle: LBST]

die Vermögens-, Ertrags- und Finanzlage der H_2-Produzenten und Tankstellenbetreiber. Dabei wurde die Vor-Ort-Produktion entweder einem Akteur zugeordnet, der die gesamte Versorgungsstruktur abdeckt, oder dem Tankstellenbetreiber (s. Abb. 2). Unter gängigen betriebswirtschaftlichen Annahmen und einem einheitlichen Endverkaufspreis von 8 €/kg stehen aus Sicht des Tankstellenbetreibers den strategischen Vorteilen aus der Vor-Ort-Produktion entsprechende Investitionsrisiken gegenüber, deren Einfluss realitätsnah quantifiziert wurde: das operative Ergebnis des Betreibers von Tankstellen und Vor-Ort-Produktion vor Steuern, Zinsen und Abschreibungen (EBITDA) liegt im Jahr 2020 um 73 % höher als das reine Tankstellengeschäft. Dies ist auf eingesparte Gewinnmargen der Versorger zurückzuführen. Gleichzeitig erhöht sich das eingesetzte Kapital um 65 % (s. Abb. 3). Dadurch fallen die Kapitalrendite und der Gesamtkapitalwert (DCF-Methode) für das Modell „Tankstelle + Vor-Ort-Produktion" geringfügig höher aus. Darüber hinaus ergeben sich für den Tankstellenbetreiber strategische Vorteile aus der Option auf Gewinnmitnahmen aus Vor-Ort-Produktion und aus der daraus resultierenden Flexibilität.

ZUSAMMENFASSUNG Der Aufbau der H_2-Infrastruktur birgt viele Herausforderungen, die nur gemeinsam von Politik und Industrie zufrieden stellend bewältigt werden können. Zur transparenten und unabhängigen Unterstützung der Akteure wurde mit H2INVEST eine Toolbox für die gemeinsame Bewertung von Infrastrukturoptionen, Konsortienmodellen und politischen Unterstützungsansätzen entwickelt.

Das Beispiel Hamburg-Berlin zeigt, dass politische Lenkungsinstrumente den H_2-Mix und die resultierenden CO_2-Emissionen maßgeblich bestimmen können. Neben einer reinen Optimierung nach Infrastrukturgesamtkosten sind auch betriebswirtschaftliche Zusammenhänge für den Infrastrukturaufbau von Bedeutung, wie am Beispiel der betriebswirtschaftlichen Zuordnung der Vor-Ort-Produktion zu den Tankstellenbetreibern deutlich wird. In dieser frühen Einführungsphase verspricht nur eine integrierte und transparente Bewertung aller involvierten Geschäftseinheiten, dass der H_2-Infrastrukturaufbau letztlich ein Gewinn für alle Akteure ist. ||

EUROEPAN
FUEL CELL FORUM
2009

29. Juni bis 2. Juli 2009
im
Kultur- und Kongresszentrum KKL
Luzern / Schweiz

Umfassende Darstellung
aller Arten von Brennstoffzellen
130 Präsentationen von
Forschern, Entwicklern und Anwendern
in zwei Parallelsitzungen
mit Posterschau, Ausstellung
und Einführungskurs

Veranstaltet vom
European Fuel Cell Forum
Postfach 99
CH-5452 Oberrohrdorf / Schweiz
forum@efcf.com; www.efcf.com

Autoren:

Ulrich Bünger
Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, Ottobrunn
→ buenger@lbst.de

Christoph Stiller
Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, Ottobrunn
→ stiller@lbst.de

Jan Michalski
Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, Ottobrunn
→ michalski@lbst.de

1.000 TANKSTELLEN FÜR DEUTSCHLAND

Der Druck auf die Automobilkonzerne wächst, angesichts der Autoabsatzkrise mit sparsamen und nachhaltigen Modellen neue Anreize für potentielle Käufer zu schaffen. Das hat auch Auswirkungen auf den Brennstoffzellensektor. Wie die Daimler AG Ende Januar 2008 bekannt gab, werde sie bereits in diesem Sommer mit der Produktion erster B-Klasse-Modelle mit Brennstoffzellenantrieb beginnen.

Vorstandschef Dieter Zetsche sagte gegenüber der Zeitschrift auto motor und sport: „Der Anfang vom Ende des Ölzeitalters ist da. Der Wandel zur postfossilen Mobilität braucht verlässliche Standards.“ Er kündigte weiterhin an: „Ab Mitte des Jahres werden wir eine moderate Produktionsstückzahl auflegen. Und wir sind zuversichtlich, dass wir in einem Zeitraum von vier bis fünf Jahren bei einer Annahme von 100.000 Autos jährlich die Kosten der Brennstoffzelle in die Größenordnung des Antriebsstrangs eines Bluetec-Hybrids bringen können. Das war vor kurzer Zeit noch nicht absehbar.“

Parallel dazu forcieren die Stuttgarter die Gespräche über den Aufbau einer H_2-Infrastruktur. „Wir haben mit einem Partner in Deutschland ein Netz von 1.000 Tankstellen analysiert“, erläuterte Zetsche. Er fügte hinzu: „Die Investitionen, die in Deutschland getätigt werden müssten, liegen bei 1,7 Mrd. Euro. Keine Hürde, die unüberwindbar ist, aber sie kann nicht von einem allein bewältigt werden.“

Diese Ankündigung wurde von der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie ausdrücklich begrüßt. Klaus Bonhoff, Geschäftsführer der NOW, sagte: „Der Aufbau einer ausreichenden Infrastruktur zur Betankung wasserstoffbetriebener Fahrzeuge ist die Kernanforderung dafür, dass aus den Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien Lösungen für unsere Mobilität in der Zukunft erwachsen. Mit der Linde AG und der Daimler AG haben nun zwei Hauptplayer ein sehr ernst zu nehmendes Zeichen gesetzt. Es ist nun auch an der Politik, die Industrie zu unterstützen und ihrerseits Mittel und Kräfte freizusetzen, damit wir wirklich einen Schritt nach vorne kommen bei der Umstellung auf alternative Kraftstoffe und effiziente Antriebe.“ ||

Linde in Hannover → Halle 13, Stand E64/1
NOW in Hannover → Halle 13, Stand E44/4

GOLD FÜR SAUBERE LANDARBEIT

Der Name *NH²* deutet schon an, dass dieser Traktor nicht ganz normal ist: Er verfügt über einen Brennstoffzellenantrieb. Vorgestellt wurde dieses Modell Ende Februar 2009 von New Holland, einem Fiat-Tochterunternehmen, auf der Agrarausstellung SIMA in Paris. Für das Konzept erhielt der Hersteller von Landmaschinen die Goldmedaille für innovative Neuheiten.

Das Basismodell ist ein T6000, der testweise mit einer Brennstoffzelle und einem Wasserstofftank ausgestattet wurde. Seine Leistungsausbeute liegt bei 78 kW, die auf alle vier Räder wirken. Die Betriebsdauer liegt vorerst bei maximal zwei Stunden. Trotzdem verlieh die SIMA-Neuheitenkommission den 1. Preis an New Holland: „Der NH^2-Traktor mit Wasserstoffantrieb ist ein Schlüsselelement im New-Holland-Konzept des energieunabhängigen Betriebs, einem Projekt, das darauf abzielt, Landwirte von jeglichen Ausgaben für fossilen Kraftstoff zu befreien und von externen Versorgern völlig unabhängig zu machen.“

Ganz der erste Traktor mit BZ-Antrieb ist das jedoch nicht, denn das allererste Straßenfahrzeug, das im Jahr 1959 von Allis-Chalmers vorgestellt wurde, war ein D-12-Traktor - allerdings mit einer alkalischen Brennstoffzelle. ||

BRENNSTOFFZELLEN-DIEBSTAHL

Neue Produkte bringen neue Begehrlichkeiten hervor. Dies gilt auch für Brennstoffzellen, deren Wert mittlerweile von zwielichtigen Gesellen als hoch eingeschätzt wird. Dies führte dazu, dass unbekannte Täter Anfang des Jahres in Leeste ein Wohnmobil aufbrachen und neben dem CD-Radio sowie dem mobilen Navigationsgerät auch die eingebaute Brennstoffzelle entwendeten. Wie die Polizeiinspektion Diepholz vermeldete, belief sich der Schaden auf rund 4.500 Euro. ||

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. 36

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

© Oliver Knauff

Thema: Autos | **Autor:** Hugo Gabele, Ferdinand Panik, Martin Ziegler

HYBRID-SMART MIT BZ-RANGE-EXTENDER

Schnellentwicklung an der HS Esslingen

Das Institut für Brennstoffzellentechnik (IBZ) der Hochschule Esslingen hat in weniger als einem Jahr Entwicklungszeit einen seriell produzierten Smart zu einem Elektrofahrzeug umgebaut. Das Fahrzeug ist mit insgesamt 704 Litium-Polymer-Consumer-Zellen ausgerüstet, die über eine Kapazität von 22 Kilowattstunden verfügen. Diese ermöglichen eine Reichweite von rund 120 Kilometer bei 135 Kilogramm Eigengewicht. Zur Verlängerung der Fahrstrecke ist eine Brennstoffzelle mit einer Leistung von 2,5 Kilowatt installiert. Als Wasserstofftank kommt eine Kohlefaserflasche mit 39 Liter Inhalt und 350 bar Druck zum Einsatz, so dass die Reichweite je nach Fahrweise auf über 200 km erhöht werden kann. Am 15. Dezember 2008 wurde der Roll Out gefeiert.

Mit dem HydroSmart wird das ehrgeizige Ziel verfolgt, ein zukunftsweisendes Konzept zu entwickeln, das insbesondere in Punkto Leistung und Reichweite bereits vorhandene Fahrzeuge dieser Klasse übertrifft. Vorstudien haben gezeigt, dass in dieser Fahrzeugklasse über 90 Prozent aller Fahrten unter 100 km betragen. In diesen Fällen kann an jeder haushaltsüblichen Steckdose geladen werden. Ein 3-kW-Ladegerät ist im Auto integriert. Bei längeren Fahrten kommt die relativ kleine Brennstoffzelle zum Einsatz, die als Range Extender fungiert.

AUSLEGUNG ANTRIEBSEINHEIT Anhand einer ersten Marktstudie wurden verschiedene Smart-Modelle mit Verbrennungsmotor hinsichtlich Leistung, Gewicht, Preis und Fahreindruck analysiert. Die Entscheidung fiel auf den Smart Pulse, der Ende 2007 gekauft und ab dem Sommersemester 2008 zum Elektrofahrzeug umgebaut wurde. Die Recherche zur Antriebseinheit führte zunächst zu zwei erfolgversprechenden Lösungen. Da jedoch die Antriebseinheit der Firma Getrag hinsichtlich Leistung und Drehmoment nicht überzeugen konnte, fiel die Entscheidung zugunsten des Brusa-Motors in Kombination mit dem Originalgetriebe aus. Eine Simulation ergab, dass eine feste Gangwahl ausreicht, die sowohl hervorragende Beschleunigungswerte als auch eine ausreichende Höchstgeschwindigkeit ermöglicht (2. Gang 8,4 : 1).

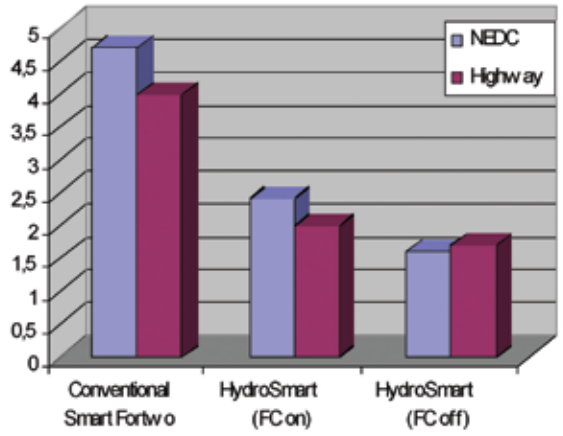
Das maximale Drehmoment liegt nicht nur deutlich über dem des sportlichsten Verbrennermodells *Smart Brabus*, sondern steht ab null Umdrehungen pro Minute, also praktisch aus dem Stand, zur Verfügung (kein „Turboloch“). Beachtlich ist auch der Wirkungsgrad, der zwischen 3.000 und 11.000 Umdrehungen pro Minute mit 96 % angegeben wird.

Einbauuntersuchungen ergaben, dass der Brusa-Motor ideal in die Antriebseinheit passt. Über eine neu konstruierte Adapterplatte wurde der Motor an das Originalgetriebe angeflanscht. Zur technischen Umsetzung waren neben einer gefrästen Aluminiumadapterplatte auch diverse neue Halter, ein Drehzahlsteller sowie eine neue Kupplung zwischen Motor und Getriebe notwendig.

AUSLEGUNG TRAKTIONSBATTERIE Nach zahlreichen Messreihen und Vergleichen marktgängiger Lithium-Ionen-Batterien wurde unter Berücksichtigung von Gewicht, Kosten, Energiedichte, Robustheit usw. eine geeignete Zelle ausgewählt. Je acht Zellen wurden parallel geschaltet, wobei sich die Kapazität auf 64 Ah erhöht. Diese Grundeinheit wird wiederum achtmal hintereinander geschaltet, so dass die Spannung auf 31 V steigt. Letztendlich führt eine weitere Reihenschaltung von elf dieser Zwischeneinheiten zu der gewünschten Spannung von 339 V. Die genaue Anordnung des Akku-Packs sowie die Integration und Bestimmung der Befestigungspunkte wurde über eine Simulation mit CAD (Catia V5) ermittelt. Anschließend wurde die tragende Unterbodenwanne in einem Positiv-Abformverfahren aus GFK/CFK hergestellt.

Die Wasserstoffflasche, die üblicherweise in der F-Cell-A-Klasse zum Einsatz kommt, passte im Smart ForTwo exakt zwischen die Federbeine der Hinterachse. Lediglich der Kofferraumboden muss um etwa zehn Zentimeter höher gesetzt werden.

Abb. 1: Vergleich Serien-Smart zum Hydro-Smart mit und ohne Brennstoffzelle



Energieverbrauch in Benzinäquivalent

SIMULATION Parallel zu den mechanischen Arbeiten fanden Simulationsvorgänge statt, die Vorhersagen zu unterschiedlichen Fahrzyklen und Betriebsmodi zuließen. Als Plattform diente ein eigens dafür entwickeltes Modell in Matlab/Simulink. Untersucht wurden die Fahrzyklen *Autobahn (Highway)* und der *Neue Europäische Fahrzyklus (NEDC)*. Mit Verbrennungsmotor liegt der berechnete Verbrauch bei 4,7 l/100km, was den Herstellerangeben sehr nahe kommt. Je nachdem, wie stark die Brennstoffzelle zum Einsatz kommt (mit ca. 40 % Wirkungsgrad) und welcher Fahrzyklus betrachtet wird, bewegt sich der Verbrauch des Hydro-Smart zwischen 1,6 und 2,4 Liter pro 100 km. Rein batterieelektrisch gefahren ergibt sich mit der gespeicherten Energie von 22 kWh und dem errechneten Verbrauch von 14 kWh/100km eine theoretische Reichweite von 157 km. Mit Brennstoffzelle lässt sich die Reichweite deutlich steigern.

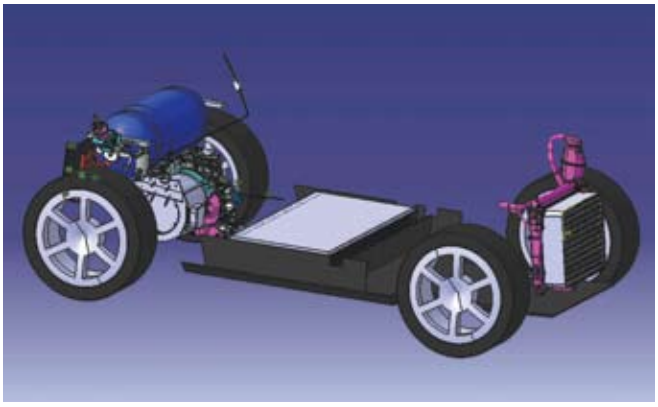


Abb. 2: Smart-Plattform mit integriertem H_2-Tank und Akku-Pack

Der auf 350 bar komprimierte Wasserstoff hat einen chemischen Energieinhalt von 40 kWh, das heißt, bei einem Wirkungsgrad von durchschnittlich 40 % stehen weitere 16 kWh elektrische Energie zur Verfügung, was eine Reichweitenverlängerung von theoretisch 113 km bedeutet. Dies gilt allerdings nicht auf der Autobahn, sondern nur im Stadtverkehr mit entsprechend langen Stillstandszeiten, da zur vollen Umsetzung der Energie in der Brennstoffzelle etwa sieben Stunden benötigt werden. So stehen über einen Tag verteilt insgesamt bis zu 270 km Reichweite zur Verfügung, bevor über Nacht Akku und Wasserstofftank „nachgeladen" werden müssen.

Erste Testfahrten konnten den simulierten Energieverbrauch bestätigen und eine rein elektrische Reichweite ohne Wasserstoff von über 120 km beweisen.

WEITERENTWICKLUNG Nachdem der HydroSmart seine batterieelektrische Fahrtüchtigkeit beim Roll Out erfolgreich demonstrieren konnte, sind noch folgende Entwicklungsschritte notwendig: Die 2,5-kW-Brennstoffzelle von Ballard muss in die Front integriert werden. Der serielle Wasserkühler, der wegen der hohen Effizienz nicht mehr benötigt wird, kann dann entfallen. Des Weiteren müssen noch Komponenten wie DC/DC-Wandler, Klimageräte und Staubfilter ergänzt werden sowie zahlreiche Fahrversuche durchgeführt werden, um die Software beziehungsweise die Betriebsstrategien zu optimieren. ||

Literatur:

- *Gabele, H., Panik, F., Ziegler, M., Leichtfahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb, 6th international colloquium fuels, 10.-11.1.2007, TAE Esslingen*
- *Gabele, H., Panik, F., Ziegler, M., Ergolite Glider siegreich in Paris, VDI-Tagung Innovative Fahrzeugantriebe, 9.-10.11.2008, Dresden*
- *Gabele, H., Panik, F., Ziegler, M., Brennstoffzellenscooter Hydrofight, FUELS, 7th Int. Colloquium, 14.-15. Januar 2009, TAE Esslingen*

Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Hugo Gabele
Institut für Brennstoffzellentechnik (IBZ)
Hochschule Esslingen
→ Hugo.Gabele@hs-esslingen.de

Prof. Dr.-Ing. Ferdinand Panik
Institut für Brennstoffzellentechnik (IBZ)
Hochschule Esslingen
→ Ferdinand.Panik@hs-esslingen.de

Dipl.-Ing. Martin Ziegler
Institut für Brennstoffzellentechnik (IBZ)
Hochschule Esslingen
→ Martin.Ziegler@hs-esslingen.de

BESTELL-FORMULAR

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

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

Firma/Name Vorname

Straße

PLZ, Ort

Ort, Datum 1. Unterschrift

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

Ort, Datum 2. Unterschrift

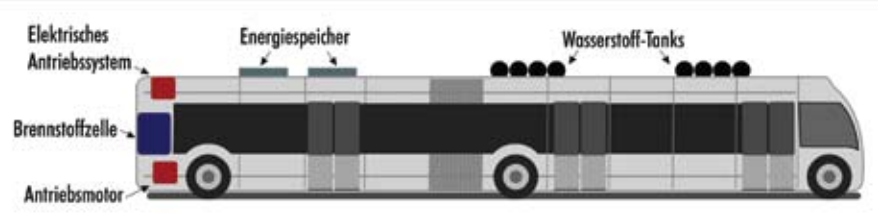
Die Bestellung ist nur gültig, wenn beide Unterschriften vorhanden sind.

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

Thema: Autos | **Autor:** Boris Jermer

DER LÄNGSTE BRENNSTOFFZELLENBUS DER WELT

Vier Phileas-Busse für Region Köln und Amsterdam



[Quelle: APTS]

In der Region Köln und in Amsterdam sollen künftig je zwei 18-Meter-Stadtbusse des Typs *Phileas* im Alltagseinsatz unter Beweis stellen, dass Brennstoffzellen bereit für den Markt sind. Die Entwicklung des längsten Wasserstoffbusses der Welt ist eine spannende Herausforderung für das deutsch-niederländische Konsortium.

Von der griechischen Mythologie her sind uns die zwölf sagenhaften Aufgaben des Herakles bekannt, die er nach dem Befehl seines Vetters König Eurystheus auszuführen hat. Nachdem er ganz heldentypisch diese Herausforderungen gemeistert hat, kehrt Herakles zurück, erobert das Königreich Elis, vernichtet seine Widersacher und verschenkt deren Königreich an *Phileas* … so weit die Sage. Vor ähnlich großen Herausforderungen sieht sich auch das deutsch-niederländische Konsortium aus Vossloh Kiepe, APTS, Nedstack und Hoppecke, das in Kooperation den innovativen Brennstoffzellenbus *Phileas* entwickeln wird.

Die für die Region Köln bestimmten Busse kommen im Regionalverkehr in Hürth und Köln zum Einsatz und haben als Energiespeicher ein Batteriesystem, das von der Hoppecke Batterien GmbH & Co. KG geliefert wird. Der holländische Fahrzeughersteller Advanced Public Transport Systems (APTS) nutzt ein neuartiges und optisch ansprechendes Chassis als Fahrzeugbasis. Nedstack Fuel Cell Technology BV aus Arnheim ist für das Brennstoffzellensystem verantwortlich. Unterstützt wird das Konsortium durch die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen und die Fachhochschule Köln, die die Energiespeicherkonzepte und die Einsparpotentiale durch den Einsatz des Brennstoffzellensystems untersuchen werden. Das Projekt wird gemeinsam durch das Wirtschafts- und Verkehrsministerium NRW und die niederländische Regierung finanziert, die eine Kooperation zugunsten eines sauberen öffentlichen Nahverkehrs vereinbart haben.

PROJEKTSTRUKTUR Das Gesamtprojekt besteht aus drei Phasen, wobei unterschiedliche Ministerien, Bundesländer und Länder in dem nicht trivial strukturierten Projekt zusammenwirken. Die erste Phase umfasst die Entwicklung des Antriebskonzeptes und endet mit einer Empfehlung für das Konzept der Energiespeicher und der exakten Auslegung des Brennstoffzellensystems. In der zweiten Phase werden insgesamt vier Fahrzeuge aufgebaut und jeweils zwei Fahrzeuge für die Regionalverkehr Köln (RVK) sowie die Amsterdamer GVB gekauft. Die dritte Phase sieht dann – zumindest für Nordrhein-Westfalen – einen fünfjährigen Einsatz der Busse im Alltagsbetrieb vor.

Am 17. Februar 2009 begann mit der Übergabe der Zuwendungsbescheide die erste Phase des Projektes. Pünktlich zur Weltwasserstoffkonferenz WHEC 2010 sollen die Busse überprüft sein und auch für die Beförderung von Kongress-Teilnehmern bereitstehen. Der Wasserstoff für die beiden Kölner Busse kommt aus der regionalen Chlor-Chemie. Die dazu notwendige Tankstelle wird in einem gesonderten Projekt aufgebaut. Langfristig können entsprechend einer Studie des Landes NRW mehrere hundert Busse mit diesem günstigen Nebenproduktwasserstoff betrieben und neben Umweltvorteilen auch betriebswirtschaftliche Potentiale ausgeschöpft werden.

DAS FAHRZEUGKONZEPT Der Phileas wurde von APTS vor einigen Jahren als Diesel-Hybrid-Variante entwickelt und ist bereits in den Niederlanden, Frankreich und der Türkei im Einsatz. APTS gehört zur niederländischen VDL-Gruppe, die jährlich etwa 2.000 Busse produziert. Gerade beim Anfahren eines Busses arbeitet der normale Dieselmotor in einem sehr schlechten Wirkungsgrad. Dieser Nachteil wird durch die Entkoppelung des Antriebs (Elektromotor) vom Energiewandler (Brennstoffzelle) ermöglicht. Allein durch diese Maßnahme kann der spezifische Verbrauch des Fahrzeugs durch das optimierte Energiekonzept um bis zu 25 % verbessert werden kann. Zudem wird durch den Einsatz von Hochleistungsenergiespeichern (Super-Caps) ein Teil der kinetischen Energie beim Bremsvorgang zurück gewonnen.

PHILEAS-TECHNIK Trotz seiner Länge von 18,5 m verfügt der Phileas über einen erstaunlich kompakten Wendekreis von etwa 12 m, was dem eines Standard-12-m-Busses entspricht. Möglich wird das durch die mitlenkenden Hinterachsen. Die Sitzplatzkapazität ist mit 35 Plätzen zwar nicht üppig, aber dafür können bei Nutzung aller zulässigen Stehplätze maximal 140 Fahrgäste und damit fast 50 Fahrgäste mehr als in einem Standardbus befördert werden.

Der erwartete Verbrauch des Serien-Hybridsystems soll bei der Nutzung auf einer Stadtbuslinie bei etwa elf Kilogramm Wasserstoff auf 100 Kilometern liegen, was energieäquivalent etwa 37 Liter Dieseltreibstoff entspricht. Das wäre angesichts der Fahrgastkapazität ein sehr gutes Ergebnis, denn der normale Verbrauch eines 18-m-Fahrzeugs liegt bei über 50 l Diesel. Trotz der Leichtbauweise und zahlreicher Verbundaluminium-Elemente in der Karosserie kommt der Bus auf stattliche 18 t Leergewicht, was aber angesichts des Mehrgewichts für die Stromspeicher, die Wasserstofftanks und die Brennstoffzelle ein sehr akzeptabler Wert ist. Amsterdam wird topographisch wohl kein größeres Hindernis für den Bus darstellen, und auch der Hürther Hügel, die einzige nennenswerte Erhebung im geplanten Einsatzgebiet, ist weit von den 14 % der maximalen Steigfähigkeit des Fahrzeuges entfernt. Die Maximalgeschwindigkeit ist mit 90 km/h nicht geringer als die eines Standardbusses, wodurch der Bus sowohl im Regional- als auch im Innenstadtverkehr eingesetzt werden kann.

[Quelle: APTS]

BUS ODER STRASSENBAHN? Der Phileas fährt zwar auf Reifen, weist aber auch Eigenschaften einer modernen Straßenbahn auf und kann optional mit einem vollelektronischen Leitsystem ausgestattet werden. Dazu werden dann alle ein bis zwei Meter Magnetspulen in den normalen Straßenbelag eingelassen, die den Bus wie auf virtuellen Schienen durch die Stadt leiten. Der Fahrer muss nur eingreifen, wenn Gefahr droht oder ein Hindernis auf der Strecke auftaucht. Genau das ist ein großer Vorteil gegenüber schienengebundenen Konzepten. Denn bei einer Kollision mit einer Straßenbahn an einem Knotenpunkt kollabieren in der Regel innerhalb kürzester Zeit weite Teile eines Stadtbahnsystems. Im Gegensatz zu einer Straßenbahn fährt der Phileas auf Gummireifen, was zusammen mit dem elektrischen Antrieb eine deutliche Geräuschminderung für Fahrgäste und Anwohner mit sich bringt. Es überrascht nicht, dass die Niederländer diese Argumente zu ihrem Vorteil nutzen: Preislich und technisch, so Ruud Bouwman, Geschäftsführer der APTS, konkurriere man nicht mit herkömmlichen Dieselbussen, sondern vielmehr mit schienengebundenen Tramsystemen.

Die Gesamtinvestition für die Phileas-Systeme liegt deutlich unter den Anschaffungskosten für Schienen- und Oberleitungssysteme. Speziell für Städte in Südeuropa, die noch kein etabliertes ÖPNV-System eingeführt haben, wiegen die Vorteile eines schienenungebundenen Systems wie dem Phileas schwer, da durch die Einsparung von Schienen und Oberleitungen massiv Kosten gespart werden können. Es bleibt jedoch abzuwarten, wie viele der Kunden – speziell im stark gefestigten und konservativen ÖPNV-Bereich in Nordeuropa – sich von den Versprechungen dieses Zwittersystems wirklich überzeugen lassen. Ein weiterer großer Pluspunkt ist neben der Technik auch das Design, denn eine innovative Technik lässt sich den unbedarften Fahrgästen so sehr viel einfacher vermitteln als in einer eckigen, rollenden Stahlbox.

Zunächst muss das System aber in der Region Köln und Amsterdam unter Beweis stellen, ob es zuverlässig im Alltagsbetrieb eingesetzt werden kann. Auch für Nedstack bedeutet dieser Einsatz viel, denn kein Projekt war bislang so präsent und anspruchsvoll wie der Brennstoffzelleneinsatz an Bord des neuen 18-m-Busses. Sollten die Zellen und der Bus erfolgreich laufen, gäbe es einen neuen Spieler im Kreis der wenigen Anbieter von Brennstoffzellenbussen. Die bereits ‚etablierten' Unternehmen wären im Zugzwang, ihre bislang nur sehr zögerlich präsentieren Lösungen nachzubessern und höhere Stückzahlen im Markt zu platzieren. Im Rahmen der *Hydrogen Bus Alliance* stehen jedenfalls heute schon zehn Städte weltweit bereit und warten auf zuverlässige und bezahlbare Brennstoffzellenbusse. Hier hat die Businduste die Chance, gemeinsam mit erfahrenen und von der Technik überzeugten Partnern eventuell im Rahmen des JTI-Programms der EU eine Serie von 100 Fahrzeugen in den Verkehr zu bringen.

ZEITPLAN BIS 2010 Neben den technischen Abstimmungen besteht momentan die größte Herausforderung in dem ehrgeizigen Zeitplan der Projektpartner. Die Entwicklung soll bis Mai 2009 abgeschlossen sein. Dann beginnt direkt der Aufbau der Fahrzeuge, damit im ersten Quartal 2010 die ersten beiden Prototypen an die Kunden ausgeliefert werden können. Wenn alle Tests positiv verlaufen, sollen die Busse pünktlich zur WHEC in Essen rollen und der Welt zeigen, dass eine deutsch-niederländische Kooperation weit mehr bewirken kann als nur politische Willensbekundungen. Die Regionalverkehr Köln und die Amsterdamer GVB setzen große Hoffnungen in das Projekt, denn das Konzept des Phileas geht einen deutlichen Schritt weiter als alle bislang da gewesenen BZ-Buskonzepte. Der Phileas ist ein wirklich europäischer Bus, der den Weg in eine sauberere Zukunft unserer Innenstädte weist. ||

Nedstack auf der Hannover Messe → Halle 13, Stand F66/2
→ *www.hydrogenbusalliance.org*

Autor:

Boris Jermer M.A.
HyCologne – Wasserstoff Region Rheinland e.V., Hürth
→ jermer@hycologne.de

MAN BEENDET BERLINER BUSPROJEKT

Anfang März 2009 haben der Regierende Bürgermeister Klaus Wowereit und Hamburgs Erster Bürgermeister Ole von Beust vereinbart, enger bei der Entwicklung von Wasserstoffbussen zusammenarbeiten zu wollen. Hintergrund dieser Kooperationsvereinbarung ist das Ende des Berliner Wasserstoffbusprojektes HyFleet:CUTE, bei dem 14 Fahrzeuge von MAN getestet wurden. MAN erklärte dazu, dass das Projekt jetzt auslaufe und kein Bedarf einer Weiterführung bestehe.

Bei zehn von den 14 Fahrzeugen sind H_2-Turbomotoren im Einsatz gewesen, bei denen es während der Fahrten zu Störungen kam, was von MAN mit Problemen an den Einspritzdüsen begründet wurde. Die vier H_2-Saugmotoren liefen hingegen einwandfrei. Diese haben bereits über 300.000 km zurückgelegt. Für MAN bedeutet das Projektende den Ausstieg aus der Kundenanwendung, auch wenn die Forschungsarbeiten weiterverfolgt werden sollen. Andere H_2-Projekte – wie beispielsweise das zwischenzeitlich angepeilte Kölner Vorhaben – werden derzeit nicht verfolgt. Ein Grund dafür liegt im zwischenzeitlich vorgenommenen Strategiewechsel des Unternehmens, da im Jahr 2006 mit Dr. Karl-Viktor Schaller ein „Wasserstoffgegner" zum technischen Vorstandsmitglied ernannt worden war. Wie MAN am 6. März 2009 bekannt gab, verlässt dieser aber nun im Rahmen weiterer Umstrukturierungsmaßnahmen das Unternehmen. Seine Aufgaben übernimmt fortan Bernd Maierhofer, Vorstand für Engineering & Portfolio Management.

Die Berliner Verkehrsbetriebe, die Eigentümer der 14 Busse sind, wollen trotzdem am Thema Wasserstoff festhalten. Die vier Saugmotorenbusse bleiben daher noch im Einsatz, auch wenn die ursprünglich geplante Flottenerweiterung auf 50 Fahrzeuge nun obsolet ist, wie BVG-Sprecher Klaus Wazlak erklärte. Weiterhin sagte er: „So eine Testphase ist dafür da, um so etwas zu zeigen. […] Das Projekt Wasserstoff ist bei der BVG nicht tot.“ Stattdessen werde nun über Alternativlösungen nachgedacht. Der BVG-Chef Andreas Sturmowski erklärte, dass das Potential von Brennstoffzellenantrieben höher liege, weshalb nun der engere Kontakt zur Hansestadt gesucht wird. Dort sind Brennstoffzellenbusse schon seit Jahren erfolgreich im Einsatz. ||

ARAL OHNE H_2-TANKSTELLE

Der Mineralölkonzern BP hat sich mit seiner Tankstellentochter Aral aus dem Wasserstofftankstellengeschäft zurückgezogen. Gegenüber der HZwei-Redaktion erklärte die Unternehmenssprecherin Claudia Braun, dass sich BP stattdessen zukünftig auf die Sequestrierung von Kohlendioxid konzentriere.

Das britische Unternehmen hatte seit vielen Jahren in zahlreichen Projekten an der Vision „Energie Wasserstoff in der Mobilität“ mitgewirkt. Über die Marke Aral stellte der Konzern in Deutschland Wasserstoff an Testtankstellen in Hamburg, in München sowie in Berlin zur Verfügung. BP erklärte dazu: „In dieser Zeit haben wir weit reichende operative Erfahrungen rund um flüssigen und gasförmigen Einsatz von Wasserstoff bei Fahrzeugen gesammelt; das gilt auch für weitere Teststandorte in Europa, Asien und den USA - unter sehr unterschiedlichen Bedingungen.“ 2005/2006 war der Mineralölkonzern nach eigener Aussage weltweit der größte Infrastrukturpartner für H_2-Projekte weltweit und auf allen Kontinenten bei Demonstrationsvorhaben insbesondere in der Mobilität beteiligt.

Da jedoch all diese Projekte nur Demonstrationsprojekte waren und nach dem heutigen Stand noch Jahrzehnte an Forschung und Entwicklung notwendig sind, hat BP sein Konzept überarbeitet. Demnach ist das „Lernen über Wasserstoff“ vorerst beendet. „Solange Wasserstoff aus der Verbrennung von fossilen Energien erzeugt wird, ist dieser Weg nicht nachhaltig und zugleich sehr teuer“, sagte Braun. Der Betrieb der Station am Flughafen München wurde bereits Ende 2006 eingestellt, in Berlin wurden die zwei Zapfsäulen für gasförmigen und flüssigen Wasserstoff im Laufe des vergangenen Jahres zurückgebaut, und auch in Hamburg hat sich Aral nach Beendigung der ersten Projektphase der Clean Energy Partnership zurückgezogen.

Claudia Braun erklärte weiterhin: „BP geht seit drei Jahren einen neuen Weg: den der Sequestration von Kohlendioxid in den Gesteinsschichten der Erde, dort, wo es neben Öl und Erdgas schon seit Jahrmillionen gespeichert war. Diese Technik ermöglicht es, weiterhin fossile Brennstoffe zu fördern und zu benutzen, dabei Wasserstoff zu verbrennen und das klimaschädliche Gas in der Erde zu `speichern`. Zu den geplanten Investitionen gehören zurzeit zwei kommerzielle Projekte dieser Art: eines in Kalifornien, ein weiteres in Abu Dhabi. Dort soll aus verschiedenen fossilen Ausgangsmaterialien Wasserstoff produziert werden, mit dem in einem integrierten Kraftwerk sauberer Strom erzeugt wird.“ BP gründete dazu 2007 mit dem Bergbauunternehmen Rio Tinto und mit General Electric das Joint-Venture-Unternehmen `Hydrogen Energy` (s. HZwei Juli 2007). ||

Ein Bild vergangener Tage [Quelle: CEP]

25. ECO-MARATHON IN DEUTSCHLAND

Zum ersten Mal findet in diesem Jahr der Shell Eco-Marathon in Deutschland statt. Vom 7. bis 9. Mai 2009 werden voraussichtlich rund 220 Teams aus 29 Ländern auf dem EuroSpeedway Lausitz zwischen Berlin und Dresden darum kämpfen, wer mit dem Energieinhalt eines Liters Benzin am weitesten kommt. Es werden über 3.000 Teilnehmer erwartet.

Die unterschiedlich angetriebenen Fahrzeuge treten in verschiedenen Kategorien gegeneinander an. Neben Benzin, Diesel und Flüssiggas als Kraftstoff sind auch alternative Energien wie Sonnenenergie oder Wasserstoff zugelassen. Einer der ehemaligen Titelaspiranten, der *Schluckspecht* von Studenten der Hochschule Offenburg, wird derzeit noch neu konstruiert, da er in diesem Jahr als vierrädriges Gefährt auf Rekordjagd gehen soll. Von dem Dreiradkonzept hat sich das Team von Prof. Ulrich Hochberg verabschiedet, da es in diesem Jahr nicht mehr in der Prototypengruppe startet, sondern in der Kategorie *Urban concept*, in der Straßentauglichkeit Pflicht ist. Bis Anfang März 2009 gab es zwar lediglich

Auflösung des Sudoku-Rätsels von S. 31

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

das Lenkrad, aber die Hoffnung ist da, termingerecht an den Start gehen zu können.

Der erste Marathon dieser Art fand im Jahr 1939 in Illinois/USA statt. Damals schaffte das Siegermodell mit einem Verbrennungsmotor 21 km. 2005 legte das Siegerfahrzeug der ETH Zürich 3.838 km mit einem brennstoffzellenbetriebenen Prototyp zurück. Das PAC-Car II hält diesen Rekord bis heute und ist zudem Inhaber des Guinness Weltrekords für Kraftstoffeffizienz.

Deutscher Mitveranstalter ist die Fachhochschule Lausitz. Der Präsident der Europäischen Kommission, José Manuel Barroso, der diese 25. Auflage des Effizienzwettbewerbs eröffnen wird, und die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Dr. Annette Schavan, übernahmen die Schirmherrschaft. ||

And the winner is: PAC Car II [Quelle: ETH Zürich]

ALREDA ALS NEWCOMER IN GENF

Auf der amerikanischen Automobilmesse Anfang dieses Jahres in Detroit wirkten zahlreiche Aussteller schaumgebremst, einige hatten ihre Teilnahme ganz abgesagt; anders jedoch Mitte März 2009 in Genf: Auf dem 79. internationalen Autosalon in der Schweiz waren alle wieder anwesend, als wenn nichts gewesen wäre. Die Fahrzeugbauer versuchten mit neuen umweltverträglichen Modellen, verloren gegangenes Terrain wettzumachen.

Das Zugpferd der neuen Ökobewegung ist die Elektromobilität. Von General Motors bis zu Better Place – alle präsentierten ihre innovativen, vornehmlich auf Strom basierenden Zukunftskonzepte. Prof. Dr. Werner Tillmetz vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) warnte jedoch in Genf: „Bei der viel versprechenden Lithium-Ionen-Batterie sind die Unternehmen zwar auf einem guten Weg, aber keinesfalls schon am Ziel.“ Er mahnte zudem den Aufbau einer starken deutschen Zulieferindustrie an, andernfalls drohe in diesem Zukunftsmarkt eine Dominanz der Konkurrenz aus Asien.

Brennstoffzellenantriebe waren indes nur von Honda und Toyota zu sehen, die ihren FCX Clarity beziehungsweise den FCHV-adv ausstellten. Außerdem präsentierte sich ein kleines bis dato weitestgehend unbekanntes Unternehmen aus der Schweiz: Alreda. Hinter Alreda stehen insgesamt sieben Zulieferfirmen aus dem Katalysator- und Beschichtungsgeschäft. Mit ihrem gesammelten Know-how schafften es die Schweizer nach eigenen Angaben erstmals, das teure Platin in einer hauchdünnen Schicht aus einzelnen Atomen aufzudampfen. Damit sollen zukünftig Brennstoffzollen so günstig wie Stromaggregate für Camper angeboten werden (400 bis 600 €/kW statt zuvor 3.000 €).

Eher schlechte Zukunftschancen attestierte der Entwicklungsvorstand Klaus Draeger von BMW der BZ-Technik. Der bayerische Autobauer setze weiterhin auf den Verbrennungsmotor, erklärte Draeger in Genf. Der BMW-Bereichsleiter Gesamtfahrzeugarchitektur, Hans Rathgeber, ergänzte: „Die Brennstoffzelle kann nicht dynamisch gefahren werden. Wir sehen viel mehr Potenzial im Verbrennungsmotor.“ ||

NEUER NISSAN

Fast zeitgleich zum Genfer Autosalon stellte Nissan die neue Generation seines SUV-Prototypen X-Trail FCV vor. Das neue Modell verfügt trotz des nun 25 % kleineren Brennstoffzellenpakets über eine wesentlich höhere Leistung von 130 kW (zuvor 90 kW). Die Kosten konnten um 35 % gesenkt werden, indem die benötigte Platinmenge halbiert wurde. Zudem konnte die Lebensdauer mit Hilfe einer neuen Separatorbeschichtung signifikant verlängert werden. Zur Erprobung dieses neuen Fahrzeugs fuhren die Entwickler in Japans Norden, um dort Kältetests durchführen zu können. Trotz dieser Erfolge ist der Markteintritt nicht vor 2015 anvisiert. ||

TERMINKALENDER

APRIL

20.-24.04. Gemeinschaftsstand Wasserstoff und Brennstoffzellen Messe, Hannover, Tobias Renz Fair-PR, Tel. 089-7201-384-0, Fax -20, *www.fair-pr.de*

20.-24.04. Clean Moves Expo & Konferenz Ausstellung & Konferenz, Hannover, Halo Energy, Tel. +32-28503671, *www.halo-energy.com*

20.-24.04. E-Motive Ausstellung, Hannover, Deutsche Messe, Tel. 0511-893-1168, Fax -2564, *www.hannovermesse.de/emotive_d*

22.04. Wind und Wasserstoff Seminar, Lübeck, Haus der Technik, Tel. 0201-1803-211, Fax -280, *www.hdt-essen.de*

29.04. Brennstoffzellen- & Wasserstofftechnologie Basisseminar, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

MAI

05.-07.05. Sicherheitsaspekte beim Umgang mit Wasserstoff Praxisseminar, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

07.-08.05. Small Fuel Cells Konferenz, Orlando/USA, The Knowledge Foundation, Tel. +1-(617) 232-7400, Fax -9171, *www.knowledgefoundation.com*

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

12.-14.05. genera 09 Messe, Madrid/Spanien, IFEMA, Tel. +34-91-722-3000, Fax -5788, *www.genera.ifema.es*

13.-16.05. Electric Vehicle Symposium 24 Konferenz, Stavanger/Norwegen, Electric Drive Transportation Association, Tel: +1-703-683-8500, Fax -836-4486, *www.evs24.org*

14.05. Mini-BHKW – Grundlagen Kursus, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

26.-28.05. Power-Gen Europe Konferenz & Messe, Köln, PennWell Corp., Tel. +44-1992-656-615, Fax -700, *www.powergeneurope.com*

31.05.-03.06. Hydrogen and Fuel Cells Konferenz & Messe, Vancouver/Kanada, Hydrogen + Fuel Cells 2009, Tel. +1-604-822-1736, Fax -8106, *www.hfc2009.com*

JUNI

09.06. Deutsche Präsenzbörse Konferenz, Hannover, Solvay GmbH, Tel. 030-440386-0, Fax -22, *www.continua.de/praesenzboerse.php*

10.-11.06. Fuel Cell Summit Konferenz & Messe, Hartford/USA, Fuel Cell Magazine, Tel. +1-847-8524387-111, *www.fuelcell-magazine.com*

19.-21.06. EnergyTech Messe, Hannover, Profair Consult + Project GmbH, Tel. 05121-20626-0, Fax -26, *www.messen-profair.de*

29.06.-02.07. European Fuel Cell Forum Konferenz & Messe, Luzern/Schweiz, European Fuel Cell Forum, Tel. +41-56-496-7292, Fax -4412, *www.efcf.com*

JULI

02.-03.07. DENEX Konferenz & Messe, Wiesbaden, Reeco GmbH, Tel. 07121-3016-0, Fax -100, *www.denex.info*

15.07. Brennstoffzellen- & Wasserstofftechnologie Basisseminar, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

AUGUST

14.-16.08. China International Hydrogen & Fuel Cell Expo 2009 Messe, Shanghai/China, CAHE, Tel. +86-10-627-80537, Fax -92648, *www.hfce.cn*

SEPTEMBER

07.-10.09. Polish Forum of Fuel Cells and Hydrogen Technologies Konferenz, Kocierz/Polen, Polish Hydrogen and Fuel Cell Association, Tel. +48-12-6172026, *forum.hydrogen.edu.pl*

10.09. Clean Tech Media Award Preisverleihung, Berlin, Voigt Krüger & Partner, Tel. 030-2408782-0, *www.cleantech-award.de*

16.-18.09. International Conference on Hydrogen Safety Konferenz, Ajaccio/Korsika, ICHS Secretary, Fax +39-050-2207388, *www.hysafe.org/conference*

17.-27.09. IAA Pkw Messe, Frankfurt/M., Verband der Automobilindustrie, Tel. 069-97507-0, Fax -261, *www.iaa.de*

FIRMEN-EINTRAG

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

Firma

Adresse

Tel., Fax, Internet

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

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

FIRMENVERZEICHNIS

BRENNSTOFFZELLEN

ECG GmbH ElektroChemischeGeneratoren,
Widdersdorfer Str. 240, 50825 Köln, Tel. 0221-6777-3530,
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

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

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

Fraunhofer-Institut Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM), Gustav-Meyer-Allee 25, 13355 Berlin,
Tel. 030-3147283-3, Fax -5, *www.izm.fraunhofer.de*

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

HIAT gGmbH, Schwerin, CCMs/MEAs für PEFC, DMFC & PEM-Elektrolyse, DMFC-Membranentwicklung, Prozessentwicklung MEA/CCM-Fertigung, Qualitätssicherung,
www.hiat.de

HyCentA – Hydrogen Center Austria,
Österr. Forschungszentrum für Wasserstoff an der TU Graz,
Inffeldgasse 15, A-8010 Graz,
Tel. +43(0)316-873950-0, Fax -2, *www.hycenta.at*

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. 05251-148961-2, Fax -3, *www.energieportal24.de*

VERANSTALTER

15. Gemeinschaftsstand Wasserstoff + Brennstoffzellen,
Hannover Messe 2009, 20.-24. April. c/o Tobias Renz
FAIR-PR, Tel. 089-7201384-0, Fax -20, *www.fair-pr.com*

E-world energy & water GmbH,
Norbertstr. 5, 45131 Essen, Tel. 0201-1022-210, Fax -333,
www.e-world-2010.com, mail@e-world-essen.com

Hamburg Messe und Congress GmbH, Messeplatz 1,
20357 Hamburg, Tel. 040-3569-0, Fax -2180,
www.hamburg-messe.de

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

Peter Sauber Agentur Messen und Kongresse GmbH,
Wankelstr. 1, 70563 Stuttgart,
Tel. 0711 656960-52, Fax -99, *www.f-cell.de*

VEREINE & VERBÄNDE

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

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

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

WEITERBILDUNG

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

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

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

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

SMA Solar Technology AG, Sonnenallee 1, 34266 Niestetal,
Tel. 0561-9522-3308, Fax -4896, *www.sma.de*

Hydrogen Energy

18 WHEC 2010

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

Please submit abstracts by May 15, 2009 using the website www.whec2010.com

Under the auspices of:

The International Association for Hydrogen Energy (IAHE)

Organized by:

EnergieAgentur.NRW

In cooperation with:

DWV Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband

JÜLICH FORSCHUNGSZENTRUM

Fuel Cell and Hydrogen Network NRW.

MESSE ESSEN Place of Events

Supported by:

NOW Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie

EHA EUROPEAN HYDROGEN ASSOCIATION

wiba Koordinationsstelle der Wasserstoff-Initiative Bayern

ZSW

IPHE International Partnership for the Hydrogen Economy

ESSEN

wirtschaftsförderung metropoleruhr

HYDROGEN IMPLEMENTING AGREEMENT

EUROPEAN UNION Investing in our Future European Regional Development Fund

First Major Sponsor:

RWE The energy to lead