Hydrogeit Verlag / www.hzwei.info / 12. Jahrgang / April 2012 / 8 €

H2wei.info

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN

→ WASSERSTOFF AUS MIKROALGEN: „IM WIRTSCHAFTLICH INTERESSANTEN BEREICH“

→ INTERVIEW MIT DR. M. STEFENER VON ELCORE: HT-PEM-TECHNIK FÜR EFFIZIENTE KWK-GERÄTE

04012
9 771862 393005

INHALTSVERZEICHNIS

2 Impressum

3 Editorial

4 Meldungen
1-MW-Anlage in Belgien in Betrieb
5. H_2-Congress in Berlin
Neue Leiterin für H2Expo
N_2telligence errichtet BZ-Kraftwerk
DWV favorisiert reinen Wasserstoff

7 Leseecke
Neue internationale Fachliteratur

8 Messe
Hannover Messe 2012 mit China als Partner

10 Hausenergie
Erstes BZ-Heizgerät auf dem Markt
Interview mit Dr. Manfred Stefener, Elcore

14 Entwicklung
Modulare Stacks mit austauschbaren Teilen
DLR präsentiert SpaceLiner-Konzept
Titel: Wasserstoff aus Mikroalgen
Titel: EMPA macht H_2 aus Rost
Mikro-Brennstoffzellen für Implantate

27 Reportage
Autarkes EnergieCamp bei der Bundeswehr

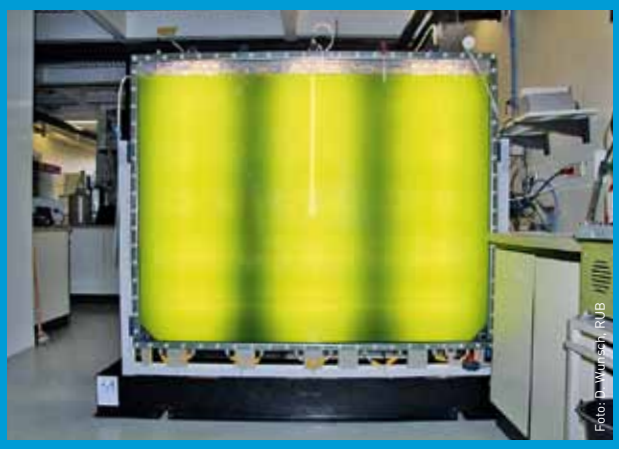
30 Forschung
DVGW erforscht Power-to-Gas

32 International
Peter Hoffmann präsentiert sein neues Buch
Meldungen aus Übersee

34 Elektromobilität
Wettlauf ums Schaufensterprogramm
Fragezeichen bei Fördergeldern
Familie zieht ins Effizienzhaus aus
Historisch: Das erste Elektromobil
Neue H_2-Tankstelle für Hamburg
Solare H2Move-Station am Fraunhofer ISE
Smile & Clean Mobile insolvent

45 Terminkalender

46 Firmenverzeichnis



18 Experimente mit Blaualgen im 100-l-Fermenter

27 Zu Besuch im EnergieCamp der Bundeswehr

42 Eröffnung der H2Move-Tankstelle in Freiburg

IMPRESSUM HZwei

ISSN: 1862-393X
Jahrgang: 12. (2012) / Heft 4, April 2012

Verlag: Hydrogeit Verlag
Sven Geitmann, 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
Internet: www.hydrogeit-verlag.de, www.hzwei.info
www.hzwei.info/blog, www.twitter.com/hydrogeit

Design: Dipl.-Des. Andreas Wolter, Weimar
Satz: Dipl.-Des. Henrike Hiersig, Weimar

Anzeigen: Kirsten Laasner Projektmanagement, Kirchheim
Lektorat: Dione Gutzmer, Berlin
Druck: Printec Offset – medienhaus, Kassel

Druckauflage: 4.500 Stück
Erscheinungsweise: 4 x jährlich

Einzelpreis (Inland): 8 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 2,00 € Versand)
Jahrespreis (Inland): 27,50 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 6,50 € Versand)
Einzelpreis (Europa): 8 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 4,50 € Versand)
Jahrespreis (Europa): 27,50 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 17,00 € Versand)

Studenten: 50 % Ermäßigung
Kündigung: jederzeit möglich, 6 Wochen vor nächster Ausgabe

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

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

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

H2YDROGEIT 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: Derartige Mikroalgen (Mikroskopaufnahme) könnten mittelfristig auch zur H_2-Erzeugung herangezogen werden. (Quelle: Ecoduna)

UNGEKLÄRTE FRAGEN

Liebe Leserinnen und Leser!

Die Hannover Messe 2012 konfrontiert uns in diesem Jahr mit einigen zentralen Fragen, um deren Beantwortung wir uns zuletzt erfolgreich gedrückt haben:

Da wäre beispielsweise das stets auf dem *Gemeinschaftsstand Wasserstoff und Brennstoffzellen* im Mittelpunkt stehende Thema der *Brennstoffzellen-Heizgeräte*. Obwohl sich hier alljährlich die *Initiative Brennstoffzelle (IBZ)* mit dem *Callux*-Programm groß auf einem eigenen Gemeinschaftsstand präsentiert, ist immer noch unklar, wann denn nun in Deutschland mit marktreifen Produkten gerechnet werden kann. Wird sich dies jetzt endlich ändern? Vielleicht, denn dieses Jahr wollen zwei neue Akteure wieder frischen Schwung in die Debatte bringen: Ceramic Fuel Cells Ltd. (CFCL) nennt als erstes Unternehmen einen konkreten Preis für sein BZ-Hausenergieversorgungssystem (s. S. 10). Und die bis dato gänzlich unbekannte Firma Elcore gestattet erste Einblicke in ihre Arbeiten (s. Interview mit Dr. Manfred Stefener, S. 12).

Ein ganz wichtiges Thema ist auch die nachhaltige Wasserstoffherstellung. Hier wurde schon vor Jahren über die Leistungsfähigkeit von Algen beziehungsweise Cyanobakterien gemutmaßt. Lange Zeit gab es jedoch nur kleine Laborsysteme, die zwar grundsätzlich funktionierten, aber nicht sonderlich ergiebig waren. Die HZwei hat daher recherchiert, wie hier der aktuelle Stand ist, und tatsächlich: Mittlerweile ist Bewegung in die Algenfraktion gekommen: Derzeit werden riesige Hallen für diese Einzeller aufgebaut, in denen knallgrün leuchtend enorme Mengen an Biomasse produziert werden (s. Titelfoto & S. 21). Auf diese Weise könnte mittelfristig Wasserstoff biologisch mit Hilfe von Mikroalgen produziert werden (s. S. 18ff). Zumindest heißt es erstmals: „Wir kommen schon in den wirtschaftlich interessanten Bereich."

Etliche nicht beantwortete Fragen gibt es auch im Bereich der Mikro-Brennstoffzellen. Hier war es bis zuletzt absolut still, nachdem es vor etlichen Jahren noch hieß, Brennstoffzellen würden sich für alle Leistungsklassen eignen. Diese Aussage bleibt zwar im Prinzip nach wie vor korrekt, aber grundsätzlich müssen wir uns der Erkenntnis stellen, dass die Brennstoffzelle nicht auf einen Schlag die Energietechnik in allen Bereichen revolutionieren wird, sondern zunächst langsam über Nischenmärkte praktische Erfahrungen sammeln muss. Dies gilt auch für Mikro-BZ, die langfristig betrachtet beispielsweise medizinische Implantate mit Energie versorgen könnten, indem sie Blutzucker (Glukose) als Kraftstoff verwenden. Das Fraunhofer IZM zeigt in Hannover, wie das gehen könnte, auch wenn die Realisierung noch in weiter Ferne liegt (s. S. 24).

Ein etwas heikles Thema, dem sich die gesamte deutsche Wirtschaft auf der diesjährigen Industrieschau endlich stellen muss, ist der Umgang mit China als alter/neuer Welthandelsmacht. Nicht ohne Grund ist die Volksrepublik dieses Mal von der Deutschen Messe AG als Partnerland ausgewählt worden. Hier spielen auch deutsche Interessen eine wichtige Rolle, wenn es beispielsweise um ausländische Investitionen im Euro-Raum geht. Darüber hinaus muss sich die Brennstoffzellenbranche grundsätzlich überlegen, wie sie gedenkt, mit den innovativen Produkten aus dem asiatischen Raum mithalten zu können – sei es im Mobilitätssektor, im stationären Sektor oder bei portablen Energieversorgungssystemen.

Speziell im Mobilitätssektor wartet die gesamte Branche natürlich auf konkrete Antworten zu der Frage, wie es mit dem Förderprogramm *Schaufenster Elektromobilität* (s. S. 34) weitergeht: Wer bekommt den Zuschlag? Wie viele Schaufenster wird es geben? Und, vielleicht der wichtigste Punkt: Werden die bereits zugesagten Fördergelder tatsächlich in der ursprünglich angegebenen Höhe (s. S. 35) fließen? Insbesondere diese letzte Fragestellung könnte richtungsweisend für die weitere Entwicklung in der E-Mobilitätsbranche sein.

Die Hannover Messe 2012 wird sicherlich dazu beitragen, einige dieser zentralen Fragen zumindest ein Stück weit beantworten zu können. Gleichzeitig werden sich aber in den Foren und Diskussionen auch wieder neue Fragen auftun, die uns vor neue Herausforderungen stellen werden. Eines kann daher schon jetzt mit Sicherheit gesagt werden:

Es bleibt spannend! ||

Herzlichst

Sven Geitmann
HZwei Herausgeber

DER 5. DEUTSCHE WASSERSTOFF CONGRESS 2012
Wasserstoff – Ein Faktor in der Energiewirtschaft

8. - 9. Mai 2012
Vertretung des Landes
Nordrhein-Westfalen, Berlin

Netzintegration Erneuerbarer Energien
Energiespeicherung mittels Wasserstoff
Nutzungsmöglichkeiten von Wasserstoff
Analyse zukünftiger Energiepfade

Registrierung online unter www.h2congress.de

H2CONGRESS.de

EnergieRegion.NRW
Cluster Nordrhein-Westfalen
EnergieAgentur.NRW
DWV
Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband
EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

1-MW-ANLAGE NIMMT BETRIEB AUF

Quelle: Solvay

In Antwerpen ist am 9. Februar 2012 die erste europäische Brennstoffzelle im Megawattbereich öffentlich vorgestellt worden. Das aus mehreren PEM-Brennstoffzellen bestehende autarke Kraftwerk war bereits im September 2011 beim Chemiekonzern Solvay an seinem belgischen Standort aufgebaut worden. Zum Einsatz kommen dabei Membran-Elektroden-Einheiten (MEAs) des Hanauer Tochterunternehmens SolviCore (Joint Venture mit Umicore), die in Module des niederländischen BZ-Herstellers NedStack eingebaut werden. Insgesamt wurden hier 12.600 Zellen verbaut. In den ersten 800 Betriebsstunden erzeugte die Anlage 500 MWh Strom (Leistung: 1 MW_{el} & 0,5 MW_{therm}). Ihren elektrischen Wirkungsgrad gibt der Hersteller mit 50 % an, den Gesamtwirkungsgrad mit 80 % (inkl. Wärmeauskopplung).

Große Brennstoffzellenanlagen im Hundert-Kilowatt-Bereich schienen schon vor dem Aus zu stehen, nachdem nach Siemens Westinghouse auch MTU Onsite Energy (HotModule) ausgestiegen war. Nun scheint sich aber mit der Zusammenschaltung mehrere kleiner Systeme eine neue Option für den Kraftwerkssektor zu ergeben. ||

→ Solvay auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand C73

H_2-CONGRESS IN BERLIN

Nachdem im Jahr 2010 die Weltwasserstoffkonferenz (WHEC) in Deutschland stattgefunden hatte, wird der *Deutsche Wasserstoff Congress* ab sofort wieder in gewohntem zweijährigem Rhythmus abgehalten. Allerdings treffen sich die Experten am 8. und 9. Mai 2012 nicht wie zuvor in Essen, sondern in der Bundeshauptstadt. Als Gemeinschaftsveranstaltung von der EnergieAgentur.NRW und vom Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband (DWV) findet der Kongress erstmalig in der Vertretung des Landes Nordrhein-Westfalen in Berlin statt. Thematisch geht es laut Aussage von Dr. Frank Koch, Leiter des Programmkomitees, insbesondere um die Rolle von Wasserstoff als zukünftigem Energiespeicher von Strom aus erneuerbaren Energien, aber auch um mobile, stationäre und portable Brennstoffzellenanwendungen sowie eine ganzheitliche Analyse zukünftiger Energiepfade. ||

→ www.h2congress.de

NEUE H2EXPO-PROJEKTLEITUNG

Quelle: Hamburg Messe

Die *H2Expo* hat am 22. Februar 2012 eine neue Projektleiterin bekommen. Anja Holinsky, die bereits die Fachmessen *Nortec* und *WindEnergy Hamburg* betreut, kümmert sich fortan auch um die internationale Konferenz und Fachmesse für Wasserstoff, Brennstoffzellen und elektrische Antriebe. Sie löst damit Johannes Schmid-Wiedersheim ab, der diesen Posten seit Juni 2009 bei der Hamburg Messe und Congress GmbH innehatte. Das erste Mal in ihrer neuen Funktion zeigte sich Holinsky der Branche bei der Einweihung der H_2-Tankstelle in der Hamburger HafenCity (s. S. 40), wo sie von ihrem Vorvorgänger Peter Bergleiter begleitet wurde. Einen genauen Termin für die H2Expo 2013 konnten beide allerdings noch nicht nennen. ||

SAUBERER WASSERSTOFF FÜR GREENPEACE ENERGY

Die Enertrag AG und Greenpeace Energy e.G. haben am 17. Januar 2012 einen Vertrag unterzeichnet, demzufolge das brandenburgische Unternehmen „zukünftig grünen Wasserstoff direkt in das deutsche Erdgasnetz einspeist", der dann über Greenpeace Energy vertrieben wird. Konkret geht es darum, dass das Unternehmen aus Dauerthal zusichert, „im Jahr 2012 bis zu 400 MWh Wasserstoff" zu liefern. Der dafür benötigte Anschluss ans Gasnetz befindet sich bereits in Planung und soll noch in diesem Jahr in unmittelbarer Nähe zum Hybridkraftwerk realisiert werden. Weiter heißt es: „Ab dem kommenden Jahr sind 1,2 GWh vereinbart." Enertrag-Vorstand Werner Diwald erklärte: „Mit der Einspeisung von Wasserstoff in das Gasnetz wird die zentrale Herausforderung der Speicherung erneuerbarer Energie angegangen und gleichzeitig der notwendige Netzausbau im elektrischen Bereich abgemildert." Enertrag bezeichnete diese Unterzeichnung als einen „Meilenstein für Power-to-Gas, die Einspeisung von Wasserstoff aus Windkraft in das Gasnetz". Erst am 7. Dezember 2011 war das Bündnis für Wind-Wasserstoff *performing energy,* das sich mit eben dieser Power-to-Gas-Technologie befasst, gegründet worden (s. HZwei-Heft Jan. 2012). ||

→ Enertrag auf der Hannover Messe: Halle 13, Stand C40

NEUE SPEICHERINITIATIVE

Um die zur Genüge anfallende Windenergie im Norden Deutschlands effizient speichern zu können, hat Schleswig-Holstein am 21. März 2012 eine Speicherinitiative gestartet. Anlässlich der Gründung erklärte die Energie-Staatssekretärin Dr. Tamara Zieschang in Kiel: „Wir haben in Schleswig-Holstein unterschiedliche Ansätze im Bereich der Speichertechnologien, von Pumpspeicherwerken über Wasserstoffelektrolyse bis hin zu Batterietechnologien. Alles das wollen wir jetzt regelmäßig diskutieren, um die wichtigen Speichervorhaben in Schleswig-Holstein voranzubringen.“ Zieschang mahnte zudem an, dass es bereits heute auf Grund überlasteter Stromnetze zu Abschaltungen von Windparks komme. Diese Situation dürfe sich in den nächsten Jahren nicht verschärfen, stattdessen müsse der Netzausbau besser als bislang zwischen Bund und den Ländern koordiniert werden. Dafür sind jährlich jeweils zwei Treffen vereinbart worden.

Eines von insgesamt drei zentralen Projekten ist die Einlagerung von Wasserstoff in einer Salzkaverne bei Hemmingstedt, um damit mittelfristig das Industriegebiet Brunsbüttel mit Energie versorgen zu können. Zunächst könnte das per Elektrolyse erzeugte Gas aber auch in der Raffinerie in Heide verwendet, ins Gasnetz eingespeist oder für den Verkehrssektor eingesetzt werden. ||

MAGNESIUMBORHYDRID ALS H_2-SPEICHER

Wissenschaftler haben eine neue Form von Magnesiumborhydrid entdeckt, das vergleichsweise viel Wasserstoff speichern und diesen bei relativ niedrigen Temperaturen wieder abgeben kann. Bisher waren nur die α- und β-Modifikation bekannt. Yaroslav Filinchuk von der Université Catholique de Louvain, Belgien, und Torben R. Jensen von der Universität Aarhus, Dänemark, entdeckten jetzt aber zudem eine so genannte γ-Form, die hochporös ist und kleine Gasmoleküle wie Stickstoff, Dichlormethan oder Wasserstoff speichern kann. In der Zeitschrift *Angewandte Chemie* berichteten die Forscher, ihre Verbindung sei das erste Leichtmetall-Hydrid, das wie ein metallorganisches Gerüst porös und in der Lage ist, molekularen Wasserstoff zu speichern. ||

AUTOHAUS MIT BZ-VERSORGUNG

N_2telligence-Geschäftsführer A. Exler (li.) & L. Frahm (re.) mit Niederlassungsleiter B. Zierold

Hamburg wird immer mehr seinem Ruf als Wasserstoffmetropole gerecht. So verkündete das Auto-Center Wandsbek Ende Januar 2012, zukünftig seine Verkaufsräume mit einem Brennstoffzellensystem heizen zu wollen. Im Rahmen eines kompletten Umbaus der Mercedes-Benz-Niederlassung Hamburg soll demnächst eine stationäre erdgasbetriebene Brennstoffzelle von N_2telligence 100 kW Strom und 120 kW Wärme erzeugen. Niederlassungsleiter Bernd Zierold erhofft sich durch diese Investition in Höhe von rund einer Million Euro eine massive Reduktion des Energieverbrauchs sowie des CO_2-Ausstoßes um bis zu 60 Prozent pro Jahr. Die Kosten dafür sollen sich innerhalb von sieben Jahren amortisiert haben. Das System wird im Juli 2012 eingebaut und im August vom Ersten Hamburger Bürgermeister Olaf Scholz in Betrieb genommen. ||

ANZEIGE

FREUDENBERG GERÜSTET FÜR GDL-SERIENFERTIGUNG

Als Teil der Freudenberg Gruppe entwickelt, produziert und vertreibt Freudenberg FCCT (FFCCT) Gasdiffusionslagen (GDL), Dichtungen, Kathodenzuluftfilter und Befeuchter für Brennstoffzellen. FFCCT hat sich als führender Zulieferer von Brennstoffzellenkomponenten am Markt etabliert.

Nach erfolgreicher Produktentwicklung hat FFCCT ab 2010 eine erste GDL-Serienfertigung aufgebaut. Diese erlaubt bereits heute eine qualitätsgesicherte Produktion in industriellem Maßstab. Grundlage war eine jahrelange und enge Zusammenarbeit mit führenden Brennstoffzellenherstellern. Die GDL-Produkte sind daher umfangreich erprobt worden und befinden sich in vielfachem Einsatz.

Um die Industrialisierung der GDL weiter voranzutreiben, sind in den kommenden Jahren weitere umfangreiche Investitionen in den Bereichen Produktion, Qualitätssicherung und Konfektionierung geplant. Ziel ist es, in den nächsten Jahren eine durchgehende Fertigungskette auf modernstem industriellem Niveau zu etablieren und dadurch dem wachsenden Brennstoffzellenmarkt ausgereifte Produkte in großem Maßstab zur Verfügung zu stellen.

Freudenberg bleibt auf dem erreichten Stand nicht stehen, sondern wird auch weiterhin umfangreich in die GDL-Material- und -Produktentwicklung investieren. So befindet sich aktuell eine neue GDL-Materialgeneration in der Testphase bei Kunden. Diese zeigt hervorragende Leistungen speziell in luftgekühlten Brennstoffzellen wie z. B. Back-up-Systemen und in stationären Anwendungen. Eine Vorstellung erfolgt auf der Hannover Messe 2012 (Halle 27, Stand C75). ||

DWV FAVORISIERT REINEN WASSERSTOFF

Der Deutsche Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband (DWV) sieht Wasserstoff wieder im Aufwind. Die Energiewende sowie die mit dem Thema Wind-Wasserstoff verbundenen Potentiale hätten das Interesse an dem Energiespeicher Wasserstoff wieder geweckt, hieß es während der Jahrespressekonferenz am 14. Februar 2012 in Berlin. Vorstandsmitglied Dr. Ulrich Schmidtchen (Foto li.) räumte zwar ein, dass es in den Jahren 2005/2006 ein „Tal der Tränen" gegeben habe, aber nun gehe es kontinuierlich bergauf. Dem Batterieauto hingegen steht nach Meinung des DWV-Vorstands die Ernüchterungsphase noch bevor.

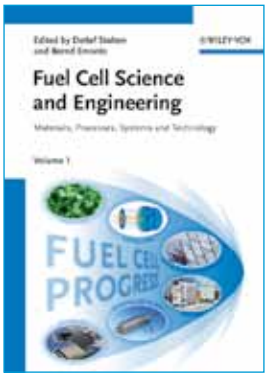
Wie während der Pressekonferenz deutlich wurde, favorisiert der Verband die Rolle des Stromspeichers für Wasserstoff. Demgegenüber wurde die Einspeisung des Gases ins Erdgasnetz als „zweitschlechteste Alternative" bezeichnet. „Noch schlechter ist nur die vorherige Methanisierung", erklärte Schmidtchen. Der aktuelle Vorstandsvorsitzende Dr. Johannes Töpler begründete diese Haltung mit den Wirkungsgradverlusten, die durch eine chemische Reaktion mit Kohlendioxid mit nachfolgender Verteilung über das Gasnetz entstünden. Zu bevorzugen sei deswegen die direkte Nutzung des reinen Wasserstoffs zur Strom- und Wärmeerzeugung beziehungsweise zum Einsatz in Brennstoffzellenautos oder in der chemischen Industrie.

Dieser Meinung war auch Dr. Manfred Waidhas, der als Gastredner eingeladen worden war und über die Elektrolyseurtechnik im Hause Siemens berichtete: „Unsere Elektrolyseure können hinsichtlich ihrer Leistungsauslegung und ihres Betriebsverhaltens der Dynamik jedes Windparks oder Photovoltaikfeldes folgen." Ein erster Demonstrator mit 100 kW soll noch Mitte dieses Jahres an einen Energieversorger ausgeliefert werden. Das Ziel von Siemens ist, im Jahr 2020 PEM-Elektrolyseure mit 100 MW und mehr für den Kraftwerksektor liefern zu können. Beim Thema Methanisierung gab er zu bedenken, dass für die Sabatier-Reaktion reines CO_2 benötigt würde, das zum Teil – je nach Standort – teuer eingekauft werden müsste.

Außerdem stellte Reinhold Wurster (re.) das DWV-Sicherheitskompendium vor (s. HZwei-Heft Jan. 2012) und berichtete von Brandversuchen mit Wasserstoff und Erdgas, die der Automobilhersteller Hyundai bereits im November 2010 durchgeführt hatte. Im Gespräch mit HZwei zeigte sich Wurster durchaus beeindruckt von den Aktivitäten der Südkoreaner und sagte, er rechne damit, dass Hyundai als erster Autobauer 1.000 BZ-Fahrzeuge auf die Straße bringen werde. Das könnte schon Ende 2012 der Fall sein. ||

→ DWV auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand E65

NEUES FACHBUCH VON PROF. DETLEF STOLTEN ZUM EINFÜHRUNGSPREIS



Rechtzeitig zur Hannover Messe hat der Wiley-VCH Verlag das neue Buch von Prof. Dr. Detlef Stolten herausgebracht: *Fuel Cell Science and Engineering*. Nach Stoltens im Juli 2010 erschienenem Erstlingswerk *Hydrogen and Fuel Cells – Fundamentals, Technologies and Applications* (Hardcover, 880 S., 249 €) ist dies bereits sein zweites englischsprachiges Fachbuch zum Thema Wasserstoff und Brennstoffzelle. Auf 1.268 Seiten kommen in diesem zweibändigen Werk 50 ausgewiesene Experten aus aller Welt zu Wort und beleuchten das gesamte Brennstoffzellenspektrum. Das Handbuch betrachtet die verschiedenen Technologien, Materialien, Produktionsprozesse, Modellierungs- und Simulationsverfahren sowie wirtschaftliche, Umwelt- und Sicherheitsaspekte. Über den Hydrogeit Verlag ist das Buch bis zum 15. August 2012 zum Einführungspreis von 269 Euro (anstatt später 329 €) zu beziehen. ||

Stolten, D., Emonts, B., Fuel Cell Science and Engineering – Materials, Systems, Processes and Technologies, Wiley-VCH Verlag, ISBN 978-3-527-33012-6, Preis: 329 Euro

„DIE BRENNSTOFFZELLE" AUF FRANZÖSISCH

Auch auf Französisch gibt es neue Fachliteratur, und zwar die zweite Auflage von „La pile à combustible" (Die Brennstoffzelle). Dr. Méziane Boudellal hat seine Erstauflage aus dem Jahr 2007, die noch den Untertitel „Structure – Fonctionnement – Applications" (Aufbau – Betrieb – Anwendungen) trug, aktualisiert und überarbeitet. So bekam die im Januar 2012 wieder im Dunod Verlag erschienene Zweitauflage den neuen Untertitel „L'hydrogène et ses applications" (Der Wasserstoff und seine Anwendungen) sowie 70 zusätzliche Seiten. Das Vorwort kommt vom ehemaligen Organisator des European Fuel Cell Forums (EFCF) Dr. Ulf Bossel. ||

Boudellal, M., La pile à combustible, Dunod Verlag, Paris, 2012, 2. Auflage, 352 S., ISBN 978-2-10057057-7, Preis: 65 Euro

DIE DRITTE INDUSTRIELLE REVOLUTION

Jeremy Rifkin, US-amerikanischer Querdenker und Erfolgsautor, hat ein neues Buch geschrieben. Es heißt *Die dritte industrielle Revolution* und widmet sich der gerade in Deutschland heiß diskutierten Energiewende. Bereits im Jahr 2010 hatte der Gründer und Präsident der Foundation on Economic Trends (FOET) den Begriff „dritte industrielle Revolution" für dieses Thema verwandt (In den 1960er Jahren hatte Georg Friedmann bereits mit diesem Titel die Einführung der Automatisierungs- und Atomenergietechnik bezeichnet.). Gegenüber der *Technicity – Magazin für Innovation, Technologie und Mobilität* sprach Rifkin in diesem Zusammenhang von der Entwicklung eines „nachhaltigen Energiesystems mit neuen ökonomischen Strukturen". Zu den fünf Eckpfeilern eines derartigen Systems zählte er – neben beispielsweise den erneuerbaren Energien und einer nachhaltigen Mobilität (z. B. durch Brennstoffzellenantriebe) – auch die Wasserstofftechnologie.

Mit Wasserstoff kennt sich Rifkin aus, denn mit den Potentialen einer Wasserstoffwirtschaft sowie dem nahenden Ende des Erdölzeitalters hatte er sich bereits vor zehn Jahren in seinem Buch *Die H_2-Revolution – Wenn es kein Öl mehr gibt* beschäftigt. Rifkin, der als einer der einflussreichsten Intellektuellen in den USA gilt, schreibt Deutschland immer wieder eine Führungsfunktion zu. Zudem gilt er als Berater sowohl von Bundeskanzlerin Angela Merkel als auch vom französischen Präsidenten Nicolas Sarkozy und hält regelmäßig Vorträge über das „deutsche Modell", zuletzt am 8. März 2012 an der Freiburger Universität.

In einem Blog der Huffington Post resümierte der Soziologe und Ökonom: „Fest steht: Der ölgetriebene Verbrennungsmotor, die zentrale Technologie der Zweiten Industriellen Revolution, ist auf dem Weg ins Aus. Unsere Kinder werden Fahrzeuge fahren, die leise, sauber, intelligent und mit einem Netz verbunden sind, das flach ist, dezentral und kollaborativ. Allein das ist ein Zeichen dafür, dass wir auf der Schwelle zwischen zwei Wirtschaftszeitaltern stehen. Der Aufbau eines neuen Energieregimes auf der Basis erneuerbarer Energien, die von Gebäuden produziert, teils als Wasserstoff gespeichert und über intelligente ‚Internetze' verteilt und mit emissionsfreien Steckdosenfahrzeugen gekoppelt werden, öffnet die Tür zur dritten industriellen Revolution." Er konstatiert weiter: „Wir sind Schlafwandler. Trotz der sich häufenden Beweise dafür, dass dieses auf fossilen Brennstoffen aufgebaute Industriezeitalter im Sterben liegt und die Erde vor einem potenziell destabilisierenden Klimawandel steht, weigert sich die Menschheit weithin, die Realität ihrer Situation anzuerkennen." ||

Rifkin, J., Die dritte industrielle Revolution: Die Zukunft der Wirtschaft nach dem Atomzeitalter, Campus Verlag, ISBN 978-3-593-39452-7, Preis: 24,99 Euro

VORSICHT HÖCHSTSPANNUNG!

Ein energetischer Rundumschlag, so könnte das neue Buch aus dem Brockhaus Verlag umschrieben werden. Knapp 20 verschiedene Autoren behandeln in *Vorsicht Höchstspannung!* alle wichtigen Themenfelder aus dem Bereich Energie – von Solarkraftwerken und Offshore-Windparks über Atomenergie und Kernfusion bis hin zu Energieeinsparung und Strompreisbildung. Dabei werden die einzelnen Bereiche durchaus kontrovers, aber immer sachlich und verständlich präsentiert. Auf 304 farbigen Seiten trägt das Hardcover-Buch damit wesentlich dazu bei, mehr Transparenz im Energiesektor zu schaffen, da komplexe Inhalte kompetent in lesefreundlichem Layout dargestellt werden. In der neuen Buchreihe *Brockhaus perspektiv* beleuchten ausgewiesene Experten und Fachjournalisten ein Thema aus verschiedenen Perspektiven und in unterschiedlichen Textsorten (Essay, Sachtext, Reportage, Interview). Zielgruppe sind interessierte Laien. Das Vorwort schrieb Prof. Dr. Helmut Lesch, Moderator des ZDF-Wissenschaftsmagazins *Abenteuer Forschung*. *Vorsicht Höchstspannung!* kann über den Buchhandel sowie den Hydrogeit Verlag bezogen werden. ||

Geitmann, S., Oettinger, G. u.a., Vorsicht Höchstspannung! – Sichere Energie für morgen, Brockhaus perspektiv, ISBN 978-3-577-07769-9, Preis: 24,95 Euro

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

VOM ELEKTROLYSEUR BIS ZUR SCHOTTKY-DIODE

Hannover Messe 2012 mit Partnerland China

Quelle: Hannover Messe

Die diesjährige Hannover Messe, die vom 23. bis 27. April 2012 stattfindet, wird gemeinsam von der Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel und Wen Jiabao, dem Premierminister der Volksrepublik China, am 22. April eröffnet. China, das in diesem Jahr Partnerland der weltweit größten Industrieschau ist, beabsichtigt, diese Plattform zu nutzen, um den aktuellen Wandel in der dortigen Wirtschaft zu präsentieren. Die chinesische Industrie zeigt sich dabei insbesondere an intelligenten Lösungen für mehr Nachhaltigkeit, Umweltschutz und saubere Energieerzeugung interessiert.

Der Vorstandsvorsitzende der Deutschen Messe AG, Dr. Wolfram von Fritsch, zeigte sich ausgesprochen zufrieden, China als Partnerland gewonnen zu haben: „Wir freuen uns außerordentlich über die Zusage von Wen Jiabao. […] Schon jetzt hat die Entwicklung der chinesischen Volkswirtschaft dazu geführt, dass China in vielen Spitzentechnologien ein wichtiger Partner der westlichen Industrien geworden ist. […] Im Fokus des Partnerlandes stehen intelligente Fertigungsverfahren, nachhaltige Energieerzeugung, intelligente Energienetze sowie Elektromobilität."

VIER BUNDESMINISTERIEN AUF *MOBILITEC* Das alles umgreifende Leitthema der insgesamt acht verschiedenen in Hannover stattfindenden Leitmessen lautet *greentelligence*, die Verknüpfung von grüner mit intelligenter Technologie (s. HZwei-Heft Jan. 2012). Dies wird sich auch auf der *MobiliTec* in Halle 25 zeigen, wo voraussichtlich rund 150 Aussteller effiziente Antriebstechnologien und innovative Energiespeicher präsentieren werden. Mit dabei sind in diesem Jahr erstmals vier Bundesministerien (BMVBS, BMWi, BMU, BMBF), die zusammen mit der Gemeinsamen Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO) auf mehr als 1.100 Quadratmetern Nettoausstellungsfläche ihre Aktivitäten im Bereich der Elektromobilität zeigen wollen. Die *MobiliTec* findet mittlerweile zum dritten Mal statt als internationale Leitmesse für hybride und elektrische Antriebstechnologien, mobile Energiespeicher und alternative Mobilitätstechnologien.

ÜBER ENERGIESPEICHER UND BZ-BUSSE In Halle 27 erwartet Tobias Renz auf seinem mittlerweile 18. Gemeinschaftsstand für Wasserstoff und Brennstoffzellen dieses Mal rund 130 Aussteller. Thematischer Schwerpunkt wird auf den 5.000 m² Ausstellungsfläche neben der Hausenergieversorgung mit Brennstoffzellenheizgeräten die Elektrolysetechnik sein. Allein aus diesem Spektrum erwartet der Gemeinschaftsstandorganisator zehn verschiedene Hersteller. Dementsprechend wird das Thema der Wasserstofferzeugung aus erneuerbaren Energien auch zentral auf dem Podium diskutiert. So geht es während der Pressekonferenz am Eröffnungstag um „Wasserstoff als Energiespeicher". Dort wird unter anderem auch Dr. Christopher Hebling von der kürzlich erfolgten Einweihung der Solar-H_2-Tankstelle am Fraunhofer ISE in Freiburg berichten (s. S. 42).

Eine realitätsnahe Demonstration, wie aus Wasser und Strom Wasserstoff hergestellt werden kann, wird der britische Elektrolyseurbauer ITM Power vornehmen (s. Reportage im HZwei-Heft Jan. 2012). Der direkt auf dem Messegelände produzierte Kraftstoff soll dann dem 18 Meter langen Phileas-Brennstoffzellenhybridbus dienen, der vor Ort den Shuttle-Service zwischen den Hallen übernimmt. Außerdem werden auf dem Freigelände neben der Halle 27 die Partner der Clean Energy Partnership (CEP) wieder Brennstoffzellenautos zum Probefahren bereitstellen. Dieses Jahr wird das Gaseunternehmen Linde die Betankung dieser Fahrzeuge mit seiner mobilen Wasserstofftankstelle *traiLH2* übernehmen, damit auch für alle Testpiloten ausreichend Kraftstoff zur Verfügung steht.

Ein weiterer Brennstoffzellenbus wird innerhalb der Messehalle zu sehen sein. Er kommt vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT), wo er eigentlich bereits seit dem 9. März 2012 im Shuttle-Service zwischen dem Campus Nord (zuvor Forschungszentrum Karlsruhe) und dem Campus Süd (zuvor Universität Karlsruhe) im Einsatz sein sollte. Der dort benötigte Wasserstoff soll regenerativ erzeugt und

KOSTENLOSE FACHBESUCHER-TICKETS

Der Hydrogeit Verlag stellt allen HZwei-Leserinnen und -Lesern sowie allen Abonnenten des Hydrogeit-Newsletters gratis Eintrittskarten für die Hannover Messe zur Verfügung, damit sie sich direkt vor Ort umfassend über all die hier vorgestellten Entwicklungen selbst informieren können. Die Fachbesucher-Tickets ermöglichen einen freien Eintritt zum Ausstellungsgelände und gelten zudem als Fahrschein für alle öffentlichen Verkehrsmittel im Großraum Hannover.

Sie können Ihre Eintrittskarte ganz einfach per Fax (033055-21320), per Post oder per E-Mail bei der HZwei-Redaktion anfordern. Sie erhalten dann wahlweise per Post einen Papiergutschein oder per E-Mail einen Link zugesandt, damit Sie sich vorab registrieren können. Ihnen wird dann anschließend automatisch ein personalisiertes e-Ticket per Mail zugeschickt, das Sie sich ausdrucken können und das Ihnen den freien Zutritt gewährt – beim Papiergutschein für einen Tag, beim E-Mail-Link für alle fünf Messetage.

Austausch zwischen Industrie und Politik auf der Industriemesse 2011

ab diesem Sommer an der neuen „Tankstelle der Zukunft“ am Campus Nord bereitgestellt werden (s. S. 43).

ENERGIELAND NRW Auf seinem Gemeinschaftsstand *Energie* will das Bundesland Nordrhein-Westfalen (NRW) aktuelle Eindrücke aus den Clustern *EnergieRegion.NRW* und *EnergieForschung.NRW* sowie aus der EnergieAgentur.NRW vermitteln, auch wenn die zukünftige Marschrichtung der Landesregierung zurzeit aufgrund der Neuwahlen mal wieder offen ist. Vor Ort werden aber unberührt davon über 20 Unternehmen und wissenschaftliche Einrichtungen vertreten sein, um Produkte und Dienstleistungen aus den Bereichen erneuerbare Energien, Wasserstoff, Brennstoffzelle und Elektromobilität zu präsentieren. So wird die Rietberger hb Solar Handels GmbH einen Mitsubishi *i-Miev* und eine Stromtankstelle zeigen, um damit solare Mobilitätslösungen auf Basis von Elektrofahrzeugen darzustellen.

Die Westfälische Hochschule aus Gelsenkirchen zeigt ihr modulares Brennstoffzellensystem (s. S. 14), während Voss Automotive beheizbare Leitungen für Sensoren und verschiedene Medien präsentiert. McPhy Energy Deutschland, ebenfalls unter dem NRW-Dach präsent, kümmert sich sowohl um Metallhydridspeicher für Wasserstoff als auch um Elektrolyseure. Darüber hinaus werden auf dem Gemeinschaftsstand unter anderem auch HyCologne, Hoppecke Batterien sowie das Zentrum für BrennstoffzellenTechnik (ZBT) vertreten sein.

Auch in Halle 2 gibt es einiges zum Thema Wasserstoff zu sehen: ODB-Tec (Stand A26) präsentiert beispielsweise Wasserstoffsensoren auf Basis von Schottky-Dioden, die wie gängige Rauchmelder eingesetzt werden können. Außerdem zeigt das Neusser Unternehmen eigens entwickelte Solarkollektoren mit neuartigen Photokatalysatoren, die mittels Licht Wasser zersetzen können (s. HZwei-Heft Aug. 2006). Einen kombinierten Detektor, der ähnlich funktioniert wie eine Lambdasonde und zur Regelung von PEM-Brennstoffzellen dient, präsentiert die DIWA Düsseldorfer Innovations- und Wissenschaftsagentur (Stand C38). Das Gerät detektiert gleichzeitig Wasserstoff, Wasserdampf und Stickstoff und basiert auf der Lichtbogen-Emissions-Spektroskopie.

Auf dem Gemeinschaftsstand *Bayern Innovativ* in Halle 13 (Stand C21) ist das mobile Heizgerät zur Verbrennung von reinem Wasserstoff in einem Leistungsbereich von 4 bis 8 kW zu bestaunen, das die Firma promeos entwickelt hat. ||

→ Gemeinschaftsstand H_2 & BZ in Hannover: Halle 27, Stand B66
→ GGEMO in Hannover: Halle 25, Stand L25
→ NRW-Gemeinschaftsstand in Hannover: Halle 27, Stand E60
→ VDMA Brennstoffzellen in Hannover: Halle 27, Stand D67

NEUER VORSTAND DER VDMA BRENNSTOFFZELLEN

Quelle: Baxi Innotech

Der neue Vorsitzende Guido Gummert

Am 22. März 2012 ist Guido Gummert, Geschäftsführer der Baxi Innotech GmbH, vom Vorstand der *VDMA Arbeitsgemeinschaft Brennstoffzellen* einstimmig zum neuen Vorsitzenden gewählt worden. Zu seinem Stellvertreter wurde der bereits am 8. März während der Mitgliederversammlung neu in den Vorstand gewählte Achim Edelmann, Bereichsleiter Neue Technologien der Gräbener Maschinentechnik GmbH & Co. KG, ernannt. Neu in den fünfköpfigen Vorstand war Anfang März zudem Dr. Manfred Stefener, Geschäftsführer der Elcore GmbH, aufgenommen worden. In der Arbeitsgruppe Brennstoffzellen sind Hersteller und Zulieferer von Brennstoffzellenanlagen organisiert, um die technische Zusammenarbeit von System- und Stack-Herstellern sowie Komponentenzulieferern besser zu koordinieren.

f-cell

Die Brennstoffzelle | 12. Forum für Produzenten und Anwender

Foto: Linde AG

8.–10.10.2012

Das internationale Forum für die Branche

Symposium
Messe
f-cell *award*

Messe Stuttgart

www.f-cell.de

NEU: Zusätzliche Parallelveranstaltungen

BATTERY+ STORAGE
Internationale Fachmesse und Kongress für Batterie- und Energiespeichertechnologien

e-mobil BW
TECHNOLOGIETAG

EnBW · Baden-Württemberg · Wirtschaftsförderung Region Stuttgart · PETER SAUBER AGENTUR

Thema: Hausenergie | **Autor:** Sven Geitmann

ERSTES BZ-KWK-GERÄT AUF DEM MARKT

CFCL bietet stromgeführte Mikro-KWK-Anlagen auf BZ-Basis an

Brennstoffzellenheizgeräte sind während der Hannover Messe traditionsgemäß ein zentrales Thema auf dem Gemeinschaftsstand für Wasserstoff und Brennstoffzellen. Auch in diesem Jahr gibt es hier wieder einiges zu sehen. Die zentrale Anlaufstelle ist dafür der Gemeinschaftsstand der Initiative Brennstoffzelle (IBZ), die dieses Mal mit zwei neuen Partnern in die niedersächsische Landeshauptstadt kommt: der Ceramic Fuel Cells Limited sowie der Elcore GmbH.

Auf dem IBZ-Stand stellen in diesem Jahr insgesamt fünf Energieversorger und fünf Heizgerätehersteller zusammen aus. Im Vergleich zum Vorjahr wird dadurch sowohl die Anzahl der Anschauungsobjekte als auch die Standfläche größer sein. Von besonderem Interesse für die Messebesucher dürfte dabei insbesondere das neue Gerät von Elcore sein, das erstmalig zur Schau gestellt wird. Es handelt sich dabei um ein Hochtemperatur-PEM-System, das von der elcomax GmbH entwickelt wird (mehr Details: s. Interview auf S. 12).

CFCL VERKAUFT ERSTE *BLUEGEN*-GERÄTE Auch Ceramic Fuell Cells Ltd. (CFCL) hat mit ihrer *BlueGen*-Brennstoffzelle etwas Neues zu bieten: Das australische Unternehmen, das zunächst bis 2003 an Systemen von 50 bis 200 kW_{el} forschte, ist der Brennstoffzelleninitiative zwar erst im Oktober 2011 beigetreten (s. HZwei-Heft Jan. 2012), hat aber bereits – anders als die IBZ-Partner – Mitte Januar 2012 offiziell den Vertriebsstart für ihre SOFC-Module gestartet. Rund 100 Bestellungen von Stadtwerken und auch von Endkunden lagen Anfang des Jahres allein in Deutschland vor. Diese sollen noch im ersten Halbjahr dieses Jahres in Betrieb genommen werden. Die *BlueGen*-Anlage verfügt über eine Leistung von 1,5 kW_{el} und 0,6 kW_{th} (η_{el}: bis zu 60 %, η_{ges}: bis zu 85 %). Von Juli 2010 bis Dezember 2011 wurden bereits 128 dieser Anlagen verkauft und installiert (s. Abb. 1). Frank Obernitz, Geschäftsführer der Ceramic Fuel Cells GmbH in Deutschland, erklärte dazu: „Hocheffiziente Mikro-KWK-Anlagen

Abb. 2: Das Brennstoffzellen-Mikro-KWK-Gerät *BlueGen* von Cermamic Fuel Cells [Fotos: CFCL]

auf Brennstoffzellenbasis sind keine Zukunftsmusik mehr. Nach fast 20 Jahren intensiver Entwicklungsanstrengungen und Vorlaufkosten von rund 250 Mio. Euro tritt unser Unternehmen nun in die nächste Phase ein. BlueGen hat in zahlreichen Feldtests seine Praxistauglichkeit unter Beweis gestellt und ist nun reif für die Herstellung der ersten Kleinserie von 1.000 Geräten, die hauptsächlich in Deutschland, den Niederlanden und Großbritannien vermarktet werden sollen."

Die modernen Mikro-KWK-Geräte (s. Abb. 2) können mit entsprechenden Zusatzkomponenten an bestehende Heizungssysteme, die dann beispielsweise zur Spitzenlastabdeckung dienen, angebunden werden. Der Verkaufspreis für ein *BlueGen*-Modul wird derzeit auf der Homepage des Vertriebspartners Sanevo mit 38.300 Euro angegeben. Für einen Vollwartungsvertrag mit zehnjähriger Laufzeit werden zusätzlich noch 13.710 Euro berechnet. Nicht ganz billig, aber immerhin ist damit das erste Brennstoffzellen-KWK-Gerät auf dem Markt angekommen, auch wenn es noch nicht für jedermann erhältlich ist. Einschränkend heißt es derzeit nämlich noch: „Da die Kosten bei geringen Stückzahlen höher sind, werden die ersten Anlagen an Gewerbe- und ausgewählte Privatkunden vermarktet." Über steigende Stückzahlen oder Fördermaßnahmen dürfte der Preis aber zukünftig noch niedriger ausfallen. Gert Studer, der Sanevo-Geschäftsführer, erklärte dazu: „Mehrere Stadtwerke und Bundesländer haben das Potenzial dieser innovativen Technologie bereits erkannt und wollen den Kauf von Mikro-KWK-Anlagen auf Brennstoffzellenbasis unterstützen." So kündigte beispielsweise Sachsen im Mai 2011 die Einführung eines 1.000-Keller-Programms zur Förderung von Mikro-KWK-Anlagen auf Brennstoffzellenbasis an.

ENDLICH AN DER WAND Der Heizungsbauer Vaillant wird auch 2012 wieder mit dabei sein, nachdem er nach langer Pause während der Hannover Messe 2011 sein Comeback in der Brennstoffzellenbranche angekündigt hatte. Dieses Comeback ließ dann allerdings bis zum 27. Januar 2012 auf sich warten, als in Karlsdorf bei Bruchsal Vaillants erstes wandhängendes SOFC-System offiziell in Betrieb genommen wurde. Eigentlich sollten bereits ab Herbst 2011 zehn Geräte im Rahmen des deutschlandweiten Praxistests *Callux* erprobt werden. Dennoch nannte Dr. Carsten Stelzer, Geschäftsführer Technik der Vaillant Group, den Start des Feldtests „einen Meilenstein in der Weiterentwicklung dieser innovativen Technologie für die Vaillant Group." Die aktuelle Sprachregelung des Remscheider Unternehmens lautet jetzt, dass zunächst beim Demonstrationsprogramm *Callux* 24 Exemplare und dann „bis 2013 rund 120 Geräte getestet werden sollen." ||

MEHR FÖRDERUNG ÜBERS KWK-GESETZ

Das bereits seit 2002 laufende Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-Gesetz) befindet sich derzeit in Überarbeitung. Ende 2011 legte die Bundesregierung dafür einen Gesetzesentwurf vor. Demnach ist ein weiterer Ausbau von KWK-Anlagen ausdrücklich gewünscht und soll daher weiter forciert werden. Davon dürfte auch die Brennstoffzellentechnik profitieren, da sie zukünftig in den Genuss höherer Fördersätze kommen könnte. Mitte Februar 2012 bestätigte der Bundesrat, dass die Markteinführung der Brennstoffzelle unterstützt werden soll und forderte sogar noch höhere Fördersätze als ursprünglich vorgesehen, „um einen stärkeren Anreiz zum Einsatz der Brennstoffzellentechnik zu bieten". Die Länderkammer schlug vor, dass ein Zuschlag in Höhe von 7 Cent pro erzeugter Kilowattstunde an den Betreiber von Brennstoffzellenheizgeräten gezahlt werden soll. Liegt der elektrische Wirkungsgrad erwiesenermaßen über 50 Prozent, soll sogar ein Zuschlag von 9 Cent pro Kilowattstunde bezahlt werden. Im Gesetzentwurf waren lediglich 5,11 Cent vorgesehen. Diese Garantievergütung soll für zehn Jahre ab der Aufnahme des Dauerbetriebs gewährt werden. Außerdem wird die Anschaffung von Blockheizkraftwerken (BHKW) ab April 2012 vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) finanziell gefördert. Neue BHKW bis zu einer elektrischen Leistung von 20 kW für Bestandsbauten können unter bestimmten Voraussetzungen einen einmaligen Investitionszuschuss zwischen 1.500 und 3.450 Euro erhalten.

PODIUMSDISKUSSION

Gleich am Eröffnungstag der Hannover Messe wird eine Gesprächsrunde über Brennstoffzellenheizgeräte abgehalten. Ab 14:00 Uhr wird im Forum des *Gemeinschaftsstandes Wasserstoff und Brennstoffzellen* (Halle 27, Stand B66) über das Thema „Die Brennstoffzelle fürs Eigenheim: Strom und Wärme selbst gemacht" diskutiert. Unter anderem wird dort Dr. Manfred Stefener, Geschäftsführer der Elcore GmbH, sein Unternehmen und die von ihm bevorzugte Brennstoffzellentechnik vorstellen (s. S. 12).

→ IBZ auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand E51
→ DBI & RBZ auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand B50

- Wasserstoff
- Infrastruktur
- Brennstoffzellen

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

Kontakt: www.dwv-info.de / (030) 398 209 946-0

DWV
Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband

Wasserstoff- und Brennstoffzellenwelt trifft sich auf der Hannover Messe ... Europas modernste Wasserstofftankstelle jetzt in Hamburgs Hafencity ... 2011 auf einen Blick – Jahresbericht des DWV ...

Thema: Hausenergie | **Interviewpartner:** Manfred Stefener

ELCORE GREIFT AN

Interview mit Dr. Manfred Stefener

Manfred Stefener

Nahezu unbemerkt gründete Dr. Manfred Stefener bereits 2007 die elcomax GmbH zur Entwicklung und Herstellung von Membran-Elektroden-Einheiten (MEAs). Dann gab er Anfang 2010 mit der Gründung der Elcore GmbH den Startschuss, um jetzt mit einer neuartigen Produktlösung für Kraft-Wärme-Kopplungsgeräte an die Öffentlichkeit treten zu können. Sonderlich viel war bislang weder über Elcore noch über elcomax, geschweige denn über technische Details oder Firmenpläne bekannt, aber nun steht der erste öffentliche Auftritt kurz bevor. Grund genug für die HZwei, um Dr. Stefener um einige Antworten zu bitten.

HZwei: Sehr geehrter Herr Dr. Stefener, Sie kommen eigentlich aus einem ganz anderen Technologiebereich. Als Gründer der damaligen Smart Fuel Cell GmbH, heute SFC Energy AG, entwickelten und produzierten Sie jahrelang kleine portable Direktmethanol-Brennstoffzellen. Womit beschäftigen Sie sich jetzt bei elcomax?
Stefener: elcomax habe ich gegründet, um die Kostenstrukturen von Brennstoffzellen von Grund auf zu verbessern. Wir haben bei elcomax in den vergangenen fünf Jahren neuartige Fertigungstechnologien entwickelt, mit denen sich die Schlüsselkomponenten der Brennstoffzelle, die Membran-Elektroden-Einheit, wesentlich kostengünstiger, schneller und stabiler herstellen lassen als bisher. Dies war dringend notwendig, da die Kostenstruktur von Brennstoffzellen trotz aller Entwicklungsanstrengungen in den letzten Jahrzehnten immer noch das wesentliche Hindernis für die flächendeckende Markteinführung war.

HZwei: Sie haben jahrelang hauptsächlich mit Brennstoffzellensystemen zu tun gehabt, die bei sehr viel niedrigeren Temperaturen arbeiten. Woher stammt jetzt das Know-how über PBI-Membranen?
Stefener: Als die Weltwirtschaft 2008 in eine Krise schlitterte, haben sich viele Konzerne stärker auf ihr Kerngeschäft konzentriert, und Geschäftsbereiche abgestoßen. Wir hatten uns dagegen dazu entschlossen, zu investieren, um unser Technologie-Portfolio zu erweitern. Als die Firma Sartorius uns ihre in Kooperation mit Volkswagen entwickelte HT-PEM-Technologie mit etlichen Patenten und Anlagen anbot, haben wir unsere Chance ergriffen. Bei elcomax stellen wir seither auch HT-PEM-MEAs her und fertigen selbst Grundbestandteile wie die PBI-Membran und die Katalysatoren.

HZwei: Was ist denn das Neue an Ihrem Herstellungsverfahren für Membran-Elektroden-Einheiten?
Stefener: Wir haben auf mehreren Ebenen neue Technologien in den Herstellungsprozess eingeführt. Ein entscheidender Punkt ist, dass wir die Herstellung der Elektrodenschichten und der Katalysatoren von Anfang an getrennt haben. Dadurch konnten wir jeden einzelnen Herstellungsschritt für sich optimieren und sowohl die Materialkosten als auch die Leistungsfähigkeit der MEAs deutlich verbessern. Und weil wir uns konsequent auf skalierbare Rolle-zu-Rolle-Prozesse konzentrieren, erreichen wir auch sehr niedrige Fertigungskosten. Das Interessante daran ist, dass sich praktisch alle Arten von PEM-Brennstoffzellen-MEAs auf diese Weise herstellen lassen. Unser Schwerpunkt liegt aber derzeit im Bereich der Hochtemperatur-PEM-Technologie (HT-PEM) auf Basis von mit Phosphorsäure dotierten Membranen aus Polybenzimidazol (PBI).

HZwei: Stimmt es, dass Sie dafür auch bereits eine Fertigungsstraße aufgebaut haben? Wo steht die?
Stefener: Wir haben für die Membranherstellung und für die Herstellung von Gasdiffusionselektroden (GDE) jeweils eine Anlage. Beide stellen Rollenmaterial her und haben eine Fertigungskapazität von über 20.000 Quadratmeter pro Jahr. GDEs und MEAs fertigen wir an unserem Hauptsitz in München. Die Membranziehungsanlage betreiben wir bei einem Kooperationspartner.

HZwei: elcomax stellt also MEAs und GDEs her. Was macht die Elcore GmbH, die Sie ja ebenfalls gegründet haben?
Stefener: Die Elcore GmbH stellt Brennstoffzellengeräte auf Basis der HT-PEM-Technologie insbesondere für den Einsatz in der hocheffizienten Kraft-Wärme-Kopplung her. Dabei war es von Beginn an geplant, auf Basis der günstigen Kostenstruktur unserer Schlüsselkomponente eine eigene Systementwicklung zu starten. Dies haben wir 2010 planmäßig umgesetzt, nachdem die Entwicklung der Herstellungsprozesse für die MEAs in gesicherten Bahnen verlief.

HZwei: Wenn ich das richtig verstanden habe, werden im Elcore Unternehmensverbund nun also neuartige BZ-Systeme aufgebaut, in die MEAs von elcomax eingebaut werden. Warum konzentrieren Sie sich nicht nur auf eines der beiden Felder?
Stefener: An diesem Punkt gehen wir bewusst einen Weg, der in der Brennstoffzellenindustrie bisher einzigartig ist: Während die meisten Firmen nur einen schmalen Bereich der Wertschöpfungskette abdecken, stellen wir uns im Unternehmensverbund als vollintegrierten Systemhersteller auf. So decken wir an den Schlüsselstellen des Systems, angefangen vom Reformer über den Stack und die MEA bis hin zur Membran und die Katalysatoren alle Elemente ab, die für den Kunden entscheidend sind – und das sind Leistungsfähigkeit und Kostenstrukturen. Es spielt aber auch ein weiterer Punkt eine wichtige Rolle, nämlich die Entwicklungsgeschwindigkeit. Dadurch, dass wir die Funktionalität und die Kostenstrukturen aller eben genannten Elemente sehr gut kennen, konnten wir wie kein anderer Player das Gesamtsystem von Grund auf optimieren. Gerade was die Schnittstellendefinitionen zwischen den Elementen betrifft haben wir schnelle Entscheidungen

getroffen und umgesetzt. Bei einer sehr arbeitsteiligen Wertschöpfungskette müssen Standards etabliert werden, die nur durch langwierige Diskussionen und Entscheidungsprozesse geändert werden können. In ausgereiften Industrien trägt das zur Effizienz bei, aber in sehr dynamischen Technologiebereichen wie bei der Brennstoffzelle lähmt es den Fortschritt. Integrierte Unternehmen sind in so einer Phase besser aufgestellt.

HZwei: Für welche Anwendung sind Ihre ersten Produkte bestimmt?

Stefener: Die Energiewende stellt unsere Volkswirtschaft vor große Herausforderungen. Insbesondere brauchen wir eine zuverlässige und effiziente Stromversorgung für die Grundlast, um die heutigen Kohle- und Kernkraftwerke in Zukunft mit sauberer und sicherer Technik ersetzen zu können, und um den Ausbau der Sonnen- und Windenergie mit einer gleichförmig verfügbaren Grundlast zu ergänzen. Eines der größten Potenziale für mehr Effizienz liegt im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung, die Einsparungen beim Primärenergieeinsatz und beim CO_2-Ausstoss von über 35 % realisieren kann. Wir werden auf der diesjährigen Hannover Messe unser erstes Produkt präsentieren: Ein KWK-Gerät für Einfamilienhäuser, das das ganze Jahr über die komplette Grundlast an Strom und Wärme abdeckt.

HZwei: Mit welchem Heizgerätehersteller arbeiten Sie hier zusammen?

Stefener: Wir haben unser erstes Produkt so konzipiert, dass wir bei der Vermarktung zunächst unabhängig von den Heizgeräteherstellern agieren können. Unser mittelfristiges Ziel ist es aber auch, Heizgeräteherstellern den Zugang zu unserer Technologie zu ermöglichen. Bereits heute sprechen wir mit allen etablierten Playern. Wir sind ja auch seit Jahresbeginn Mitglied der Initiative Brennstoffzelle, in der alle großen deutschen Energieversorger und die Hersteller von Brennstoffzellenheizgeräten organisiert sind, um die Rahmenbedingungen zur Markteinführung dieser effizienten Technologie zu verbessern.

HZwei: Ihre Systeme für Einfamilienhäuser arbeiten ebenso wie vergleichbare Geräte von IBZ-Partnern mit Erdgas. Können Sie uns bitte einige technische Details nennen?

Stefener: Dieses erste Produkt ist rein auf die Abdeckung des Grundenergiebedarfs von Einfamilienhäusern zugeschnitten. Dafür braucht es nur eine relativ niedrige elektrische und thermische Leistung. Das Gerät läuft deshalb auch das ganze Jahr durch und deckt damit ganzjährig bis zu 50 % des Eigenverbrauchs ab. So braucht der Kunde gegenüber vorher nur noch etwa die Hälfte des Stroms einzukaufen und spart dadurch bares Geld. Da der Gesamtwirkungsgrad des Geräts ähnlich hoch liegt wie bei einer modernen Gastherme, werden auch hohe Primärenergieeinsparungen erreicht und der CO_2-Ausstoss von Gebäuden erheblich vermindert. Die Spitzenlast für den Heizbedarf im Winter deckt wie bisher die Gastherme ab. Die elektrische Energie für kurzfristigen Spitzenbedarf kommt weiterhin aus dem Netz. Auf den Spitzenbedarf sollte man KWK-Geräte und vor allem Brennstoffzellen aus unserer Sicht nicht auslegen – das wäre für den Kunden im Endeffekt viel zu teuer. Unsere Geräte werden von Anfang an für eine breite Masse von Kunden erschwinglich sein.

HZwei: Dr. Stefener, Elcore gehört zu einer unabhängigen Unternehmensgruppe. Bitte erzählen Sie den HZwei-Lesern doch etwas mehr über Ihre bisherigen Aktivitäten: Was haben Sie die vergangenen Jahre über gemacht? Wie viele Mitarbeiter sind mittlerweile bei Ihnen beschäftigt? Wie finanzieren Sie die jahrelange Entwicklungsarbeit?

Stefener: Zunächst einmal muss man sagen, dass wir 2007 nicht bei null gestartet sind. Denn gleich zu Beginn stand ja schon ein schlagkräftiges Team mit langjähriger Brennstoffzellenerfahrung. Die Übernahme der HT-PEM-Technologie von Sartorius hat uns zusätzlich um Jahre nach vorn katapultiert. Außerdem haben wir eine Produktstrategie gewählt, die den technologischen Gegebenheiten gerecht wird, was vieles vereinfacht und damit beschleunigt. Dennoch haben Sie Recht. Unsere Entwicklungsmannschaft mit allein über 50 Ingenieuren und Technikern und unsere Labor- und Fertigungseinrichtungen auf über 3.000 Quadratmetern wirken auf die meisten unserer Besucher beeindruckend. Das Unternehmen ist rein privat finanziert und völlig unabhängig von Konzernen. Unsere Investoren unterstützen unseren Plan zu hundert Prozent, denn sie kennen das große Potenzial, das wir im derzeit günstigen Marktumfeld durch unsere einmalige technologische Positionierung, unsere Strategie und unsere hohe Umsetzungsgeschwindigkeit haben. Es ist auch sehr wichtig zu betonen, dass wir erhebliche Unterstützung aus dem Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) erhalten haben, das gemeinsam mit Vertretern aus Politik, Wissenschaft und Industrie geschaffen wurde, um die Marktvorbereitung dieser Technologien zu unterstützen. Ohne diese Unterstützung wären wir bei weitem nicht so schnell vorangekommen, und ich möchte mich für die Unterstützung sehr herzlich bedanken.

HZwei: Und was sind Ihre Ziele für die nächsten Monate und Jahre?

Stefener: Wir werden uns in den nächsten zwölf Monaten voll auf die Markteinführung unseres ersten Produkts konzentrieren. Dafür schaffen wir die notwendigen Strukturen: im Vertrieb, im Service und in der Produktion.

HZwei: Dr. Stefener, herzlichen Dank für dieses Gespräch.

→ Elcore auf der Hannover Messe in Halle 27, Stand E51

Thema: Entwicklung | **Autoren:** Michael Brodmann, Martin Greda

TASCHENKONZEPT SCHAFFT NEUE FREIHEITSGRADE

Modulare Stacks mit austauschbaren Verschleißteilen

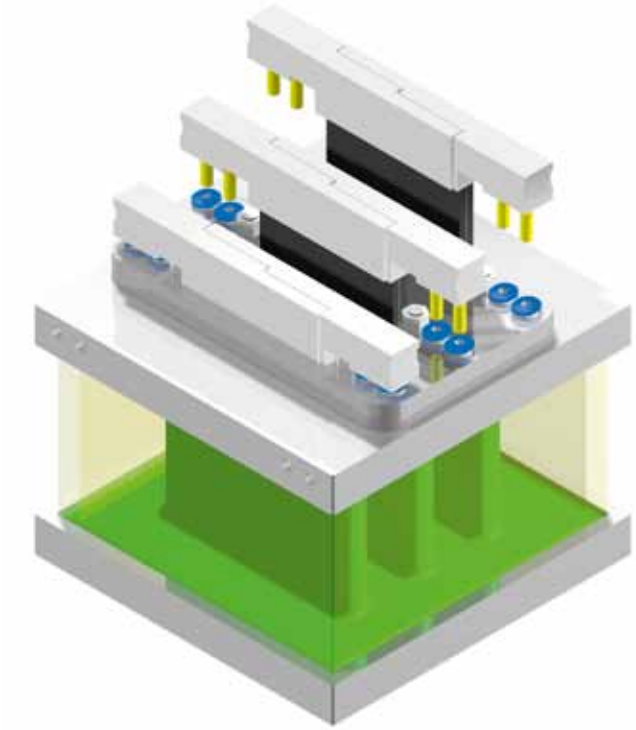


Abb. 1: Einschieben der Brennstoffzellen in die Slots

Aufgrund ihrer zentralen Rolle in einer zukünftigen Energieversorgung arbeiten Forscher seit Jahren an einer kontinuierlichen Verbesserung von Brennstoffzellensystemen. Ein großer Schritt zur weiteren Vereinfachung stellt das Taschenkonzept dar, das an der Westfälischen Hochschule in Gelsenkirchen entwickelt wurde. Bei diesem Konzept geht es darum, die ohnehin schon aus vielen Einzelteilen bestehenden Stacks so in einzelne Module zu unterteilen, dass Verschleißteile einfach und sicher ausgetauscht werden können, ohne die Funktionalität der Brennstoffzelle zu beeinträchtigen. Auf diese Weise könnten die Wartbarkeit und die Servicefreundlichkeit deutlich weiter verbessert werden.

Für Brennstoffzellensysteme werden je nach Einsatzgebiet Lebensdauern deutlich oberhalb von 20.000 Betriebsstunden angestrebt. Um dies erreichen zu können, müssen auch die Fragen nach Wartbarkeit und Servicefreundlichkeit qualifiziert beantwortet werden. Die Modularisierung von Brennstoffzellenstapeln stellt eine solche Antwort dar und bietet das Potential, durch technisch leicht durchführbare und ökonomisch günstige Instandhaltungsmöglichkeiten die Gesamtlebensdauer eines Stacks zu verlängern. Das Taschenkonzept, bei dem jede Zelle einzeln hydraulisch verpresst und gekühlt wird, bietet aber darüber hinaus noch andere wichtige Vorteile.

TECHNISCHE GRENZEN Bei klassisch aufgebauten Brennstoffzellen-Stacks, die mechanisch verpresst werden, kann kein gleichmäßiger Anpressdruck über dem Membransystem erreicht werden. Zudem ist bei aktiv gekühlten Systemen (z.B. Wasserkühlung mit eigenem Kanalsystem) keine homogene Wärmeabfuhr über der Zelloberfläche möglich. Im Falle eines Defekts einer einzelnen Zelle muss außerdem zumeist der gesamte Stapel disassembliert werden. Bei vielen Konstruktionskonzepten ist eine Instandsetzung des Stacks daher wirtschaftlich weder sinnvoll noch technisch realisierbar.

Wünschenswert wäre daher ein Stack-Konzept, welches den einfachen Wechsel einzelner Zellen ermöglicht und durch eine homogene Verpressung der Membran eine möglichst gleichmäßige Leistungsverteilung bewirkt. Auch müsste die Wärmeabfuhr über der Oberfläche optimiert werden, um damit eine Verlängerung der Lebenserwartung erreichen zu können. Darüber hinaus sollte eine einfache Nutzung der thermischen Verlustleistung möglich sein. Weiterhin wäre eine kostengünstige Ersatzteilbevorratung wünschenswert.

DER LÖSUNGSANSATZ Bei dem an der Westfälischen Hochschule erdachten Konzept werden diese Anforderungen erfüllt. Die in Taschenbauweise konzipierten Stacks bestehen aus zwei Kernkomponenten: einem starren Gehäuse mit integrierter flexibler Taschenkonstruktion (s. Abb. 2) und mindestens einer Brennstoff- oder Elektrolyseurzelle. Das Gehäuse bietet eine bestimmte Anzahl freier Taschen *(Slots)*, in welche die Zellen eingeschoben werden können. Innerhalb des Gehäuses befindet sich eine Flüssigkeit, im Fall einer Niedertemperatur-PEM-Brennstoffzelle zum Beispiel einfaches Leitungswasser. Die Trennung des mit Flüssigkeit gefüllten Volumens und des Tascheninnenraumes wird durch die flexible Taschenkonstruktion realisiert. Das Gehäuse wird ergänzt durch eine integrierte Strom- und Gasverteilerstruktur, so dass für jede Einzelzelle die elektrische Energie und die benötigten Medien (Wasserstoff und Sauerstoff) durch eine zentrale Rückplatte, die *Backplane,* zu- beziehungsweise abgeführt werden können.

Jede Einzelzelle ist entsprechend Abbildung 3 aufgebaut und besteht aus zwei baugleichen Polplatten mit innenliegender Membran-Elektroden-Einheit (MEA) inklusive Gasdiffusionsschicht (GDL) sowie Dichtungen. Ein im Kopfbereich angeordnetes Clip-System ermöglicht die Me-

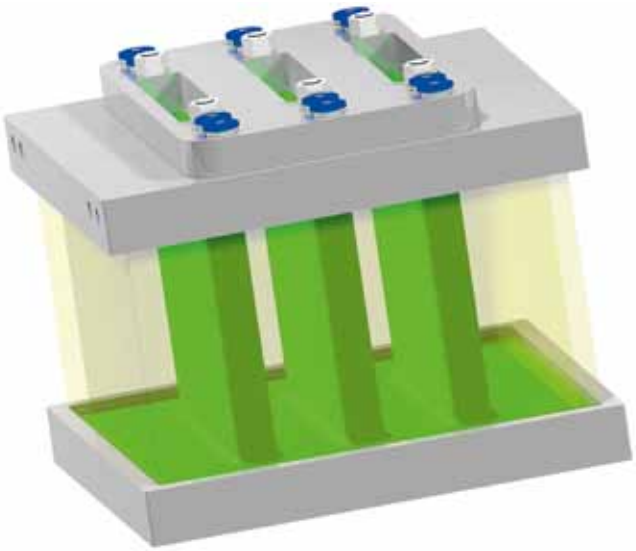


Abb. 2: Leeres Gehäuse mit flexibler Taschenkonstruktion (3 Stück)

dienzufuhr und -abfuhr. Der Clip ist das Bindeglied für die Gasversorgung zwischen dem Brennstoffzellen-Einzeller und der Gehäuse-Backplane.

Zur werkzeuglosen Endmontage des Stacks werden die Einzelzellen entsprechend Abbildung 1 in die Gehäuse-Slots eingeschoben. Beim Einschieben der Zelle arretieren die Clips in der gasführenden Backplane. Die Brennstoffzellen werden durch die integrierte Stromverteilerstruktur elektrisch in Reihe geschaltet. Um die Betriebsbereitschaft für den Stack herzustellen, wird das mit Flüssigkeit gefüllte Volumen innerhalb des Gehäuses geringfügig verkleinert, wodurch das inkompressible Hydraulikmedium im Inneren des Gehäuses einen Druck aufbaut. Dieser wird über die flexible Taschenwandung auf die Brennstoffzellen übertragen und damit zur idealen Verpressung des MEA-GDL-Systems genutzt. Es ist schnell ersichtlich, dass aufgrund der vollständigen Umspülung jeder Zelle mit der Hydraulikflüssigkeit zudem ideale Bedingungen zur Kühlung der Zelle und zur Wärmeauskopplung aus dem Stack geschaffen sind.

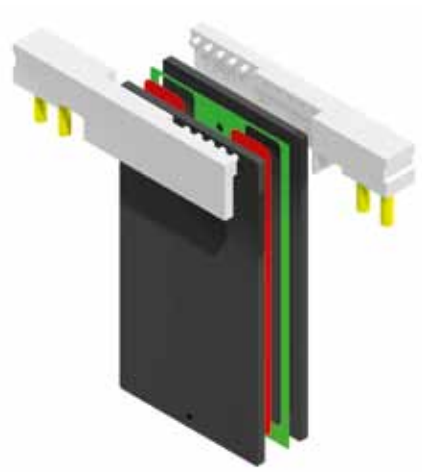


Abb. 3: Explosionsdarstellung einer Einzelzelle

GROSSES POTENTIAL Das am Westfälischen Energieinstitut erfundene Stack-Konzept in Taschenbauweise bietet eine Vielzahl von Entwicklungsmöglichkeiten, die in den kommenden Jahren ihren Einsatz im Bereich der Wasserstofftechnik finden werden. Insbesondere der Vorteil der guten Auskoppelbarkeit thermischer Energie lässt Anwendungen im Heizgerätesektor (KWK-Kopplung) naheliegend erscheinen, da die Verlustleistung mit Hilfe der Flüssigkeit hervorragend abtransportiert und einer separaten Nutzung zugeführt werden kann. Bei solchen Systemen ist auch der auf der Hand liegende Nachteil einer weniger kompakten Bauform vernachlässigbar.

Auch andere Systeme, die auf dem Einsatz dieses Taschen-Stacks basieren, können von den Vorzügen dieser Technologie profitieren. Ein Beispiel hierfür ist der inzwischen zum Patent angemeldete *ESH-Cube* (Energy Storage Hydrogen Cube). Im ESH-Cube können Elektrolyseurzellen oder Brennstoffzellen untergebracht werden, aber auch eine Kombination aus Brennstoffzellen und Elektrolyseurzellen. Die Zellen werden, wie weiter oben bereits beschrieben, in die Taschen hineingeschoben, allerdings werden die Zwischenräume in diesem Fall zur Aufnahme eines H_2-Speichermediums genutzt. In den Zwischenräumen können beispielsweise Metallhydride untergebracht werden. Die Verpressung der Einzelzellen wird in diesem Fall durch den Druck innerhalb des Volumens, in dem sich das Metallhydrid befindet, aufgebracht. Die hierdurch entstehende Synergie zwischen Speicher und Energiewandler hat zudem eine thermodynamische Komponente, da zum Beispiel die Verlustwärme der PEM-Brennstoffzelle direkt und ohne weiteren Aufwand als Desorptionsenergie genutzt werden kann, um den Wasserstoff aus dem Metallhydridspeicher freizusetzen.

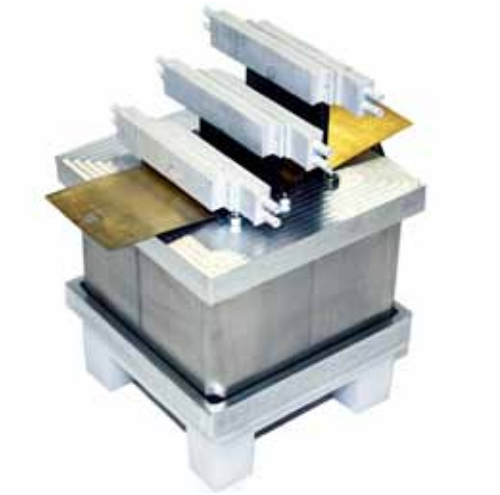


Abb. 4: Prototyp des Taschen-Stacks (3-Zeller) [Quellen: Westfälische Hochschule]

Der schnell durchführbare Austausch der Zellen und der kostengünstige Aufbau der Einzelzelle ermöglichen darüber hinaus eine preiswerte Instandsetzung des Stacks und bieten damit die Option, Lebensdauer des Gesamtsystems „nachzukaufen". Zudem ist eine einfache und kostengünstige Ersatzteilbevorratung mit einzelnen Zellen möglich. Damit wird dem Anspruch an Servicefreundlichkeit und Verfügbarkeit Rechnung getragen, was wesentliche Faktoren für eine Industrietauglichkeit sowie eine Massenapplikation sind. ||

→ Westfälisches Energieinstitut auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand E60
→ EnergieAgentur.NRW auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand E60

AUSZEICHNUNG
Für die Patentanmeldung, in der dieses technische Konzept beschrieben wird, wurde das Forscher-Team des Westfälischen Energieinstitutes im Januar 2012 mit dem zweiten Preis des Patentwettbewerbes des Landes NRW *ZukunftErfindenNRW* ausgezeichnet. Im Rahmen dieses Wettbewerbs wurden diejenigen Erfindungen prämiert, die aus Sicht der Jury das größtmögliche Markpotential besitzen. Dabei konnte sich der beschriebene „reparable Brennstoffzellenstack" gegen eine Anzahl von weit über 100 anderen Patentanmeldungen, die von Universitäten und Fachhochschulen des Landes NRW eingereicht worden waren, durchsetzen.

Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Michael Brodmann
Westfälische Hochschule, Gelsenkirchen
→ michael.brodmann@w-hs.de

Martin Greda
Westfälisches Energieinstitut, Gelsenkirchen
→ martin.greda@w-hs.de

Thema: Entwicklung | **Autor:** Martin Sippel

DAS SPACELINER-KONZEPT

DLR entwickelt Kryogentanks für H_2-Überschallflugzeug

Die legendäre Concorde, das erste Überschallverkehrsflugzeug der Welt, in den 1970er und 1980er Jahren als Königin der Lüfte gefeiert, ist heute nicht mehr flugfähig. Stattdessen steht sie als technisches Denkmal im Museum. Da stellt sich die Frage: Was kommt nun? Wird es ein neues, überschallschnelles, interkontinentales Passagierflugzeug geben? Die Antworten und die möglichen technischen Lösungen können sehr unterschiedlich ausfallen. Ein Vorschlag ist das *SpaceLiner*-Konzept: ein wasserstoffbetriebenes Flugzeug mit Raketenmotoren.

Die Anforderungen an ein Interkontinentalflugzeug stehen fest: Ein Passagiertransport mit Überschallgeschwindigkeit wird sich nur dann wieder erfolgreich etablieren können, wenn er sowohl umweltverträglich als auch sicher und wirtschaftlich realisierbar ist. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) schlägt in diesem Zusammenhang einen auf den ersten Blick ungewöhnlichen technischen Weg vor, der aber dennoch derzeit mit internationaler Unterstützung näher untersucht wird.

Die Abteilung Systemanalyse Raumtransport (SART) des DLR-Instituts für Raumfahrtsysteme in Bremen beschäftigt sich mit der Konzeption und Analyse von Raumfahrt-Trägersystemen. Neben der Betrachtung des Fahrzeugs bildet dort auch die Vorauslegung und Nachrechnung von Antrieben einen Schwerpunkt. Eine von SART entwickelte innovative Idee, die bewusst den Rahmen des konventionellen Denkens verlässt, ist das Konzept des ultraschnellen Passagiertransporters *SpaceLiner*. Damit wären in Zukunft auch die größten interkontinentalen Distanzen in weniger als zwei Stunden zu überbrücken. Dieses von Raketenmotoren angetriebene Fahrzeug könnte von Europa nach Sydney in 90 Minuten fliegen und damit die heutigen Reisezeiten von Europa nach Australien von mehr als 30 Stunden drastisch reduzieren. Andere interessante Beispiele mit noch größerem Marktpotenzial sind die Erreichbarkeit der amerikanischen Westküste oder die des wirtschaftlich aufstrebenden Ostasiens innerhalb von 60 Minuten.

ÄHNLICHKEIT ZUM SPACE SHUTTLE Beim Start erinnert der SpaceLiner ein wenig an das Space Shuttle der NASA. An der Stelle des Orbiters befindet sich die geflügelte Passagierstufe, die auf zwei Etagen je nach Ausführung zwischen 50 und 100 Fluggäste aufnehmen kann. Zusätzlich gibt es seitlich angebracht eine so genannte Boosterstufe, die für den größten Teil der Beschleunigung in den ersten Minuten des Flugs sorgt. Nachdem die maximale Geschwindigkeit von etwa 6.500 Metern pro Sekunde in einer Höhe von bis zu 100 Kilometern erreicht ist, werden die Triebwerke abgeschaltet, und es beginnt die aerodynamische Gleitphase bis zum Erreichen des Zielflughafens. Während der Start wie bei Raketen üblich senkrecht erfolgt, ist die Landung wie bei jedem Flugzeug horizontal.

Simulationen zeigen, dass das SpaceLiner-Konzept nicht nur deutlich schneller, sondern auch wesentlich umweltfreundlicher als vergleichbare Alternativfahrzeuge ist. Kurzzeitig wird das bis zu 25-fache der Schallgeschwindigkeit erreicht, bevor die Passagierstufe im Gleitflug ihre Geschwindigkeit wieder schrittweise reduziert. Insgesamt ist das viel schneller, als selbst die kühnsten Konzepte eines konventionellen Überschallflugzeugs sein können. Das liegt daran, dass Flugzeugantriebe bei sehr hohen Geschwindigkeiten nicht mehr effizient arbeiten. Anders dagegen die Raketenmotoren: Sie sind vollkommen unabhängig von den Anströmbedingungen und funktionieren bekanntlich auch im Weltraum. Insofern ist der raketengetriebene SpaceLiner auch prinzipiell dem Sänger-II-Konzeptvorschlag der späten 1980er Jahre überlegen.

DIVERSE VORZÜGE Wenn Raketentriebwerke mit der Treibstoffkombination Wasserstoff-Sauerstoff zur Anwendung kommen, ist der SpaceLiner außerdem erheblich umweltverträglicher. Dies erscheint in Anbetracht der viel höheren Geschwindigkeit zunächst paradox. Doch da kein Sauerstoff aus der Atmosphäre verbrannt wird, bilden sich keine klimaschädlichen Stickoxide. Wenn darüber hinaus der Wasserstoff durch Elektrolyse im Rahmen einer solaren Energiewirtschaft erzeugt wird, entsteht auch kein Kohlendioxid, wie es noch alle heutigen Flugzeuge mit Kerosintreibstoff unweigerlich produzieren.

Nicht zuletzt lässt sich mit dem SpaceLiner das Problem der Lärmentwicklung geschickt umgehen. Da er sehr viel höher, nahezu außerhalb der Atmosphäre fliegt, kommt kein Überschallknall am Boden an. Dieser schränkt die möglichen Flugrouten aller konventionellen Überschallflugzeuge stark ein. Der Startort des SpaceLiners wird allerdings abseits dicht besiedelter Gegenden oder auf Plattformen im Meer verlegt werden müssen, da sein Start mit einem deutlich höheren Lärmpegel vonstatten geht, als er an normalen Flughäfen akzeptabel ist.

TECHNISCHE HÜRDEN Mögen diese Vorzüge sehr für eine Realisierung sprechen, so sind für einen zuverlässigen und sicheren Passagiertransport doch noch einige Hürden zu nehmen. Bevor sich ein solches Raketenflugzeug erfolgreich für die Luftfahrt qualifizieren kann, sind aus heutiger Sicht noch einige überaus anspruchsvolle Technologien zu entwickeln: Da ist zunächst ein moderner Thermalschutz, der den extremen Temperaturen in Teilen der Flugbahn widersteht. Im Bereich der Nase und der Flügelvorderkanten kommt hierbei eine aktive Kühlung, beispielsweise die

Abb. 2: Arbeiten im Kryogenlabor am Bremer DLR-Institut [Quelle: DLR]

Transpiration von Wasser durch eine poröse Keramik, infrage. Erste Tests dieses innovativen Verfahrens sind bereits im lichtbogenbeheizten Kanal des DLR erfolgreich durchgeführt worden.

Des Weiteren muss eine fortschrittliche Flugsteuerung entwickelt werden. Sie hat die besonderen Anforderungen des Hochgeschwindigkeitsflugs in der Atmosphäre zu meistern und muss die ehrgeizigen Reichweiten im Gleitflug sicherstellen. Als Drittes sind zuverlässige und vergleichsweise langlebige Raketentriebwerke zu nennen. Diese sind heute noch nicht verfügbar. Und schließlich muss es eine entsprechende Infrastruktur und ein operationelles Konzept mit kurzen Wartungszyklen geben, beides gibt es in der Raumfahrttechnik derzeit nicht.

ENTWICKLUNG NEUARTIGER KRYOGENTANKS Damit diese Vision vom umweltverträglichen Fliegen Realität werden kann, startete das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) als Koordinator am 24. Januar 2012 in Bremen das EU-geförderte Projekt *CHATT* (Cryogenic Hypersonic Advanced Tank Technologies). Inhalt dieses Vorhabens ist, das heute übliche Kerosin durch einen neuen, kryogenen Treibstoff zu ersetzen. Dafür sind besonders flüssiger Wasserstoff oder flüssiges Methan geeignet. Derartige kryogene Treibstoffe sind für die Luft- und Raumfahrt von steigendem Interesse, da sie eine hohe Energieausbeute bei CO_2-freier beziehungsweise CO_2-armer Verbrennung ermöglichen.

Die Wissenschaftler am Bremer DLR-Institut für Raumfahrtsysteme favorisieren Wasserstoff wegen seines hohen massenbezogenen Energiegehalts. Dafür ist jedoch eine komplexe Technologie aus extrem leichten und wiederverwendbaren Treibstofftanks notwendig. Dieser Herausforderung wollen sich die Entwickler mit dem Einsatz von neuen Materialien, kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK) etwa, und ausgeklügelten Design-Konzepten stellen. Ziel ist es, das Gewicht der Tanks zu reduzieren und die strukturelle Leistungsfähigkeit zu erhöhen. Darüber hinaus ist auch ein sorgfältiges Treibstoffmanagement für das Erreichen eines zuverlässigen und effizienten Betriebs des Fahrzeugs zwingend notwendig.

Ein bislang ungelöstes Problem ist das Schwappen (sloshing) von kryogenen Flüssigkeiten in großen horizontalen Tanks. Versuche zu dem Schwappverhalten werden deshalb eine zentrale Rolle im CHATT-Projekt spielen. Diese finden sowohl in numerischen Simulationen als auch in praktischen Versuchen statt. Im Fokus steht dabei stets die spätere Anwendung in realen Flugsystemen. Die Ergebnisse der Versuche werden im Rahmen von Systemstudien bewertet.

Insgesamt werden vier verschiedene Tanks aus CFK-Materialien entworfen, gefertigt und in realistischen Tests mit kryogenen Flüssigkeiten be- und enttankt. Die Tankvorgänge erfordern die zusätzliche Entwicklung eines speziellen Keramik-Wärmetauschers zur Erzeugung des notwendigen Gasdrucks. Für entsprechende Tests steht ein neues Kryolabor am Bremer DLR-Institut zur Verfügung.

Neben dem DLR, das zusätzlich zu den wissenschaftlichen Aufgaben auch mit der Führung und der Koordination des Projektes betraut ist, sind zehn externe Partner an CHATT beteiligt. Das Projekt wird von der Europäischen Kommission im Rahmen des 7. Forschungsrahmenprogramms (Framework Research Programme FRP7) im Themenbereich Transport-Luftfahrt bis 2015 mit 3,23 Millionen Euro gefördert.

FAZIT Die noch zu lösenden Aufgaben sind nicht einfach und lassen erwarten, dass bis zum Start des interkontinentalen Flugverkehrs mit dem SpaceLiner noch mindestens 25 Jahre vergehen werden. Das Investitionsvolumen für Entwicklung, Qualifizierung und zum Aufbau der notwendigen Infrastruktur ist beträchtlich. Eine überwiegende Beteiligung von privatem Kapital wird notwendig sein. Dessen Anwerbung ist dann zu erwarten, wenn die erste Generation eines kommerziellen „Weltraumtourismus“, wie sie derzeit beispielsweise von Virgin Galactic aufgebaut wird, erfolgreich ist.

Eine öffentliche Aufgabe bleibt es, die notwendigen innovativen Technologien bereitzustellen. Bereits heute müssen dafür die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten beginnen. Neben CHATT fördert die Europäische Union unter dem Namen *FAST20XX* bereits ein weiteres, ähnliches Forschungsprogramm. Dessen Ziele sind unter anderem, das innovative aktive Kühlverfahren weiter zu verbessern, spezielle Strukturauslegungsfragen zu klären sowie operationelle Anforderungen und medizinische Aspekte zu untersuchen, besonders den der Flugverträglichkeit.

Mit der Umsetzung eines ultraschnellen Transportsystems wie dem SpaceLiner kann es Europa gelingen, eine führende Rolle auf dem Gebiet des Lufttransports im 21. Jahrhundert zu erlangen. Die technischen Anforderungen sind anspruchsvoll, bieten aber auch ein erhebliches Transferpotenzial in andere Bereiche. Aus diesem Grund nimmt der SpaceLiner über die visionäre Idee hinaus die Rolle eines integrativen Systemkonzepts ein, mit dem sich auch die Relevanz neuartiger Technologien abschätzen lässt. ||

Im Jahr 2008 präsentierte auch die britische Entwicklerfirma Reaction Engines ein mit flüssigem Wasserstoff betriebenes Überschallflugzeug, die A2, die 300 Passagiere mit 6.400 km/h nach Australien befördern können sollte – allerdings auch erst in 25 Jahren. (sg)

Aktualisierter & ergänzter Beitrag aus den DLR-Nachrichten, Nr. 124, Nov. 2009

→ DLR auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand C66

Autor:

Dr. Martin Sippel
DLR-Institut für Raumfahrtsysteme, Bremen
→ Martin.Sippel@dlr.de

Quelle: Ruhr-Universität Bochum

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

SCHNELLER ALS NATÜRLICHE PHOTOSYNTHESE

KIT und RUB erzeugen Wasserstoff aus Mikroalgen

An der Ruhr-Universität Bochum hat sich am 5. März 2012 ein neuer Interessenverbund gegründet: *Solar Biofuels Ruhr.* Auch das Karlsruher Institut für Technologie arbeitet seit 2009 in einem Forschungsbündnis an der Photosynthese. Ihr gemeinsames Thema ist die photobiologische Herstellung von Wasserstoff. Gemeint ist damit die nachhaltige H_2-Erzeugung mit Hilfe von Mikroalgen oder Cyanobakterien und Sonnenlicht. Allmählich dringen die Wissenschaftler bei ihren Arbeiten in Bereiche vor, die auch aus wirtschaftlicher Sicht interessant werden.

Pflanzen sind in der Lage, die Energie des Sonnenlichts zu nutzen, um mit Hilfe von Kohlendioxid und Wasser sowohl Sauerstoff als auch energiereiche Verbindungen erzeugen zu können. Dieser Vorgang wird gemeinhin als Photosynthese bezeichnet. Zu den photosynthesebetreibenden Organismen zählen neben Bäumen, Blumen und Gräsern auch Mikro- und Blaualgen (Cyanobakterien). Einige Mikroalgen und Cyanobakterien können aber noch mehr: Sie bilden bei Lichteinfall molekularen Wasserstoff. Diese Fähigkeit ist von besonderem Interesse, da die Anzucht dieser vielseitigen Einzeller nicht in Konkurrenz zur Nahrungsmittelerzeugung steht und zudem deutlich weniger Platz als konventionelle Agrarerzeugnisse benötigt. Bis zu fünf Prozent des einfallenden Sonnenlichtes können die Einzeller in chemische Energie umwandeln. Dabei nehmen sie größere Mengen Kohlendioxid aus der Atmosphäre auf, das sie später wieder abgeben, so dass die CO_2-Bilanz neutral bleibt.

ALGEN GEBEN GAS In den letzten Jahren hat die Ruhr-Universität Bochum (RUB) eng zusammen mit dem Max-Planck-Institut für Bioanorganische Chemie in Mülheim auf diesem Gebiet geforscht. Die Biologen, Chemiker und Ingenieure untersuchten beispielsweise die Stoffwechselvorgänge in den Mikroalgen, um mittelfristig eine biologische „Designzelle“ entwickeln zu können, die auf einem Cyanobakterium basiert und den Prozess der photobiologischen Wasserspaltung möglichst effizient mit der Erzeugung von Biowasserstoff verbindet. Dafür wurden geeignete, möglichst kostenminimierte Photobioreaktoren entworfen, die die Nutzung von Sonnen- und Kunstlicht ermöglichen.

Unter anderem wurde mittlerweile ein zwei mal drei Meter großer, 100 Liter fassender Fermenter errichtet, in dem Blaualgen (Cyanobakterien, s. Abb. 1) ihre Arbeit verrichten. Bei einer Wassertemperatur von 30 °C gedeihen sie am besten und erzeugen dabei jede Menge Sauerstoff durch Wasserspaltung.

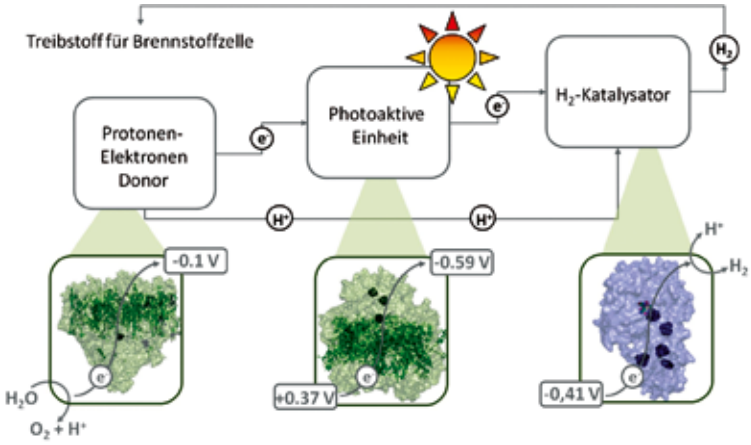


Abb. 2: Ein Enzym spaltet Wasser in Sauerstoff, Protonen und Elektronen (li. u.: Photosystem II). Die dadurch erzeugten Elektronen wandern weiter zum nächsten Protein (m., Photosystem I), das sie lichtgetrieben weiter zum dritten Protein befördert. Dieses stellt aus Protonen und Elektronen Wasserstoff her (re. u.: Hydrogenase). [Quelle: Philipp Knörzer]

Zur weiteren Intensivierung der Arbeiten wurde im März 2012 der Forschungs- und Interessenverbund *Solar Biofuels Ruhr* (SBR), der auf bereits bestehenden nationalen und internationalen Kooperationen aufbaut, gegründet. Das Ziel ist die Bündelung der bereits vorhandenen Expertise sowie die Etablierung einer Plattform für den Interessenaustausch mit Politik und Industrie über photobiologische Herstellungsverfahren von Biokraftstoffen. Insgesamt beteiligen sich sechs Lehrstühle und Arbeitsgruppen der Uni Bochum sowie das Max-Planck-Institut für Bioanorganische Chemie, das Fraunhofer-Institut UMSICHT und die KSD Innovations GmbH am SBR. Weiterer Input kommt aus Japan, da die Bochumer Professoren Matthias Rögner und Thomas Happe eng mit der Universität Osaka zusammenarbeiten.

Ende Januar 2012 hatten die RUB-Forscher bereits bekannt gegeben, dass ihnen ein großer Schritt bei der Optimierung der Wasserstoffproduktion aus Einzellern gelungen ist. Gemeinsam mit Kollegen der Pennsylvania State University konstruierten sie ein eigenes biologisches System, bei dem die Elektronenübertragung zwischen den Proteinen so optimiert ist, dass die Reaktion schneller als in der Natur abläuft. Dafür mussten sie ein lichtaktiviertes Protein und ein wasserstoffproduzierendes Enzym modifizieren, damit die erzeugten Elektronen möglichst effizient vom einen Protein zum anderen wandern.

„Es gibt nur wenige Organismen, die natürlicherweise alle drei Proteinkomplexe vereinen“, erklärte Dr. Philipp Knörzer von der Ruhr-Universität. „In allen ist der Elektronentransfer vom Photosystem I auf die Hydrogenase sehr ineffizient“, weshalb die Wissenschaftler genau hier mit ihren Optimierungsmaßnahmen ansetzten (s. Abb. 2). Vom Ergebnis ist auch Prof. Dr. Thomas Happe von der RUB überrascht: „Die Elektronenleitung ist extrem schnell, schneller als bei der natürlichen Photosynthese in Pflanzen. Man würde denken, dass ein biologisches System, das sich über Jahrmillionen entwickelt hat, nicht noch zu verbessern ist.“ […] „Die Wasserstoffproduktion ist 70- bis 80-mal höher als in früheren Versuchen. Außerdem produzierte das künstliche System stabil Wasserstoff über einen Zeitraum von drei Monaten“, sagte Happe. „Da kommen wir schon in den wirtschaftlich interessanten Bereich.“

KIT KOORDINIERT *HYDROMICPRO* Eine ähnliche Forschungsplattform wie den SBR initiierte das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) bereits im Jahr 2009. An ihrem Bündnis für Mikroalgentechnologie beteiligen sich die Arbeitsgruppe Bioverfahrenstechnik des Instituts für Bio- und Lebensmitteltechnik, die Arbeitsgruppe Bioelektrik des Instituts für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik sowie die Arbeitsgruppe Mikroalgen des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS). Damit deckt das KIT wichtige Aspekte der Umwandlungskette von der Reaktionstechnik über die Reaktorentwicklung und die Aufarbeitung bis hin zur Prozessintegration und Gestaltung sowie Bewertung algenbasierter Produktionssysteme ab. „Aus Nachhaltigkeitssicht besitzen Algen enormes Potenzial“, erklärte Dr. Christine Rösch, Projektleiterin am ITAS.

Am KIT wird sowohl an Biokraftstoffen als auch an Wasserstoff aus Mikroalgen gearbeitet. Bei dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit insgesamt 2,1 Mio. Euro geförderten Programm *HydroMicPro* hat das Karlsruher Institut die Koordinatorfunktion inne. „In dem Projekt geht es darum, einen preisgünstigen hocheffizienten Produktionsprozess mit optimierter Biologie und Verfahrenstechnik zu entwickeln, um die Voraussetzung für eine massentaugliche Wasserstofferzeugung zu schaffen“, erklärte Prof. Clemens Posten vom Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik. ||

Die Gründung des Forschungsverbundes Solar Biofuel Ruhr (SBR) fand zeitgleich mit dem Workshop *Biowasserstoff – Solar Biofuels* statt, den die Arbeitsgruppe Biogene Gase – Brennstoffzellen der Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e.V. (FEE) abhielt. Aus gegebenem Anlass waren rund 50 Teilnehmer an der Ruhr-Universität Bochum erschienen, um dort auch die Labore der verschiedenen Fakultäten besichtigen zu können.

Literatur:

- Knörzer, P., Happe, T., u.a., Solar hydrogen-producing bionanodevice outperforms natural photosynthesis, PNAS, doi: 10.1073/pnas.1114660108 (2011)
- Knörzer, P., Happe, T., u.a., Importance of the protein framework for catalytic activity of [FeFe]-Hydrogenases, The Journal of Biological Chemistry, doi: 10.1074/jbc.M111.305797 (2012)
- Waschewski, N., Rögner, M., u.a., Engineering photosynthesis for H_2 production from H_2O: Cyanobacteria as design organisms, in *Biomass to Biofuels – Strategies for Global Industries*, John Wiley & Sons, Chichester, UK, p. 387-401 (2010)
- Badura, A., Rögner, M., u.a., Photocurrent generation by Photosystem 1 integrated in crosslinked redox hydrogels, *Energy Environ. Sci.* 4, 2435-2440 (2011)

→ KIT auf der Hannover Messe: Halle 2, Stand C18
→ RUB auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand E60

h2herten
Wasserstoff-Kompetenz-Zentrum

ANWENDERZENTRUM H2HERTEN

- Erstes Technologiezentrum für Firmen der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnik
- Büroräume und Technika
- Integrierte Wasserstoffversorgung (Windstromelektrolyse)
- H2-basiertes Energiekomplementärsystem
- Meetingräume inkl. Präsentationstechnik

Ansprechpartner:
Dieter Kwapis | Frank Nosczyk | info@h2herten.de | www.wasserstoffstadt.de

Thema: Entwicklung | **Autor:** Artur Braun

ZWISCHEN PHOTOVOLTAIK UND PHOTOSYNTHESE

Solarer Wasserstoff aus Rost und Algen

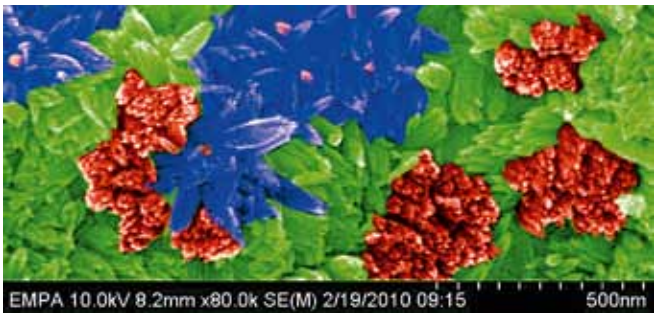


Abb. 1: Reorganisation von Hämatit-Nanokristallen (rot & grün) zu sternförmigen Aggregaten (blau) bei hydrothermaler Nachbehandlung (Quelle: EMPA, R. Erni)

„Kernenergie ja, aber bitte auf der Sonne." **lautete die Antwort des amerikanischen Kollegen auf meine Frage. An die Frage selber erinnere ich mich nicht mehr, aber mit der Antwort ist die Motivation fürs Thema gesetzt. Praktisch steht der Weltenergieverbrauch in keinem Verhältnis zu der Strahlungsleistung, die von der Sonne auf die Erde trifft. Die Energie, die die Sonne tagtäglich auf unsere Erde abstrahlt, ist gigantisch und mehr als ausreichend, um auch noch den enormen Energiebedarf der verschwenderischsten Nationen bequem zu decken. Die Entwicklung und Vermarktung der Photovoltaik trägt diesem Umstand interessanterweise im nicht von der Sonne verwöhnten Deutschland Rechnung mit einer installierten Photovoltaikleistung von mittlerweile etwa 25.000 Megawatt. Mit der von der deutschen Regierung beabsichtigten Reduzierung der staatlichen Förderungsleistungen für Photovoltaikstrom könnte das bisherige explosionsartige Wachstum der PV-Leistung zwar langsam in eine logistische Wachstumsphase münden. Aber Sonnenenergie leistet bereits einen messbaren Beitrag in das öffentliche Stromnetz.**

Über die Möglichkeit, elektrische Energie in chemische Energie durch Wind-Wasserstoff-Technologie umzuwandeln und so zu speichern, wurde ausführlich in der Ausgabe Januar 2012 von HZwei berichtet. Die nächste Aufgabe, die es mit Sonnenenergie zu bewältigen gilt, ist die Gewinnung von möglichst CO_2-neutralem Brennstoff, wie zum Beispiel als Wasserstoff für Mobilitätsanwendungen. Im Prinzip kann man auch PV-Strom für direkte Wasserelektrolyse benutzen. Mit der herkömmlichen Silizium-PV-Technologie muss man vier Photovoltaikzellen in Reihe schalten, um die für die Wasserspaltung nötige elektrische Spannung zu erreichen. Bei Bewölkung fällt allerdings die Spannung ab und die Elektrolyse setzt aus. Zuverlässiger wäre es daher, wenn man den Elektrolyseur und die PV-Anlage systemisch zusammenfasst.

PHOTOELEKTROCHEMISCHE ZELLEN Dieses Prinzip ist in der Photoelektrochemischen-Zelle (PEC) realisiert, die das Wasser eines wässrigen Elektrolyten direkt spaltet und an der Photoanode Sauerstoff und an der Photokathode Wasserstoff entwickelt. Dieses vielversprechende Konzept steht vor einer Reihe großer materialtechnischer Herausforderungen, obwohl es bereits in der Natur als elementarer Zwischenschritt der Photosynthese vorgemacht wird. Die prinzipielle Funktionsweise von PEC sei hier kurz erklärt:

Werden Halbleiter mit Licht bestrahlt, bilden sich Elektron-Loch-Paare, welche unter bestimmten Umständen an die Oberfläche des Halbleiters diffundieren oder migrieren können und dort ein chemisch aggressives Milieu schaffen, welches die Oxidation und damit Spaltung von Wasser zur Folge hat. Der gleiche Effekt verleiht zum Beispiel Photokatalysatoren wie etwa Titanoxid ihre Eigenschaft, organische Verunreinigungen zu neutralisieren. Bei der photoelektrochemischen Zelle ist das halbleitende, photokatalytische Material auf Elektroden so fixiert und in einen wässrigen Elektrolyten getaucht, dass zum Beispiel an der Photoanode (s. Abb. 2) die bei Lichteinstrahlung erzeugten Elektronenlöcher an die Elektrodenoberfläche wandern und an der Grenzfläche zum Elektrolyten die Wassermoleküle oxidieren und dort Sauerstoff erzeugen. Gleichzeitig wird an der Kathode Wasserstoff freigesetzt, der aufgefangen und dann gespeichert werden kann.

Abb. 2: Photoanode aus Hämatit (Quelle: EMPA)

OFFENE MATERIALFRAGEN Problematisch ist, dass die vom (Sonnen-) Licht frisch erzeugten Elektron-Loch-Paare im Material miteinander rekombinieren können, wenn die Diffusionswege zu lang sind. Diesem negativen Effekt kann man entgegenwirken, indem man die Photoelektroden aus Nanopartikeln herstellt. Die Diffusionswege in Nanopartikeln sind dann so kurz, dass es unwahrscheinlich ist, dass die Elektron-Loch-Paare rekombinieren, bevor sie an die Oberfläche gelangen. Für die Effizienz ist wichtig, dass die Bandlückenenergie der Photoelektrode so angepasst ist, dass ein möglichst großer Teil des breiten Sonnenspektrums in Elektron-Loch-Paare und damit in chemische Energie umgewandelt werden kann. Titanoxid ist zwar ein wirkliches Hochleistungsmaterial, aber es kann wegen seiner großen Bandlücke nur den kleinen ultravioletten Anteil des Sonnenspektrums nutzen und kommt für solare PEC-Anwendungen daher praktisch nicht in Frage.

Das nächste Problem ist, dass die Energiebänder der Photoelektroden so angelegt sein müssen, dass sie chemisch die Wasseroxidation leisten können. Das gilt nur für die wenigsten Halbleiter. Hier kann durch einen Trick nachgeholfen werden, indem man eine geringe elektrische Spannung – selbstverständlich geringer als das Wasserzersetzungspotenzial von 1,23 Volt – anlegt, die die Energiebänder auf das thermodynamisch erforderliche Potential bringt. Es kann aber sein, dass ein anderweitig erfolgreiches Material dennoch nicht tauglich ist für die Anwendung, weil es zum Beispiel im Elektrolyten nicht korrosionsbeständig ist. Auch hier kann man mitunter mit technischen Tricks abhelfen, indem man zum Beispiel eine ultradünne Korrosionsschutzschicht überzieht. Und zu-

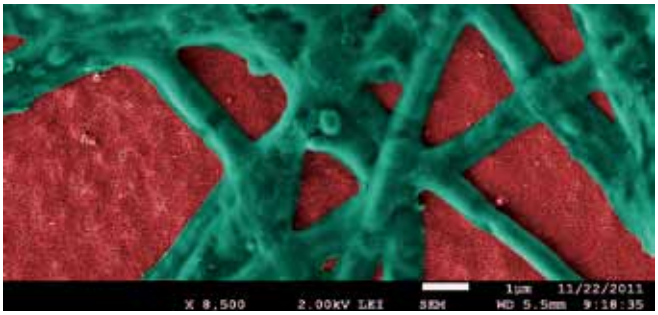


Abb. 3: Elektronenmikroskopieaufnahme einer mit Phycocyanin benetzten Hämatitoberfläche [Quelle: EMPA/ E. Vitol]

letzt darf das Material natürlich nichts kosten. Wie für alle Komponenten, gilt das auch für die Photoelektroden.

MAN NEHME ROST... Eisenoxid in der Form von Hämatit ist ein kostengünstiger und in alkalischem Milieu korrosionsbeständiger Halbleiter mit einer Bandlücke, die einen beträchtlichen Teil des sichtbaren Sonnenspektrums absorbiert und damit als Photoanode in chemische Energie umwandeln kann. Er braucht dabei eine geringe Bias-Spannung von 0,5 Volt, um unter Beleuchtung Wasser spalten zu können. Leider ist die elektronische Struktur von Hämatit im Vergleich mit besseren, aber auch teureren Materialalternativen so schlecht, dass große Anstrengungen nötig sind, um aus dem billigen Mineral ein hochwertiges Produkt für eine konkurrenzfähige neue Technologie zu entwickeln.

Die Photostromdichte ist eine wichtige Kenngröße zur Beschreibung der Leistungsfähigkeit von PEC-Elektroden. Geringfügige Dotierung mit Silizium kann die Photostromdichte von Hämatit bereits verzehnfachen. Hydrothermale Nachbehandlung von Hämatit/Sol-Gel-Schichten, ein industriell einfacher und kostengünstiger Prozess, verändert die Mikrostruktur spektakulär (s. Abb 1) und indirekt auch die elektronische Struktur derart, dass die Photostromdichte verdoppelt wird. Beschichtungen von Hämatit mit anderen Metalloxiden, wie zum Beispiel mit Wolframoxid, können ebenfalls eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit zur Folge haben. Von Relevanz sind am Ende jedoch solche Veredelungen, die auf leicht verfügbaren und kostengünstigen Materialien und Prozessen beruhen. Anders als Eisen unterliegen strategisch wichtige Ausgangsmetalle wie Wolfram und Tantal einem gewissen Versorgungsrisiko.

... UND BLAUGRÜNE ALGEN Ein neuer Trend könnte dahin gehen, keramische Nanopartikel mit Proteinen, wie sie aus der Photosynthese bekannt sind, zu funktionalisieren. Mit Proteinen und Enzymen steht Materialwissenschaftlern eigentlich ein sehr komplexes Sortiment an Komponenten zur Verfügung, die auf verschiedenste Weise mit anorganischen Materialien funktional wechselwirken können. Im konkreten Fall wird die Hämatit-Photoelektrode mit einer Lage aus Phycocyanin beschichtet, welches sich zu einem Netzwerk organisiert, wie im Elektronenmikroskop sichtbar wird (s. Abb. 3). Phycocyanin wird aus blaugrünen Algen – einem weiteren billigen Rohstoff – gewonnen und wirkt in diesen als Lichtantenne. Diese Wirkung wird auch auf Hämatitelektroden entfaltet und sogar unter sehr aggressivem alkalischem Elektrolytmilieu und solar-photokatalytischen Bedingungen beibehalten. Wir konnten zeigen, dass diese Art der Funktionalisierung von Hämatitoberflächen mindestens zu einer Verdopplung der Photostromdichte führt. Die vorstehend genannten Veredelungsverfahren lassen sich teilweise kumulieren.

Wir sehen, dass man mit einer geschickten Kombination von preisgünstigen, leicht verfügbaren Werkstoffen und kostengünstiger Verfahrenstechnik durchaus leistungsfähige Komponenten für Energiewandler herstellen kann. Dies erfordert jedoch ein detailliertes physikalisch-chemisches Verständnis der Zusammenhänge von Materialien, Synthese- und Prozessbedingungen, Betriebsbedingungen und auch Wechselwirkungen mit der Umgebung, und zwar auf Größenskalen bis hin zum molekularen Niveau, wie es im oben beschriebenen Projektpaket angestrebt worden ist. Dass diese Strategie erfolgversprechend ist, zeigt sich in unserem jüngst abgeschlossenen Projekt *NanoPEC* des 7. EU-Förderrahmenprogramms, das von der École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) koordiniert wird. Bei NanoPEC wurde demonstriert, dass die Integration einer PEC-Zelle mit einer Tandem-Solarzelle die solare Gewinnung von Wasserstoff zu Herstellungskosten von sieben bis 14 Euro pro kg Wasserstoff erlaubt. Das von der *European Hydrogen & Fuel Cell Technology Platform* gesetzte Kostenziel von fünf Euro pro Kilogramm Wasserstoff rückt damit in greifbare Nähe. ||

Das Schweizerische Bundesamt für Energie, der Schweizerische Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaften, die Rektorenkonferenz der Schweizer Universitäten und das Staatssekretariat für Bildung und Forschung unterstützen diese anwendungsorientierte Grundlagenforschung für Energiematerialien an der EMPA mit ihren Partnern an der EPFL in Lausanne und der Universität Basel mit einem Beitrag von etwa 1,2 Mio. Schweizer Franken.

Autor:
Dr. Artur Braun, EMPA, Dübendorf, Schweiz, → Artur.Braun@empa.ch

MIKROALGENZUCHT IN BRANDENBURG

Mikroalgen werden derzeit auch als gute Biomasseproduzenten gehandelt. In so genannten „hängenden Gärten“ nutzen sie das Sonnenlicht, um mit Hilfe von Kohlendioxid Photosynthese zu betreiben. Erst im Oktober 2011 hat der Energiekonzern Vattenfall gemeinsam mit ecoduna eine erste industrielle Algenzuchtanlage in Senftenberg, Brandenburg (s. Foto), in Betrieb genommen, bei der das CO_2 aus dem nahe liegenden Braunkohlekraftwerk den Algen als Nahrung dient. Martin Mohr und Franz Emminger, die

Quelle: ecoduna

Gründer und Geschäftsführer des noch jungen Technologieunternehmens aus Niederösterreich, wagen mit dieser Anlage erstmals den Schritt vom Prototypenstadium aus dem Labor zum industriellen Maßstab. Mit rund 50.000 Litern photoaktivem Volumen bilden diese sechs Meter hohen Paneele die zweitgrößte geschlossene Algenzuchtanlage weltweit (s. auch Titelbild). ||

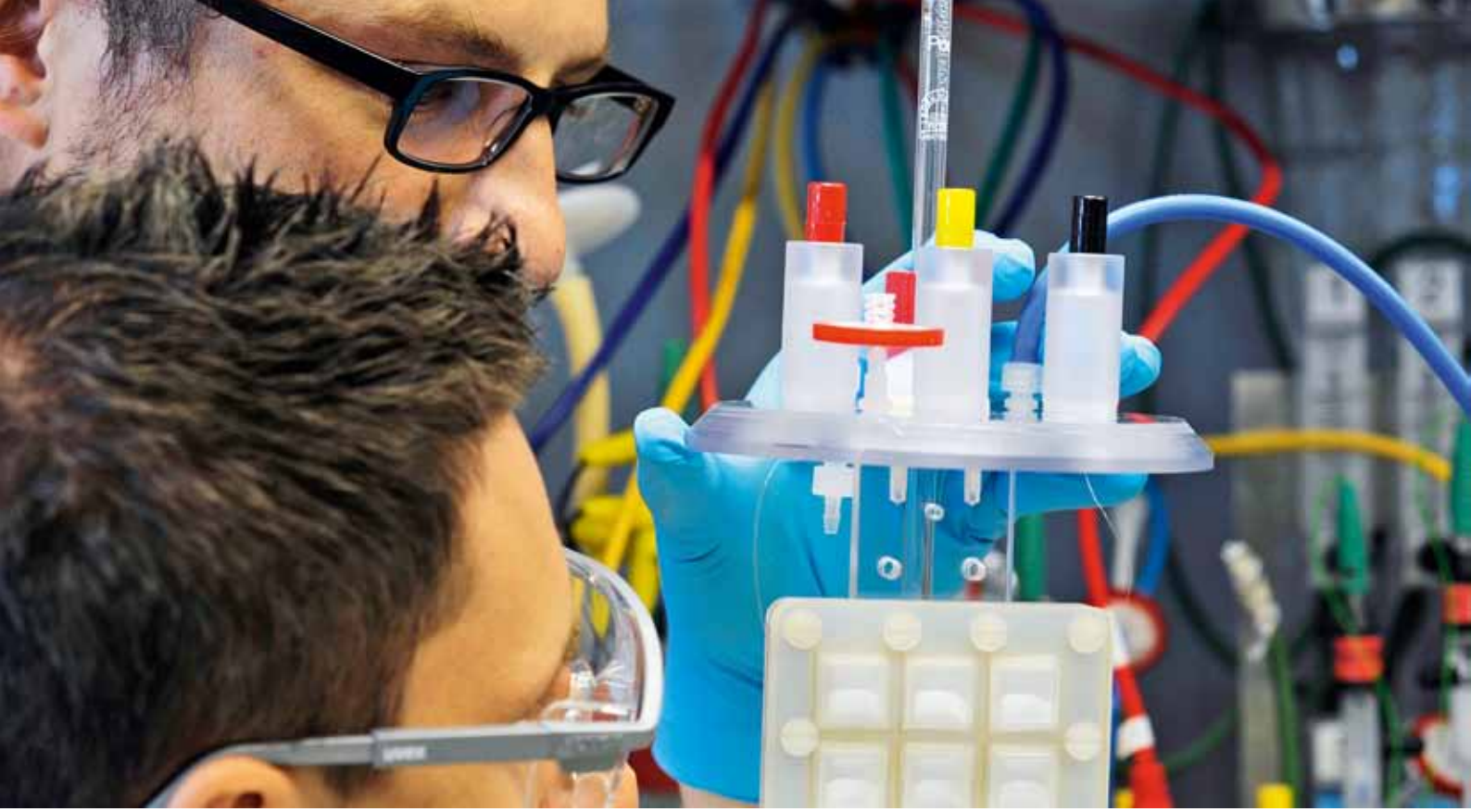


Abb. 1: Dr. Sven Kerzenmacher (hinten) mit seinem Laborprototyp [Quelle: Sigrid Gombert]

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

GIB DER BRENNSTOFFZELLE ZUCKER

Mikro-Brennstoffzellen für Implantate

Glukose ist ein wichtiger Energielieferant für den menschlichen Körper. Dies könnte in Zukunft gleich in mehrfacher Hinsicht gelten: Wissenschaftler arbeiten derzeit daran, mit Hilfe von Mikro-Brennstoffzellen auch Strom aus Blutzucker erzeugen zu können. Auf diese Weise könnten dann später eventuell Herzschrittmacher, Hörgeräte oder andere medizinische Implantate dauerhaft mit Energie versorgt werden. Auf die bislang notwendigen chirurgischen Eingriffe zum Austausch erschöpfter Batterien könnte dann verzichtet und somit die Lebensqualität betroffener Patienten erheblich gesteigert werden. Derzeit werden in Deutschland jedes Jahr über 70.000 Herzschrittmacher implantiert, deren Batterien nach etwa acht Jahren ersetzt werden müssen.

Bei dieser Art Mikro-Brennstoffzelle dient körpereigene Glukose (Blutzucker) als Energiequelle. Bei ihrer Umwandlung reagiert die Zuckerverbindung mit Sauerstoff, so dass durch eine elektrochemische Reaktion kontinuierlich Strom freigesetzt wird. „Im Körper sind normalerweise immer Glukose und Sauerstoff vorhanden, und es ist eine naheliegende Idee, aus dem körpereigenen Brennstoff Glukose dann Strom für einen Herzschrittmacher zu machen“, erklärte Dr. Sven Kerzenmacher vom Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK) der Universität Freiburg dem Deutschlandfunk. Über seine Kollegen, die bereits vor fünfzig Jahren anfingen an dieser Technik zu forschen, sagte der Wissenschaftler: „Die haben auch erste Versuche im Tier gemacht und gezeigt, dass so eine Brennstoffzelle fünf Monate lang funktioniert und genug Energie für einen Herzschrittmacher liefern kann, ohne dass es dem Tier schlecht geht, ohne dass es der Brennstoffzelle schlecht geht. Die Versuche in diese Richtung wurden dann abgebrochen, als die Batterietechnologie einen großen Entwicklungsschritt gemacht hat.“

Die VDI-Nachrichten fanden heraus, dass es kürzlich einer französischen Forschergruppe um Serge Cosnier vom Centre National de la Recherche Scientific der Université Joseph Fourier gelungen ist, eine Brennstoffzelle in eine Ratte zu implantieren. Die Zelle, die auf Enzymen und nicht auf Platinelektroden basiert, erzeugte dabei eine Leistung von etwa 2 µW. Allerdings musste der Versuch nach elf Tagen abgebrochen werden, weil die Ratten die Kabel zur Messtechnik zerbissen.

NEUE HERANGEHENSWEISE Kerzenmacher, der seit 2005 an der Glukose-Brennstoffzelle mit abiotischen Katalysatoren (z. B. Platin, Aktivkohle) forscht, analysierte im Rahmen seiner Dissertation detailliert das Leistungsverhalten der Mikro-Brennstoffzelle, indem er individuell die Elektrodenpotentiale untersuchte. Dabei identifizierte er insgesamt drei

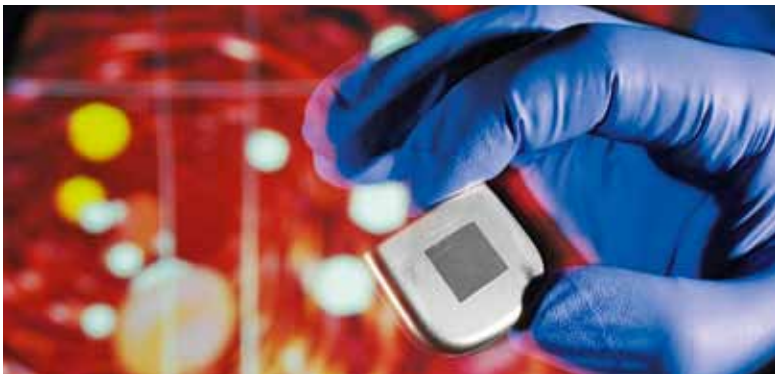


Abb. 2: Vision der implantierbaren Glukosebrennstoffzelle als Oberflächenbeschichtung des Herzschrittmachers [Quelle: Bernd Müller]

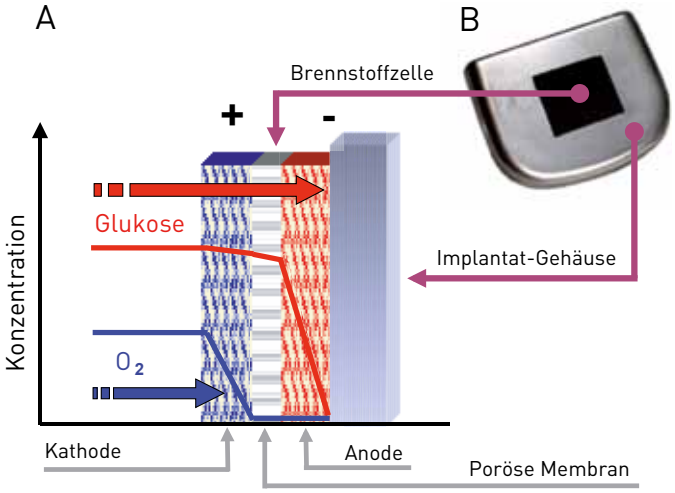


Abb. 3: A) Durch Umsetzung an der Kathode wird Sauerstoff selektiv aus dem Reaktanden-Gemisch entfernt, so dass an der inneren Anode Glukose ohne störenden Sauerstoffeinfluss (Ausbildung eines Mischpotentials durch elektrochemischen Kurzschluss) oxidiert werden kann.

B) Vision der Ausführung einer implantierbaren Glukosebrennstoffzelle als Beschichtung direkt auf der Oberfläche eines ins Körpergewebe implantierbaren Herzschrittmachers. [Quelle: IMTEK]

Faktoren, die wesentlichen Einfluss auf die physiologischen Bedingungen haben: Einen zunehmenden Aktivitätsverlust des Anodenkatalysators, eine unvollständige Trennung der Reaktanden sowie eine eingeschränkte Sauerstoffverfügbarkeit an der Kathode. Zur Verifizierung seiner Zwischenergebnisse richtete Kerzenmacher einen Teststand für die zeiteffiziente, simultane Untersuchung von bis zu 24 Glukose-Brennstoffzellen ein, der die Lücke zwischen einfachen Lastwiderständen und überdimensionierten (und deshalb kostspieligen) Mehrkanal-Potentiostaten schloss.

Darüber hinaus widmete sich der Freiburger Wissenschaftler mit seinem Team den Elektroden, die aus hochporösen Raney-Platin-Filmen hergestellt sind. Für die Herstellung der Brennstoffzellenanode entwickelten die Forscher ein neues Verfahren mit Zink als Legierungspartner. Dadurch konnte auf das bislang verwendete und unter dem Gesichtspunkt der Biokompatibilität problematische Nickel verzichtet werden. An der Kathode waren Raney-Platin-Filme auf Grund ihrer hohen Empfindlichkeit gegenüber Glukose bislang nicht eingesetzt worden. Kerzenmacher zeigte jedoch erstmalig, dass sich Raney-Platin-Kathoden mit ausreichender Glukosetoleranz durchaus realisieren lassen, indem sie als dünne Schichten von weniger als 1 µm Dicke ausgeführt werden. Diese Entwicklung ermöglichte zum ersten Mal die Verwendung von Platin an beiden Elektroden einer Glukosebrennstoffzelle.

GESTEIGERTE LEISTUNGSDICHTE Die somit neu entwickelte Brennstoffzelle kann nicht nur auf einer undurchlässigen Oberfläche wie zum Beispiel dem Gehäuse eines Implantats platzieren werden. Im Gegensatz zur etablierten Brennstoffzelle auf Basis hydrogelgebundener Kohlepartikel zeichnet sie sich zudem durch Stabilität gegenüber Oxidation und Hydrolyse aus. Darüber hinaus verfügt sie über eine um etwa 30 % erhöhte Leistungsdichte von 4,4 ± 0,2 µW cm^{-2} in neutraler Pufferlösung mit physiologischen Konzentrationen von Glukose und Sauerstoff. Die gesteigerte Leistungsdichte konnte sowohl auf die höhere katalytische Aktivität der Raney-Platin-Film-Kathoden als auch auf die verbesserte Sauerstofftoleranz der neuen Raney-Platin-Film-Anoden zurückgeführt werden.

In künstlicher Körperflüssigkeit, die physiologische Aminosäuren enthält, zeigte die neue Kathode einen Potentialverlust von etwa 120 mV gegenüber dem Betrieb in gepufferter Glukoselösung. Durch Einsatz einer Schutzschicht aus Nafion-Polymer konnte dieser Potentialverlust auf 90 mV verringert werden, was weniger als 20 % der typischen Betriebsspannung der Brennstoffzelle entspricht. Im Gegensatz dazu weisen die Anoden in ihrer jetzigen Form einen zunehmenden Aktivitätsverlust durch adsorbierte Reaktionsprodukte, insbesondere durch Aminosäuren, auf. Für die notwendige zukünftige Optimierung sind die im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten Raney-Platin-Film-Elektroden eine hervorragende Basis. Im Gegensatz zu hydrogelbasierten Elektroden sind sie gezielten Oberflächenmodifikationen mit adsorbierten Fremdatomen oder polymeren Schutzschichten definierter Maschenweite und Ladung besonders zugänglich.

Die Elektrodenoberfläche der Brennstoffzelle ist einen Quadratzentimeter groß und erreicht aktuell eine Leistung von bis zu fünf Mikrowatt. Ein Herzschrittmacher braucht etwa das Doppelte. In einem Interview erklärte Kerzenmacher dazu gegenüber dem Deutschlandradio: „Wenn wir die Brennstoffzelle ein bisschen größer machen, haben wir genügend elektrische Leistung für einen Herzschrittmacher, und unsere Idee ist sogar, wir möchten die Brennstoffzelle wirklich auf die Oberfläche des Herzschrittmachers packen. Dann muss nicht ein separates Gerät implantiert werden. Der Herzschrittmacher hätte dadurch sozusagen seine eigene Energie liefernde Oberflächenbeschichtung."

Sollte es bis zum Abschluss des zehnjährigen Forschungsvorhabens im Oktober 2016 zu einem Erfolg der Glukose-Brennstoffzelle kommen, könnten davon beispielsweise auch gehörlose Menschen profitieren, die Cochlea-Implantate in die Hörschnecke eingesetzt bekommen. Kerzenmacher sagte: „Wenn man es schaffen könnte, dass man für das Cochlea-Implantat die Energie im Körper zur Verfügung stellt, wäre das ein Riesengewinn für die Patienten, allerdings verbrauchen heutige Modelle noch viel zu viel Strom." Die Herstellungskosten für implantierbare Brennstoffzellen liegen bei etwa 200 Euro. Im Vergleich zu den Kosten einer Herzoperation ist das äußerst wenig. ||

Für seine im Jahr 2010 abgeschlossene Dissertation erhielt Dr. Sven Kerzenmacher im Sommer 2011 den mit 2.500 Euro dotierten Förderpreis des Forums Angewandte Mikrosystemtechnik (FAM).

Literatur:

- Kerzenmacher, S., Abiotically catalyzed glucose fuel cells for powering energy-autonomous medical implants, Universität Freiburg, 2010
- Cinquin, P., Cosnier, S., Gondran, C., et al., A Glucose BioFuel Cell Implanted in Rats, PLoS ONE 5(5): e10476. doi:10.1371/journal.pone.0010476, 2010

Thema: Entwicklung | **Autor:** Matthias Weiland

SELBSTATMENDE MIKROBRENNSTOFFZELLEN

Energieversorgung für autarke Sensoren

Die Entwicklung in der Systemtechnik geht immer weiter in Richtung noch kleinerer, autarker Komponenten, für die allerdings die Energieversorgung zunehmend eine Herausforderung darstellt. Bisher werden in diesem Bereich vorrangig Primärbatterien eingesetzt. Bei Spezialanwendungen mit sehr geringen Leistungen kommt mitunter auch die Nutzung von Umgebungsenergie mittels *Energy Harvesting* zum Einsatz. Passive Mikrobrennstoffzellsysteme könnten dazu aufgrund ihrer hohen Energiedichten eine mögliche Alternative darstellen. Bisher kam jedoch die Verwendung von Brennstoffzellen bei pulsartigen Lastprofilen aufgrund der zu geringen Leistungsdichte nicht in Frage. Ein veränderter Aufbau von passiven Brennstoffzellen könnte nun aber dazu verhelfen, die Pulsleistungsdichten wesentlich zu erhöhen (bis 220 mW/cm²), so dass beispielsweise auch autarke Sensoren mit ausreichend Energie versorgt werden könnten.

Die fortschreitende Entwicklung im Bereich der Mikrosystemtechnik ermöglicht heutzutage eine zunehmende Verbreitung autarker Systeme in einem weiten Anwendungsbereich, wie zum Beispiel in der Sicherheitstechnik sowie der Industrieelektronik. So überwachen beispielsweise Sensorfunkmodule dezentral physikalische Größen und übertragen diese drahtlos an einen zentralen Empfänger (Abb. 1). Derartige Systeme mit Leistungen von einigen Milliwatt bis zu wenigen Watt müssen jedoch so einfach wie möglich aufgebaut sein. Der Einsatz von Peripheriekomponenten ist nicht sinnvoll, da sich diese nicht beliebig skalieren (verkleinern) und integrieren lassen. Passive Mikrobrennstoffzellen, die mit trockenem Wasserstoff an der Anode und selbstatmender Funktion an der Kathode arbeiten (diffusive Versorgung mit Luftsauerstoff), sind hier indes von Vorteil, weil sie kaum Zusatzkomponenten benötigen.

Am Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM) wurde dazu im Rahmen des Projektes *Prozell* ein Konzept zur Herstellung von kostengünstigen passiven Mikrobrennstoffzellen für Leistungen kleiner ein Watt ohne Gasdiffusionslagen (GDL) entwickelt. In diesem Zusammenhang wurde auch die Kopplung mit einer galvanischen Gaserzeugungszelle zur Wasserstoffherstellung „on-demand“ erfolgreich erprobt. Für den Einsatz dieses miniaturisierten Energiespeichers für die Versorgung autarker Sensorsysteme ist die maximal verfügbare Leistung von entscheidender Bedeutung. Es zeigte sich jedoch, dass in offenen Systemen bei geringer mittlerer Last die Elektrolytmembran austrocknet.

ANFORDERUNGEN DURCH SENSORMODULE Sensoren arbeiten so, dass sie die meiste Zeit über im Stand-by-Betrieb stehen und nur kurzzeitig, in regelmäßigen Abständen aktiv werden, um Messungen vorzunehmen. Das Lastprofil eines Sensormoduls weist daher typischerweise Lastpulse im Bereich weniger Millisekunden und einiger Milliwatt auf. Die Ruhezeiten zwischen den einzelnen Lastpunkten liegen im Zeitraum von Sekunden bis hin zu Minuten. Das Energieversorgungssystem zum Betrieb derartiger Sensoren inklusive Energiespeicher sollte aufgrund der angestrebten geringen Bauteilvolumina im Bereich weniger Kubikzentimeter liegen. Eine Hybridisierung des Systems zum Beispiel durch einen zusätzlichen Kondensator erscheint daher nicht sinnvoll. Die Energieversorgung muss dementsprechend allein durch die Brennstoffzelle ermöglicht werden.

Im Zeitbereich des Lastpulses soll die Brennstoffzelle eine ausreichende Maximalleistung erbringen, während sie in der Ruhephase kontinuierlich nur sehr geringe Ruheströme zu liefern braucht. Über wenige Millisekunden hinweg wirkt in der Brennstoffzelle die Doppelschichtkapazität der Elektroden. Für längere Zeiträume muss jedoch eine ausreichende Gasversorgung sichergestellt werden. Weiterhin muss in der passiven Zelle eine ausreichende Befeuchtung des Polymerelektrolyten realisiert werden, um die ohmschen Verluste zu minimieren.

DESIGNANSATZ FÜR MIKROBRENNSTOFFZELLEN Mit Hilfe der Öffnungen des kathodenseitigen Stromableiters lässt sich der Sauerstoff- und Wassertransport steuern. Eine Reduzierung der Öffnungen führt stationär zu einer Verringerung der Sauerstoffkonzentration und zu einer Erhöhung der Wasserkonzentration. Für eine Verbesserung der Selbstbefeuchtung der Zellen sollte diese Öffnung daher entsprechend dem vorhandenen Verhältnis von 50 % reduziert werden. Im Konzept ohne Gasdiffusionslage stellt dieses Verhältnis ein Optimum zwischen der Ableitung der elektrischen Ladungsträger und der Versorgung mit Sauerstoff dar. Um allerdings auch während des Lastpulses die Versorgung mit einer ausreichenden Menge Sauerstoff zu gewährleisten, ist das Volumen der porösen

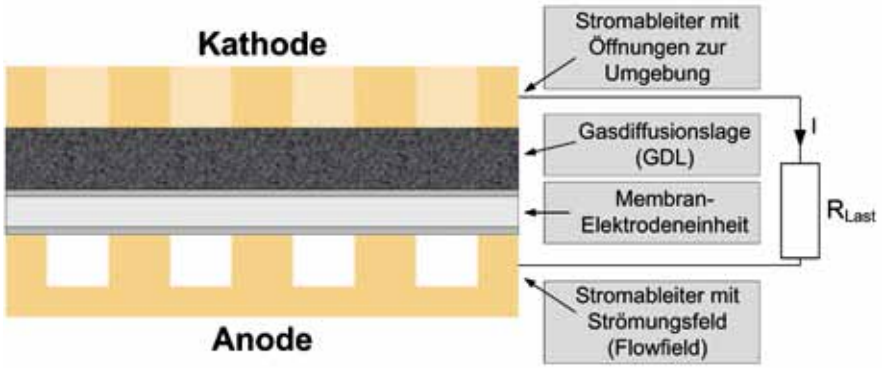


Abb. 2: Konzept der planaren Mikrobrennstoffzelle

Elektrodenschicht nicht ausreichend. Daher wird kathodenseitig eine GDL als zusätzliches Puffervolumen verwendet. Dieses kann sich dann jeweils während der Ruhephase wieder auffüllen.

TECHNOLOGISCHE UMSETZUNG Neben der Anpassung der Bauteilgeometrie ging es zudem um eine Erhöhung des Wirkungsgrades. Dafür sollte versucht werden, die aktive Fläche der Brennstoffzelle zu minimieren. Zunächst wurde für den Entwurf eines Prototyps basierend aus den Lastströmen im Bereich bis 50 mA eine Zellfläche von 0,1 cm^2 gewählt. Die dafür benötigten einzelnen Zellkomponenten wurden mit Hilfe gängiger Leiterplattenstrukturierungstechnologien hergestellt. Für den mikrostrukturierten Stromableiter der Kathode konnten damit Öffnungsverhältnisse im Bereich zwischen 0,007 % und 54 % realisiert werden (Abb. 3). Für die Membranelektrodeneinheit (MEA) und GDL kamen kommerziell verfügbare Materialien zum Einsatz, wobei die Elektroden mit einem Laserprozess auf die aktive Fläche reduziert wurden. In dem planaren Aufbau bildet das mikrostrukturierte Grundsubstrat zur elektrischen Kontaktierung und Wasserstoffversorgung der Anode die Basis. Darauf folgen die MEA, GDL und der mikrostrukturierte Stromableiter der Kathode. Ein homogener reproduzierbarer Anpressdruck und damit gleichmäßiger elektrischer Kontakt wird über eine strukturierte Endplatte realisiert. Eine präzise Platzierung der Teilkomponenten erfolgte über eine automatisierte Fügeanlage. In einem geringfügig veränderten geschlossenen Aufbau wurde in Zusammenarbeit mit dem Paul Scherrer Institut mittels Neutronenradiographie direkt die Wasserverteilung innerhalb der Mikrobrennstoffzelle untersucht.

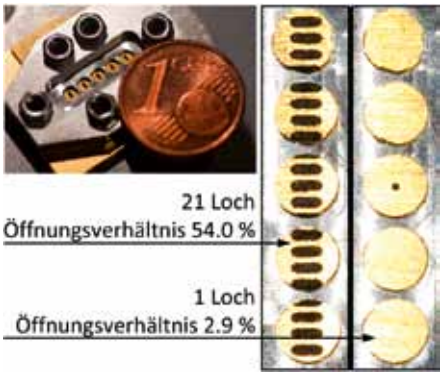


Abb. 3: Mikrobrennstoffzelle (oben li.) und Öffnungen der Stromableiter

VERHALTEN UND LEISTUNGSFÄHIGKEIT Durch die verschiedenen Wirkmechanismen sind Spannung und Leistung der Brennstoffzelle während eines Lastpulses nicht konstant. Der Spannungsverlauf wird durch die wirkende Doppelschicht und den Einfluss des Massentransportes zur Brennstoffzellelektrode beeinflusst (s. Abb. 5). Es zeigt sich deutlich, dass eine Reduzierung der Öffnung

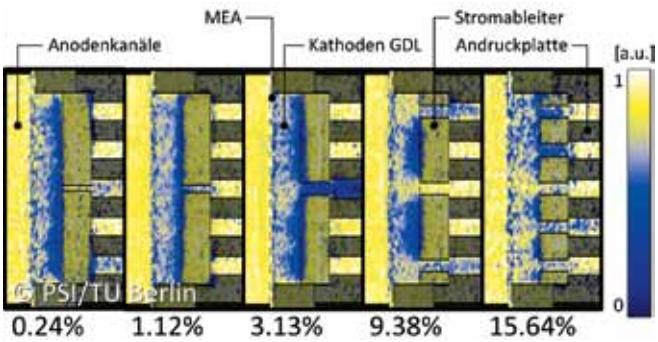


Abb. 4: Wasserverteilung innerhalb der Zelle

Komplettlösungen
für Ihre Anwendung

GSR Ventiltechnik

- Für Wasserstoffleitungen bis 900 bar
- In ATEX-Ausführung erhältlich

- Ventilblock mit integrierten Filtern und Rückschlagventilen
- Für die Regelung der Wasserstoffversorgung bis hin zu den Stacks

Lieferprogramm:
- Pilotventile zur Ansteuerung
- Dispenserblöcke
- Priority Panels
- Weitere Komponenten für Wasserstoffanwendungen

GSR Ventiltechnik GmbH & Co. KG
Im Meisenfeld 1 • D-32602 Vlotho
Postfach 2060 • D-32595 Vlotho
Tel.: +49 5228 779-0 www.ventiltechnik.de
Fax: +49 5228 779-190 info@ventiltechnik.de

Innovative Ventiltechnik

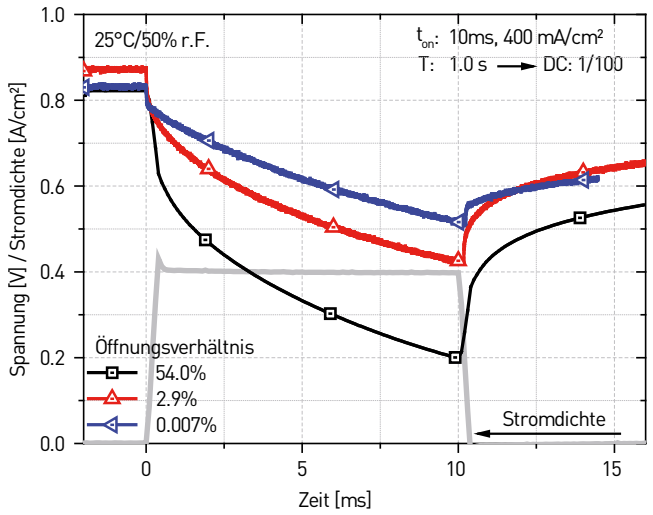


Abb. 5: Spannungsverlauf im Pulsmoment

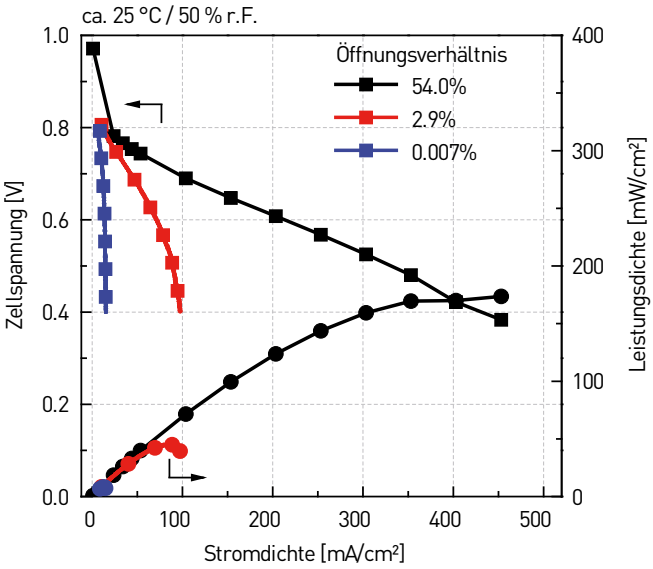


Abb. 6: Resultierende Kennlinien für die stationäre Belastung

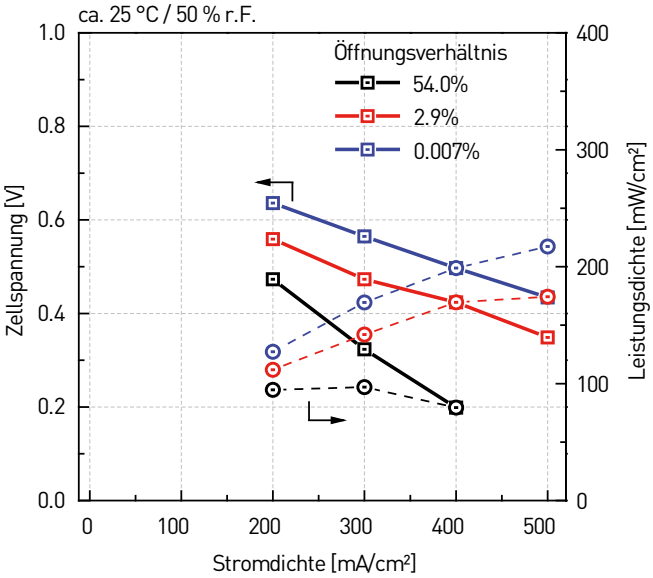


Abb. 7: Resultierende Kennlinien aus den minimalen Spannungen im Pulsmoment

zu einem deutlich höheren Spannungsniveau bei der Belastung der Zelle führt. Wesentlich beeinflusst wird dies durch den ohmschen Anteil, wie an den Flanken zu erkennen ist. Aufgrund der Anbindung des Elektrolyten und der elektrisch leitfähigen Phase in den Elektrodenschichten gibt es jedoch auch einen Einfluss auf den zeitabhängigen Anteil. Ursächlich für die Verbesserung dieser Mechanismen ist eine durch die Reduzierung der Öffnungen verbesserte Selbstbefeuchtung der Elektrolytmembran.

In Abbildung 4 wird die mittels Neutronenradiographie gemessene Wasserverteilung innerhalb der verschiedenen Schichten der Mikrobrennstoffzellen nach kontinuierlicher Pulsbelastung visualisiert. Anodenseitig wurden die Brennstoffzellen ohne kontinuierlichen Wasserstoffdurchfluss (Dead-End-Modus) betrieben. Trotzdem zeigt sich deutlich, dass sich das Wasser fast ausschließlich auf der Kathodenseite innerhalb der GDL ansammelt. Der Einfluss der Stromableiter wird sichtbar. Bei den dargestellten Verhältnissen kleiner 9 % ist die Wasserkonzentration deutlich höher als bei den größeren Öffnungen. Dies führt wiederum zu einer Verbesserung der Leitfähigkeit des Elektrolyten.

Allgemein wurde festgestellt, dass die durchschnittliche Wasserkonzentration auch unter sehr feuchten Umgebungsbedingungen (ca. 100 % relative Feuchte) innerhalb der GDL in keinem Fall über 20 % steigt. Trotzdem kommt es hier bei sehr kleinen Öffnungen zu einem Ausfall der Zellen durch eine abrupt abnehmende Spannung. Dies wird auf eine Unterversorgung mit Sauerstoff durch eine Ansammlung von Wasser in den Stromableiteröffnungen zurückgeführt. Im stationären Betrieb (s. Abb. 6) verringert sich die erreichbare maximale Stromdichte und die damit einhergehende Leistungsdichte mit der Reduzierung der Öffnungen deutlich. Beim Pulsbetrieb (s. Abb. 7) wird jedoch das entgegengesetzte Verhalten sichtbar. Zellen mit kleinen Öffnungen weisen hier eine deutlich verbesserte Leistungsfähigkeit auf. Das Leistungsmaximum verschiebt sich in den Bereich höherer Stromdichten. Im Vergleich zum offenen Design wird die Leistungsdichte mehr als verdoppelt. Mit verhältnismäßig geschlossenen Kathoden können so auch mit passiven Brennstoffzellen Pulsleistungsdichten im Bereich von 220 mW cm^{-2} erreicht werden. Eine Anwendung zur Versorgung von Sensormodulen erscheint damit möglich. ||

→ Fraunhofer IZM auf der Hannover Messe: Halle 2, Stand D22

Autor:

Matthias Weiland
TU Berlin/Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM, Berlin
→ matthias.weiland@becap.tu-berlin.de

NEUER SOFC-STAHL: CROFER 22 H

Das Forschungszentrum Jülich hat einen neuen Hochleistungswerkstoff entwickelt, der insbesondere für Festoxid-Brennstoffzellen (SOFC) geeignet sein soll. Gemeinsam mit Entwicklungspartnern präsentierte ThyssenKrupp VDM die gegenüber Stahl sehr viel leichtere Legierung Crofer 22 H. Sie enthält 20 bis 24 Prozent Chrom sowie Wolfram, Niob, Titan und Lanthan und verfüge damit über bessere Eigenschaften, so hieß es. Außerdem sei sie korrosionsbeständig, gut verarbeitbar und kostengünstig, so dass sie gut für Interkonnektoren geeignet sei. ||

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

AUTARKES ENERGIECAMP AN DER MOSEL

Wie sich die Bundeswehr energetisch optimiert

Abb. 1: Hans Joachim Thon vor „seinem" Wasserstoff-Container [Quelle: WTD 51, Proton, Diamond Lite]

Hans Joachim Thon ist Geschäftsfeldmanager der Wehrtechnischen Dienststelle für Pionier- und Truppengerät (WTD 51) in Koblenz. In unmittelbarer Nachbarschaft zum dortigen Universitäts-Campus hat er mit seinen Kollegen innerhalb von knapp fünf Jahren ein „EnergieCamp" aufgebaut, das exemplarisch die autarke Energieversorgung eines militärischen Feldlagers zeigt. Zu den dort aufgebauten Demonstrationssystemen zählen sowohl Solar- und Windkraftanlagen als auch Brennstoffzellen sowie Elektrolyseure. Aber was ist ein „energetisch optimiertes Feldlager"? Und warum steht das in Deutschland, und zwar direkt am Ufer der Mosel? Um diese und weitere Fragen über brennstoffzellenbetriebene führerlose Fahrzeuge sowie neue H_2-Speicherbehälter beantwortet zu bekommen, mache ich mich auf den Weg nach Koblenz.

Wie vereinbart werde ich dort direkt am Bahnhof von Hans Joachim Thon abgeholt – nicht mit einem massigen olivegrünen Geländewagen, sondern mit seinem privaten weißen Kleinwagen. Thon ist ein wortgewandter Zweimeterhüne mit Vollbart, der mir ausführlich erzählt, was er schon alles gemacht hat in seinem Berufsleben. Immer wieder hat er sich neuen Aufgaben gestellt; egal, ob bei Technikthemen oder im Personalwesen des Bundesamts für Wehrtechnik und Beschaffung. So wurde er im Jahr 2007 gemeinsam mit einigen Kollegen der WTD 51 von seinem damaligen Chef mit der Aufgabe betraut, die Energieversorgung eines Feldlagers unter Berücksichtigung alternativer Energien zu optimieren.

ENERGIEAUTARKES FELDLAGER Hintergrund ist der große Energiebedarf der Feldlager in Afghanistan im Rahmen des NATO-Einsatzes ISAF. Die dortigen Feldlager werden bis dato energetisch mit einem *Single-Fuel*-Konzept (eine Ein-Kraftstoff-Strategie ohne Kraftwärmekopplung) versorgt. Konkret sieht das so aus, dass mitunter rund 30 mit Dieselgeneratoren und Kraftstofftanks bestückte Container für die Strom- und Wärme- beziehungsweise Kälteversorgung aufgebaut werden. In einem solchen Fall fährt täglich mindestens ein Tanklastzug den benötigten Dieselkraftstoff ins Lager, um die Energieversorgung zu sichern. Dies stellt jedoch ein Risikopotential für das Begleitpersonal dar und ist zudem kostenintensiv.

Das geht energieeffizienter und auch umweltschonender, sagte sich wohl der damalige Dienststellenleiter und setzte den seit 1976 bei der Bundeswehr beschäftigten Thon und dessen Kollegen darauf an, ein energieautarkes Konzept auszuarbeiten, das ohne fossile Kraftstoffe auskommt. Drei Jahre lang widmete sich der mittlerweile 61-jährige dieser Aufgabe und baute in kurzer Zeit einiges auf: In seinem EnergieCamp stehen inzwischen zwei Photovoltaik-, zwei Windkraft- sowie zwei Solarthermieanlagen, allesamt kompakte Container-Lösungen, die direkt am Einsatzort relativ zügig aufgebaut werden können. So stehen dort beispielsweise Flachbettkollektoren, die an die Seite des sechs Meter lan-

PRÄSENTATION IN ULM

Der 10-Fuß-Wasserstoff-Container wird von Hans Joachim Thon am 3. Mai 2012 im Weiterbildungszentrum Brennstoffzelle Ulm (WBZU) im Rahmen eines Praxis-Seminars vorgestellt. Schwerpunktthemen sind die unterbrechungsfreie Stromversorgung und die Fragestellung, wie Wasserstoff dazu beitragen kann, derartige USV-Systeme zuverlässig mit Energie zu versorgen.

Abb. 2: 3.380 m³ GH_2 können hiermit befördert werden. [Quelle: Wystrach, Dynetek]

Abb. 3: BZ-Box ersetzt Dieselaggregat

gen 20-Fuß-Iso-Containers geklappt werden können. Oder aber ein weiterer Container mit Wasseraufbereitung und Elektrolyseur, der aber leider gerade wegen eines zugesetzten Filters im Deionisierungsgerät nicht läuft (der „kleinere Bruder“ der Freiburger Anlage beim Fraunhofer ISE, s. S. 42).

Die ersten Versuche mit alternativer Energieerzeugung wurden mit Wind und Sonne durchgeführt. Weil der daraus erzeugte Strom aber bekanntlich nur mit großen Batterien direkt speicherbar ist, kam Thon schnell auf die Idee, Wasserstoff als Energiespeicher zu verwenden. Zunächst ließ der Ingenieur daraufhin einen schön verzinkten 10-Fuß-Container mit sechs Druckgasflaschen ausstatten, in die er einen eigens entwickelten Reaktor einbaute. Die H_2-Produktion in diesem Reaktor beruhte auf der chemischen Reaktion von Natronlauge und Aluminium. Der mit bis zu 170 bar erzeugte Wasserstoff wurde in den Druckgasflaschen gespeichert. Das Problem war nur, dass die Wasserstofffreisetzung selten gleich ablief (unterschiedliche Dauer, verschiedene Enddrücke). „Mal dauerte es ewig, bis es langsam anfing, mal ging es sofort mit ungeheurer Wucht los“, berichtet Thon.

BZ-SYSTEME IM TEST Daraufhin wandte sich der insbesondere für die Wasserstoffseite zuständige Thon mit seinen Mitarbeitern der Elektrolyse zu, die er beispielsweise in dem Energie-Camp-Container testete. Über 14 Monate hinweg produzierte der installierte *Hogen*-Elektrolyseur insgesamt fast 3.000 m^3 Wasserstoff (30 bar Ausgangsdruck). Über Studien- und Diplomarbeiten wurden zudem weitere Techniken analysiert (z. B. Größe von Windkraftanlagen, Eignung des HotModules). Darüber hinaus besorgte Thon über ein stetig wachsendes Netzwerk zahlreiche Aggregate nebst passenden Komponenten, die dann gemeinsam mit verschiedenen Forschungsinstituten und zahlreichen unterstützenden Firmen ausgiebig getestet wurden. Dabei flossen unter anderem auch Erfahrungen mit ein, die die Kollegen der Wehrtechnischen Dienststelle in Trier mit *Jenny* gesammelt hatten. Jenny ist ein mobiles Brennstoffzellensystem zur Energieversorgung von Funkgeräten, dessen ziviles Basismodell teilmilitarisiert wurde (Erhöhung von Stoßfestigkeit und Gehäusefestigkeit, Minderung der Abstrahlung).

Eines der ersten Rückverstromungssysteme, das in der Koblenzer Versuchshalle installierte wurde, war die *Ulmer Brennstoffzellenschachtel,* über die Thon sagte: „Die funktioniert einwandfrei: Einfach einschalten und sie läuft.“ Erst kürzlich bekam er auch eine Nexa-Brennstoffzelle von Dr. Roland Hamelmann von der Fachhochschule Lübeck, deren Funktion und Leistungsfähigkeit sogleich umfassend von Prof. Dr. Birgit Scheppart von der FH Wiesbaden getestet wurde.

Zu den neusten Errungenschaften der Wehrtechnischen Dienststelle zählt eine zwei Kilowatt leistende Brennstoffzellenbox, die über die gleichen Schnittstellen wie ein Dieselaggregat verfügt, aber problemlos von zwei Personen getragen werden kann (<45 kg, s. Abb. 3). Im Inneren befinden sich Brennstoffzellen-Stacks, die ansonsten vornehmlich in USV-Anlagen Anwendung finden. Von besonderem Reiz ist zudem ein führerloses Roboterfahrzeug, das ebenfalls absolut leise von einem ähnlichen Brennstoffzellensystem angetrieben wird und gänzlich autark die Umgebung erkunden kann (s. Kasten). Dies ist aber längst noch nicht alles: Der Diplomingenieur veranlasste auch etliche sicherheitsrelevante Experimente. Dazu zählten insbesondere Beschuss- und Brandversuche von Composite-Behältern (mehr dazu im nächsten HZwei-Heft).

BUNDESWEHRINTERNE AUSSTELLUNG Die Ergebnisse von vier Jahren Grundlagenforschung präsentierte die WTD 51 im September 2011 in Form einer kleinen internen Ausstellung für die militärische Amtsseite. Dort zeigte das Team die Resultate ihrer Beschussversuche sowie zusätzlich zahlreiche Entwicklungen von insgesamt 15 beteiligten Partnern. Einige der Exponate waren hervorgegangen aus der Zusammenarbeit mit assoziierten Forschungsinstituten (z. B. Zentrum für BrennstoffzellenTechnik und Fraunhofer ICT). Eine zentrale Stellung übernahm dabei ein ganz kleines Teil: ein Betankungsadapter. „Jeder Gaslieferant hat im Hochdruckbereich eigene Druckgasflaschen und auch eigene Schnittstellen. Dadurch ist es fast unmöglich, eine Flasche woanders als beim Hersteller befüllen zu können“, erläutert mir Thon und fügt sogleich hinzu: „Mit solch einem kleinen Zwischenstück, das für 500 bar konzipiert wurde, könnte die Befüllung stark vereinfacht werden, was ein Riesenschritt in Richtung Kundenfreundlichkeit und Marktreife wäre. Ähnlich wie die Betankungsadapter von Flüssiggasfahrzeugen muss man den Betankungsstutzen nur am Füllanschluss der Flasche beziehungsweise des Flaschenbündels einschrauben, und schon kann man überall tanken.“

Abb. 4: Druckgas-Composite-Behälter für 150 l GH_2 [Quelle: Dynetek]

Besonders stolz sind die Koblenzer auch auf ihren 10-Fuß-Container (L: 3,00 m, B: 2,45 m, H: 2,55 m, s. Abb. 2), der insgesamt 30 Wasserstoffbehälter vom Typ III mit jeweils 260 l Fassungsvermögen und einem Druck von 450 bar beinhaltet. Dieser Container

mit seinen 2,6 m langen Behältern (s. Abb. 4) und den neuen Druckminderungsventilen soll noch in diesem Sommer zertifiziert werden, so dass dann große Mengen Wasserstoff problemlos auf Straße und Schiene befördert werden können. ||

→ FutureE auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand B75
→ GHR auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand B65
→ ZBT auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand E60

BRENNSTOFFZELLEN FÜR'N MUSTANG

Nach fast fünf Jahren Recherche- und Forschungstätigkeiten kann Thon bilanzieren, dass die Aussichten für die Errichtung eines zumindest teilweise mit regenerativer Energie versorgten Feldlagers durchaus gut sind. So hat die Fraunhofer-Gesellschaft im Jahr 2010 in einer gemeinsam mit mehreren Instituten durchgeführten Studie festgestellt: „Erneuerbare Energien können einen zum Teil signifikanten Beitrag zur Versorgung von Feldlagern leisten und damit helfen, die Kosten für den Betrieb des Lagers zu senken. Photovoltaikmodule scheinen hierfür besonders geeignet zu sein." Einschränkend stellten die Autoren jedoch fest: „Als reiner Speicher für elektrische Energie ist die Kombination aus Elektrolyse und Brennstoffzelle nur sehr bedingt geeignet, da der Wirkungsgrad sehr gering ausfällt. [...] Jedoch bietet die Wasserstoffschiene den mit Abstand höchsten Speicherinhalt." Der Einsatz von Brennstoffzellen kann somit empfehlenswert erscheinen, wenn die effiziente Versorgung mit ausreichend Betriebsstoff sichergestellt ist.

Eines der möglichen Einsatzgebiete ist der auf BZ-Betrieb umgebaute *Mustang.* Das autonome vierrädrige Roboterfahrzeug wurde von den Koblenzer Ingenieuren mit Wärmebildkamera, Laserscanner und Ultraschallsensoren ausgestattet und anschließend von FutureE um ein 2-kW-BZ-System ergänzt, damit es gänzlich autark und leise zur Aufklärung in unbekanntem Terrain eingesetzt werden kann. Der „High-Tec-Roboter mit High-Tec-Antrieb" wurde erstmalig während der eCarTec 2011 und jetzt mit neuem Wasserstofftankssystem von GHR Hochdruck-Reduziertechnik während der CeBit 2012 vorgestellt.

Abb. 5: Der ganze Stolz von Jungingenieur Nico Kroll

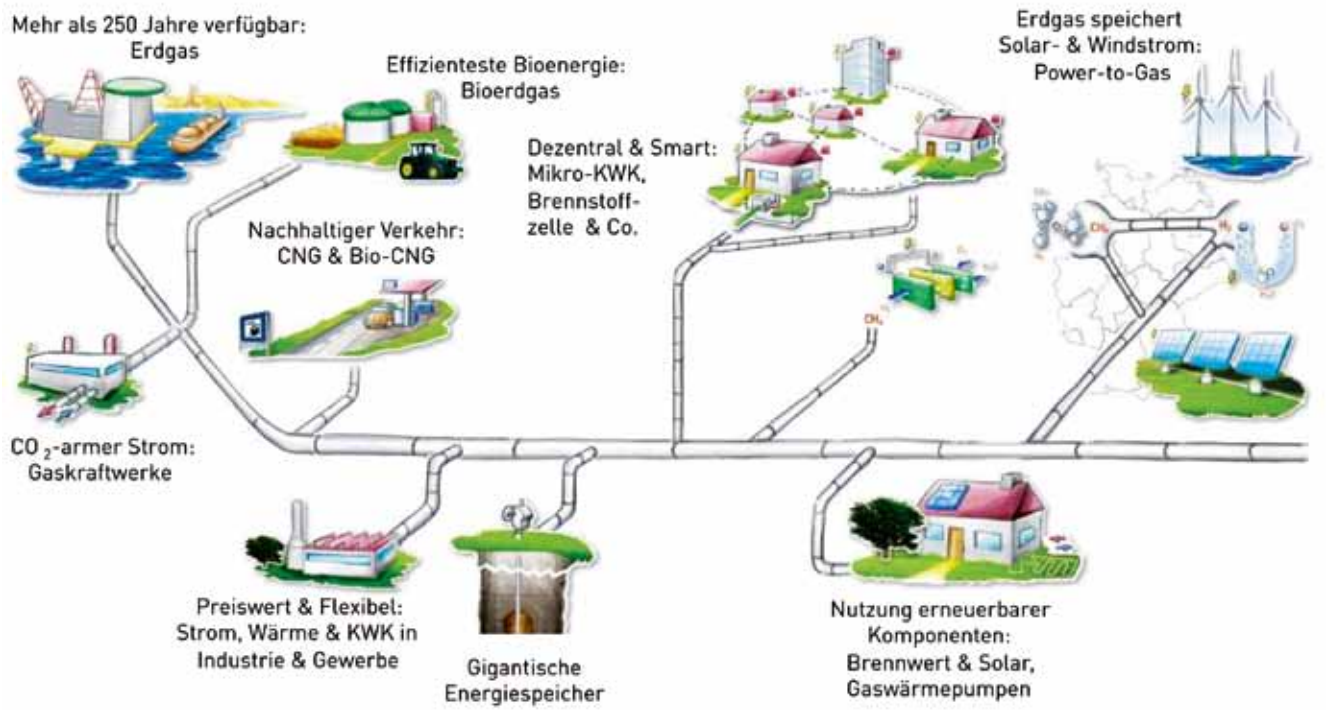
Heraeus

Besuchen Sie unseren Messestand #B15
auf dem 10th European SOFC Forum in Luzern!

Heraeus stellt Ihre Anforderungen in den Fokus!
Neben Standardpasten für Anoden, Elektrolyten, Kathoden, Interkonnektoren und Dichtungsgläsern sind wir Ihr Partner für individuelle Pastenlösungen.

Heraeus Precious Metals GmbH & Co. KG
Thick Film Materials Division
Heraeusstr. 12–14
63450 Hanau, Germany

www.heraeus-thickfilm.com



Power-to-Gas im Energiesystem der Zukunft [Quelle: DVGW]

Thema: Forschung | **Autoren:** Gerald Linke, Frank Gröschl

DVGW ERFORSCHT POWER-TO-GAS

Integration von fluktuierendem Strom aus erneuerbarer Energie

Die Integration erneuerbarer Energien in die Energiesysteme begründet einen grundsätzlichen Wandel in der Struktur der Stromversorgung, nämlich die Entkoppelung von Produktion und Bedarf. Während im bisherigen System diese beiden Bestandteile praktisch online ausbalanciert werden, muss in einem auf volatilen, nicht planbaren Erzeugungspfaden basierten System eine dritte Säule eingefügt werden: die Speicher. Diese Säule gewinnt insbesondere an Bedeutung, wenn die Produktion oberhalb des Bedarfes liegt.

Heute sind verschiedene Speichertechnologien verfügbar, allerdings befinden sich die meisten derzeit noch in der Demonstrations- oder F&E-Phase. Je nach Speicherprinzip unterscheiden sie sich erheblich in ihrer Kapazität und damit in ihren Einsatzmöglichkeiten in der Energieversorgung. Chemische Energiespeicher wie Wasserstoff oder Methan weisen die größten Potenziale auf, insbesondere als Mittel- und Langfrist- beziehungsweise Saisonspeicher.

In dem Power-to-Gas-Konzept ist die Gasinfrastruktur der Speicher. Die Kerntechnologie ist die Elektrolyse. Regenerativer, volatiler Strom wird in Wasserstoff umgewandelt und – in Grenzen – in das Gasnetz eingespeist. Nach Maßgabe des aktuellen DVGW-Regelwerks G 262 sind heute grundsätzlich Zumischraten im einstelligen Prozentbereich möglich. Alternativ kann synthetisches Methan mit Kohlendioxid zum Beispiel aus der Biogasproduktion hergestellt werden, das praktisch dem Erdgas entspricht. Die Rückverstromung erfolgt in hocheffizienten Prozessen, insbesondere in der dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung unter Nutzung der Abwärme.

Mit Power-to-Gas wird jedoch nicht nur eine flexible Speicherung und Rückverstromung regenerativen, volatilen Stroms realisiert. Die Elektrolyse eröffnet auch zusätzliche Perspektiven im Hinblick auf die weitere Reduktion von CO_2-Emissionen und neue technologische Konzepte für die Ausgestaltung der Energiewende. So kann zum Beispiel bei der Methanisierung CO_2 aus Industrie- und Kraftwerksprozessen herangezogen, oder aber der Sauerstoff aus der Elektrolyse für Oxy-Fuel-Prozesse verwendet werden. Aus diesem Grund hat sich der DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.) in der zweiten Phase seiner aktuell laufenden Innovationsoffensive verstärkt dem Thema *Power to Gas* zugewandt und setzt dafür einen eigenen Forschungs-Cluster auf.

OFFENE FRAGESTELLUNGEN In diesem Forschungs-Cluster soll beispielsweise untersucht werden, wie eine standardisierte Power-to-Gas-Anlage aussehen könnte. Die heute noch recht teuren Einzelanlagen, die im Zuge von Demonstrationsvorhaben bundesweit in der Entstehung sind, müssen für einen wirtschaftlichen Betrieb vereinfacht, das heißt standardisiert werden. Insbesondere das Herzstück, die Elektrolyse, muss noch kostengünstiger werden.

Es muss zudem noch untersucht werden, welche Anwendungen und Infrastrukturkomponenten eine Beimischung des Wasserstoffs zum Erdgas limitieren. Das Regelwerk lässt derzeit weniger als zehn Prozent Wasserstoffanteil im Erdgas zu, verlangt aber eine Einzelfallbetrachtung der Bewertung der nachgelagerten Versorgungsstruktur. Der DVGW geht daher der Frage der zulässigen Wasserstoffkonzentration im zweiten Teil der Innovationsoffensive gezielt nach und ermittelt hierbei etwaige Einflüsse auf Turbinen, Erdgasfahrzeuge, häusliche Endanwendungen, aber auch auf großtechnische Strukturen wie Speicher. Erfahrungen der Mitgliedsunternehmen des DVGW lassen hier hoffen, dass Konzentrationen von zehn Prozent und mehr darstellbar sind. Diese Forschungen werden mit hoher Priorität aufgenommen.

Auch die zunächst energetisch unterlegen erscheinende Methanisierung des Wasserstoffs zusammen mit Kohlendioxid, das heißt die Herstellung synthetischen Methans, ist eine interessante Option zur Speicherung von Spitzenstrom. Die Energiedichte von Methan ist etwa dreimal höher als

die von Wasserstoff, und der synthetische Energieträger ist 100 % kompatibel mit Erdgas. Allerdings können die CO_2-Bereitstellungskosten die Methanisierung unwirtschaftlich machen. Daher soll in einem Forschungsprojekt speziell die Frage der geeigneten Standortwahl untersucht werden, wobei der Nutzung von CO_2 aus regenerativen Bezugsquellen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden soll.

Ein weiterer zu untersuchender Punkt ist die Veränderung des Brennwerts des Gemisches, sobald Wasserstoff dem Erdgas beigemischt wird. Der Einfluss auf den energetischen Gehalt des resultierenden Gases kann rein rechnerischer erfasst werden, wenn die Konzentrationen der Einzelkomponenten herangezogen werden. In der Realität stellt es aber eine anspruchsvollere Aufgabe dar, messtechnisch für eine unbekannte Zusammensetzung einen exakten Brennwert zu bestimmen, da Wasserstoff nicht von herkömmlichen Prozess-Chromatographen registriert wird. Dieser Aufgabe wendet sich ein weiteres DVGW-Forschungsprojekt zu. Ziel ist hierbei, Methoden und Messverfahren zu identifizieren, die für alle abrechnungsrelevanten Prozesse eichtechnisch anerkannt sind.

Zu guter Letzt muss analysiert werden, wie das Power-to-Gas-Verfahren attraktiv gemacht werden kann. Speicher sind bekanntlich teuer. Wer in sie investiert, möchte die mit ihnen dargebotene Dienstleistung anerkannt und entgolten bekommen. Aber wie reiht sich Power-to-Gas in die Liste der konkurrierenden Speicherverfahren ein? Welche Umstände müssen gegeben sein, damit zum Beispiel ein Stromnetzbetreiber eine Power-to-Gas-Anlage als Alternative zum Netzausbau in Erwägung zieht, der ihm auch – zumindest lokal – die Möglichkeit bietet, Produktionsüberkapazitäten zu verschieben? Und umgekehrt im Falle der Ausspeicherung: Ist die Stromproduktion aus Wasserstoff und einem Wasserstoff-Erdgas-Gemisch günstiger als der Zubau von Kapazitätskraftwerken? Zwar nehmen die Engpässe in den Netzen tendenziell zu und die installierten Leistungen erneuerbarer Energie (PV und Wind) übersteigen häufig bereits den lokalen Absatz, aber wird dies mit einer Häufigkeit geschehen, die eine Power-to-Gas-Anlage übers Jahr hinweg hinreichend „beschäftigt"? Könnte eine Power-to-Gas-Anlage in einem Verteilnetz die kostengünstigere Alternative zum Netzausbau sein, wenn dieser nur durch den Zwang der Integration des Spitzenstroms getrieben ist? Diesen systemanalytischen Punkten wendet sich eine weitere Studie zu, die der DVGW initiiert.

***POWER TO GAS* ALS BINDEGLIED** Auch wenn all diese Fragestellungen noch offen sind, lassen die Aktivitäten der Branche bereits erkennen, dass Power-to-Gas als wichtiger Beitrag zur Energiewende verstanden wird. Zwar schreibt Bundesumweltminister Norbert Röttgen in seinen Ausführungen in „Der Masterplan für die deutsche Energiewende" [1]: „Die [Speicher] sind sehr teuer und werden wegen der seltenen Erzeugungsspitzen im größeren Stil erst in einigen Jahren erforderlich. Vorrangig und mit Abstand kostengünstiger ist ein optimiertes Lastmanagement mit einem leistungsfähigen Stromnetz, mit dem Schwankungen über größere Entfernungen ausgeglichen werden." Doch ohne Speicher geht es am Ende nicht. Und wenn keine neuen Speicher in Form von Speicherbecken gebaut werden müssen, sondern vorhandene Infrastrukturen – wie das Gasnetz – einer weiteren Nutzung als „Reservoir" für Überschussstrom und gleichzeitig als Energietransportkapazität zugeführt werden können, dann hätte man eine Möglichkeit, fluktuierende Erneuerbare grundlastfähig zu machen und so von der Flexibilität des Gasnetzes zu profitieren.

Der neue Forschungs-Cluster *Power to Gas* im DVGW begleitet daher verschiedene Demo-Vorhaben, um bestehende Wissenslücken schließen zu können. Einen Überblick über bereits laufende Studien findet man in [2, 3], während Germany Trade and Invest GmbH kürzlich eine topographische Übersicht derzeit in Planung und Bau befindlicher Power-to-Gas-Anlagen erstellt hat [4].

Zukünftige Energiekonzepte werden anspruchsvoller sein. Power to Gas stellt das Bindeglied dar, das zur Konvergenz der jeweils vorteilhaften Eigenschaften der Strom- und Gasnetze führt. ||

Literatur:

- [1] N. Röttgen, Der Masterplan für die deutsche Energiewende, Klima – Energie, 1/2012, S. 6-9
- [2] G. Müller-Syring, et al, Power-to-Gas – Entwicklung von Anlagenkonzepten im Rahmen der DVGW-Innovationsoffensive, gwf 11/2011, S. 770-777
- [3] G. Müller-Syring, et al, Power-to-Gas – Untersuchungen im Rahmen der DVGW-Innovationsoffensive zur Energiespeicherung, BWK 7/8 2011, S. 3-11
- [4] Germany Trade and Invest GmbH, www.hzwei.info/0412/gtai-green-hydrogen-power-to-gas.pdf, Feb. 2012

Autoren:

Dr. rer. nat. Gerald Linke, DVGW,
→ gerald.linke@eon-ruhrgas.com

Dipl.-Ing. Frank Gröschl, DVGW,
→ Groeschl@dvgw.de

Druckminderer J 99
Jetzt zertifiziert!

GHR präsentiert erstmalig TPED- & IT-zugelassene Flaschendruckminderer mit Sicherheitsabschaltfunktion

GHR

Technische Details
keine Hochdruckrohrleitung notwendig
P1 = 700 bar
P2 = 0 … 10 bar
Abschaltung bei P2 max = 15 bar

HANNOVER MESSE 23.–27. APRIL 2012
Halle 27, Stand B65

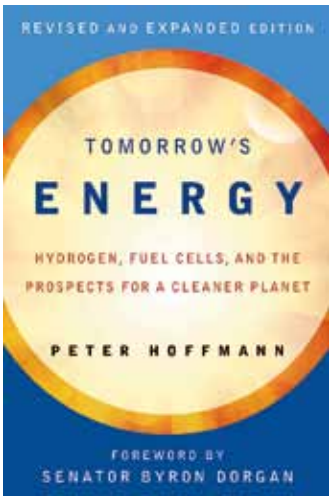
GHR Hochdruck-Reduziertechnik GmbH
Siemensstraße 2-4
61239 Ober-Mörlen
Tel.: +49 6002/9119-0
www.ghr-vatec.de

Thema: International | **Autor:** Peter Hoffmann

PERSPEKTIVEN FÜR EINEN SAUBEREREN PLANETEN

Peter Hoffmann über sein neues Buch

Diese überarbeitete und erweiterte Auflage von *Tomorrow's Energy – Hydrogen, Fuel Cells, and the Prospects for a Cleaner Planet* ist die mittlerweile dritte Version meines Buches, das erstmals im Jahr 1981 unter dem Titel *The Forever Fuel – The Story of Hydrogen* erschienen ist. Die Erstausgabe versuchte damals einen Überblick zu verschaffen über den Fortgang sowie die Hürden, über vielversprechende Anfänge und auch die Rückschläge einer anstehenden Energierevolution, die mittlerweile schon weit gediehen ist.



Es geht um ein Thema, das mich schon in den frühen 1970er Jahren faszinierte, in einer Zeit, als ich als Korrespondent für *McGraw-Hill World News/Business Week* in Bonn arbeitete, kurz bevor ich für vier Jahre nach Mailand, Italien, ging. Mein Interesse wurde vornehmlich angestoßen durch das berüchtigte Ölembargo der OPEC in den frühen bis mittleren 1970er Jahren und den plötzlichen Streit um Alternativen sowie das aufkeimende Bewusstsein, dass zwischen fossilen Energieträgern und Kohlendioxid sowie Klimaänderung eine Verbindung bestehen könnte. Vor diesem Hintergrund interviewte ich einige der wichtigsten europäischen Protagonisten und schrieb Geschichten über Wasserstoff und seine Auswirkungen für *Business Week* sowie andere Fachzeitschriften von McGraw-Hill. Eine Schlüsselfigur war für mich Cesare Marchetti, ein Physiker und Systemanalyst, der damals am Euratom Joint Research Center in Ispra, Italien, arbeitete und später zum International Institute for Applied Systems Analysis in Laxenburg, Österreich, wechselte.

Durch diese Arbeit war ich neugierig geworden: *The Forever Fuel* war daraufhin der erste Anlauf, Informationen über Wasserstoff in einer einigermaßen schlüssigen Form zusammenzufassen. Es folgte im Jahr 1986 der Start meines Newsletters unter dem anfänglichen Namen *The Hydrogen Letter*. Mittlerweile war ich nach Washington DC gewechselt, wo ich dann 2001 die zweite Version *(Tomorrow's Energy)* schrieb. Die zentralen Thesen habe ich darin in Form von Zitaten am Anfang des Buches zusammengefasst. So wie beispielsweise einen Ausspruch vom Nobelpreisträger und US-Energieminister sowie Wasserstoffskeptiker Steven Chu aus dem Jahr 2009: „Wir fragten uns, ob es wahrscheinlich ist, dass daraus innerhalb der nächsten 10 oder 15 oder 20 Jahre eine Wasserstoffautowirtschaft entstehen würde. Die Antwort lautete unserer Meinung nach: Nein."

Ein etwas optimistischer stimmendes Zitat, das wohl am besten die Kernaussage des Buches darlegt, stammt von der Beratungsagentur McKinsey aus dem Jahr 2010: „Unsere Studie zeigt, dass Brennstoffzellenautos technisch fertig sind und für sehr viel geringere Kosten als erwartet über die nächsten fünf Jahre für einen ersten kommerziellen Markt produziert werden können. Der nächste logische Schritt ist daher, eine Planstudie für einen flächendeckenden Markteintritt zu entwickeln über die Verbreitung von BZ-Autos sowie eine Wasserstoffinfrastruktur in Europa."

Meiner Meinung nach ist es nicht wirklich wichtig, ob der Markteintritt fünf Jahre oder noch länger dauern wird. Zweifellos wird es noch einige Fehlschläge geben, aber auch zunehmend mehr Erfolge. Mir erscheint es vielmehr von Bedeutung, dass schon jetzt der Zeitpunkt gekommen ist, um fossile Kraftstoffe zu reduzieren und eventuell auch international kohlenstofffreie Energiesysteme voranzutreiben – insbesondere, wenn wir das Ziel von 80 % weniger CO_2 erreichen wollen, was Präsident Obama sowie eine Vielzahl von Regierungen ausdrücklich anstreben.

Mein neues Buch versucht den gesamten Spannungsbogen zu beschreiben – von den Geschehnissen des letzten Jahrzehnts und den wichtigsten vorausgegangenen Entwicklungen bis heute. Der zentrale Punkt ist dabei für mich, herauszustellen, was die Industrie tatsächlich macht beziehungsweise anfängt zu tun, um die Klimaerwärmung einzudämmen, unabhängig von schlichten Problemanalysen oder einem Händeringen auf Klimagipfeln. Für mich spielt ganz offensichtlich die Industrie hierbei eine wesentliche Rolle, wenn wir vorankommen wollen beim Klimawandel. Ein bisschen Abfall-Recycling, Aufforstung und Glühbirnen wechseln reicht da nicht aus.

Eine Kritik besagt, das Buch springe im Zeitverlauf vor und zurück und setze unterschiedliche technische Maßstäbe an. Hierzu bekenne ich mich schuldig. Das Buch ist aber ohnehin weniger für Wissenschaftler geschrieben worden, als vielmehr als – hoffentlich – gut lesbarer journalistischer Beitrag für interessierte Laien gedacht. Es ist daher nach Hauptthemengebieten gegliedert und nicht nach der historischen Abfolge einzelner Sequenzen. Zeitsprünge waren daher unvermeidbar. Eine chronologische Auflistung der Jahre 1987 bis 2011 befindet sich in Kapitel 3.

Leben verläuft nicht immer in einer geraden Linie; das Aufkommen einer H_2-Wirtschaft bildet hier keine Ausnahme. ||

Hoffmann, Peter, Tomorrow's Energy – Hydrogen, Fuel Cells, and the Prospects for a Cleaner Planet, The MIT Press, Cambridge/USA, 2012, ISBN 978-0-262-51695-2, Preis: 19,90 Euro, erhältlich über den Hydrogeit Verlag

→ www.hzwei.info/blog/tag/hoffmann/

Autor:

Peter Hoffmann
The Hydrogen & Fuel Cell Letter, New York, USA
→ info@hfcletter.com

Thema: International | **Autor:** Peter Hoffmann

MELDUNGEN AUS ÜBERSEE

INTELLIGENT ENERGY STARTET JOINT VENTURE MIT SUZUKI

Chris Huhne, damaliger britischer Energieminister [Quelle: Business Wire]

Intelligent Energy hat Anfang Februar 2012 verkündet, gemeinsam mit Suzuki Motor Corp. ein Joint Venture zu gründen, um Brennstoffzellensysteme sowohl für den Transportsektor als auch für andere Anwendungen zu entwickeln und herzustellen. Das neue Unternehmen, das *SMILE FC System Corporation* (Suzuki Motor Intelligent Energy) heißt, ist in Hamamatsu City, Japan, ansässig. Der Produktionsstandort wird in Yokohama sein, aber der Geschäftsführer von Intelligent Energy, Dr. Henri Winand, berichtete H&FCL, größere Produktionskapazitäten könnten auch noch anderswo entstehen. Im Rahmen einer 50/50-Partnerschaft erhält Suzuki nichtexklusiven Zugriff auf die Brennstoffzellentechnik der Briten. Im Gegenzug, hieß es aus Großbritannien, profitiert Intelligent Energy von den Erfahrungen Suzukis im Fertigungssektor. Intelligent Energy kooperiert mit Suzuki bereits seit 2006 beispielsweise beim Bau eines BZ-Motorrads sowie eines BZ-Burgman-Motorrollers, die 2007 und 2009 auf der Tokyo Motor Show gezeigt wurden. ||

APPLE PLANT 5-MW-BRENNSTOFFZELLEN-KRAFTWERK

Apple wendet sich Brennstoffzellen zu, um seine leistungshungrigen Geräte (Macs, iPhone, iPad usw.) zu füttern. Im jüngsten Umweltbericht von 2012 informierte das Unternehmen, es werde noch in diesem Jahr eine 5-Megawatt-Brennstoffzellenstation bauen, die komplett über Biogas versorgt wird. Angesiedelt direkt neben dem neuen Datenzentrum soll das neue Kraftwerk jährlich über 40 Mio. kWh erzeugen. Sein erstes Brennstoffzellenkraftwerk, eine 500 kW leistende, ebenfalls mit Biogas betriebene Anlage, installierte Apple erst im vergangenen Jahr an seinem Standort in Cupertino, Kalifornien. Allerdings gab der Computer-Hersteller nicht bekannt, von wem das Brennstoffzellensystem stammt. ||

FUELCELL ENERGY KOOPERIERT MIT FRAUNHOFER IKTS

Der Hersteller von Schmelzkarbonat-Brennstoffzellen aus Danbury, Connecticut, verkündete am 22. Februar 2012, er habe eine Kooperationsvereinbarung unterzeichnet, um mit dem Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS) ein in Deutschland ansässiges Joint Venture zu gründen, das den europäischen Markt für seine stationären Kraftwerke *Direct FuelCell®* (DFC) vorbereitet. Prof. Alexander Michaelis, Direktor des IKTS, erklärte: „Deutschland benötigt dezentrale Grundlastkraftwerke, und FuelCell Energy verfügt über marktreife Lösungen, somit ist es naheliegend für Fraunhofer, mit FuelCell Energy zusammenzuarbeiten." Die Amerikaner übernehmen die Marktentwicklung sowie Service-Tätigkeiten für Direct-FuelCell-Aggregate. Darüber hinaus wollen sie Support für bereits in Europa bestehende Schmelzkarbonat-Brennstoffzellen anbieten. ||

BRITEN STARTEN UKH2MOBILITY

Angeführt von Mark Prisk, Staatssekretär im Britischen Wirtschaftsministerium, hat am 18. Januar 2012 die zwölf Mitglieder umfassende Task Force *UKH2Mobility* ihre Arbeit aufgenommen. Ihr Ziel ist die Markteinführung von H_2-Fahrzeugen in England. Neben drei Ministerien (Wirtschaft, Transport & Energie) sowie der *European Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking* beteiligen sich namhafte Unternehmen an dieser Initiative (z. B. Air Liquide, Air Products, Daimler, Hyundai, ITM Power, Nissan). Die Gruppenmitglieder wollen das Potential für Wasserstoff als Kraftstoff für Niedrig-Emissions-Fahrzeuge überprüfen, bevor sie einen Aktionsplan für die in 2014/2015 erwartete Markteinführung formulieren. Die Teilnehmer unterzeichneten eine Kooperationsvereinbarung, zukünftig ihr Know-how zu teilen, damit UKH2Mobility Ende des Jahres erste Ergebnisse vorlegen kann. ||

FÜNF BZ-LOKS FÜR SÜDAFRIKA

Vehicle Projects Inc. (VP), ein Entwickler von Brennstoffzellenfahrzeugen, hat einen Auftrag zum Bau von fünf BZ-Minenlokomotiven erhalten. Die Loks sollen unter Tage in einer Platinmine in Südafrika eingesetzt werden. Vehicle Projects konstruierte den ersten Prototypen solch einer Lok bereits vor über zehn Jahren, damals noch unter dem Namen *Fuelcell Propulsion Institute*. Jetzt sollen die neuen Demonstrationsexemplare in einer Tiefe von 1.500 bis 1.800 Metern in der *Dishaba*-Mine für Anglo American Platinum Limited (Amplats) arbeiten, um Platin in einer wirtschaftlicheren, effizienteren und gleichzeitig umweltfreundlicheren Weise abbauen zu können. ||

Autor: Peter Hoffmann, Hydrogen & Fuel Cell Letter
übersetzt von Sven Geitmann

Thema: Elektromobilität | **Autor:** Sven Geitmann

BERLIN IST FAVORIT

Bewerbungen für Schaufenster Elektromobilität abgegeben

Das neue Förderprogramm *Schaufenster Elektromobilität* macht viel von sich reden. Fast jedes Bundesland möchte – teilweise im Zusammenschluss mit anderen Ländern – von dieser auf drei Jahre angelegten Initiative profitieren. Insgesamt 23 Bewerbungen wurden bis zum 16. Januar 2012 termingerecht beim Bundesverkehrsministerium eingereicht. Nun ist allerdings bis auf unbestimmte Zeit offen, wann das Urteil dieser Ausschreibung fallen wird, da die ursprünglich eingeplanten Gelder nicht wie erhofft bereitstehen (s. S. 35). Ursprünglich sollten die Bewerbungen bis Ende März von einer Jury begutachtet und bewertet werden, damit im April das Ergebnis bekanntgegeben werden kann. Aber wie es scheint, ist vorerst Geduld gefragt…

Als klarer Favorit geht die Bundeshauptstadt in dieses Rennen um die Fördergelder. Die Agentur für Elektromobilität (eMo) hat über 250 Partner um sich gesellt, die insgesamt 35 Projekte starten wollen, die ein finanzielles Volumen von 165 Mio. Euro umfassen. Das Besondere an der Berliner Bewerbung ist, dass hier kein Autobauer mit seiner Hauptgeschäftsstelle ansässig ist, sich aber alle deutschen Pkw-Hersteller an diesem Schaufenster in der 3,5-Mio-Metropole beteiligen wollen. Als Bekräftigung der eigenen Ambitionen eröffnete Christian Gaebler, Staatssekretär für Verkehr und Umwelt, Mitte März eine eMobility-Lounge in der Friedrichstraße.

Auch Hamburg ist mit einem Antrag dabei, obwohl die Hansestadt bereits den Titel der *Wasserstoffmetropole* für sich beansprucht. Trotzdem wollen die Norddeutschen auch das übergreifende Thema der Elektromobilität an die Elbe holen und veranschlagen dafür mehr als 160 Mio. Euro, um 77 Projekte einrichten zu können. Bei der Einweihung der H_2-Tankstelle in der HafenCity ließ sich Staatssekretär Rainer Bomba vorab bereits zu der Stellungnahme hinreißen: „Hamburg hat hier eine olympiareife Bewerbung abgeliefert."

GERINGE CHANCEN FÜR NORDKORRIDOR Die nördlichen Bundesländer wollen dabei natürlich nicht tatenlos zusehen und bewarben sich gemeinsam mit Better Place als Schaufensterregion. Sie planen einen *Nordkorridor* zwischen Berlin und Flensburg, an dem rund ein Dutzend Batteriewechselstationen installiert werden könnten. Die Chancen, dass der israelische Unternehmer Shai Agassi mit diesem Vorhaben punkten wird, sind jedoch eher gering, obwohl viele namhafte Firmen zu dem 50 Teilnehmer umfassenden Konsortium zählen. Aber Better Place ist in Kalifornien angesiedelt, so dass ein Großteil der Fördergelder ins Ausland abwandern würde, da beispielsweise auch Tesla aus den USA kommt. Vorrangiger Zweck dieser Bewerbung dürften daher vorrangig strategische Überlegungen sein, da Agassi bisher mit seinem Konzept der Batteriewechselstationen in der Bundesrepublik noch nicht richtig Fuß fassen konnte. Bessere Aussichten hat hingegen Baden-Württemberg mit seiner starken Auto- und Maschinenbauindustrie im Rücken. Die grün-rote Landesregierung plant bereits, innerhalb von vier Jahren 50 Mio. Euro in die Forschung, den Infrastrukturaufbau sowie in Demonstrationsprojekte zu investieren, die Schaufensterbewerbung eingeschlossen.

NEUE E-METROPOLREGION Neu im Feld der Förderregionen ist Niedersachsen, das bei den acht zuvor geförderten Modellregionen Elektromobilität nicht beteiligt gewesen ist. Als Ausgleich dafür könnte jetzt eine Metropolregion von Wolfsburg, Braunschweig und Hannover bis runter nach Göttingen berücksichtigt werden, denn schließlich spielt hier der Volkswagen-Konzern als größter Autohersteller Europas eine entscheidende Rolle. Besonders heben die Niedersachsen in ihrer Bewerbung den Bereich der Aus- und Weiterbildung hervor – sowohl bei den Arbeitnehmern als auch bei Berufsanfängern und Studierenden. Außerdem wollen sie endlich einheitliche Standards insbesondere im Bereich der Ladeinfrastruktur etablieren.

Der Bewerbung von Thüringen und Sachsen-Anhalt kommt als einziger rein ostdeutschen Region besondere Aufmerksamkeit zu. Insgesamt etwa 100 Partner wollen sich hier in 37 eher ländlich angelegten Vorhaben engagieren, wodurch ein Finanzvolumen von 100 Mio. Euro auf den Weg gebracht werden könnte. Hier wären die Städteachse Erfurt-Weimar-Jena sowie Magdeburg und Halle Hauptanlaufstellen. Thüringens Wirtschaftsminister Matthias Machnig sagte: „Beim Zukunftsthema Elektromobilität muss Ostdeutschland dabei sein. […] Das Projekt Elektromobilität darf nicht nur allein westdeutsch und großstädtisch sein."

Ursprünglich sollte auch Sachsen in einer Drei-Länder-Kooperation mit Thüringen und Sachsen-Anhalt mit einbezogen werden, aber die Sachsen haben sich nun mit den Bayern zusammengetan. ||

Wird der Saft jetzt abgedreht?

Thema: Elektromobilität | **Autor:** Sven Geitmann

BUNDESTAG KÜRZT NICHT BEI E-AUTOS

An bisherigen Zielen wird festgehalten

Auf den anfänglichen Hype rund ums Thema Elektromobilität folgte die überfällige Beruhigung. Anfang des Jahres sah es allerdings zwischenzeitlich sogar so aus, als wenn darüber hinaus noch eine vorzeitige Demontage der aufkeimenden Branche drohen könnte. Weil nicht genügend Geld aus dem CO_2-Handel hereinkam, fehlten im Energie- und Klimafonds die benötigten Summen, die seitens der Bundesregierung bereits für das Thema Elektromobilität zugesagt worden waren. Lange Zeit war unsicher, ob die 180 Mio. Euro für das neue Programm *Schaufenster Elektromobilität* bewilligt werden können. Zum Redaktionsschluss sah es nun aber so aus, dass diese Fördergelder tatsächlich fließen sollen, wenn auch vielleicht erst etwas später.

Wie es auf eine Kleine Anfrage der Grünen-Bundestagsfraktion zum Energie- und Klimafonds (EKF) hieß, werden die Mittel zur Finanzierung der Energiewende drastisch reduziert. Dies hat die Bundesregierung in ihrer Antwort vom 30. Januar 2012 auf die schriftliche Frage der baupolitischen Sprecherin Daniela Wagner hin mitgeteilt. Hintergrund ist, dass sich die Erlöse aus dem Emissionshandel, die in den Klimafonds EKF fließen, mehr als halbiert haben. Anstelle des ursprünglich erwarteten Zertifikatpreises von 17 Euro werden heute nicht mal mehr acht Euro gezahlt. Das CO_2-Gebäudesanierungsprogramm der KfW erhält dadurch beispielsweise für das Jahr 2012 anstelle der geplanten 1,5 Mrd. Euro nur noch 900 Mio. Euro. Darüber hinaus könnten noch weitere Vorhaben (z. B. energetische Stadtsanierung, Marktanreizprogramm, nationale Klimaschutzinitiative) von diesen Mindereinnahmen betroffen sein.

UNRUHE IN DER BRANCHE Auch die Maßnahmen zur Weiterentwicklung der Elektromobilität standen auf der Kippe. Wie der Berliner Tagesspiegel berichtete, seien statt der für 2012 und 2013 zugesagten 977 Mio. Euro nur rund 560 Mio. Euro verfügbar. Auch die NOW bestätigte: „In der Tat hat das BMF für 2012 zunächst nur 50 % der Barmittel zugewiesen." Dementsprechend nahm die Unruhe sowohl bei den Wirtschaftsvertretern als auch bei etlichen Politikern zu, da ein Scheitern des Prestigeprojekts *Schaufenster Elektromobilität* befürchtet wurde. Zwischenzeitlich meldete die Wirtschaftswoche, dass die Konsequenz derartiger Kürzungen sein könnte, dass nur zwei anstelle von fünf Schaufenstern eingerichtet würden. Gernot Lobenberg, Leiter der Berliner Agentur für Elektromobilität, zeigte sich jedoch gegenüber dem Tagesspiegel zuversichtlich: „Das kann und wird sich die Bundesregierung politisch nicht leisten." Seitens des Verbands der Automobilindustrie (VDA) hieß es ebenfalls: „Wir gehen davon aus, dass die Bundesregierung zu ihren Zusagen zur Elektromobilität steht." Am 20. Februar 2012 hatte zudem Staatssekretär Rainer Bomba erklärt: „Es wird das Geld eingesetzt, das wir ursprünglich auch versprochen haben."

In einer offiziellen Pressemeldung des Deutschen Bundestags hieß es am 29. Februar 2012, dass an den bisherigen Förderzielen für die Schaufenster Elektromobilität festgehalten werden solle. Es solle die Zusage erfüllt werden, bis zum Ende der Legislaturperiode eine weitere Milliarde Euro für Forschung und Entwicklung der Elektromobilität zur Verfügung zu stellen. Weiterhin hieß es, es sei angesichts der Umstände durchaus üblich, dass zunächst nur ein geminderter Betrag angewiesen werde. Dies stelle keine endgültige Mittelkürzung dar. Anfang März 2012 vermeldete allerdings die Nachrichtenagentur Reuters, über Auswirkungen auf den Schaufenster-Wettbewerb habe das Finanzministerium noch nicht entschieden. Vom NOW hieß es dazu: „BMVBS ist mit BMF in der Diskussion und erwartet, dass die Mittel wie geplant zur Verfügung gestellt werden."

IM MAI MUSS KLARHEIT HERRSCHEN Wie sich mittlerweile abzeichnet, wird es wohl darauf hinauslaufen, dass der Start der Schaufenster-Initiative verschoben wird, um somit die eingeplanten finanziellen Mittel erst im nächsten Jahr aufwenden zu müssen. Da die Bewertung der Projekte, die eigentlich bis zum April abgeschlossen sein sollte, länger andauern könnte, dürfte sich auch die Bewilligung der Förderanträge verschieben, so dass konkrete Maßnahmen erst 2013 starten werden. Friedhelm Loh, Inhaber der Friedhelm Loh Group und Präsident des Zentralverbands Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI), forderte dementsprechend, spätestens wenn im Mai der dritte Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität vorgelegt wird, müsse Klarheit herrschen. ||

→ NOW auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand B56
→ eMo auf der Hannover Messe: Halle 25, Stand F24

Thema: Elektromobilität | **Autor:** Jörg Welke

WIE EIN PLUS VON ENERGIE ZUM PLUS VON LEBENSQUALITÄT WIRD

Probewohnen im Energiehaus Plus

Es war kurz vor Weihnachten, als wir ein vorgezogenes Geschenk bekamen: Unsere Familie wurde ausgewählt, ab März 2012 für mehr als ein Jahr in einem ganz besonderen Haus zu wohnen: im *Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität.* Das Haus steht in der Berliner Fasanenstraße und wurde als Forschungsobjekt vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung gebaut. Wir werden dort fortan durch die sehr gute Dämmung und die effizienten Elektrogeräte nicht nur weniger Energie als bisher verbrauchen. Mit Hilfe der 23-kW-Photovoltaikanlage auf dem Dach und in der Fassade produziert das Haus so viel Strom, dass damit auch noch die beiden Elektroautos vor der Tür geladen werden können und zusätzlich überschüssiger Strom in das Stromnetz eingespeist wird. Ein Erfahrungsbericht:

132 Familien hatten sich im September letzten Jahres beworben, elf kamen in die engere und fünf in die engste Auswahl. Am 21. Dezember spielte dann Bundesverkehrsminister Peter Ramsauer die Glücksfee und zog bei einer kleinen Feierstunde im Erich-Klausener-Saal des Ministeriums in der Invalidenstraße unsere Namen aus einer Glaskugel.

Gut zwei Monate hatten wir nun Zeit, uns auf unser Experiment vorzubereiten. Zum Glück ist das Haus komplett eingerichtet. Wir – zwei Erwachsene und die beiden Kinder – mussten nur unsere persönlichen Habseligkeiten zusammensuchen und in Kisten packen. Dabei wurden wir von fleißigen Umzugshelfern unterstützt, die das Ministerium bezahlte. Damit war der Umzug überschaubar und weitgehend stressfrei. Am 3. März war es so weit, und wir durften unser neues Domizil in Besitz nehmen.

ERSTE ERFAHRUNGEN Nach den ersten zwei Wochen hat sich gezeigt: So viel anders als in unserer alten Wohnung ist das Wohnen in einem solch modernen Haus gar nicht. Vieles passiert zwar automatisch und zeitgeschaltet, aber wir können auch alles über einen zentralen Touchscreen und über Smartphones steuern. Der größte Teil der aufwändigen Technik bleibt allerdings verborgen. Und das ist auch gut so, denn schließlich wollen wir uns nicht ständig darum kümmern müssen, ob wir ausreichend Strom zur Verfügung haben und woher dieser kommt. Das alles erledigt das Energiemanagementsystem für uns.

Sobald die Menge des produzierten Stroms am Tag den Bedarf übersteigt, werden die Batterien der Elektroautos geladen. Sind auch diese zu hundert Prozent voll, fließt der Strom in eine Batterie, die fünf Meter neben dem Haus installiert wurde. Diese Großbatterie wurde aus mehreren Autoakkus, die nur noch eine Ladekapazität von 80 Prozent aufwiesen und für den mobilen Einsatz nicht mehr zu gebrauchen waren, zusammengestellt. Nun kann sie ihren Dienst für den stationären Gebrauch an unserem Haus tun – hier fällt das Platzproblem weitgehend weg.

Wenn auch diese Batterie ihren maximalen Füllstand erreicht hat und die Sonne nun immer noch fleißig brutzelt, kann der überschüssige Strom in das Netz eingespeist und von unseren Nachbarn genutzt werden. Durch die Batterie mit einer Ladekapazität von 40 Kilowattstunden haben wir dadurch eine Reserve gewonnen, die uns mehrere wolkenverhangene Tage über die Runden bringen dürfte. Natürlich haben wir auch noch einen Rettungsschirm im Haus: So, wie in das Netz eingespeist wird, kann zur Not auch Strom aus dem Netz bezogen werden, damit unsere elektrischen Zahnbürsten jederzeit betriebsbereit sind und wir nicht bei Kerzenschein zu Tisch sitzen müssen.

Wenn wir trotz kompletter Automatisierung wissen möchten, wie viel Strom täglich produziert wird und wie viel wir davon verbrauchen, können wir uns das online ansehen. Und nicht nur wir: Unter http://bit.ly/GH0gsO kann sich jeder im Internet die aktuellen Energieflüsse anschauen. Und nicht nur das: Auch das Raumklima und die Wärmekreisläufe des Hauses können dort nachvollzogen werden.

VOM EXPERTEN GEDÄMMT Die sind allerdings spektakulär – spektakulär niedrig. Das von dem Stararchitekten in puncto Nachhaltigkeit Werner Sobek aus Stuttgart geplante Haus ist extrem gut wärmegedämmt. Die beiden Wände der Nord- und Südseiten sind mit Zellstoff und Hanf gefüllt, die beiden großen Vorder- und Rückseiten präsentieren sich komplett durch-

sichtig mit einer Dreifachverglasung. Diese Durchsichtigkeit lässt das Haus auch innen am Tag hell erstrahlen, hat allerdings den Nachteil, dass die Bewohner auf dem Präsentierteller sitzen. Diesbezüglich haben wir dann auch schnell Abhilfe geschaffen und an der Vorderfront breite Rollos anbringen lassen. Seitdem verzichten Passanten darauf, ihre Nasen an die Scheiben zu drücken. Es gibt schließlich nichts zu sehen, und wir haben ein Stück Privatatmosphäre zurück gewonnen. Natürlich treffen wir beim Verlassen des Hauses oder bei der Heimkehr oft Interessierte in unserer „Garage", mit denen wir dann gerne einen Plausch über das Haus halten. Bis jetzt sind die meisten begeistert. Meckerer haben sich noch nicht blicken lassen.

Abends sorgt die Außenbeleuchtung für einen spektakulären Eindruck des Hauses. Ab acht Uhr ist aber auch damit Schluss, und in der Dunkelheit wirkt das Haus zwischen den viel größeren umliegenden Bürogebäuden fast unscheinbar.

„ERNEUERBAR MOBIL" Zur Begrüßung im EH+, wie wir unser neues Zuhause kurz nennen, wurden wir Anfang März von Verkehrsstaatssekretär Rainer Bomba empfangen. Dabei haben wir aber nicht nur die symbolischen Gaben Brot und Salz von ihm in Empfang genommen, sondern außerdem zwei Elektroautos von Mercedes (A-Klasse *E-Cell* und *E-Smart*) sowie zwei DB-Leih-Pedelecs, die uns von dem Forschungsinstitut InnoZ für die nächsten drei Monate zur Verfügung gestellt werden. Seitdem sind wir „erneuerbar mobil". Das waren wir zwar auch in unserem vorherigen Leben schon, da allerdings mit „normalen" Fahrrädern, mit dem Öffentlichen Nahverkehr, der Bahn oder zu Fuß. Die Kinder müssen nun allerdings weiterhin in ihre Schulen, Sportvereine und zum Musikunterricht in den Prenzlauer Berg gebracht werden. Deswegen sind wir von nun an morgens und nachmittags mit dem Elektroauto unterwegs. Schnell hat sich herausgestellt, dass wir zum Glück auf unseren Wegen gegen den üblichen Berufsstauverkehr fahren und nicht mehr als 20 Minuten durch die Stadt benötigen.

Der Alltagsbetrieb der Elektroautos funktioniert besser als erwartet. In den ersten Tagen habe ich noch auf die Füllstandsanzeige der Batterien in den beiden Autos wie das Kaninchen auf die Schlange gestarrt. Das hat sich allerdings schnell gelegt: Die A-Klasse wird – für dieses Haus erstmals im Alltagsbetrieb getestet – induktiv geladen. Vor dem Haus befindet sich eine im Boden verborgene Platte, die mit ihrem Pendant im Auto dafür sorgt, dass ich nicht für jeden Ladevorgang das Kabel herausholen und an die Ladestation anschließen muss. Ich muss nur relativ genau an meine Parkposition fahren, wobei mir eine intuitive Einparkhilfe auf dem Display des Navis hilft. Der Ton, mit dem mir das System anzeigt, dass ich es geschafft habe und ab sofort geladen wird, verdient einen Preis im Sounddesign. Beglückt steige ich aus und muss mich nicht mehr dafür interessieren, wann ich wieder mit dem Auto los muss und ob dann ausreichend Ladung vorhanden ist. Die Vollladung geht flott, und im Stadtverkehr kann ich nur einen kleinen Bruchteil davon verfrühstücken. Schon bald habe ich vergessen, dass es so etwas wie eine Reichweitenproblematik bei Elektroautos gibt.

Fotos: Daimler

Aaaaber… Das alles sieht ganz anders aus, wenn die Fahrt aus der Stadt herausgeht:

ABENTEUER PUR Es geht auf die erste große Fahrt mit dem Elektroauto: Lutherstadt Wittenberg ist das Ziel. Meine drei Mitfahrer bestaunen das leise Surren des Motors und sind begeistert, emissionsfrei durch Brandenburg zu fahren. Die Begeisterung weicht angesichts der rapide fallenden Reichweitenanzeige allerdings schnell der Beunruhigung und zuletzt der Panik. Wir berechnen bereits, ob wir den Rest der Strecke auch zu Fuß zurücklegen können. Am Ende haben wir 18 km Reserve, bevor wir gegen Mittag die rettende Steckdose im Cranachhof erreichen. Der Starkstromstecker passt zwar nicht in die vorhandene Starkstromsteckdose, aber zum Glück gibt´s ja auch noch das Kabel für den Hausstromanschluss. Zum Abendessen werfe ich einen kurzen Blick auf den Ladestand und sehe: Es hat sich in den letzten sechs Stunden nichts getan. Oh je, ich sehe schon den Abschleppwagen vor meinem geistigen Auge. Doch halt. Ich Dussel habe übersehen, dass das Kabel einen Sicherheitsschalter hat, den es zu betätigen gilt, um den Ladevorgang in Gang zu setzen. Immerhin habe ich noch 18 Stunden bis zur Abfahrt am nächsten Mittag.

Zwei Stunden später Kontrolle: Gerade mal drei Prozent sind zum übriggebliebenen Ladestand dazu gekommen. Irgendetwas stimmt wieder nicht. Ah, da! Die Sicherung ist rausgeflogen, weil an der Steckdose noch ein Heißwasserboiler steckt. Jetzt aber richtig. Eine neue Steckdose wird gefunden, und von nun an geht's bergauf mit der Ladung. Die Kollegen fragen besorgt nach und fiebern beim E-Auto-Abenteuer mit. Am nächsten Morgen dann Entwarnung: Die Batterie ist voll. Der Bordcomputer verkündet eine Reichweite von 191 km, also rauf auf die Autobahn und die Kiste mal austesten. Mit der Boost-Funktion komme ich auf satte 140 km/h. Das macht Spaß, geht aber zulasten der Kapazitätsanzeige. Die Differenz zwischen Reichweite und noch zu fahrenden Kilometern zum Ziel schrumpft rapide zusammen. Ich klemme mich schnell hinter einen LKW und fahre wie damals mit der klapprigen Ente im Windschatten, um Energie zu sparen. Leider schrumpft meine Reserve immer noch zu schnell, passt sich nicht meiner vorsichtigen Fahrweise an, die Hände werden feucht. Ich habe keine Lust, auf der Autobahn liegen zu bleiben. Kurz vor Berlin entspannt sich die Situation wieder und mein Puffer wird größer. Am Ende erreiche ich mit guten 26 km Reserve das EH+.

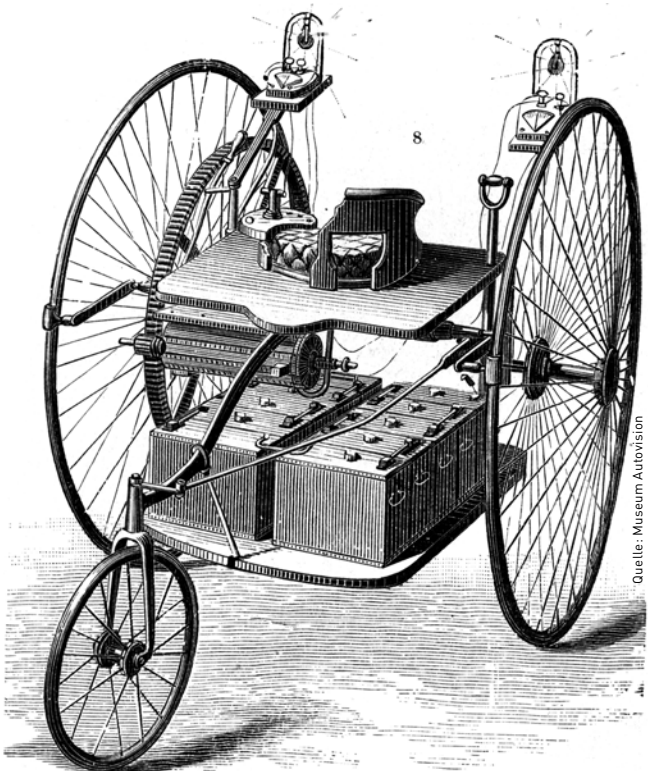
Die nächsten Fahrten ins Umland wollen also gut geplant sein. Dieses Problem wird demnächst komplett entfallen, wenn wir ab Juni die nächsten zwei Elektroautos zur Verfügung gestellt bekommen. Im Dreimonatsrhythmus fahren wir dann zwei *E-Golf* von VW, den *Opel Ampera,* einen *E-Mini* und einen *E-BMW* und von Audi zwei *e-Trons.* Mehrere dieser Wagen haben eine Reserve in Form eines Range-Extenders an Bord, und wir können uns beruhigt auf den Weg zur Oma nach Kassel machen.

Derweil machen wir uns mehr und mehr mit unserem neuen Zuhause vertraut und lernen „am Objekt", wie mit Erneuerbaren Energien und Erneuerbarer Mobilität ein Lebensstil entstehen kann, der gar nicht so sehr nach Purismus und Askese, sondern vielmehr nach Spaß und Zukunft schmeckt. ||

Thema: Elektromobilität | **Autor:** Christoph Seiler

ELEKTROMOBILITÄT ANNO 1881

Erstes straßentaugliches E-Auto der Welt rekonstruiert



Quelle: Museum Autovision

Im vergangenen Jahr feierte man hierzulande den 125. Geburtstag des Automobils. Bei den Feierlichkeiten ging jedoch teilweise unter, dass sich dieses Jubiläum auf das erste patentierte Automobil mit Verbrennungsmotor bezog. Doch fünf Jahre zuvor hatten bereits die beiden britischen Wissenschaftler William Edward Ayrton und John Perry in London ebenfalls ein motorisiertes Dreirad vorgestellt. Genau wie Benz nahmen sie als Basismodell ein gängiges Dreirad, ein *Starley Tricycle* mit Hinterradlenkung. Diese Ur-Version der batteriebetriebenen Mobilität ist nun wiederauferstanden und steht fortan im Museum Autovision in Altlußheim bei Hockenheim.

Carl Benz verheiratete 1886 einen mit *Ligroin* (Petroleumbenzin) betriebenen Motor von der Firma Deutz mit einem damals konventionellen Dreirad für zwei Personen mit Vorderradlenkung. Das ganze, als „Patent-Motorwagen" amtlich besiegelt, galt fortan als erstes Automobil der Welt. Vom Benzschen Patentmotorwagen gibt es kein Originalfahrzeug mehr. Etwa zwei Dutzend Nachbauten aus dem Hause Daimler werden allerdings weltweit in vielen Museen oder auf diversen Veranstaltungen dem staunenden Publikum gezeigt.

Die noch ältere Version des Elektroautos von Ayrton & Perry existierte bis vor kurzem gar nur auf dem Papier. Damit wollte man sich im Museum Autovision jedoch nicht zufrieden geben: Horst Schultz, von Haus aus Unternehmer und gelernter Elektroingenieur, machte es sich daher mit seinem Werkstatt-Team zur Aufgabe, das erste straßentaugliche Elektroauto der Welt fahrbereit nachzubauen. Zunächst recherchierten die Team-Mitglieder noch einmal genau, welches Fahrzeug eigentlich offiziell als erstes Elektroauto der Welt gilt. Da gab es beispielsweise im Sommer 1881 einen Versuch des Franzosen Gustave Trouvé, der extra für die damals erstmalig stattfindende Elektrizitätsmesse in Paris ein *Coventry-Tricycle* (Fahrrad mit drittem Stützrad) mit einem Elektromotor bestückte. Allerdings war die Batterietechnik mitsamt der Geschwindigkeitsregelung bei diesem Gefährt eher belustigend als straßentauglich. Über Seilzüge wurden die Bleiplatten in die Säure der offenen Batterien getaucht. Je nach Tauchtiefe wurde das Dreirad – mit etwas Glück – schneller oder langsamer. Da die Pedale (wohl vorsichtshalber) noch vorhanden waren, kam man mit diesem Fahrzeug auch dann vom Fleck, wenn die Elektrifizierung streikte. Der Titel „Erstes Pedelec der Welt" mag zu diesem Fahrzeug daher eher passen.

ELEKTRIFIZIERUNG EINES NACHBAUS Die Mannschaft von Autovision beschloss daher endgültig den Nachbau des englischen Elektroautos, so dass sie sich zunächst auf die Suche nach einem 130 Jahre alten *Starley-Tricycle* machen musste – und das war kein leichtes Unterfangen. Doch nach langer Suche fanden Schultz und seine Freunde tatsächlich genau das richtige Fahrzeug und konnten es nach einigen Verhandlungen seinem damaligen Besitzer abkaufen. Um diesem seltenen historischen und damit sehr wertvollen Original die Motorisierung zum Elektromobil zu ersparen, hatte das Team schon bei der Planung des Projektes beschlossen, dieses Fahrzeug im Maßstab 1:1 nachzubauen. Auf dieser Basis ging es dann an die „Elektrifizierung".

MIT STROM UND LICHT Als Antrieb diente ein Elektromotor, gespeist von zehn wieder aufladbaren Batterien. So ausgerüstet hatte das Elektrovehikel bei einer Höchstgeschwindigkeit von etwa fünfzehn Stundenkilometern eine Reichweite von immerhin 40 Kilometern pro Batterieladung. Ayrton & Perry waren für ihre elektrotechnischen Raffinessen seinerzeit international bekannt. So gingen bereits viele Weiterentwicklungen, besonders die von Messinstrumenten, aber auch die der elektrischen Eisenbahn, auf ihr Konto. Ihre damals jüngsten Neuentwicklungen, sehr präzise arbeitende Volt- und Amperemeter, bauten sie

Quelle: Museum Autovision

an das Elektrodreirad an, wohl um sie möglichst spektakulär auf europäischen Fachmessen vorstellen zu können. Und weil Edisons Glühbirne auch gerade zur Serientauglichkeit herangereift war, machten sie sich diese moderne Beleuchtungstechnik auch gleich noch zunutze. Somit hatten sie, mehr oder weniger unbewusst, das weltweit erste straßentaugliche Elektroauto gebaut und zugleich das erste Fahrzeug überhaupt präsentiert, welches eine elektrische Beleuchtung besaß. Eine Patentierung dieses Gesamtkonzeptes versäumten die beiden Engländer glatt. Die Patentierung ihrer neu entwickelten Messinstrumente sollte wohl genügen.

Etwa ein Jahr sollte es dann schließlich insgesamt dauern, bis das erste Elektroauto der Welt neu zum Leben erweckt wurde. Seit Anfang 2012 kann nun die ganze Welt wieder die Möglichkeiten der automobilen Fortbewegung anno 1881 in Realität erleben, die es also schon fünf Jahre vor der eigentlichen Erfindung des Automobils von Carl Benz gab und die im Vergleich dazu sogar noch wesentlich komfortabler und zudem leiser war. ||

→ www.museum-autovision.de

Autor:

Christoph Seiler
Stiftung Museum Autovision, Altlußheim
→ christoph.seiler@autovision-tradition.de

E-MOBILITÄT VEREINFACHEN

Sechs große deutsche Unternehmen haben am 15. März 2012 gemeinsam die *hubject GmbH* gegründet, die die Nutzung von Elektrofahrzeugen zukünftig vereinfachen soll. Nach der Unterzeichnung einer ersten Absichtserklärung im Januar dieses Jahres in Stuttgart gaben BMW, Bosch, Daimler, EnBW, RWE und Siemens im März den Startschuss für dieses in Berlin angesiedelte Gemeinschaftsunternehmen. Ziel ist eine künftig engere Zusammenarbeit der beteiligten Unternehmen, um die Akzeptanz und Nutzerfreundlichkeit von Elektrofahrzeugen wirkungsvoll verbessern zu können. In einer entsprechenden Meldung hieß es: „Fahrer von Elektrofahrzeugen sollen künftig überall schnell und einfach laden können, ohne sich Gedanken machen zu müssen, welcher Anbieter die jeweilige Ladestation betreibt. Dazu gehören auch eine einheitliche Authentifizierung an der Ladestation sowie eine transparente Abrechnung.“ Um dies realisieren zu können, soll eine deutschlandweit flächendeckende, einfach zu nutzende Ladeinfrastruktur aufgebaut und über eine Datenplattform vernetzt werden. Über im Hintergrund ablaufende Roaming- und Clearing-Dienste soll zudem die Abrechnung vereinfacht werden und das Spektrum möglicher Dienstleistungsangebote ausgeweitet werden. Dafür sollen in dieser offenen Plattform weitere Partner eingebunden werden. Weiterhin soll über ein aussagekräftiges Logo ersichtlich gemacht werden, dass ein Ladepunkt Teil dieses Partnernetzwerks ist. Ziel dieses Authentifizierungsmerkmals ist, über den Wiedererkennungseffekt mehr Akzeptanz und Vertrauen beim Verbraucher zu schaffen. Ein erster Testbetrieb soll im Herbst 2012 starten. ||

→ www.hubject.com

Thema: Elektromobilität | **Autor:** Sven Geitmann

H_2-HH-HC*

Neue Tankstelle in der Hamburger HafenCity (endlich) eingeweiht

Am 17. Februar 2012 war es so weit: Die bereits vor Jahren angekündigte Wasserstofftankstelle in der Hamburger HafenCity ist eingeweiht worden. Trotz des Rücktritts des ehemaligen Bundespräsidenten Wulff, der genau eine Stunde vor Veranstaltungsbeginn vor die Presse getreten war, erschien die gesamte angekündigte Prominenz an der Oberbaumbrücke, um die erste öffentliche Betankung miterleben beziehungsweise selber vornehmen zu können. Eigentlich hätte die Tankstelle schon im Spätsommer 2011 eingeweiht werden sollen, oder zumindest Ende vergangenen Jahres, aber bis zuletzt gab es Probleme. Dabei bereitete im Vorfeld nicht so sehr die Technik Schwierigkeiten, sondern eher die Bürokratie. Erste technische Probleme gab es dann jedoch vier Wochen später, als nach einem Alarm 70 kg Wasserstoffgas abgelassen werden mussten.

Angefangen hatte die Verzögerungslitanei mit Auflagen sowohl zum Umwelt- als auch zum Denkmalschutz, da der Stationsstandort in der alten Hamburger Speicherstadt liegt. Moderne Architektur passe nicht zu der roten Klinkerbauweise, so hieß es. Direkt am Dovenfleet gelegen befindet sich die Tankstelle zudem im Überflutungsgebiet, was lange Zeit kaum zu vereinbaren war mit der Hochvolttechnik, die sowohl bei den Elektrolyseuren als auch bei der für E-Autos installierten Ladesäule eingesetzt wurde. Hinzu kam noch, dass sich unterhalb der Station ein stillgelegtes Parkhaus befindet.

ERLEICHTERUNG, ZUFRIEDENHEIT UND HUMOR Die erste offizielle Ankündigung zu diesem Bauvorhaben hatte Kurt Döhmel, Vorgänger des aktuellen Geschäftsführungsvorsitzenden der Deutschen Shell, Dr. Peter Blauwhoff, bereits Ende 2006 in der Hamburgischen Landesvertretung in Berlin getätigt. Dr. Oliver Weinmann, Geschäftsführer der Vattenfall Europe Innovation GmbH, nahm diese lange Planungsphase in seiner Begrüßungsrede mit Humor, als er zum Ablesen seiner Gesprächsnotizen eine Brille aufsetzte und sagte: „Beim Start dieses Projektes brauchte ich die noch nicht." Auch Daniel Hustadt (s. Abb. 2), dem als Projektleiter der Großteil der praktischen Arbeit zukam, war anzusehen, dass dieser lange Weg mitunter ermüdend war, und er gestand mit einem Wink zu Weinmanns Äußerungen ein: „Auch ich habe bei dieser Arbeit graue Haare bekommen."

Die reine Bauphase war allerdings mit knapp über eineinhalb Jahren noch überschaubar, so dass letztlich bei der offiziell erst wenige Tage vorher angekündigten Einweihungszeremonie ein Gefühl der Erleichterung überwog. Der Himmel blieb zwar bedeckt, aber zumindest war es trocken, so dass überraschend viele Gäste erschienen waren. Auch Prof. Dr. Heinz Gretz war mit dabei, der schon vor fast einem viertel Jahrhundert die Wasserstoffgesellschaft Hamburg (H2HH) mit ins Leben gerufen hatte. Auf die Frage der HZwei-Redaktion, ob er damit gerechnet habe, dass der Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur so lange dauern werde, sagte er: „Ja!"

DEUTSCHLAND IST VORREITER Alle Gastredner zeigten sich dann mit dem Ergebnis dieses zehn Millionen Euro teuren Bauvorhabens (5,7 Mio. Euro Fördergelder) sehr zufrieden. So erklärte Frank Horch, der Hamburger Wirtschaftssenator, dass die batterieelektrische sowie die brennstoffzellenbetriebene Elektromobilität ein äußerst wichtiges Thema für Hamburg sei und betonte gleichzeitig: „Der simultane Infrastruktur- und Flottenausbau spielt in diesem Kontext eine wesentliche Rolle." Rainer Bomba, Staatssekretär im Bundesverkehrsministerium, ergänzte: „Deutschland ist mit Vorreiter in dieser Technologie, und wir sollten diesen Vorsprung weiter ausbauen." Dann appellierte er mit Nachdruck zum wiederholten Mal an die Branche: „Wir haben hier viel entwickelt in Deutschland: MP3-Player, Computer und vieles mehr. Das wurde aber dann im Ausland gebaut. Dies darf uns mit der Brennstoffzelle nicht passieren."

Abb. 2: Daniel Hustadt

Abb. 3: Senator Horch und Staatssekretär Bomba Hand in Hand bei der ersten offiziellen Betankung

Nach den Begrüßungsreden eröffneten die anwesenden Politiker gemeinsam mit den Unternehmensvertretern offiziell die neue Wasserstofftankstelle in der Hansestadt (weltweit gab es Anfang 2012 rund 220 Stationen, s. Abb. 1), indem sie die für Pkw konzipierte 700-bar-Zapfsäule enthüllten. Anschließend führten sie die erste offizielle Betankung sowohl an einem wasserstoffbetriebenen Pkw als auch an einem Brennstoffzellenhybridbus durch. Der für die Betankungen benötigte Kraftstoff wird zur Hälfte direkt vor Ort erzeugt. Dafür wurden in dem zweigeschossigen Tankstellengebäude zunächst zwei Elektrolyseure, die jeweils 60 Normkubikmeter Wasserstoff pro Stunde erzeugen können, installiert. Der von ihnen benötigte Strom stammt gemäß den Richtlinien des *Ok Power Labels* aus erneuerbaren Energiequellen. Die anderen 50 Prozent des Wasserstoffs werden per Trailer angeliefert, damit alle neuen *SauberBusse* der Hamburger Hochbahn mit ausreichend Gas versorgt werden können.

Bis 2013 soll die Station noch um einen dritten Elektrolyseur ergänzt werden, damit dann die Kapazität mit täglich 750 kg für die Vollbetankung von 20 Linienbussen und mehreren Pkw ausreicht. Zur Lagerung vor Ort gibt es zwei 220-kg-Mitteldrucktanks und eine 250-kg-Hochdruckspeicherbank sowie zwei ionische Kompressorsysteme von Linde, die das Gas bis auf rund 800 bar verdichten.

ERSTER ALARM NACH VIER WOCHEN Einer dieser Hochdruckbehälter, die sich auf dem nach oben offenen Dach der Tankstelle befinden, versagte jedoch bereits nach vier Wochen seinen Dienst. In der Nacht vom 13. auf den 14. März 2012 löste ein Gasmelder in der Station um 23:00 Uhr automatisch Alarm aus. Gasförmiger Wasserstoff war bei einer der insgesamt 120 Flaschen durch eine defekte Dichtung am Rohrverbindungsstück ausgetreten. Die herbeigerufene Polizei sperrte den Bereich um die Tankstelle im Umkreis von 200 Meter ab. Techniker der Tankstelle ließen den in dem Druckbehälter enthaltenen Wasserstoff (rund 70 kg) kontrolliert entweichen, ohne, dass es zu einer Entzündung kam. Gegenüber der HZwei-Redaktion erklärte der Vattenfall-Pressesprecher Alexander Hauk: „Für die Anwohner bestand keine Gefahr. […] Die vor Ort anwesende Feuerwehr konnte nach kurzer Zeit abrücken."

Nach derzeitigem Planungsstand soll die Station bis 2017 betrieben werden. ||

Unmittelbar nach dem Ende der Veranstaltung kam die Nachricht von der Tankstelleneinweihung sogleich im U-Bahn-Fernsehen der Hamburger Hochbahn (einer der Kooperationspartner) – direkt nach der Top-Meldung des Tages, dem Rücktritt des damaligen Bundespräsidenten Wulff.

* chemische Summenformel für „Wasserstofftankstelle in der Hansestadt Hamburg, HafenCity"

→ Linde auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand B56
→ Vattenfall Europe auf der Hannover Messe: Halle 26, Stand D20

BESTELL-FORMULAR

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

Das Abonnement gilt für 1 Jahr und kostet 27,50 Euro inkl. MwSt. zzgl. 6,50 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: Elektromobilität | **Autor:** Sven Geitmann

SONNENAUFGANG DER WASSERSTOFFWIRTSCHAFT

Solar-Wasserstoff-Tankstelle in Freiburg eingeweiht

Das Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme hat seit neustem eine eigene Solar-Wasserstoff-Tankstelle. Die offizielle Einweihung fand am 2. März 2012 in Freiburg unter Anwesenheit von über hundert Gästen statt. Wie in der Einladung von Dr. Christopher Hebling versprochen, kam passend zu diesem Event sogar die Sonne heraus – wenn auch nicht pünktlich zum Mittag, aber sie kam.

Die neue öffentlich zugängliche H_2-Tankstelle steht direkt gegenüber vom Hauptgebäude des Fraunhofer ISE in der Heidenhofstraße und dient dem Solarinstitut sowohl als Forschungsplattform als auch zur saisonalen Speicherung von regenerativ erzeugtem Strom. Energetisch versorgt wird die netzgekoppelte Station zwar über einen normalen Starkstromanschluss. Die Leistung der Photovoltaikmodule, die sich direkt auf der Tankstellenüberdachung sowie auf dem Flachdach des benachbarten Gebäudes befinden (insg. 17 kW), wird aber messtechnisch erfasst, damit der dort erzeugte und über einen Wechselrichter ins Netz eingespeiste Strom zumindest rechnerisch der Tankstelle zugeordnet werden kann. Aufs Jahr bezogen soll die H_2-Station somit nicht mehr Energie verbrauchen, als die PV-Anlage zu leisten vermochte.

Abb. 2: Projektleiter Christopher Voglstaetter präsentiert „seine" neue Tankstelle

Für die Wasserstoffherstellung wurde ein *Hogen*-Elektrolyseur von Proton OnSite (ehemals Proton Energy Systems, 6 Nm^3 pro Stunde) installiert, der dazu beiträgt, den erzeugten Solarstrom mittel- und langfristig speichern und somit auch für den Mobilitätssektor nutzbar machen zu können. Es können sowohl 200- und 300-bar-Gasflaschen befüllt, als auch Fahrzeuge mit 350 und 700 bar an der Station betankt werden. Um die verschiedenen Druckstufen realisieren zu können, wird der mit 30 bar aus dem PEM-Elektrolyseur kommende Wasserstoff zunächst auf 430 bar verdichtet (Mitteldruckspeicher: 2.000 l = 60 kg H_2). In einer zweiten Kompressorstufe wird der Druck auf bis zu 930 bar erhöht (Hochdruckspeicher: 340 l = 17 kg H_2). Auf diese Weise kann der auf -40 °C vorgekühlte Kraftstoff mit über 750 bar in die Speicherbehälter heutiger Brennstoffzellen-Pkw gefüllt werden, damit der Druck anschließend nach der Betankung bei den gewünschten 700 bar liegt.

Finanziert wurde die Tankstelle unter anderem mit Fördergeldern des Umweltministeriums Baden-Württemberg (760.000 Euro). Ministerialdirektor Helmfried Meinel zeigte sich daher besonders erfreut, dass „Freiburg die dritte Wasserstoffstadt im Land ist." Außerdem kündigte er an: „Ab Sommer 2012 wird es fünf Stationen in Baden-Württemberg geben." Dr. Christopher Hebling, ISE-Bereichsleiter für Energietechnik (s. Abb. 1, re.), bedankte sich dann auch ausdrücklich bei allen Geldgebern und Partnern, so wie beispielsweise beim PV-Hersteller Q-Cells, der die Solarmodule zur Verfügung stellte, und bei Diamond Lite, die für die reibungslose Systemintegration des Elektrolyseurs sowie der Kompressortechnik von Air Products zuständig waren. Hansjörg Vock, Geschäftsführer von Diamond Lite, erklärte zur eingesetzten Elektrolysetechnik: „Wir können selbst kleinste Mengen Strom aus der Photovoltaikanlage in Wasserstoff umwandeln. Auch bei stark schwankenden Strommengen, beispielsweise bei wechselhafter Witterung, arbeitet die Anlage äußerst effektiv und effizient."

Auch Otto Neideck (li.), der Erste Bürgermeister von Freiburg, freute sich über das neue Prestigeobjekt: „Das, was wir hier heute erleben dürfen, passt ins Bild einer *Green City*."

Und der Institutsleiter des Fraunhofer ISE, Prof. Eicke R. Weber, bezeichnete die Tankstelleneinweihung voller Stolz als „Sonnenaufgang der Wasserstoffwirtschaft." ||

→ Fraunhofer ISE auf der Hannover Messe: Halle 27, C60
→ Diamond Lite auf der Hannover Messe: Halle 27, B66
→ Proton OnSite auf der Hannover Messe: Halle 27, D71/1

EMPÖRUNG ÜBER SOLARKÜRZUNGEN

Seit Anfang des Jahres bewegen die neuen Pläne der Bundesregierung die Energiebranche. Konkret geht es dabei um die Kürzungen im Photovoltaiksektor, die den gesamten Solarsektor in Aufruhr versetzt haben. So versammelten sich am 5. März 2012 über 10.000 Demonstranten vor dem Brandenburger Tor, um ihren Unmut darüber kundzutun. Auch Institutsleiter Prof. Eicke R. Weber (s. Foto) fand anlässlich der Einweihung der Solar-Wasserstoff-Tankstelle deutliche Worte.

Zunächst hatte er noch über eine Pressemeldung relativ nüchtern versucht, die Bedeutung der Solarindustrie zu skizzieren, indem er feststellte: „Die konsequente Transformation unseres Energieversorgungssystems hin zu hundert Prozent erneuerbaren Quellen zählt zu den wesentlichen Herausforderungen unserer Gesellschaft in den nächsten Jahren." Bei der Pressekonferenz am 2. März 2012 platzte es dann aber bei der vorletzten Frage förmlich aus ihm heraus: „Das ist eine Schande für das Industrieland Deutschland." Gemeint war damit die von Bundeswirtschaftsminister Philipp Rösler anvisierte Deckelung des jährlichen Photovoltaik-Zubaus in der Bundesrepublik sowie die laut Weber überhastet durchgeführte Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und die Vorgehensweise, wie es überhaupt zu dieser Gesetzesvorlage gekommen war. Mit immer roter werdendem Kopf resümierte er, wie in den vergangenen Monaten ausführlich und detailliert die bisherige Entwicklung von Experten analysiert worden war, um belastbare Zahlen zu bekommen, gemäß derer ein durchdachtes Gesetz hätte verabschiedet werden können. Diese Pläne und all die Zahlen seien dann aber Anfang dieses Jahres innerhalb von zwei Wochen von Rösler über den Haufen geworfen worden. Gemeinsam mit dem Bundesumweltminister sei dann auf die Schnelle ein neuer Plan erdacht worden, jedoch ohne vergleichbare Datenbasis. „Dieses ganze Verfahren ist unfassbar", sprudelte es aus Eicke R. Weber heraus, „Wir haben einen Wirtschaftsminister, der der Energiewende schadet. [...] Dabei gefährden wir nicht nur die Photovoltaikindustrie, weil wir dem Ausland signalisieren, Deutschland sei kein verlässlicher Verhandlungspartner mehr. [...] Rösler untergräbt das Vertrauen." Dabei habe doch insbesondere ein Wirtschaftsminister gemäß seinem Amtseid speziell die Wirtschaft zu schützen und zu fördern, kritisierte der Institutsleiter. Abschließend konstatierte Weber: „Das ist eine entsetzliche Botschaft! [...] Eine Menge Schaden ist schon angerichtet."

TANKSTELLENEINWEIHUNG AM KIT ERST IM SOMMER

In Karlsruhe verzögern sich währenddessen noch die Arbeiten an der dortigen Wasserstofftankstelle. Eigentlich sollte am 9. März 2012 die Einweihung der H_2-Station am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) erfolgen, aber wie eine Pressesprecherin der HZwei-Redaktion mitteilte, gibt es derzeit noch technische Probleme, weshalb sich die Fertigstellung voraussichtlich bis Sommer 2012 verschiebt. Auch die Inbetriebnahme der beiden Brennstoffzellen-Hybridbusse, die dann im Shuttle-Betrieb zwischen den Standorten Campus Nord (zuvor Forschungszentrum Karlsruhe) und dem Campus Süd (zuvor Universität Karlsruhe) eingesetzt werden sollen, verzögert sich dementsprechend. Zur Betankung der Wasserstoffbusse errichtet das KIT auf dem Campus Nord eine „Tankstelle der Zukunft", bei welcher insbesondere regenerative wie innovative Energieträger angeboten werden. ||

TANKEN AM POLARKREIS

Quelle: H2Logic

Eine weitere Wasserstofftankstelle wurde Anfang des Jahres sehr viel weiter im Norden installiert: 150 Meter nördlich vom Polarkreis nahm H2Logic eine neue H_2-Betankungsstation beim Arctic Driving Centre in Finnland in Betrieb. Sie wurde speziell für Automobilhersteller, die Brennstoffzellenfahrzeuge unter extrem kalten Bedingungen testen möchten, errichtet. Trotz niedriger Temperaturen von durchschnittlich -15 °C (z.T. -45 °C) muss dort eine Betankung mit 700 bar innerhalb von drei Minuten realisiert werden können. Die H2Station® von H2Logic ermöglicht dies gemäß den internationalen Standards (z. B. SAE J2601). Ähnliche Tankstellen stehen bereits in Dänemark und Norwegen. ||

CLEAN MOBILE UND SMILES INSOLVENT

Das Unternehmen für effiziente elektrische Antriebskomponenten, die Clean Mobile AG, hat am 2. Februar 2012 Insolvenz angemeldet. Obwohl die Unterhachinger noch im April 2011 rund 7,7 Mio. Euro im Rahmen einer Finanzierungsrunde eingesammelt hatten, blieb ihnen aufgrund eines Liquiditätsengpasses Anfang 2012 dieser Schritt nicht erspart. Bereits Ende 2011 hatte der Gründer Werner Gruber die zuletzt 20 Mitarbeiter beschäftigende Firma verlassen. Die Trennungsgründe bezeichnete Gruber gegenüber HZwei als „unschön", er bestätigte aber, dass es „viele Interessenten gibt bei 105 erteilten und angemeldeten Patenten". Auch der vorläufig eingesetzte Insolvenzverwalter Dr. Christian Gerloff sieht gute Chancen zur Weiterführung des Betriebs. In einer Meldung ließ er verlautbaren: „Clean Mobile zählt auf seinem Gebiet zu den Pionieren und hat in den vergangenen Jahren die Antriebstechnologie kontinuierlich weiterentwickelt. Von daher kann ich mir gut vorstellen, dass es für diese innovative Technologie Interessenten gibt, gerade in Zeiten, in denen alternative, umweltschonende Antriebsarten immer beliebter werden."

Ebenfalls insolvent ist seit dem 24. Februar 2012 die Smiles AG, die sich auf den Vertrieb von Elektrofahrzeugen spezialisiert hatte. Insolvenzverwalter Markus Schädler gab jedoch gegenüber der Redaktion von *kfz-betrieb online* deutlich zu verstehen: „Es geht nicht weiter." Die Mitarbeiter erhielten daher am 29. Februar ihre Kündigung. Das 1995 gegründete Unternehmen hatte ursprünglich mit der Produktion des Elektrodreirads *CityEL* begonnen und sich dann auf den Vertrieb von E-Autos spezialisiert. Die zu geringen Absatzzahlen sowie Design- und Technikprobleme bei den Herstellern machten Smiles jedoch das Leben schwer. Ende Januar hatte es noch geheißen, Smiles würde deutschlandweit den Verkauf des E-Fahrzeugs *mia* übernehmen. Aufgrund einer gescheiterten Kapitalerhöhung konnte dieses Vorhaben jedoch nicht umgesetzt werden. ||

EIN NISCHENMARKT IN GENF

Nach einhelliger Meinung der Beobachter ist das Thema Elektromobilität auf dem Auto-Salon in Genf zwar wieder zurück in die Nische gedrängt worden, aber dafür wurden dort zumindest mal ein paar Zahlen genannt, auch wenn diese nicht immer positiv waren. So wurde der *Opel Ampera* in Genf zum „Auto des Jahres 2012" gekürt, während fast zeitgleich die Produktion des baugleichen US-amerikanischen Modells *Chevrolet Volt* zurückgeschraubt wurde. Der Grund dafür waren die mäßigen Absatzzahlen, die um mehr als 20 % hinter den Erwartungen zurückgeblieben waren. Nissan zeigte auf der Automesse in der Schweiz seinen *Leaf* und lieferte auch gleich eine Preisliste mit, in der der Verkaufspreis inklusive Batterie (90 kW Lithium-Ionen-Akku) auf 36.990 Euro beziffert wurde. Das Familienauto soll ab April 2012 erhältlich sein. Demgegenüber berichtete Edwin Kohl, Geschäftsführer von mia electric, dass sein Unternehmen bereits 1.000 Stück des gleichnamigen, rein elektrisch betriebenen Mikro-Busses produziert und auf die Straße gebracht habe. „Wir von *mia electric* möchten einer breiten Öffentlichkeit den Einstieg in die Elektromobilität erleichtern, indem wir den Verkaufspreis für das Elektroauto senken." Dieser liegt je nach Ausführung bei etwa 24.500 Euro. Außerdem kündigte Kohl an, ab 2014 auch Fahrzeuge mit Brennstoffzellen als Range Extender anbieten zu wollen, um mit Hilfe von Wasserstoff eine Reichweite von bis zu 300 km gewährleisten zu können. ||

bdew
Energie. Wasser. Leben.

MÄRKTE VON MORGEN
zwischen Wettbewerb und Regulierung

BDEW Kongress 2012

Markt oder Staat – wem vertrauen wir unsere Energieversorgung in Zukunft an? Und wie kann ein sicheres marktwirtschaftliches System in Zukunft aussehen?

Rund 1.300 Entscheider werden in Berlin erwartet, darunter Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel, die Bundesminister Dr. Philipp Rösler und Dr. Norbert Röttgen, die Bundesministerin Prof. Dr. Annette Schavan sowie der SPD-Parteivorsitzende Sigmar Gabriel.

Arbeiten Sie mit an einer zukunftsfähigen Energie- und Wasserversorgung!
26.–28. Juni 2012, InterContinental Berlin
BDEW Kongress Infoline 030 . 28 44 94 - 176
www.bdew.de/kongress · kongress@bdew.de

Es ist höchste Zeit für grundlegende Diskussionen:
- Europa, Bund und Länder – wer bestimmt die künftige Energiepolitik?
- Markt und Systemintegration: Welche Zukunft hat das Erneuerbare Energien-Gesetz?
- Konvergenz von Strom und Gas.
- Energieeffizienz im Markt.
- Interessenausgleich: Trinkwasserschutz beim Einsatz von CCS oder der Erschließung unkonventioneller Gasvorkommen.

TERMINKALENDER

APRIL

11.-12.04. Fuel Cell 2012 Science & Technology
Konferenz, Berlin, Elsevier, Tel. +44-1451-830129, Fax -870-1991100, *www.fuelcelladvances.com*

12.-14.04. EV Battery Forum
Messe & Konferenz, Barcelona/Spanien, Dufresne, Tel. +65-624-30050, Fax -57232, *www.evbatteryforum.com*

12.-15.04. i-Mobility
Messe, Stuttgart, Landesmesse Stuttgart GmbH, Tel. 0711-18560-2656, Fax -701, *www.i-mobility.mobi*

18.-19.04 VDI-Fachkonferenz Elektromobilität
Konferenz, Nürtingen, VDI-Wissensforum, Tel. 0211-6214-201, Fax -154, *www.vdi.de/elektromobilitaet*

23.-25.04. Lithium-Batterien
Fachseminar, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

23.-27.04. Gemeinschaftsstand Wasserstoff und Brennstoffzellen
Messe, Hannover, Tobias Renz Fair, Tel. 089-7201-384-0, Fax -20, *www.h2fc-fair.com*

28.04.-1.05. E-Mobil Rallye
Wettfahrt, Tondern-Hamburg, Eco-Mobility, Tel. 0431-24746372, *www.emobil-rallye.com*

MAI

3.05 USV – Unterbrechungsfreie Stromversorgung
Praxis-Seminar, Ulm, WBZU, Tel. 0731-17589-21, Fax -10, *www.wbzu.de*

6.-9.05. Electric Vehicle Symposium 26
Konferenz, Los Angeles/USA, EDTA, *www.evs26.org*

8.-9.05. Deutscher Wasserstoff Congress
Kongress, Berlin, EnergieAgentur. NRW, Tel. 0211-86642-16, Fax -22, *www.h2congress.de*

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

15.-16.05. Forum ElektroMobilität – KONGRESS
Kongress, Berlin, Forum ElektroMobilität, Tel. 030-2404745-8, Fax -9, *www.forum-elektromobilitaet.de*

23.-25.05. Berliner Energietage
Messe & Konferenz, Berlin, Berliner ImpulsE, Tel. 030-2014308-04, Fax -10, *www.berliner-energietage.de*

30.05.-01.06. Carbon Expo
Messe & Kongress, Köln, Koeln Messe, Tel. 0221-821-0, Fax -2574, *www.carbonexpo.com*

JUNI

3.-.7.06. World Hydrogen Energy Conference
Konferenz & Messe, Toronto/Kanada, JPdL Conference Secretariat, Tel. +1-514-2871-070, Fax -248, *www.whec2012.com*

5.-6.06. ElektroMobilität 2012
Kongress, Düsseldorf, mcc, Tel. 02421-12177-0, Fax -27, *www.mcc-seminare.de*

12.-14.06. Power-Gen Europe
Konferenz & Messe, Köln, PennWell Corp., Tel. +44-1992-656-610, Fax -700, *www.powergeneurope.com*

13.06. Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologie
Fach-Seminar, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

14.06. Industrieforum Wolfsburg
Kongress, Wolfsburg, IPM, Tel. 0511-4731479-0, Fax -1, *www.ipm-scm.com/IFO/*

14.-15.06. Elektro-Mobil Kongress
Konferenz, Essen, Haus der Technik, Tel. 0201-180326-2, Fax -3, *www.e-mobil-kongress.de*

20.06. Elektromobilität
Symposium, Ostfildern, TAE, Tel. 0711-34008-29, Fax -30, *www.tae.de*

21.-22.06. Wasserstoff und Brennstoffzellen für Mobilität
Seminar, Essen, Haus der Technik, Tel. 0201-1803-211, Fax -280, *www.hdt-essen.de*

24.-27.06. International Conference on Hydrogen Production
Konferenz, Seoul/Süd Korea, UNIDO-ICHET, *www.ich2p.org*

26.-28.06. BDEW Kongress
Kongress, Berlin, EW Medien & Kongresse, Tel. 030-2602412-1, Fax -2, *www.bdew.de/kongress*

26.-29.06. European SOFC Forum
Konferenz & Messe, Luzern/Schweiz, European Fuel Cell Forum, Tel. +41-4-45865644, Fax -135080622, *www.efcf.com*

JULI

3.-5.07. Ulm ElectroChemical Talks (UECT) Konferenz, Neu-Ulm, WBZU, Tel. 0731-17589-21, Fax -10, *www.uect.de*

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

SEPTEMBER

6.09. Brandenburger Energietag
Konferenz, Cottbus, ETI, Tel. 0331-2786-241, Fax -191, *www.eti-brandenburg.de*

7.09. Clean Tech Media Award
Gala, Berlin, Voigt Krüger & Partner, Tel. 030-24087821-0, Fax -2, *www.cleantech-award.de*

11.-12.09. DBI-Fachforum Power to Gas
Konferenz, Berlin, DBI, Tel. 0341-24571-29, Fax -37, *www.dbi-gut.de*

12.-13.09. E-Motive
Konferenz, Stuttgart, Forschungsvereinigung Antriebstechnik, Tel. 069-6603-1820, Fax -2820, *www.e-motive.net*

20.-22.09. Klimamobility
Messe, Bozen/Italien, Messe Bozen, Tel. +39-471-516-000, Fax -111, *www.klima-mobility.it*

20.-27.09. IAA Nutzfahrzeuge
Messe, Hannover, Verband der Automobilindustrie, Tel. 069-97507-0, Fax -261, *www.iaa.de*

27.-30.09. RENEXPO
Kongress & Messe, Augsburg, Reeco GmbH, Tel. 07121-3016-0, Fax -100, *www.renexpo.de*

OKTOBER

8.-10.10. f-cell
Kongress & Messe, Stuttgart, Peter Sauber Agentur, Tel. 0711-656960-52, Fax -99, *www.f-cell.de*

FIRMENVERZEICHNIS

BERATUNG & PLANUNG

Planet GbR,
Ingenieurbüro für Energie- und Versorgungstechnik,
Donnerschweer Str. 89/91, 26123 Oldenburg, Tel. 0441-85051,
info@planet-energie.de

BETANKUNGSTECHNIK

Walther-Präzision Carl Kurt Walther GmbH & Co. KG,
Westfalenstraße 2,
42781 Haan,
Tel. 02129-567-0, Fax -450,
info@walther-praezision.de,
www.walther-praezision.de

BRENNSTOFFZELLEN

ECG GmbH ElektroChemischeGeneratoren,
Widdersdorfer Str. 240, 50825 Köln, Tel. 0221-6777-3530,
kontakt@ecg-online.com, www.ecg-online.com

h-tec Wasserstoff-Energie-Systeme GmbH,
Lindenstr. 48 A, 23558 Lübeck, Tel. 0451-49895-0, Fax -15,
info@h-tec.com, www.h-tec.com

Heliocentris Energy Solutions AG,
Tel. 030-340601-600, Fax -599,
sales@heliocentris.com, www.heliocentris.com

udomi GmbH - competence in fuel cell systems,
Hochfeldstrasse 8, 74632 Neuenstein,
Tel. 07942-942089-1, Fax -8, *www.udomi.de*

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 Wasserstoff-Energie-Systeme GmbH,
Lindenstr. 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. 0761-4588-5208, Fax -9000, *www.h2-ise.de*

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

Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH,
Max-Planck-Str. 1, 21502 Geesthacht,
Tel. 04152-87-0, Fax -1403, *www.gkss.de*

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

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

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

MEDIEN

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

MESSDATENMANAGEMENT UND MONITORING

Werum Software & Systems AG,
Wulf-Werum-Straße 3, 21337 Lüneburg,
Tel. 04131-8900-0, Fax -20, *info@werum.de, www.werum.de*

ORGANISATION

NOW GmbH, Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, Fasanenstrasse 5, 10623 Berlin,
Tel. 030-3116116-43, Fax -77, *www.now-gmbh.de*

PRÜFTECHNIK

Maximator GmbH, Hochdrucktechnik,
Lange Straße 6, 99734 Nordhausen,
Tel. 03631-9533-0, Fax -5010, *info@maximator.de*

SPEICHERTECHNIK

Ballonbau Wörner GmbH, flexible Gasspeicher,
Zirbelstraße 57 c, 86154 Augsburg,
Tel. 0821-4-50406-0, Fax: -19641,
info@ballonbau.de, www.ballonbau.de

TECHNOLOGIEZENTREN

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

H2Herten, Wasserstoff-Kompetenz-Zentrum
Doncaster-Platz 5, 45699 Herten
d.kwapis@herten.de, www.wasserstoffstadt.de

Partner bei HyCologne,
Zugang zu H_2-Projekten,
H_2-Tankstelle,
H_2-Infrastruktur,
Büros, Gründersupport, Sekretariats- & Konferenzservice,
Tel. 02233-406100
www.start-huerth.com, h2@start-huerth.com,

VERANSTALTER

European Fuel Cell Forum,
Obgardihalde 2, 6043 Luzern-Adligenswil, Schweiz,
Tel. +41-4-45865644, Fax 35080622,
forum@efcf.com, www.efcf.com

HANNOVER MESSE 2012
April 23 – 27
GROUPEXHIBIT
H2FC-FAIR
HYDROGEN
FUEL CELLS
Tobias Renz FAIR

18. Gemeinschaftsstand Wasserstoff + Brennstoffzellen
Hannover Messe 2012, 23.-27. April, Tobias Renz FAIR,
Nadja Snegireva, *nadja@h2fc-fair.com, www.h2fc-fair.com*

E-world energy & water GmbH,
Norbertstr. 5, 45131 Essen, Tel. 0201-1022-210, Fax -333,
www.e-world-2013.com, mail@e-world-essen.com

Peter Sauber Agentur Messen und Kongresse GmbH,
Wankelstraße 1, 70563 Stuttgart,
Tel. 0711-656960-50, Fax -99, *www.f-cell.de*

VEREINE & VERBÄNDE

Deutscher Wasserstoff- & Brennstoffzellen-Verband e.V.,
Tietzenweg 85/87, 12203 Berlin,
Tel. 030-398209946-0, Fax -9, *www.dwv-info.de*

FEE – Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e.V.,
Köpenicker Str. 325, 12555 Berlin,
Tel. 030-65762706, Fax -8,
info@fee-ev.de, www.fee-ev.de

Forum ElektroMobilität e.V.

Forum Elektromobilität e.V., c/o Fraunhofer Forum Berlin
Anna-Louisa-Karsch-Str. 2, 10178 Berlin
Tel. 030-2404745-8, Fax -9, *www.forum-elektromobilitaet.de*

H2BZ-Initiative Hessen e.V., Abraham-Lincoln-Str. 38-42,
65189 Wiesbaden, Tel. 0611-774-8959,
info@h2bz-hessen.de, www.h2bz-hessen.de

h2-netzwerk-ruhr,
Doncaster-Platz 5, 45699 Herten,
info@h2-netzwerk-ruhr.de, www.h2-netzwerk-ruhr.de

HyCologne – Wasserstoff Region Rheinland e. V.,
Goldenbergstr. 1, 50354 Hürth,
Tel. 02233-406123, *www.hycologne.de*

WEITERBILDUNG

h-tec Wasserstoff-Energie-Systeme GmbH,
Lindenstr. 48 A, 23558 Lübeck, Tel. 0451-49895-0, Fax -15,
info@h-tec.com, www.h-tec.com

Heliocentris Energy Solutions AG,
Tel. 030-340601-600, Fax -599,
sales@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

Borit NV, Bipolarplatten und Interconnects,
Lammerdries 18d, 2440 Geel, Belgien, Büro Deutschland:
Tel. 08171-3650039, *joachim.kroemer@borit.be, www.borit.be*

Bürkert Werke GmbH & Co. KG,
Christian-Bürkert-Str. 13-17, 74653 Ingelfingen,
Tel. 07940-10-0, Fax 91204, *www.buerkert.com*

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

Eisenhuth GmbH & Co. KG,
Friedrich-Ebert-Str. 203, 37520 Osterode am Harz,
Tel. 05522-9067-14, Fax -44, *www.eisenhuth.de*

EPH elektronik Produktions- & Handelsgesellschaft mbH,
Rudolf-Diesel-Str. 18, 74354 Ottmarsheim,
Tel. 07143-8152-0, Fax -50, *www.eph-elektronik.de, www.g-e-o-s.de*

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

HTK Hamburg GmbH,
Wölckenstr. 11, 22393 Hamburg,
Tel. 040-60035-53, Fax -83, *www.htk-hamburg.com*

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

FIRMEN-EINTRAG

Bitte nehmen Sie uns in das HZwei-Firmenverzeichnis auf. Dieser Auftrag gilt für 4 Ausgaben und kostet pro Rubrik 120 € (zzgl. MwSt.) inklusive HZwei-Abo *(max. 150 Zeichen)*. Ein Premium-Eintrag mit Logo kostet zusätzlich 100 € pro Ausgabe.

Firma

Adresse

Tel., Fax, Internet

Rubrik:

- ☐ **Beratung**
- ☐ **Brennstoffzellen**
- ☐ **Elektrolyseure**
- ☐ **Forschung & Entwicklung**
- ☐ **Medien**
- ☐ **Organisation**
- ☐ **Speichertechnik**
- ☐ **Technologiezentren**
- ☐ **Veranstalter**
- ☐ **Vereine &Verbände**
- ☐ **Weiterbildung**
- ☐ **Zulieferer**

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

Premiumpartner

ElektroMobilität NRW

DOW JONES
A News Corporation Company

Vierter Deutscher Elektro-Mobil Kongress

Am 14. und 15. Juni 2012 veranstaltet das Haus der Technik in Kooperation mit dem nova-Institut und der IAV GmbH den Vierten Deutschen Elektro-Mobil Kongress. Als Leitkongress für Innovationen, Konzepte und Perspektiven im Bereich Elektro-Mobilität werden die wichtigsten Tendenzen auf den Märkten, in der Politik sowie der Forschung und Entwicklung aufgenommen.

Schwerpunkte bilden die politischen Rahmenbedingungen, aktuelle Entwicklungen bei Elektro-PKW und Nutzfahrzeugen, Einblicke in neueste Geschäftsmodelle rund um die Elektromobilität sowie kommunale Konzepte und Infrastrukturmaßnahmen. China steht im Mittelpunkt einer besonderen Betrachtung mit zahlreichen spannenden Projekten in Partnerstädten der Länder Hamburg, Bremen und NRW. Eine umfangreiche Fachausstellung sowie Sponsoringmöglichkeiten runden das Programm ab.

Die internationale Verankerung des Deutschen Elektro-Mobil Kongresses macht ihn zum Schaufenster der neuesten Entwicklungen in Deutschland und holt wichtige Impulse aus aller Welt hinzu.

Alle Informationen finden Sie im Internet unter www.e-mobil-kongress.de

14. + 15. Juni 2012 in Essen

Jetzt anmelden!

Ansprechpartner

Bernd Hömberg: +49 201 1803-249
E-Mail: b.hoemberg@hdt-essen.de

Susanne Kernebeck: +49 201 1803-262
E-Mail: s.kernebeck@hdt-essen.de

HAUS DER TECHNIK e. V.
Hollestraße 1, 45127 Essen
Telefon: +49 201 1803-1
Fax: +49 201 1803-263

HAUS DER TECHNIK
Außeninstitut der RWTH Aachen
Kooperationspartner der Universitäten Duisburg-Essen
Münster - Bonn - Braunschweig

automotive engineering iav

nova Institut für Ökologie und Innovation