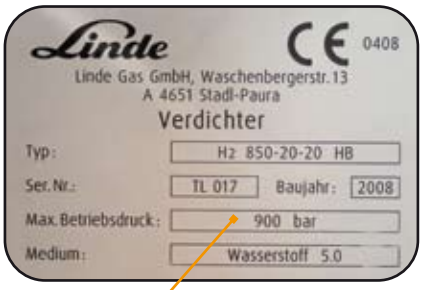
Hydrogeit Verlag / www.hzwei.info / 8. Jahrgang / Juli 2008 / 7 €

Hzwei

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN



→ StorHy: NEUE WASSERSTOFFSPEICHER FÜR FAHRZEUGE

→ HOCHDRUCKBETANKUNGSTECHNIK: THEORIE UND PRAXIS

Der Wasserstoff- und Brennstoffzellenmarkt kommt
ZIES-Modellrechnung & GermanHy-Studie

INHALTSVERZEICHNIS

2 Impressum

3 Editorial

4 Messe
Hannover Messe 2008
Hydrogen Expo US
8. f-cell Symposium

12 Titel
StorHy Abschlussbericht
Neue LH_2-Tanks von Magna Steyr
Betankungsprozedere bei Hochdruck
700-bar-Zapfpistolen von Weh
700-bar-Zapfsäule in Berlin
Betankungsrekord

24 Entwicklung
HydroSol: Solar-Wasserstoff-Kraftwerk
Der Blaue Turm auf Ewald

28 Wirtschaft
Modellrechnung einer H_2-Infrastruktur

30 Luftfahrt
Brennstoffzelle bei Flug-Show ILA

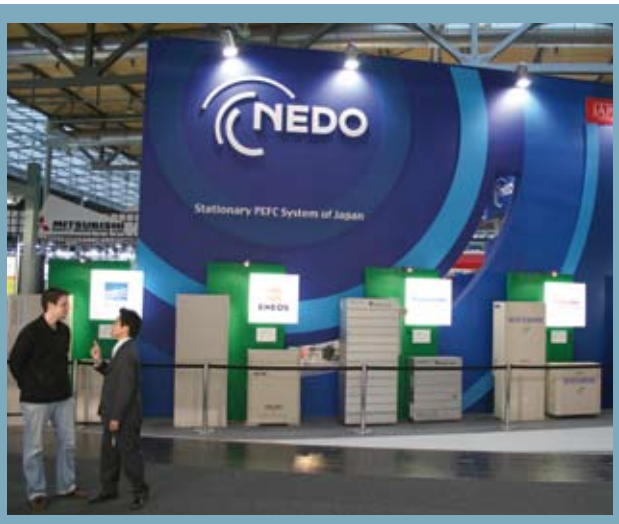
31 Autos
Toyota fährt Rekord ein
Renault zeigt Scénic ZEV H2
Autobahntankstelle in Belgien
HyCologne tritt Bus-Allianz bei
Hayek investiert in Brennstoffzellen

33 Meldungen & Rätsel
Heliocentris & Ballard
UTC versorgt Freedom Tower
Wasserstoff-Wiki
20. ZSW-Geburtstag
Abfallverarbeitung
Wasserstoff-Wettbewerbe
Tiefensee stellt GermanHy vor
Peak Oil ist jetzt

37 Jobbörse

38 Terminkalender

39 Firmenverzeichnis



4-9 *Branchentreff auf der Hannover Messe 2008*

Quelle: Weh

12-23 *Innovative Speicherungs- und Betankungstechnik für Wasserstoff*

30 *Michael Glos und Angela Merkel vorm BZ-Airbus*

IMPRESSUM HZwei

ISSN: 1862-393X
Jahrgang: 8. (2008)

Verlag: Hydrogeit Verlag e. Kfm.
Gartenweg 5
D - 16766 Kremmen

Sitz: Oberkrämer
USt-ID.: DE 221143829
Handelsregister: HRA 1504 OPR, Neuruppin

Redaktion & ViSdP: Dipl.-Ing. Sven Geitmann
Tel./Fax: +49 (0)33055 – 21322/20
E-Mail: kontakt@hydrogeit.de
www.hydrogeit-verlag.de, www.hzwei.info

Design: Dipl.-Des. Andreas Wolter, Weimar
Anzeigen: Dipl.-Betr. (FH) Barbara Makowka, Hamburg

Lektorat: Dione Gutzmer, Berlin
Druck: möller druck und verlag gmbh, Berlin

Druckauflage: 5.000 Stück
Erscheinungsweise: 4 x jährlich

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

Studenten: 50 % Ermäßigung
Kündigung: 6 Wochen vor nächster Ausgabe

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

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

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

H_2YDROGEIT Verlag

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

Titelbild: H_2-Betankungs- und Speichertechnik
[Collage: Andreas Wolter]

WO IST DER MARKT?

Liebe Leserinnen und Leser!

Der Markteintritt der Brennstoffzelle wurde schon viele Male angekündigt. Vor mittlerweile rund zehn Jahren hieß es bereits, der Energiewandler der Zukunft würde in absehbarer Zeit käuflich zu erwerben sein. Seitdem vergehen kaum ein Branchentreffen, eine Messe oder ein Kongress, auf denen nicht von der nahenden Kommerzialisierung der Brennstoffzelle gesprochen wird.

Fast ebenso lange dauert allerdings inzwischen auch schon die Warterei auf den tatsächlichen Markteintritt. Das Jahr 2004 liegt mittlerweile lange hinter uns und weder im Kfz-Sektor noch bei der Hausenergieversorgung können die damals in Aussicht gestellten Verkaufszahlen vorgewiesen werden. Das Warten dauert immer noch an und die Branche übt sich weiterhin in Geduld.

Es muss allerdings eingeräumt werden, dass sich mittlerweile schon Einiges getan hat: Die Anzahl der marktreifen und seriennahen Produkte hat deutlich zugenommen. Man kann sogar schon das ein oder andere BZ-Gerät käuflich erwerben. Ganz billig sind diese meist zwar nicht, aber immerhin befinden sich erste Systeme auf dem Markt.

Auf dem Markt – was heißt das überhaupt? Natürlich reden wir hier nicht mehr von einem Marktplatz im eigentlichen Sinne, sondern wenn, dann im übertragenen Sinn in virtueller Form, aber dort gibt es die ersten Brennstoffzellensysteme durchaus schon. Zwar findet man da zunächst „nur“ Spielzeug oder Demonstrationsmodelle, aber der Endverbraucher kann so erste Erfahrungen mit dieser Zukunftstechnologie sammeln. Und bei einer genaueren Betrachtung fällt auf, dass sich viele diese Lehrmodelle und Experimentierkästen sogar schon seit mehreren Jahren auf dem Markt befinden.

Darüber hinaus gibt es autarke Energieversorgungssysteme, die selbst bei Privatnutzern schon geraume Zeit im Einsatz sind. Insbesondere im Camping-Sektor sind die Preise für derartige Geräte heute im konkurrenzfähigen Bereich angekommen. Fast alle derzeit auf dem Markt befindlichen Reisemobilhersteller bieten Brennstoffzellen als jederzeit lieferbares Zusatzgerät oder auch als vorinstalliertes System an.

Na, dann gibt es doch bereits einen Markt, oder nicht?

Schaut man sich auch im Geschäftskundenbereich etwas näher um, sieht es noch besser aus. Die Zulieferindustrie hat in den letzten Jahren die BZ-Technik als aussichtsreiches Betätigungsfeld für sich entdeckt und bietet inzwischen eine reichhaltige Palette an Komponenten an. Abnehmer sind zwar vornehmlich die Forscher und Entwickler, aber es findet ein ganz normaler Handel statt. Und auch mit kompletten Brennstoffzellensystemen wird vielfach schon Geld verdient. Die Produktionsmengen sind zwar meist noch niedrig, aber die Umsätze erreichen teilweise schon beachtliche Höhen.

Und wie sehen das die Unternehmen?

HZwei befragte während der Hannover Messe zahlreiche Aussteller, und fast alle antworteten, dass sie bereits Handel betreiben, Umsätze generieren, Produkt oder Dienstleistung verkaufen, dass sie also auf dem Markt sind. Prof. Detlef Stolten vom FZ Jülich antwortete auf diese Frage während einer Podiumsdiskussion beim kanadischen Botschafter kurz und knapp: „Die ist kommerziell, da leben Leute von.“

Dann stellt sich doch die Frage, warum heute immer noch so viel vom Henne-Ei-Problem gesprochen wird und worauf wir eigentlich alle warten? Warten wir auf denjenigen, der als Marktschreier lauthals verkündet: Jetzt ist die Brennstoffzelle auf dem Markt? Vielleicht ist sie ja längst dort und wir haben es nur noch nicht bemerkt.

Die gesamte Branche schaut seit Jahren auf die Wasserstofffahrzeuge und denkt, dass Brennstoffzellen erst dann marktreif sind, wenn ein BZ-Auto beim Kfz-Händler neben einem Benziner steht und für den gleichen Preis zu haben ist. Ähnliches gilt für die Hausenergieversorgung. Dass aber bereits in anderen Bereichen seit Monaten und Jahren gute Geschäfte gemacht werden und viele Arbeitskräfte in Lohn und Brot stehen, übersehen die meisten.

Vielleicht sollten wir einfach mal nicht mehr so viel über den Markt reden, sondern uns mehr darauf konzentrieren, weitere Produkte auf denselben zu bringen, bevor das andere machen. Der Markt kommt dann von ganz allein – wenn er nicht sogar schon längst da ist. ||

Herzlichst

Sven Geitmann
HZwei Herausgeber

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

GRÖSSTE ENERGIEMESSE DER WELT

Der Brennstoffzellenmarkt ist eröffnet

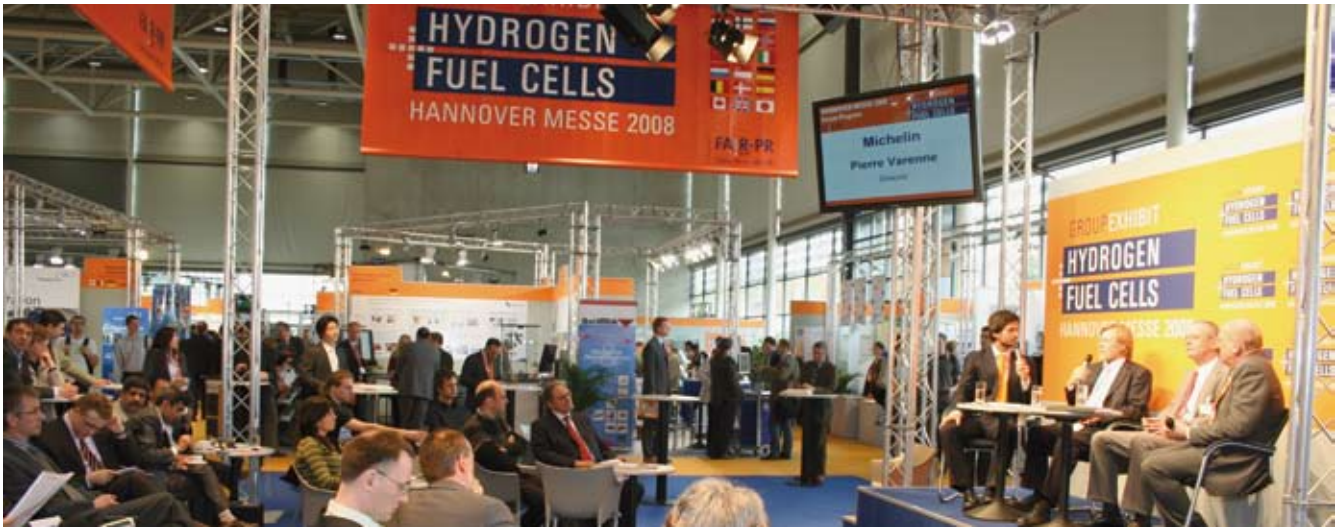


Abb. 1: Anregende Diskussionen auf dem Forum des Gemeinschaftsstandes Wasserstoff und Brennstoffzellen

Energieeffizienz und Klimaschutz waren die bestimmenden Themen der Industriemesse 2008, die vom 21. bis 25. April 2008 in Hannover stattgefunden hat. Mit mehr als 1.000 Ausstellern auf über 40.000 Quadratmetern Präsentationsfläche avanciert die Leitmesse Energy zur größten Energiemesse der Welt. Einen großen Anteil daran haben – neben den erneuerbaren Energien – die Bereiche Wasserstoff und Brennstoffzellen.

Über 100.000 Besucher haben die Energiethemen auf die Messe gelockt. Damit war jeder zweite Besucher in Hannover in den Energy-Hallen 11, 12, 13 und 27 zu Gast. Auch auf dem Gemeinschaftsstand Wasserstoff und Brennstoffzellen ist die Ausstellerzahl deutlich angestiegen: Innerhalb von 14 Jahren erhöhte sie sich von ehemals zehn deutschen Unternehmen auf insgesamt 156 Institutionen aus 23 Ländern. Mit dieser Anzahl ließe sich locker eine eigenständige Fachmesse organisieren. „Seit zwei Jahren spüren wir einen starken Aufwind in der Branche durch steigende Teilnehmerzahlen - bei den Ausstellern und beim Fachpublikum“, erklärte Tobias Renz, Organisator der europaweit größten Präsentation in diesem Bereich.

NIP UND NOW DIE TOP-THEMEN Das Hauptgesprächsthema in den Gängen des Gemeinschaftsstandes sowie auf dessen zentral platziertem Diskussionsforum war jedoch nicht so sehr die Klimaerwärmung oder der Ölpreisanstieg, sondern der Start des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) sowie die Gründung der NOW GmbH - Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Nach monatelanger Warterei war die NOW im Februar 2008 erfolgreich gegründet worden und ist nun für die Koordination der im Rahmen des NIP geplanten Leuchtturmprojekte sowie die Verteilung der Fördergelder verantwortlich. Hierbei geht es immerhin um Gelder in der Größenordnung von 1,4 Mrd. Euro, die innerhalb von zehn Jahren investiert werden sollen, was verständlicherweise für viel Gesprächsstoff sorgt.

Das NIP soll die Forschung und Entwicklung weiter voranbringen und gleichzeitig bei der Markteinführung entsprechender Produkte mithelfen. Eine kurzfristige Kommerzialisierung im Kfz- oder Hausenergieversorgungssektor ist aber auch trotz dieses Förderprogramms nicht herbeizuführen. Guido Gummert, Geschäftsführer der BAXI Innotech GmbH, erklärte die Gründe dafür während der Pressekonferenz am ersten Messetag auf dem Fair-PR-Forum: „Die Zulieferer benötigen zwei bis drei Jahre, bis sie ihre Fertigungsstraßen an unsere Wünsche angepasst haben. Es dauert also noch mindestens bis 2010, 2011, bis diese Firmen liefern können. Mit dem NIP haben sie jedoch die Planungssicherheit, dass auch tatsächlich entsprechende Stückzahlen erreicht werden.“

EIN MARKT ENTWICKELT SICH In anderen Bereichen, insbesondere im B2B-Sektor, gibt es hingegen schon seit langem einen funktionierenden Markt. Zahlreiche Komponentenhersteller und Zulieferer präsentierten ihre Produkte: Bipolarplatten, Membranen, BZ-Stacks und sogar komplette Prüfstände sind seit Jahren kommerziell erhältlich und waren auf der Hannover Messe vertreten. Nach und nach weitet sich das Angebotsspektrum aus, so dass inzwischen auch komplette Energieversorgungssysteme – vorerst allerdings noch als Industrielösungen – angeboten werden. Aber auch der Endverbraucher gerät zunehmend ins Blickfeld der Hersteller, so dass in den nächsten Monaten mit weiteren Brennstoffzellensystemen für Nischenanwendungen gerechnet werden kann.

ÜBER 2.000 HEIZSYSTEME IN JAPAN Ergänzend zu dem Besuch des Gemeinschaftsstandes lohnte sich auch der Blick über den orangefarbenen Teppich hinaus. Auf dem Gemeinschaftsstand des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen war die Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Thematik ebenfalls vertreten. Dort stach besonders IdaTech Fuel Cells hervor, die ihr mannshohes ElectraGen XTi Back-up-System sowie eine H_2 Energy Cell präsentierten. Das ElectraGen XTi versorgte den großen Stand der EnergieAgentur. NRW während der gesamten Messezeit mit Strom für die Beleuchtung. Dabei lieferte es eine durchschnittliche Dauerleistung von 3 kW.

Abb. 2: Nedo hatte gleich 5 verschiedene PEM-Systeme auf dem Stand

Noch imposanter war die Präsentation von insgesamt fünf Hausenergieversorgungssystemen verschiedener PEM-Brennstoffzellen-Hersteller, die Nedo dekorativ und gut sichtbar gleich am Eingang der Halle 27 platziert hatte. Die New Energy and Industrial Technology Development Organization aus Japan koordiniert im Rahmen eines vom japanischen Ministeriums für Wirtschaft, Handel und Industrie (METI) groß angelegten Feldtests die Installation von insgesamt 2.187 stationären BZ-Systemen in 47 verschiedenen Ortschaften.

Eines der fünf beteiligten Unternehmen war die Toyota Motor Corp. (TMC). Toyota arbeitet mittlerweile im dritten Jahr an Brennstoffzelleneinheiten mit Kraftwärmekopplung für den Einsatz in Wohnhäusern. Ihr PEM-Modul wird mit städtischem Erdgas betrieben und leistet 1 kW bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 37 %. Im Rahmen des genannten Demonstrationsvorhabens stellt Toyota dem an diesem Projekt teilnehmenden Unternehmen Toho Gas Co. Ltd. insgesamt 24 Systeme zur Verfügung, die in privaten Häusern installiert werden, um Daten und Erfahrungen für die Weiterentwicklung der Technik für einen kommerziellen Einsatz zu sammeln. Das Regierungsprojekt, das ursprünglich bis zum 31. März 2008 befristet war, soll noch bis Ende März 2009 laufen.

Weiter gehende Informationen über Nedo wird es während der H_2Expo geben, die vom 22. bis 23. Oktober 2008 in Hamburg stattfinden wird und auf der ein Vertreter ausführlich über die japanische Produktentwicklung berichten wird.

2009 MIT 14 LEITMESSEN Tobias Renz möchte den Aufwärtstrend der vergangenen Jahre gerne beibehalten und strebt im nächsten Jahr zum 15. Jubiläum die 200-Aussteller-Marke an. Ein ehrgeiziges Ziel, aber die FC EXPO 2008, die fast zeitgleich in Japan stattfand, beweist, dass noch deutlich größere Ausstellerzahlen erreichbar sind: Rund 24.000 Gäste kamen dort in diesem Jahr zu den 467 Ausstellern.

Die Hannover Messe 2009 wird vom 20. bis zum 24. April stattfinden und 14 anstelle der bisher zehn internationalen Leitmessen umfassen. Neu hinzu kommt unter anderem die Leitmesse Wind im Rahmen der Energy. ||

bwp Bundesverband Wärmepumpe e.V.

SOLARPRAXIS
Engineering & Praxiswissen für neue Energien
KONFERENZEN

6. Forum Wärmepumpe

Wärmepumpe
Markt, Politik, Finanzierung, Marketing & Vertrieb
13. und 14. November 2008 in Berlin

Tagungsort:
NH Hotel | Berlin-Friedrichshain

Information
Steffi Ansorge | Solarpraxis AG
Tel.: 030 | 726 296-337
Fax: 030 | 726 296-309
steffi.ansorge@solarpraxis.de
www.solarpraxis.de

SPONSOREN | MITVERANSTALTER | MEDIENPARTNER

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

NUTZFAHRZEUGE STATT CABRIOS

„Rund-um-sorglos-Paket" von Proton Motor

Der EcoCarrier als Dreiachser – ein Gemeinschaftsprojekt von Proton Motor, EcoCraft und Karmann

Eine Weltpremiere feierten die Proton Motor Fuel Cell GmbH und die Wilhelm Karmann GmbH in Hannover. Gemeinsam mit EcoCraft Automotive präsentierten sie den *EcoCarrier HY3*, der direkt auf der Messe bestellt werden konnte. Der EcoCarrier ist ein leichtes, dreiachsiges Nutzfahrzeug, das in seiner Basisversion mit Batterien betrieben wird. Für die neue Brennstoffzellenausführung konzipierte Proton Motor ein Triple-Hybrid-Antriebssystem, während Karmann, die eigentlich auf Cabriolets spezialisiert sind, für die Systemintegration zuständig war. EcoCraft verantwortet das Konzept und auch den Vertrieb des Gesamtfahrzeugs.

Der Triple-Hybrid-Antrieb verfügt neben der Brennstoffzelle über eine Nickel-Metallhydrid-Batterie sowie über Hochleistungskondensatoren, die durch ein intelligentes Energiemanagement gesteuert werden. Diese Dreifachkombination ermöglicht die Rückgewinnung von Bremsenergie, so dass Energieeinsparungen von 30 bis 60 % realisiert werden können. Felix Heidelberg, Geschäftsführer von Proton Motor, sagte gegenüber HZwei kurz und knapp dazu: „Wer bremst, gewinnt." Erklärend fügte er hinzu: „Wir wollen elektrisch fahren. Elektrisch fahren ist fantastisch." Die Reichweite dieser Elektrofahrzeuge beträgt mehr als 250 km. Dies ist bedeutend mehr als bei einer reinen Batterielösung, bei der 500 kg Gewicht transportiert werden müsste, um eine 50 km lange Fahrstrecke zurücklegen zu können.

Der derzeit anvisierte Verkaufspreis liegt bei unter 100.000 Euro pro Fahrzeug. Bis 2009 sollen 20 Exemplare abgesetzt werden. Während der Hannover Messe gab Proton Motor bekannt, dass die Anschaffung mehrerer Betankungsanlagen im Rahmen verschiedener Projekte anvisiert werde. Beim Verkauf von jeweils fünf Exemplaren des EcoCarriers HY3 soll – als „Rund-um-sorglos-Paket", wie es Heidelberg bezeichnete – jeweils eine H_2-Betankungsstation errichtet werden.

Kurz nach der Messe verkündete das bayerische Unternehmen die Unterzeichnung eines Rahmenvertrags mit der österreichischen AVL List GmbH. AVL beschäftigt sich bereits seit mehr als 15 Jahren mit der Entwicklung von Hybridantrieben und gehört zu den führenden Unternehmen bei der Förderung und Integration von Hybridsystemen in verschiedene Fahrzeugtypen.

Die Wilhelm Karmann GmbH vermeldete Anfang Juni 2008, dass der Produktionsstart der ersten batteriebetriebenen Fahrzeuge (Zwei- und Dreiachser) bereits begonnen hat. Zunächst werden im Auftrag von EcoCraft Automotive Kleintransporter mit Elektroantrieb produziert – und zwar in Serie. Für dieses Jahr ist eine Produktion von 300 bis 500 Fahrzeugen geplant, wobei die Zweiachser zunächst als Batterievariante gebaut werden, die zukünftig um eine Hybridvariante und die Brennstoffzellenlösung erweitert werden soll. Der Sprecher der Geschäftsführung von Karmann, Peter Harbig, erklärte: „Sowohl das Konzept als auch das Fertigungsverfahren sind in höchstem Maße zukunftsträchtig." Zielgruppe für den EcoCarrier sind Handwerksbetriebe, Gastronomie, Gesundheitswesen, Verwaltungen, Flughäfen, Brief- und Kurierdienste.

Karmann sucht momentan nach neuen Betätigungsfeldern, da derzeit Aufträge aus der angestammten Kfz-Branche Mangelware sind. Wie das Handelsblatt Mitte Juni schrieb, erwäge die Eigentümerfamilie sogar einen Verkauf des 7.000 Mitarbeiter beschäftigenden Unternehmens. „Die Familie prüft alle strategischen Optionen", bestätigte ein Sprecher der Gesellschafter gegenüber der Wirtschaftszeitung. Gespräche mit möglichen Interessenten laufen demnach, und auch der Zeitpunkt für eine Entscheidung stehe bereits fest. ||

Für ihr neuartiges dreigliedriges Konzept erhielt Proton Motor im Rahmen der Verleihung des Bayerischen Innovationspreises eine besondere Anerkennung. Unter 100 eingereichten Bewerbungen erhielt das Triple-Hybrid-System des süddeutschen Unternehmens neben neun weiteren Anwärtern ein Preisgeld in Höhe von 5.000 Euro vom bayerischen Ministerpräsident Dr. Günther Beckstein.
Die EcoCraft Automotive GmbH & Co KG erhielt während der Hannover Messe den Industriepreis 2008 der Initiative Mittelstand im Bereich Automotive für die Entwicklung des Fahrzeugs EcoCarrier und seines Fertigungskonzeptes.

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

AUS RUND WIRD ECKIG

CFC präsentiert neue HotModule-Generation

Einer der Hingucker auf dem Gemeinschaftsstand Wasserstoff und Brennstoffzellen war das neue HotModule, das die CFC Solutions GmbH erstmalig der Öffentlichkeit präsentierte. Nachdem sich die Tognum-Tochtergesellschaft im vergangenen Jahr eine schöpferische Pause gegönnt hatte und nicht in Hannover ausstellte, zeigte sie dieses Mal auf der Industrieschau ihr neues HM320 Modell, das durch seine Quaderform überraschte. Ulrich Ruwier, der für den Vertrieb verantwortliche CFC-Geschäftsführer, begründete das veränderte Design mit einer größeren Gestaltungsfreiheit für die interne Prozessführung und einer einfacheren Zugänglichkeit für Techniker, räumte aber gleichzeitig ein, dass das bisherige runde Design formschöner gewesen sei.

In dem eckigen Container befindet sich jetzt ausreichend Platz, um deutlich größere Stacks installieren zu können. Das HM320 verfügt über 500 Einzelzellen, die eine elektrische Leistung von 363 kW Gleichstrom liefern (thermische Leistung: 250 kW). Eine Ausweitung des Angebotsspektrums auf 400- (HM310) und 500-kW-Anlagen (HM330) ist bereits geplant, so dass dann durch die Kombination mehrerer Systeme bis in den Megawattbereich vorgestoßen werden könnte. Zudem ist die Kombination mit einem Gasmotor anvisiert (HM320 + MDE 400). Ein derartiges Hybridsystem soll dann später rund 700 kW leisten.

Befragt nach der Marktreife antwortete Ruwier der HZwei-Redaktion: „Die Prototypenzeit ist vorbei.“ Aus diesem Grund strebt CFC in der zweiten Jahreshälfte 2008 den Start einer Fertigungsstraße an, die eine Kapazität von 100 Modulen pro Jahr aufweisen soll.

INBETRIEBNAHME BEI MTU

Eine der letzten Anlagen des alten Typs HM300 in Zylinderform, die in Zusammenarbeit mit der TWF (Technische Werke Friedrichshafen GmbH) entstand, nahm Baden-Württembergs Wirtschaftsminister Ernst Pfister Mitte Juni 2008 in Betrieb. Die 2,5 Mio. Euro teure Installation war quasi ein Tognum-Heimspiel, denn die Brennstoffzelle stammte von der Tognum-Tochter CFC Solutions, und MTU, ebenfalls eine Tognum-Tochter, ist der Hauptabnehmer der produzierten Wärme und gleichzeitig Eigentümer des Geländes. „Hier haben zwei Partner zusammengefunden und gemeinsam Energiegeschichte für die Region geschrieben“, sagte TWF-Geschäftsführer Alfred Müllner. Pfister zeigte sich erfreut, dass damit „der Startschuss für einen neuen Abschnitt der Energieerzeugung“ in der Region falle.

Tognum-Vorstandsmitglied Christof von Branconi sagte bei der Einweihung. „Die neue Anlage demonstriert, wie Unternehmen die Brennstoffzellen-Technologie in ihrem eigenen Energieverbund nutzen können.“ Das Unternehmen stellte zudem in Aussicht, dass man im Zuge der Erschließung

Kommerzialisierung von Wasserstoff und Brennstoffzellen

→ 15. Gemeinschaftsstand Wasserstoff und Brennstoffzellen HANNOVER MESSE 2009 20. – 24. April www. fair-pr.com

→ Internet Dokumentation über weltweite H_2/FC Konferenzen

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

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

Ulrich Ruwier erläutert das HM320

des weltweit wachsenden Marktes für dezentrale Energieversorgung die Produkte sämtlicher Tochter-Unternehmen aus diesem Bereich im Herbst zur Sparte MTU Onsite Energy zusammenfassen werde.

DAIMLER HOLT SICH TOGNUM ZURÜCK

Wie kurz nach der Hannover Messe bekannt wurde, bekommt die Tognum AG, die Muttergesellschaft von CFC Solutions, einen neuen Hauptaktionär. Nachdem sich die DaimlerChrysler AG im Jahr 2005 von dem damals noch unter dem Namen MTU Friedrichshafen firmierenden Unternehmen getrennt hatte, beschloss der Daimler-Aufsichtsrat Ende April, wieder bei Tognum einzusteigen. Die Daimler AG zahlte rund 585 Mio. Euro für zunächst 22,3 % an den schwedischen Finanzinvestor EQT, der damit seine zunächst nach der Übernahme einbehaltenen Anteile komplett verkaufte. 2005 waren es noch 1,1 Mrd. Euro gewesen, die die Stuttgarter erhalten hatten. Das erklärte Ziel der Schwaben ist, Anteile von mindestens 25 % zu erlangen, um somit über eine Sperrminorität zu verfügen, so dass strategische Entscheidungen der Zustimmung von Daimler bedürfen. Der Vollzug der Transaktion soll nach Erhalt der kartellrechtlichen und behördlichen Genehmigungen im 3. Quartal 2008 stattfinden.
Thomas Fröhlich, der Daimler-Pressesprecher, erklärte gegenüber der Schwäbischen Zeitung: „Tognum hat sich über den Börsengang das nötige Geld geholt und sich super entwickelt." Weiter hieß es von Daimler, 585 Mio. Euro Invest sei zwar eine große Summe, aber gemessen an der Gesamtliquidität im Bereich von elf Milliarden Euro überschaubar.

LEONBERG UND AHLEN FALLEN AUS Wie bereits im Vorwege der Hannover Messe bekannt geworden war, hatte es zuletzt mit einem der 23 zuvor installierten zylinderförmigen HotModule Probleme gegeben, als es in der Karbonat-Brennstoffzelle bei der Vergärungsanlage Leonberg Mitte vergangenen Jahres unerwartet zu Leistungseinbußen gekommen war. Nachdem zunächst versucht wurde, eine Ursachenforschung vor Ort zu betreiben (s. HZwei Jan. 2008), wurde das gesamte System kürzlich deinstalliert und abtransportiert, um die Brennstoffzelle im CFC-Werk überprüfen zu können. Da an diesem Standort im Landkreis Böblingen Biogas aus Küchenabfällen verwendet wird, könnte irrtümlich in die braune Tonne gelangter Sondermüll der Grund für die Probleme sein. Ähnlich war es auch in Ahlen, wo es zu einem Garantiefall gekommen war, als durch einen Designfehler in der Gasreinigungsanlage im kommunalen Abwasserwerk FCKW im Klärgas zum Totalausfall des dortigen HotModules geführt hatte. Zukünftig soll eine mitlaufende Gasdetektion die Gaszusammensetzung überprüfen, um bei wiederholten Verunreinigungen die Brenngaszuführung rechtzeitig unterbrechen zu können.

Wie die Leonberger Kreiszeitung berichtete, möchte das Landratsamt Böblingen trotzdem dieser Technik treu bleiben. „Unser Ziel war es, an dieser High-Tech-Anlage festzuhalten und eine für den Landkreis kostenneutrale Lösung zu realisieren", sagte Wolf Eisenmann, der Erste Werkleiter des Abfallwirtschaftsbetriebs, gegenüber der Regionalzeitung. ||

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

MIR SAN MIT'M RADL DA!

Postzustellung auf Brennstoffzellen-Drahteseln

Einen kleinen, aber bedeutenden Stand konnte der findige Messebesucher auf der Energy in Hannover bei Bayern Innovativ finden. Auf dem Gemeinschaftsstand der Süddeutschen war – seitlich in einem Seitengang – die Clean Mobile AG recht unauffällig platziert, und auch die Standgestaltung war eher bescheiden. Das Unternehmen aus Unterhaching beschränkte sich bei seiner Präsentation auf die Zurschaustellung eines postgelben Lastenfahrrads sowie eines dunkelroten Behinderten-Scooters, obwohl es einiges mehr zu bieten hatte. Die volle Tragweite des Unternehmenskonzepts erschloss sich dem interessierten Besucher aber erst nach und nach, wenn es ihm gelang, den viel beschäftigten Vorstandsvorsitzenden Werner Gruber auf ein Gespräch abzupassen.

In solch einem Fall konnte man von Gruber eine Erfolgsgeschichte hören, derer gleichen es bisher in der Brennstoffzellenbranche noch nicht sonderlich häufig gegeben hat. Der ehemalige „Bauernbub" (Gruber über Gruber) referiert dann mit zunehmender Begeisterung über die Serienfertigung von Brennstoffzellen-Zweirädern, von Großaufträgen aus Frankreich, Großbritannien und der Türkei, von drastischen Einsparungsmöglichkeiten bei der Postzustellung und leisen, sauberen Fortbewegungsmitteln, die viel weniger Wartung benötigen als ihre stinkenden, lauten Vorgängermodelle. In diesem Fall redet er von kleinen 2-, 3- oder 4rädrigen Fahrzeugen, die wahlweise eine kompakte integrierte Tretunterstützung oder aber einen vollwertigen elektrischen Antrieb besitzen. Gruber hat für diese Produkte bereits so viel positives Feedback von potentiellen Kunden erhalten, dass er beinah zu vergessen scheint, dass bisher noch kein Liefervertrag unterschrieben ist. „Die können gar nicht anders!" konstatiert er nüchtern.

Er meint damit die Postunternehmen im In- und Ausland, die bisher zum Teil sehr aufwändige und damit teure Zustellmethoden verfolgen: mehrfaches Hin- und Herfahren, zeitraubendes Nachliefern von Posttaschen oder drastische Überbeanspruchung von Fahrzeugen – und all dies tagtäglich. Seine Lösung lautet: methanolbetriebene Brennstoffzellen-Zwei- oder -Dreiräder.

Clean Mobile verfügt mittlerweile über eine ganze Produktfamilie von Brennstoffzellenantrieben für kleine Fahrzeuge. Gruber zählt dafür derzeit ganz auf die Partnerschaft mit der Smart Fuel Cell AG (SFC), die momentan als eines der wenigen Unternehmen weltweit zuverlässig funktions-

Brennstoffzellen sollen Postboten entlasten

tüchtige Direktmethanolbrennstoffzellen in der gewünschten Leistungsklasse liefern können. Aber auch asiatische Unternehmen wie Hitachi und Yamaha haben laut Gruber Kooperationsinteresse signalisiert. Als Exklusivpartner fahrzeugseitig arbeitet das 13 Mitarbeiter beschäftigende Unternehmen mit dem Fahrradhersteller Hercules zusammen, einem der ältesten und größten Fahrradhersteller in Deutschland.

Es hört sich also alles ganz überzeugend an, so dass der Eindruck einer wahren Erfolgsgeschichte entsteht. Es fehlen nur noch die Unterschriften.

MARKTREIFER ELEKTROROLLER Smart Fuel Cell war aber nicht nur indirekt über Clean Mobile in Hannover vertreten, sondern auch direkt mit einem Exponat auf dem Gemeinschaftsstand des Bundesverbandes Solare Mobilität anwesend. SFC zeigte dort den GECO42fun, ein Elektroroller mit einer EFOY-Brennstoffzelle im Topcase. Das Hybrid-Zweirad stammt von der Gesellschaft für umweltbewusste Fortbewegung (GUF) und verfügt neben der Brennstoffzelle auch über eine Batterie. Sobald der Ladezustand des Akkumulators unter einen vorgegebenen Wert sinkt, schaltet sich die methanolbetriebene Brennstoffzelle ein und lädt die Batterie wieder auf. Die Reichweite mit einer 5-l-Tankpatrone beträgt bis zu 500 km. Anders als viele andere Brennstoffzellen-Zweiräder, die in den letzten Jahren in Hannover ausgestellt wurden, handelte es sich hierbei um keinen Prototyp, sondern um ein käuflich zu erwerbendes marktreifes Produkt (Messepreis: 4.999 Euro).

KONKURRENZ AUS CHINA Ebenso unauffällig zeigte sich die Pearl Hydrogen Power Source Technology Co., was daran gelegen haben mag, dass fast zeitgleich die 18. Internationale Fahrrad- und Motorrad-Messe in Shanghai stattgefunden hat, wo ihr neues BZ-Fahrrad erstmals offiziell vorgestellt wurde. Pearl Hydrogen arbeitet mit Celimo zusammen, einem Marktführer für elektrische Fahrräder in China, mit dem im vergangenen Herbst der Prototyp eines Hybridfahrrads präsentiert wurde.
In Großbritannien befindet sich bereits ein Zweirad der Firma Valeswood auf der Straße, in das eine PEM-Brennstoffzelle von Pearl Hydrogen (24 V) eingebaut wurde. Das Besondere an diesem Modell ist, dass es zusammenklappbar ist und somit leicht im Kofferraum mittransportiert werden kann. Der Wasserstoff aus den beiden eingebauten Metallhydridspeichern reicht für eine Fahrstrecke von 100 km. Die Maximalgeschwindigkeit beträgt 25 km/h. Als Kaufpreis müssen potentielle Kunden etwa 3.200 Euro plus Steuern einkalkulieren. ||

BUSINESS NETWORK

E-world
energy & water

10.-12.2.2009
Essen/Germany

MESSE ESSEN
Place of Events

www.e-world-2009.com • mail@e-world-essen.com • Hotline +49 (0)201.1022.210

con energy

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

NAH AM MARKT?

NHA-Conference & Hydrogen Expo US in Sacramento

Ride and Drive [Quelle: NHA]

Der Sunshine-State Kalifornien ist nicht nur wegen seiner guten Küche und der schönen Landschaft beliebt. Vor allem im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie gilt Kalifornien weltweit als einer der Knotenpunkte. Als Veranstaltungsort für die 19. Konferenz der National Hydrogen Association (NHA), die vom 30. März bis zum 3. April 2008 zusammen mit der Hydrogen Expo US stattfand, war Sacramento also bestens ausgewählt. Die Botschaft war eindeutig und spiegelte sich im Veranstaltungsuntertitel wieder: „Ramping up Commercialization".

Als erstes Highlight erwartete den Besucher in der Eingangshalle das GenSys 10-kW-System von Plugpower, das sämtliche Registrierungs-Computer mit Strom versorgte. Insgesamt vier Tage komplett fehlerfreien Betriebes zeigen, dass hier eindeutig nicht mehr Labortechnik, sondern marktreife Technik zu sehen war. Dass allerdings 80 Mitarbeiter im Rahmen einer Umstrukturierung entlassen werden müssen, zeigt auch, dass die ehrgeizigen Wachstumspläne nicht so einfach einzuhalten sind.

ELEKTRISCHE ANTRIEBE KOMMEN Auf der automobilen Seite konnte auf der Expo überzeugend vermittelt werden, dass die Serienfertigung keine Dekaden mehr entfernt sein kann. Das bewies auch die große Anzahl präsentierter Fahrzeuge. Toyota, Honda, BMW und Volkswagen zeigten ihre aktuellen Modelle. Einzig Daimler war mit seinem Hygenius-Schnittmodell mit keinem „echten" Wagen vertreten. Auch die Infrastrukturfirmen waren zahlreich vertreten. Neben Shell und Chevron präsentierten auch die Gasefirmen Linde und Air Products eigene Lösungen und Vorstellungen rund um das Thema H_2-Infrastrktur.

Über Pro und Kontra der Hybridfahrzeuge stritt sich kaum einer mehr ernsthaft. Alle Modelle verfügen über mehr oder weniger groß dimensionierte Stromspeicher. Durch den von Toyota losgetretenen Run auf Hybridtechnik und Batterien kommt es allerdings momentan weltweit zu Problemen bei der Lieferung von geeigneten Komponenten und Systemen. Die japanischen Hersteller sind dabei durch die Nähe zu Panasonic im Vorteil gegenüber den westlichen Herstellern. Aktuelle Ausstattungen der Serienfahrzeuge zeigen aber, dass das Auto von morgen auch bei den deutschen Herstellern weiter elektrifiziert wird und der Übergang zu elektrischen Antrieben begonnen hat.

SCHWARZER PETER Die gespannt erwartete Rede von Larry Burns, dem F&E-Präsidenten von General Motors, war gespickt mit zahlreichen Details für eine Umsetzung einer flächendeckenden H_2-Infrastruktur. Aus dem von GM vorgestellten White Paper geht hervor, dass ein Versorgungssystem nicht nur technisch ohne weiteres realisierbar ist, sondern auch ökonomisch eine lösbare Aufgabe darstellt. Seine Forderungen zielten in Richtung der Mineralölunternehmen, die in der Pflicht stünden, die notwendige Infrastruktur an Knotenpunkten wie zum Beispiel der Bay-Area um San Francisco und Los Angeles aufzubauen, die dann zeitgleich mit der Auslieferung der Fahrzeuge bereitstehen soll. Den „Black Peter" über den Infrastrukturausbau und die Flottenbereitstellung schoben die Mineralölkonzerne allerdings wie gewohnt umgehend wieder von sich zurück.

Die Forderung des CARB (Clean Air Ressource Board) nach 7.500 Zero-Emission-Vehicles zwischen 2012 und 2014 dürfte zwar die Anzahl der Pkw in Kalifornien erhöhen, bis dahin sind aber noch einige Meilensteine zu nehmen. Während sich GM mit genauen Zahlen zurückhält, wiederholte Daimler, dass eine dreistellige Zahl von Fahrzeugen bis 2010 ausgeliefert sein wird. Honda möchte bis 2010 rund 100 Fahrzeuge des Typs FCX Clarity überwiegend in Japan und Kalifornien platzieren. Honda und Toyota haben nach eigenen Angaben bereits begonnen, die Serienfertigung der Fahrzeuge vorzubereiten. Die Zahl 100 ist auch bei BMW Programm: ebenso viele Autos des H_2-Siebeners sind zurzeit auf dem pressewirksamen Marketing-Feldzug unterwegs. Das Credo der „großen Vier" (GM, Daimler, Honda, Toyota) lautet einhellig: Die technischen Voraussetzungen für die Kommerzialisierung sind geschaffen. In den letzten drei Jahren dominierte die Kaltstartproblematik, die man aber nun im Griff habe.

RIDE AND DRIVE Gut besucht, aber nicht überfüllt war das angebotene Ride-and-Drive-Programm, zu dem man sich bequem in einem AC-Transit-Bus emissionsfrei befördern lassen konnte. Ganze acht H_2-Pkw standen zu einer Probefahrt bereit: Mercedes F-cell, Chevy Equinox, Ford Focus, Toyota Highlander, Kia Sportage, Nissan X Trail und ein VW Touran sowie der siebener BMW. Alle Autos machten einen guten Eindruck - leise und zügige Beschleunigung waren aber die einzigen Parameter, die man auf die Schnelle „erfahren" konnte. Schwer zu sagen, welches Auto am überzeugendsten war, da einige der Kfz-Konzepte (z. B. Focus, A-Klasse) schon etwas betagter sind und ein direkter Vergleich recht unfair wäre. Als Resultat bestätigt sich aber das Statement von Larry Burns von GM: technisch sind alle Hausaufgaben gemacht.

Man wird nächstes Jahr im März 2009 auf der 20. NHA-Konferenz in South Carolina sehen, ob bis dahin tatsächlich über einhundert zusätzliche Wasserstoffautos auf den Straßen unseres Planeten rollen. ||

→ *www.hydrogenconference.org*

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

F-CELL MIT INNOVATIONSBÖRSE

8. Brennstoffzellen-Symposium in Stuttgart

Gold-Award-Preisträger 2007: Gerald Hornburg (l.) von NuCellSys

Zum achten Mal findet in diesem Jahr das f-cell Symposium im Haus der Wirtschaft in Stuttgart statt. Erstmalig präsentiert der Organisator, die Peter Sauber Messen und Kongresse GmbH, neben dem Kongress und der Messe zusätzlich eine Posterausstellung vom 29. bis 30. September. Unter dem Titel *f-cell vision best poster* werden die drei besten Präsentationen mit einem neu ausgelobten Preis ausgezeichnet.

Die Innovationsbörse *f-cell vision*, die erstmalig zum Thema „Zukünftige Brennstoffzellentechnologien und Anwendungen“ stattfindet, soll Wissenschaftlern die Möglichkeit bieten, neuartige Konzepte, Materialien, Herstellungs- und Anwendungsverfahren zu präsentieren. Es werden maximal 20 von einer Fachjury ausgewählte Poster zu sehen sein, von denen die drei besten besonders prämiert werden. Zusätzlich findet auch in diesem Jahr wieder die Preisverleihung der vom Land Baden-Württemberg gestifteten f-cell Awards statt. Das Landesumweltministerium erhöhte die Preisgelder für die drei Awards in Gold, Silber und Bronze um 10.000 Euro auf nunmehr insgesamt 35.000 Euro. Der Geschäftsführer der Wirtschaftsförderung Region Stuttgart GmbH, Walter Rogg, sagte: „Der f-cell Award soll die Verbreitung erneuerbarer Energien und neue Speichertechniken beschleunigen und dazu beitragen, dieses Marktpotenzial auch für die Wirtschaft in der Region Stuttgart und in Baden-Württemberg zu erschließen.“

Organisator Peter Sauber geht davon aus, dass sich der Aufwärtstrend der letzten Jahre bei der Zahl der Aussteller (2007: 41) sowie bei der Zahl der Teilnehmer und Besucher (2007: 700) auch 2008 fortsetzen wird. Er baut dabei auf die Zugkraft der insgesamt 60 international anerkannten Referenten, die unter anderem aus den USA, Kanada, Japan und Korea anreisen.

John Tak, Präsident von Hydrogen and Fuel Cells Canada, wird über die geplante Brennstoffzellen-Busflotte vom kanadischen Verkehrsunternehmen B.C. Transit informieren. Ebenfalls aus Kanada kommt die Firma Sacré-Davey Innovation. Inc., die Wasserstoff aus der elektrochemischen Industrie verwendet. Der Präsident, Chris Sacré, wird berichten, wie dieser Abfallwasserstoff in zwei Tankstellen sowie einer Autowaschanlage genutzt wird. Aus den USA reist John Van Zee an, Professor der University of South Carolina, der über den Status der H_2- und BZ-Aktivitäten in den USA referieren wird, sowie Byron McCormick, Geschäftsführer für Fuel-Cell-Aktivitäten bei General Motors, der den Wettbewerb zwischen Brennstoffzellen- und Batteriefahrzeugen beleuchten wird.

Im Rahmen des 2007 eingeführten f-cell-Themenforums „Marketing-Strategien für Brennstoffzellen-Systeme“ wird unter anderem Manfred Stefener, der Gründer der Smart Fuel Cell AG, einige Kniffe seines erfolgreich durchgeführten Markteinstiegs verraten. Und zum Titelthema dieser HZwei-Ausgabe, über die Druckgasspeicherung sowie die 700-bar-Betankung (s. S. 12 bis 23), wird Jaco Reijerkerk von Linde Gas etwas erzählen.

PEM-Elektrolyseur-Stack von h-tec

Auf der f-cell Messe wird unter anderem der Elektrolyseur-Stack (EL 30) von h-tec der GmbH vorgestellt, von dem bereits während der Hannover Messe ein Prototyp erstmalig präsentiert wurde. Das Lübecker Unternehmen, das in diesem Jahr bereits zum fünften Mal in Stuttgart mit dabei sein wird, kündigte nun an, für diesen Elektrolyseur konkrete Lieferkonditionen und Preise während der f-cell nennen zu können. Der Stack ist für eine Zellenanzahl von 1 bis 55 Einzelzellen ausgelegt und kann trotz seiner geringen Abmaße (110 x 200 x 105 mm) bis zu 40 Normkubikmeter Wasserstoff pro Minute erzeugen. ||

Thema: Speicherung | **Autoren:** Volker Strubel, Angelika Bertalanic

StorHy SCHREIBT GESCHICHTE

Perspektiven für automobile H_2-Speichersysteme

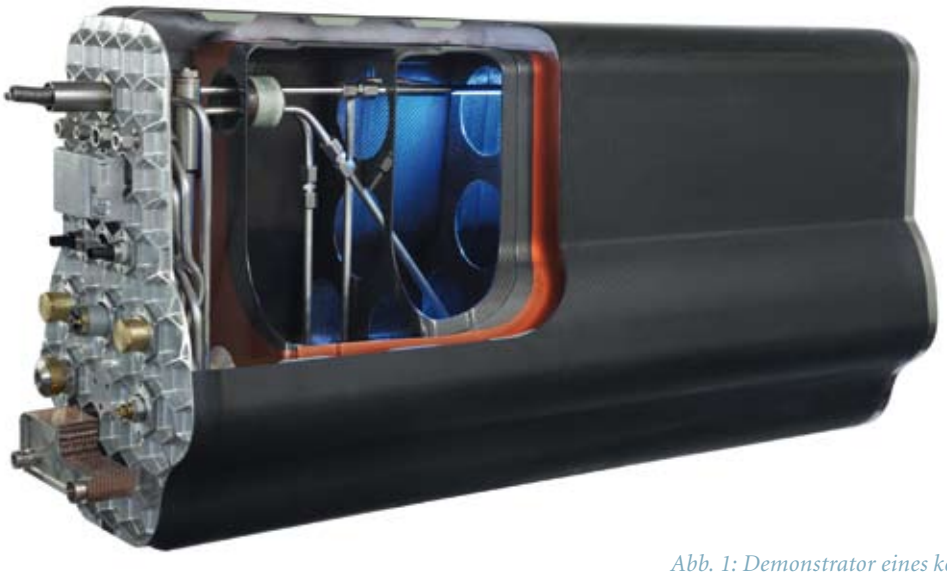


Abb. 1: Demonstrator eines komplex geformten Flüssigwasserstoff-speichersystems [Quelle: StorHy SP Cryo]

Die Speicherung von Wasserstoff in Fahrzeugen gilt als Schlüsseltechnologie für dessen Nutzung als zukünftiger automobiler Kraftstoff. Das Projekt StorHy (Hydrogen Storage Systems for Automotive Applications) hat sich zum Ziel gesetzt, robuste, sichere und effiziente H_2-Speichertechnologien für den Fahrzeugeinsatz zu entwickeln. Ausgehend von den Anforderungen der Automobilindustrie und der Endkunden an alternative Kraftstoffsysteme werden die drei Hauptrichtungen der Wasserstoffspeicherung – die Speicherung von komprimiertem gasförmigem Wasserstoff, von tiefkaltem flüssigem Wasserstoff sowie von Wasserstoff in Feststoffen – beschrieben.

In den Pressemeldungen der jüngsten Zeit nehmen die Diskussionen über die anhaltenden Ölpreissteigerungen einen breiten Raum ein. Die Sicherung unserer zukünftigen Energieversorgung rückt in das breite öffentliche Bewusstsein, spätestens seit AutofahrerInnen mit täglich steigenden Benzin- und Dieselpreisen an der Tankstelle konfrontiert werden.

Seitens der Politik und der Industrie wird Wasserstoff als Erfolg versprechender zukünftiger alternativer Energieträger für den Transportsektor gesehen. Die H_2-Speicherung ist hierbei eine der wesentlichen Schlüsseltechnologien für seine umfassende Nutzung als Kraftstoff in Fahrzeugen.

Konsumenten sind die Leistungsfähigkeit und den Komfort konventioneller Benzin- und Dieselfahrzeuge gewöhnt und stellen daher auch an alternativ angetriebene Fahrzeuge dieselben Erwartungen, wie z. B.

- ausreichende Reichweite
- bequemes und schnelles Betanken
- hohes Sicherheitsniveau
- akzeptable Fahrzeugkosten
- hohe Langzeitzuverlässigkeit des Fahrzeugs

Derzeit kann noch keine der Speichertechnologien alle Anforderungen erfüllen.

Das integrierte Projekt StorHy, das mit Fördermitteln der Europäischen Kommission im 6. Forschungsrahmenprogramm unterstützt wurde, hat sich zum Ziel gesetzt, robuste, sichere und effiziente mobile Wasserstoffspeichersysteme zu entwickeln, die für Fahrzeuge mit Brennstoffzelle oder Verbrennungskraftmaschine geeignet sind.

EU-PROJEKT STORHY Die volumenbezogene Energiedichte von Wasserstoff ist erheblich geringer als die von Benzin und Diesel. Um eine ausreichende Fahrzeugreichweite zu erzielen, muss der Wasserstoff daher entweder als komprimiertes Gas unter hohen Drücken (bis 70 MPa), als kryogene Flüssigkeit bei sehr tiefen Temperaturen (- 253 °C) oder absorbiert in Feststoffen gespeichert werden. Im Rahmen des StorHy-Projekts wurden alle drei Speichertechnologien basierend auf Anforderungskriterien der Fahrzeughersteller unter den Partnern weiterentwickelt. Die Entwicklungsziele waren die Herstellbarkeit der Speichersysteme in großen Stückzahlen sowie das Erreichen der Kostenziele, eine akzeptable Energiedichte und eine hinreichende Zuverlässigkeit.

Um diese anspruchsvollen Ziele zu erreichen, arbeiteten 34 Partner (5 Automobilhersteller, 15 Forschungsinstitute und 14 Zulieferer) aus 13 Ländern der Europäischen Union unter der Federführung von MAGNA STEYR zusammen. Dem Konsortium steht bis zum Projektabschluss im August 2008 ein Gesamtbudget von 18,7 Mio. Euro, davon 10,7 Mio. Euro aus EU-Fördermitteln, zur Verfügung.

Das Projekt teilt sich in sechs Subprojekte, von denen drei den verschiedenen H_2-Speichertechnologien gewidmet sind und drei sich mit technologieübergreifenden Themen wie Anforderungen, Sicherheit und Evaluation beschäftigen.

Abb. 2: 70 MPa Wasserstoffdruckbehälter mit Kunststoffliner [Quelle: CEA / Ullit]

SUBPROJEKT HOCHDRUCKSPEICHERUNG Dieses Subprojekt, geleitet von Air Liquide, zielte darauf ab, leichte Speicherbehälter mit komprimiertem Wasserstoffgas bei einem Druck von 70 MPa und diese ergänzende Nebensysteme zu entwickeln.

Es wurden verschiedene Prototypen einer neuen Generation von 70 MPa Druckbehältern gebaut und getestet. Diese bestehen entweder aus einem Stahlliner (Typ III) oder aus einem Kunststoffliner (Typ IV, s. auch S. 18), die jeweils mit Kohlefaserverbund umwickelt sind. Der StorHy Typ III-Behälter wurde von Faber, der StorHy Typ IV-Behälter von CEA / Ullit entwickelt. Dieser neue Typ IV-Behälter besitzt eine patentierte Permeationsbarriere (Liner) auf Polyamidbasis, die im Schleudergussverfahren hergestellt wird (s. Abb. 2). Der Liner ermöglicht eine deutliche Verringerung der Verluste, die aus der Permeation des Wasserstoffs durch die Behälterhülle resultieren.

Um eine zukünftige Massenproduktion von duroplastischen Hochdruckbehältern zu ermöglichen, wurde von der Institut für Verbundwerkstoffe GmbH (IVW) ein innovatives Wickelverfahren entwickelt, das die Wickelgeschwindigkeit im Vergleich zu herkömmlichen Wickelverfahren verdreifacht. Kernkomponente des Prozesses, der mit zwei Innovationspreisen prämiert wurde, ist eine Mehrkopfwickelanlage, die eine gleichzeitige Ablage von sieben Faserbündeln gestattet.

Für die Optimierung des Betankungsprozesses mit Betankungsdrücken bis zu 85 MPa war sowohl die Entwicklung von Betankungskomponenten wie auch von tankstellenseitigen Technologien notwendig. Von WEH wurden dafür spezielle Hochdruckkomponenten entwickelt (s. S. 20).

Das Ziel, einen 150-l-Tank in weniger als vier Minuten zu befüllen, wurde mittels spezieller Betankungsprozeduren erreicht (entwickelt von Air Liquide), wie beispielsweise eines Kaltgasfüllprozesses, bei dem H_2-Gas mit Hilfe von tiefkaltem Flüssigstickstoff vorgekühlt wird und somit die Erwärmung des Speichersystems beim Betanken minimiert werden kann.

Als eine innovative Alternative wurde von PSA Peugeot Citroën ein austauschbares 70 MPa Speichersystem entwickelt. Für die Betankung des Fahrzeugs wird das komplette System entnommen und ausgetauscht und kann dann an einer industriellen zentralen Gasstation nachgefüllt werden. Dieses System bietet in der Anfangsphase der Wasserstoffwirtschaft den Vorteil, dass Fahrzeuge auch ohne flächendeckendes Tankstellennetz betrieben werden können.

SUBPROJEKT KRYOGENE SPEICHERUNG Kryogene Tanksysteme speichern Wasserstoff in flüssiger Form bei sehr tiefen Temperaturen (20 K = - 253 °C) und relativ niedrigen Drücken (0,2 MPa bis max. 1 MPa). Im Subprojekt Kryogene Speicherung (Leitung: Magna Steyr unter Mitarbeit von BMW, Oerlikon, MT Aerospace, Linde, Volvo, Air Liquide, u.a.) wurde ein hochinnovativer Flüssigwasserstoffspeicher entwickelt, der eine erhebliche Gewichtsreduktion und eine Anpassung an die Fahrzeugstruktur ermöglicht.

LH_2-Speichersysteme bestehen – vergleichbar mit einer komplexen Thermoskanne – aus doppelwandigen Behältern mit einem Hochvakuum und Superisolationsschichten zwischen Innen- und Außentank, die die Verdampfungsverluste durch Wärmeeintrag minimieren. Durch Verwendung eines kohlefaserverstärkten Verbundwerkstoffs und einer neuen metallischen H_2-Permeationssperrschicht, die das Hochvakuum dauerhaft erhalten soll, konnte die gravimetrische Speicherdichte gegenüber herkömmlichen Stahllösungen verdreifacht werden. Damit würde sich auch die Reichweite eines mit einem derartigen Behälter ausgestatteten Fahrzeugs erhöhen.

Der entwickelte StorHy-Demonstrator ist weltweit der erste automobile LH_2-Tank mit komplex geformtem Design (s. Abb. 1).

SUBPROJEKT H_2-FESTSTOFFSPEICHER Das dritte Subprojekt befasste sich mit der H_2-Anlagerung oder -Einlagerung in Feststoffe. Die größte Herausforderung hierbei ist, ein geeignetes Material zu finden, das nicht nur eine genügend hohe Speicherkapazität aufweist, sondern gleichzeitig eine H_2-Einlagerung und -Freisetzung bei moderaten (Temperatur- und Druck-) Bedingungen ermöglicht, wie sie im Fahrzeug vorherrschen.

Unter Leitung des norwegischen Institutt for Energiteknikk (IFE) konzentrierten sich Entwicklungspartner (Forschungszentren Karlsruhe und Geesthacht, Daimler u. a.) auf das grundlegende Verständnis des chemischen und physikalischen Verhaltens von komplexen Alanaten. Die Untersuchungen waren auf die Erhöhung der Speicherdichte sowie die Hydrierungs- und Dehydrierungskinetik dieser Materialien ausgerichtet. Des Weiteren wurden mögliche Produktionsprozesse für größere Mengen an Speichermaterial untersucht.

Das Hauptergebnis ist die Auslegung und der Aufbau eines Tankdemonstrators mit 8 kg Speichermaterial, der die Speicherung von 0,4 kg Wasserstoff ermöglicht (s. Abb. 3). Mit Hilfe dieses Tanks wurde das thermodynamische Verhalten bei Betankung und Entnahme studiert, um das Wärmemanagement für solche Tanksysteme im Automobil darzustellen.

Eine Anwendbarkeit von Feststoffspeichern basierend auf Alanaten konnte für die automobile Nutzung nicht belegt werden. Die Speicherdichten und / oder die Wasserstofffreisetzungsbedingungen dieser Materialien sind nicht geeignet für automobile Anwendungen.

Abb. 3: Feststoffspeichertank-Demonstrator [Quelle: GKSS / TU Hamburg Harburg]

ERGEBNISSE Im Rahmen des Projekts StorHy konnten deutliche Fortschritte hinsichtlich innovativer H_2-Speichertechnologien erzielt werden. Das Projekt konnte den Weg für den Markteintritt für die Druck- und Flüssigwasserstoffspeicher ebnen, die nunmehr bereit sind für die Entwicklung von automobilen Kleinserien. Allerdings wurden auch die Grenzen der Optimierung deutlich, die durch physikalisch-chemische Eigenschaften einerseits, aber auch durch die Rahmenbedingungen der aktuellen Regelwerke bestimmt sind. Für beide Speichertechnologien ist eine Weiterentwicklung notwendig, um eine Großserienproduktion und somit eine breite Kommerzialisierung zu ermöglichen.

Die nächste Generation von Wasserstofffahrzeugen mit mehr als 400 km Reichweite wird mit 70-MPa-Hochdruckspeichersystemen oder kryogenen Flüssigwasserstoffspeichersystemen ausgestattet sein. Die Hochdruckspeicherung von Wasserstoff bei 70 MPa ist sicherlich die derzeit am weitesten gereifte Technologie für einen baldigen Markteintritt. Gravimetrische Energiedichten bis zu 4,5 Gewichtsprozent und volumetrische Energiedichten von 2,4 Kilogramm Wasserstoff pro 100 Liter Speichervolumen sind auf Systemebene erreichbar. Eine weiter gehende Optimierung und Kostenreduktion erfordert zukünftig ein tieferes Verständnis des Alterungs- und Versagensverhaltens der Kohlefaserkompositstrukturen und der Liner sowie die Entwicklung geeigneter Simulations- und Modellierungskonzepte. Insbesondere zur Industrialisierung und Kostenreduktion sind innovative Konzepte für die Fertigung von Materialien, Druckbehältern, Komponenten und Modulen erforderlich.

Gegenwärtig zeigt die kryogene Wasserstoffspeicherung die höchsten Potentiale zur Erzielung großer Energiedichten. So können mittels innovativer Leichtbaukonzepte bis zu 18 Gewichtsprozent und fast vier Kilogramm Wasserstoff pro 100 Liter auf Systemebene erzielt werden. Die StorHy-Ergebnisse zeigen zudem das Potential einer verbesserten Fahrzeugintegration eines komplex geformten Tankdesigns auf. Die verbleibenden technischen Herausforderungen der LH_2-Speichertechnologie, wie die hohen Permeationsanforderungen zur langfristigen Gewährleistung des Vakuums im Isolationsraum und insbesondere die Reduktion der Abdampfraten, machen weitere Innovationsschritte notwendig. Die Kombination des neuen hocheffizienten H_2-Verbrennungsmotors mit einer kryogenen Speicherung eröffnet interessante Perspektiven für zukünftige Fahrzeuge.

Im Bereich der Feststoffspeicherung erfüllt derzeit noch kein Speichermaterial die automobilen Anforderungen. Große Anstrengungen im Bereich der Grundlagenforschung sind hier notwendig, um – wenn möglich – neue Speichermaterialien mit verbesserter Energiedichte, Kinetik und thermodynamischem Verhalten zu identifizieren und im zweiten Schritt die Umsetzung in eine automotive Speichertechnologie zu erreichen. Ein kurz- oder mittelfristiger Einsatz von Feststoffspeichern in Automobilanwendungen ist daher derzeit nicht realistisch.

Für die breite Nutzung von H_2-Fahrzeugen wird eine flächendeckende Tankstelleninfrastruktur notwendig sein, die einen bequemen, sicheren, schnellen und effizienten Betankungsvorgang ermöglicht. StorHy hat hierzu 70-MPa-Befüllkomponenten, die bereits als zertifizierte Produkte kommerziell erhältlich sind, sowie Schnellbetankungskonzepte beigetragen. Diese Technologien müssen nunmehr in Demonstrationsprojekten validiert werden.

Die derzeitigen Regelwerke und Standards für automobile Speichersysteme sind nicht befriedigend für eine Anwendung dieser Technologien in Massenmärkten. Zukünftig werden angepasste Designanforderungen, die auf einem grundlegenden Verständnis des Alterungs- und Versagensverhaltens von eingesetzten Materialien und Komponenten und auf realen Nutzungsprofilen basieren, unumgänglich sein. StorHy schlägt ein Vorgehen zur Weiterentwicklung der Regelwerke und Test- sowie Zertifizierungsverfahren vor, um zukünftig unter Beibehaltung eines hohen Sicherheitsniveaus eine weitgehende Reduktion von Kosten und Gewicht zu ermöglichen.

Aufgrund ihres Gewichts, ihrer Größe und Form werden Wasserstoffspeichersysteme einen beträchtlichen Einfluss auf zukünftige Fahrzeugdesigns haben, aber auch auf das Fahrverhalten, den Energieverbrauch und schließlich auf die Fahrzeugkosten. Um eine Verbesserung all dieser Aspekte zu erzielen, sind letztlich innovative Fahrzeugarchitekturen notwendig, die um das Speichersystem herum konzipiert und optimiert werden.

Trotz der beachtlichen Fortschritte im beschriebenen Forschungsprojekt StorHy sind weiterführende Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sowie breitere Demonstrationsvorhaben notwendig, um Wasserstoffspeicher in die Großserienproduktion zu bringen und somit den Eintritt in den automobilen Massenmarkt zu ermöglichen. ||

Die Autoren bedanken sich bei der Europäischen Union für die gewährte finanzielle Unterstützung im Rahmen des Integrierten Projekts „StorHy“ (Vertragsnummer: SES6-CT-2004-502667).

→ www.storhy.net

Autoren:

Dr. Volker Strubel
Forschungs- und Entwicklungskoordinator
MAGNA STEYR, Freiburg
→ volker.strubel@magnasteyr.com

Mag. Angelika Bertalanic
StorHy Projektmanagerin
MAGNA STEYR Fahrzeugtechnik AG & Co KG, Graz
→ angelika.bertalanic@magnasteyr.com

FUEL CELLS Science & Technology 2008

Scientific Advances in Fuel Cell Systems

8-9 October 2008
Confederation of Danish Industries,
Copenhagen, Denmark

Full programme now available at www.fuelcelladvances.com

Stay informed about and make your contribution to the latest advances in fuel cell systems, whilst meeting with engineers and researches from across the globe.

International delegates to this two-day conference will have the opportunity to find out about the latest advances in fuel cell systems and meet with engineers and researchers from across the globe.

The 2008 topics include:

- **Membrane Science**
- **Fuel Processing**
- **Materials Science**
- **Cell and Stack Technology**
- **Systems and Applications**
- **Modelling**
- **Fuels for Fuel Cells**

Register online at **www.fuelcelladvances.com** to join industry experts in Copenhagen this October.

Main Sponsor:

IRD Fuel Cell Technology

Sponsors:

Dantherm Power

TOPSOE FUEL CELL clean, efficient and reliable

Supported by:

ENERGI INDUSTRIEN

UK TRADE & INVESTMENT

From the organizers of the Grove Fuel Cell Symposium

Scientific Committee:

Prof Lars Sjunnesson, E.ON Sverige AB, Sweden, Conference Chairman

Prof Gary Acres, Honorary President

Mr Michael Bode, CFC Solutions GmbH, Germany

Prof Nigel Brandon, Imperial College, UK

Dr Ken Cowey, QinetiQ, UK

Dr Nancy Garland, US Department of Energy, USA

Dr David Hart, Imperial College, UK

Prof Angelika Heinzel, ZBT Duisburg GmbH, University of Duisburg, Germany

Dr David Jollie, Johnson Matthey, UK

Prof Kevin Kendall, University of Birmingham, UK

Ing Angelo Moreno, ENEA, Italy

Mr Clive Seymour, Intelligent Energy, UK

Dr James Wilkie, ACAL Energy Ltd, UK

Secretary to the Committee

Mr Don Cameron, The Interact Consultancy, UK

Conference administration is provided by Elsevier - publisher of the ***Journal of Power Sources***.

Programme details are correct at the time of going to print. Elsevier reserves the right to change any session in the final programme.

ELSEVIER

www.fuelcelladvances.com

Thema: Speicherung | **Autor:** Günter Krainz

FORTSCHRITT DURCH FLACHBAU

Neue Generation von LH_2-Speichersystemen

In absehbarer Zeit ist damit zu rechnen, dass neben Personenwagen auch für Busse und Nutzfahrzeuge alternative Kraftstoffe in Betracht gezogen werden müssen – speziell im urbanen Bereich. Diese Fahrzeuge haben im Gegensatz zu Personenkraftwagen sehr hohe Betriebszeiten und nur kurze Standzeiten. Als alternativer Kraftstoff eignet sich insbesondere Wasserstoff in kryogener Form, da dessen bekannter Nachteil (Verlust durch Verdampfung während langer Stillstandzeiten) durch den häufigen Einsatz in den Hintergrund rückt. Es dominieren stattdessen verglichen mit anderen alternativen Kraftstoffsystemen die Vorteile der hohen gravimetrischen und volumetrischen Energiedichten auf Systemebene.

Magna Steyr, ein österreichischer Hersteller von automotiven H_2-Speichersystemen, hat einen Flüssigwasserstofftank entwickelt, der für den Einsatz in Linienbussen geeignet ist (s. Abb. 1). Ein entsprechender Tankprototyp wurde bereits erfolgreich getestet. Gemeinsam mit dem TÜV Süd konnte dessen Druckaufbauzeit (Zeitdauer ohne Wasserstoffverlust) gegenüber früheren Systemen deutlich ausgeweitet werden.

NEUER LH_2-TANK FÜR PKW Als konsequente Weiterentwicklung der Kraftstoffversorgungsanlage für den BMW Hydro-

CHARAKTERISTISCHE DATEN BUSTANK:

Abb. 1: Flüssigwasserstoff für Linienbusse [Quelle: Magna Steyr]

Abmessungen (L x B x H):	4,2 m x 0,7 m x 0,7 m
Gewicht (netto):	450 kg
Max. Wasserstoffmasse:	68 kg @ 0,4 MPa
Arbeitsdruck:	0,4 MPa
Gravimetrische Systemenergiedichte:	4,4 kWh/kg
Druckaufbauzeit (typisch):	> 6 Tage
Abdampfrate (typisch):	< 2 % pro Tag

RENEXPO®

INTERNATIONALE FACHMESSE FÜR REGENERATIVE ENERGIEN & ENERGIEEFFIZIENTES BAUEN UND SANIEREN

GEPRÜFT VON: FKM

09. - 12.10.2008, MESSE AUGSBURG

www.renexpo.de

REECO

gen 7 hat Magna Steyr kürzlich zudem ein Pkw-Flachtankmodul entwickelt. Das LH_2-Speichermodul lässt sich durch seine flache Geometrie im Bauraumvolumen von Fahrzeugen integrieren, das normalerweise für zwei parallel angeordnete Hochdruckwasserstoff-Speicherzylinder vorgesehen ist (s. Abb. 2). Leichtbaustrukturen geben dem Stahlbehälter die erforderliche Stabilität, um den Belastungen im Betrieb zu widerstehen. Das Speichermodul nimmt bei 0,4 MPa Arbeitsdruck bis zu 4,5 kg Wasserstoff auf. Trotz der geringen Speichermasse beträgt die gravimetrische Energiedichte auf Systemebene 2 kWh/kg und liegt dadurch deutlich über den Werten vergleichbarer Hochdruckspeichersysteme.

Das bauteiloptimierte Funktionsschema erlaubt die Wasserstoffentnahme sowohl aus der Gasphase als auch aus der Flüssigphase. Die verschiedenen Betriebsmodi (Befüllen, Speichern, Entnehmen) werden über das mit der Firma WEKA entwickelte neuartige Multiventil geschaltet. Für die Messung der im Innentank befindlichen Wasserstoffmasse wird zukünftig ein eigens entwickelter austauschbarer Füllstandsensor eingesetzt, wodurch auf redundante Auslegung der Sensoren verzichtet werden kann. Im Rahmen einer fertigungsgerechten Entwicklung nach automotiven Gesichtspunkten ist das Speichermodul inklusive der zu verbauenden Komponenten tauglich für eine spätere Serienproduktion und besitzt eine Zulassung nach bestehenden europäischen Regelwerken.

Darauf aufbauende Entwicklungsaktivitäten liegen hauptsächlich im Bereich spezifischer Komponenten wie Ventile und Wärmeübertrager, um deren Kosten und Gewicht weiter zu reduzieren. Außerdem ist die Entwicklung einer Druckerhöhungseinrichtung für Wasserstoff vorgesehen. ||

CHARAKTERISTISCHE DATEN PKW-TANK:

Abb. 2: Pkw-Flachtankmodul für Flüssigwasserstoff (LH_2) [Quelle: Magna Steyr]

Abmessungen (L x B x H):	0,66 m x 0,88 m x 0,28 m
Gewicht (Netto):	63 kg
Max. Wasserstoffmasse:	4,5 kg @ 0,4 MPa
Arbeitsdruck:	0,4 MPa
Gravimetrische Systemenergiedichte:	2,0 kWh/kg
Druckaufbauzeit (typisch):	> 1 Tage
Abdampfrate (typisch):	< 4 % pro Tag

Autor:

Dr. Günter Krainz
Leiter Alternative Kraftstoffspeichersysteme
MAGNA STEYR Fahrzeugtechnik AG & Co KG, Graz/Österreich
→ guenter.krainz@magnasteyr.com

Manche Energie-Lösungen sind plakativ.

Andere wirken.

Global Energy Basel: Das Business- und Kooperations-Forum der weltweit wichtigsten Exponenten für Energie-Lösungen.

12. – 14. November 2008, Congress Center Basel, Schweiz

www.globalenergybasel.com

Global Energy Basel

Powering Integrated Solutions

Thema: Speicherung | **Autor:** Steffen Maus

FAHRZEUGBETANKUNG MIT 70 MPA

Entwicklung einer standardisierten Befüllungsprozedur

Die meisten Hersteller von Brennstoffzellenfahrzeugen setzen auf die Speicherung von komprimiertem gasförmigen Wasserstoff bei einem Druckniveau von 35 MPa oder 70 MPa. Die Betankung mit derart hohen Drücken ist allerdings nicht ganz trivial, da sich Gas bei der Komprimierung stark erwärmt. Trotzdem soll der Befüllungsprozess mit Gas ebenso zügig, sicher und bedienerfreundlich ablaufen wie bei heute üblichen Betankungen mit flüssigen Kraftstoffen.

Bei der Speicherung von Wasserstoff in Fahrzeugen verfügt zurzeit die Druckspeicherung über die größte Verbreitung. Zum Erzielen einer ausreichenden volumetrischen Speicherdichte wurde bisher ein Speicherniveau von 35 MPa, mittlerweile auch 70 MPa, gewählt. Wegen der mit steigendem Druck abnehmenden Kompressibilität von Wasserstoffgas, ist eine weitere Erhöhung allerdings technisch nicht sinnvoll.

BETANKUNG VON FAHRZEUGEN Druckbehälter werden anhand ihrer Bauart in vier Typen unterteilt (s. Tab. 1). Die Typen I und II sind für Erdgas (CNG) bei 20 MPa verbreitet, eignen sich jedoch aufgrund der hohen notwendigen Wanddicken nicht für Wasserstoffanwendungen, allenfalls für stationäre Anwendungen. Im mobilen Bereich kommen fast ausschließlich die voll ummantelten Typen III und IV zum Einsatz.

Bei der Entwicklung einer Betankungsprozedur für Druckwasserstofftanks stehen zwei Aspekte im Vordergrund. Zum Ersten sollen dem Nutzer keine Nachteile gegenüber der Betankung mit konventionellen Kraftstoffen entstehen. Zum Zweiten ist die Sicherheit unter allen denkbaren Bedingungen zu gewährleisten.

Der erste Aspekt führt zur Forderung einer maximalen Betankungsdauer von etwa drei Minuten. Der Sicherheitsaspekt bedeutet, dass die Befüllung unter Beachtung der für die Tanks geltenden Grenzwerte durchgeführt wird. Der Temperaturbereich, in dem Kfz-Tanksysteme betrieben werden dürfen, ist derzeit auf einheitlich -40 bis 85 °C festgelegt. Die obere Grenze impliziert, dass sich das Gas während einer Betankung auf nicht mehr als den angegebenen Wert erhitzen darf. Die untere Grenze limitiert die Vorkühltemperatur, auf die das Gas zur Begrenzung der Aufheizung im Tank gebracht werden kann.

Im Folgenden werden ausschließlich 70-MPa-Systeme betrachtet, für die ein Maximaldruck von 87,5 MPa nicht überschritten werden darf. Durch Anpassung der entsprechenden Zahlenwerte sind die Aussagen auf Tanksysteme mit anderen Speicherdrücken übertragbar. Die Überschreitung des nominalen Arbeitsdruckes um bis zu 25 % darf lediglich zur Kompensation von Temperatureffekten geschehen. Die Dichte darf dabei den Schwellwert von 40,22 g/l (bei 70 MPa u. 15 °C, entsprechend 100 % Füllgrad, s. Gl. 1) nicht überschreiten.

Füllgrad = State of Charge:

$$\mathrm{SoC} = \frac{r(p,T) - r(p_0,15°\mathrm{C})}{r(p_{100},15°\mathrm{C}) - r(p_0,15°\mathrm{C})} \times 100\% \qquad (1)$$

mit:
r: Dichte [kg/m³]
p: Druck [Pa]
T: Temperatur [K]
p_0: Niedrigster Entnahmedruck des Tanks (typ. p_0 = 0,2 .. 2 MPa)
p_{100}: Nomineller Arbeitsdruck des Tanks (typ. p_{100} = 70 MPa)

TAB. 1: UNTERSCHEIDUNG VON HOCHDRUCKBEHÄLTERN

Behältertyp	Beschreibung
Typ I	Metallbehälter ohne Bewicklung
Typ II	Metallbehälter mit Verstärkung durch Faserbewicklung nur im zylindrischen Mittelteil
Typ III	Metallischer (meist Aluminium-) Behälter mit Verstärkung durch Faserbewicklung auf seiner gesamten Oberfläche
Typ IV	Nicht metallischer (meist Kunststoff-) Behälter mit Verstärkung durch Faserbewicklung auf seiner gesamten Oberfläche

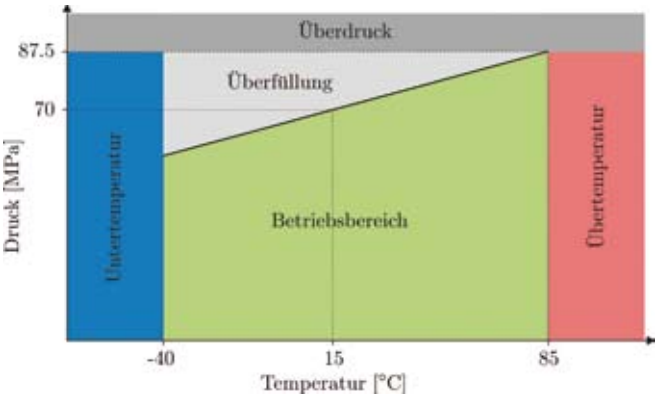


Abb. 1: Zulässiger Betriebsbereich für 70-MPa-Tanks

BETANKUNGSPROZEDUR FÜR FAHRZEUGE Ein zentraler Aspekt bei der Auslegung der Betankungsprozedur ist die Anwendbarkeit auf alle zu erwartenden Tanksysteme. In erster Linie ist zu berücksichtigen, dass Behälter vom Typ III und Typ IV eingesetzt werden können, die eine unterschiedliche Charakteristik bei der Aufheizung während einer Betankung zeigen. Es werden Tanks verschiedener Größe von zwei bis zehn Kilogramm Wasserstoff betrachtet. Dies entspricht etwa der heute in Fahrzeugen vorgehaltenen Kapazität. Zusätzlich werden auch Tanksysteme berücksichtigt, die aus mehreren Einzelbehältern aufgebaut sind und damit eine veränderte Temperaturcharakteristik aufweisen.

Erschwerend kommt hinzu, dass die oben genannten Parameter für die Tankstelle nicht zugänglich sind. Darüber hinaus ist der thermische Zustand des Fahrzeugtanksystems vor der Befüllung nicht bekannt. Dieses könnte sich während

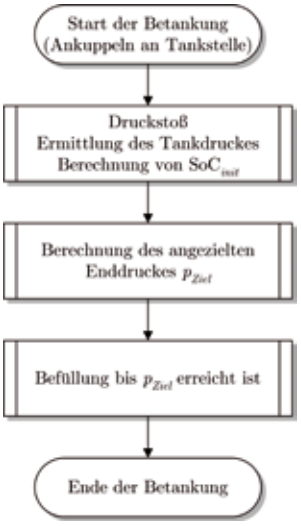


Abb. 2: Ablauf eines typischen Betankungsprozesses mit Druckwasserstoff

einer Fahrt abkühlen oder durch Parken in der Sonne aufheizen, wodurch sich seine Temperatur deutlich von der Umgebungstemperatur unterscheidet. Die Betankungsprozedur muss dieser Tatsache Rechnung tragen und derart ausgelegt sein, dass jedes System auch im kritischsten Zustand sicher befüllt wird. Dies gilt auch für verschiedene Umgebungsbedingungen.

Heutige Tankstellen für Druckwasserstoff arbeiten zumeist nach dem in Bild 2 dargestellten Prinzip. Dabei wird über einen anfänglichen Gasstoß der Druck im Fahrzeugtank bestimmt, wodurch eine präzisere Vorausberechnung der erwarteten Aufheizung des Gases erfolgen kann. Ein weitergehendes einheitliches Vorgehen existiert bisher nicht, weshalb die Resultate im Hinblick auf erreichten Füllgrad und benötigte Zeit äußerst unterschiedlich ausfallen. Aus diesem Grund wurde ein neues Betankungsverfahren entwickelt, das als Grundlage für ein zukünftig einheitliches Vorgehen dienen könnte. Derzeit diskutieren zahlreiche Automobilhersteller die Standardisierung dieses Prozesses.

NEUARTIGES BETANKUNGSVERFAHREN Die Grundlage bildet dabei die Festlegung des einzuhaltenden zeitlichen Druckverlaufes im Fahrzeugtank. Der Massenstrom ist von der Tankstelle derart zu regeln, dass sich ein mittlerer zeitlicher Druckanstieg von 0,5 MPa/s einstellt. Damit ist gewährleistet, dass eine Befüllung von 0 MPa auf den maximal zulässigen Betriebsdruck von 87,5 MPa in nicht mehr als 3 min erfolgt. Darüber hinaus werden Tanks unterschiedlicher Größe in gleicher Zeit befüllt. Eine Überhitzung kleiner Tanks aufgrund zu schneller Betankung wird dadurch ausgeschlossen.

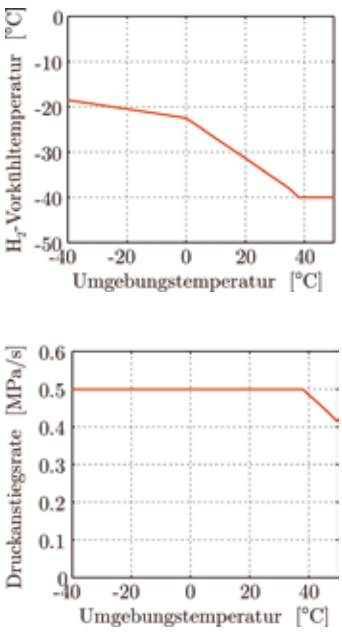


Abb. 3: Charakteristika von Vorkühltemperatur und Druckanstiegsrate

Der tatsächliche momentane Druckanstieg kann kurzfristig beliebig schwanken, es ist lediglich zu gewährleisten, dass der an der Betankungskupplung gemessene Druck zu jeder Zeit innerhalb eines durch die Druckanstiegsrate definierten Korridors liegt. Das Ziel einer gleichmäßigen Betankung unterschiedlicher Behälter bleibt damit erfüllt und die technische Umsetzung kann weitgehend frei erfolgen. Die maximale Gastemperatur wird über das zuströmende Gas kontrolliert, welches in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur so vorzukühlen ist, dass im Fahrzeugbehälter nicht mehr als 85 °C erreicht werden. Bei wärmerer Umgebung ist entsprechend stärker zu kühlen. Die für die Tankstelle nicht zugänglichen Parameter des Fahrzeugtanks wie Größe, Typ und Anfangstemperatur sind über Worst-Case-Annahmen nach oben hin abzugrenzen. Dabei ist zu beachten, dass die Vorkühltemperatur nicht unter -40 °C liegen darf, da sonst Teile des Tanksystems außerhalb ihrer Spezifikation betrieben würden. Bei hohen Umgebungstemperaturen kann diese Einschränkung dazu führen, dass die Vorkühlung nicht ausreichend ist, um die Einhaltung der 85°C-Grenze zu gewährleisten. In diesem Fall wird die Betankung mit einer entsprechend verminderten Druckanstiegsrate durchgeführt (s. Abb. 3).

Durch die Betankungsprozedur wird somit gewährleistet, dass die Gastemperatur nicht zu hoch werden kann. Der Abschaltdruck, bei dem der Tank des Fahrzeuges gerade zu 100 % gefüllt ist, kann dagegen nur über eine Datenübertragung vom Fahrzeug zur Tankstelle exakt ermittelt werden. Die Genauigkeit der Füllstandserkennung ist dann lediglich durch die Genauigkeit der im Fahrzeug eingesetzten Sensoren gegeben. Brennstoffzellenfahrzeuge der nächsten Generation werden deshalb mit einer genormten Schnittstelle zur drahtlosen Übermittlung der aktuellen Gastemperatur und des Druckes während des Betankungsvorganges ausgerüstet sein, womit sich sie Bandbreite der erreichten Füllgrade auf 98 bis 100 % einschränken lässt. ||

Beste Dissertation: Dr. Steffen Maus erhielt im Mai 2008 für seine Doktorarbeit über dieses Thema den Innovationspreis Wasserstoff und Brennstoffzelle vom Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband.

- *DaimlerChrysler, u.a. (Hrsg.): Fueling Specification for 70 MPa Compressed Hydrogen Vehicles, → www.nextenergy.org/industryservices/70MPa_Specification_Docs.asp (17.08.2007)*
- *Maus, S.: Modellierung und Simulation der Betankung von Fahrzeugbehältern mit komprimiertem Wasserstoff, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 3, Nr. 879, VDI Verlag Düsseldorf (2007)*
- *Norm SAE TIR J2799: 2007, 70 MPa Compressed Hydrogen Surface Vehicle Fueling Connection Device & Optional Vehicle to Station Communications*

Autor:

Dr. Steffen Maus
H_2-Kraftstoffsysteme & Konzeption Infrastruktur
Daimler AG, Kirchheim/Teck – Nabern
→ steffen.maus@daimler.com

Tipps zum Energie sparen finden Sie auf www.eon-hanse.com

e·on | Hanse

Thema: Betankung | **Autor:** Erwin Weh

DAS AUGE TANKT MIT

WEH entwickelt sei 15 Jahren H_2-Zapfpistolen

Gasförmiger Wasserstoff wird seit nunmehr 15 Jahren für den Antrieb von Brennstoffzellenfahrzeugen verwendet. Mit deren Bau wurde zeitgleich die Entwicklung entsprechender Betankungssysteme in Angriff genommen. Als ein Pionier für Betankungssysteme für alternative Antriebe hat die Firma WEH die Betankungsschnittstelle von Anfang an mit gestaltet.

Basierend auf den Komponenten für die Betankung von gasförmigem Erdgas (CNG) wurden die Betankungskomponenten für Wasserstoff in ihrer Form abgewandelt und an das neue Medium angepasst. Von vornherein wurde dabei darauf geachtet, dass eine versehentliche Betankung mit anderen Kraftstoffen oder die Betankung mit zu hohen Drücken ausgeschlossen wird. Gleichzeitig wurden auch die Anschlüsse anderer alternativer Kraftstoffe (z. B. Autogas = LPG) überprüft, um auch hier eine Verwechslungsgefahr auszuschließen. Somit wurde eine sichere Verwendung verschiedener gasförmiger Kraftstoffe nebeneinander ermöglicht. Dank der in den letzten Jahren für die Wasserstofftechnologie durchgeführten Entwicklungsschritte existieren inzwischen unterschiedliche Betankungsanschlüsse für gasförmigen Wasserstoff in Druckbereichen von 110 bar (für Metallhydridspeicher) über 250, 350, 500 und 700 bar.

NORMUNG IN EUROPA Eine länderübergreifende Harmonisierung von Standards und Normen ist bei Neuentwicklungen dieser Größenordnung von höchster Bedeutung. Da internationale Normen in den beteiligten Ländern übernommen werden, ist sichergestellt, dass die Fahrzeuge zukünftig nicht nur in einem Land betankt werden können, sondern europaweit oder gar weltweit passende Schnittstellen vorfinden. Somit stünde einer Reise quer durch Europa, vorausgesetzt, eine entsprechende Tankstelleninfrastruktur wird aufgebaut, nichts mehr im Wege. Eine Vereinheitlichung von Standards und Normen wird insbesondere dadurch gefördert, dass viele bedeutende Automobilhersteller in der Normung und Entwicklung bei der H_2-Technologie eng zusammenarbeiten und somit ähnliche Komponenten einsetzen.

KUNDENAKZEPTANZ DURCH FORMGEBUNG In der Öffentlichkeit gilt Wasserstoff immer noch als heikles Medium. Der Schlüssel für den Erfolg von Wasserstoff als Treibstoff der Zukunft hängt daher nicht nur von der Technik, der Sicherheit und der Zuverlässigkeit der Fahrzeuge ab, sondern in höchstem Grade auch von der Akzeptanz des Mediums Wasserstoff. In der Vergangenheit hat sich mit der steigenden Anzahl von Fahrzeugen und der dadurch verbundenen zunehmenden Betankungshäufigkeit gezeigt, dass ergonomisch geformte Komponenten bei der Akzeptanz der H_2-Betankung durch den Kunden eine große Rolle spielen. So ist zu erklären, dass die ersten Betankungskupplungen, die hauptsächlich von „Profis“ (Technikern, Ingenieuren) benutzt wurden, noch in „linearer“ Form versehen mit einem Drehhebelmechanismus gebaut wurden. Ursprünglich sollte dadurch eine klare optische und mechanische Unterscheidung zu flüssigen Kraftstoffen vorgenommen werden. Das Feedback durch die Bediener zeigte jedoch, dass ein ähnlicher Komfort und eine ähnliche „abgewinkelte“ Form wie bei der Betankung flüssiger Kraftstoffe gefordert wurden.

Lineare Bauweise [Quelle: Weh]

Abgewinkelte Bauweise [Quelle: Weh]

Bei den nachfolgenden Entwicklungen wurden daher einer Benzinzapfpistole ähnelnde Betankungskupplungen entwickelt. Durch die vertrautere Form konnte in kürzester Zeit die Akzeptanz für den Kraftstoff Wasserstoff verbessert werden, da der Wiedererkennungseffekt größer war. Zudem wurde durch den gleichartigen Betätigungsmechanismus die Möglichkeit einer Fehlbedienung reduziert.

Waren die ersten Betankungskupplungen noch komplett aus Edelstahl gefertigt, so werden heute modernste, bedeutend leichtere, teilweise sogar um einiges druckfestere und dadurch sicherere Werkstoffe eingesetzt. Das Gewicht der Betankungskupplung konnte bei gleichen oder kleineren Abmessungen reduziert werden, wozu es einer konsequenten Weiterentwicklung und Verwendung von teilweise direkt für diesen Anwendungszweck konzipierten Materialien bedurfte.

Einige Projekte wurden auch mit tiefkaltem flüssigem Wasserstoff durchgeführt (Kryo-Betankung). Allerdings zeigte sich, dass für die benötigten Komponenten sehr hohe Kosten, zumindest bedeutend höhere Kosten als für Komponenten im Bereich des gasförmigen Wasserstoffs, entstehen. Dies erklärte sich hauptsächlich durch die relativ aufwändige Beherrschung der extremen tiefen Temperaturen (-253 °C). Auch aus diesem Grund ist Flüssigwasserstoff eher als Insellösung anzusehen.

700-BAR-BETANKUNG Unabhängig davon werden zurzeit speziell in der 700-bar-Technik Versuche mit vorgekühltem Wasserstoff durchgeführt (s. S. 18). Der Wasserstoff wird dabei tankstellenseitig bis auf -40 °C gekühlt. Hierbei soll der massiven Wärmeentwicklung während des Betankungspro-

Abgewinkelte Zapfpistole mit Infrarot-Schnittstelle (vorne) und Datenkabel [Quelle: Weh]

zesses in den Behältern entgegengewirkt werden. Der aktuelle Stand der Technik zeigt, dass sich dieses System wohl bewähren wird und zukünftig in existierenden Tankstellen und Fahrzeugen eingesetzt werden soll. Der wichtigste Aspekt des Einsatzes dieser Technik ist, dem Anspruch einer kurzen Betankungszeit (ca. 3 min.) gerecht zu werden.

Um eine Betankung mit Entstehung von hochkritischen Temperaturen und Drücken beherrschen zu können, wurde eine Kommunikationsschnittstelle entwickelt. Diese regelt den Datenverkehr zwischen Fahrzeug und Tankstelle, um optimale Füllgrade bei unterschiedlichen Systemzuständen zu gewährleisten. Hierfür kam eine Kommunikationsschnittstelle auf Infrarot-Basis zum Einsatz, die Daten zwischen dem Fahrzeug und der Tankstelle abgleichen kann. Eine entsprechende Norm, die eine gleichartige Datenübertragung auch bei verschiedenen Tankstellen- und Fahrzeugherstellern gewährleistet, existiert bereits.

Im Laufe der Entwicklung der H_2-Fahrzeuge zeigte sich, dass sich mit höheren Drücken auch höhere Reichweiten realisieren lassen. Es heißt, dass Wasserstoff bis 1.800 bar linear hoch zu verdichten sei. Dabei muss allerdings beachtet werden, dass mit steigendem Druck auch mehr Energie zur Verdichtung eingesetzt werden muss. Abgesehen von den fehlenden Komponenten für diesen hohen Druckbereich würde eine Steigerung bis auf 1.800 bar energetisch keinen Sinn machen. Deshalb steigerten sich die Betriebsdrücke innerhalb vernünftiger Grenzen von anfänglich 200 bar auf heute 700 bar. Diese Entwicklung ist mittlerweile so weit fortgeschritten, dass Automobilhersteller sie bedenkenlos für Serienfahrzeuge verwenden.

Inzwischen werden bei verschiedensten Automobilherstellern Fahrzeugflotten mit 700-bar-Technik im Stückzahlbereich von bis zu 500 Fahrzeugen hergestellt. Diese befinden sich derzeit im Bau und sollen bis spätestens 2010 betriebsbereit sein, so dass sie im großen Stil bei der Winterolympiade in Vancouver, aber auch an anderen Standorten weltweit eingesetzt werden können. Parallel werden Investitionen in die Tankstelleninfrastruktur vorangetrieben, so dass das so genannte „Henne-Ei-Problem“ überwunden werden kann. ||

WELTWEITE PROJEKTE

Die Firma WEH war und ist immer noch an der Weiterentwicklung der Betankungstechnik im Rahmen zahlreicher Projekte weltweit beteiligt:
Bei CUTE (Clean Urban Transport for Europe) sowie dessen Nachfolgevorhaben HyFLEET wurden innerhalb des 5. EU-Förderrahmenprogramms Komponenten mit erhöhtem Durchfluss entwickelt, die zur Betankung von Bussen mit größeren Speichervolumen dienen.
Mit Hilfe der Landesinitiative Zukunftsenergien NRW wurde im technischen Programmbereich ein Betankungssystem für Wasserstoff mit einem Betriebsdruck von 700 bar entwickelt.
Innerhalb des von der EU geförderten StorHy-Projekts des 6. EU-Förderrahmenprogramms (s. S. 12) war WEH Leiter der Arbeitsgruppe WP4. In diesem Projekt wurden weitere notwendige Produkte für die Befüllung von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen entwickelt.

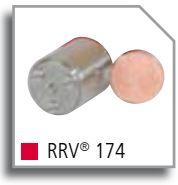
Autor:

Erwin Weh
Geschäftsführer WEH GmbH, Illertissen
→ webinfo@weh.com

RRV® Rapid Reaction Valve

- kurze Schaltzeiten
- kompaktes Design
- für Dosieranwendungen
- auch für hochviskose Medien

GSR® Ventiltechnik



GSR Ventiltechnik GmbH & Co. KG

Im Meisenfeld 1 • D-32602 Vlotho
Postfach 2060 • D-32595 Vlotho

Tel.: +49 5228 779-0
Fax: +49 5228 779-190

www.ventiltechnik.de
info@ventiltechnik.de

Innovative Ventiltechnik

GSR-SP-JV-0806_3

Thema: Betankung | **Autor:** Sven Geitmann |

CEP-STATION WIRD UNTER HOCHDRUCK GESETZT

Aufrüstung der H_2-Tankstelle auf 700 bar

Abb. 1: 264 Druckgasflaschen als Pufferspeicher

Abb. 2: CEP-Station in Berlin Spandau

Ist die 700-bar-Technik tatsächlich schon reif für den Alltagseinsatz? Dies soll im Rahmen des CEP-Projekts ab diesem Sommer in Berlin in der Praxis getestet werden. Die Techniker der Linde AG rüsten dort derzeit die Verdichtertechnik auf, damit die Fahrzeuge an der Wasserstofftankstelle von Total zukünftig mit Hochdruck befüllt werden können. Ab September 2008 sollen dort die ersten 700-bar-Pkw von General Motors an den Start gehen.

Zahlreiche Bauarbeiter, Ingenieure und TÜV-Prüfer tummeln sich auf dem Tankstellenareal von Total an der Heerstraße in Berlin. Es gibt viel zu tun, auch wenn die eigentlichen Arbeiten „nur“ eine Aufrüstung der Kompressoreinheit von 350 auf 700 bar Befülldruck im Fahrzeugtank umfassen. Dafür müssen „nur“ eine zusätzliche Verdichtereinheit sowie ein zusätzlicher Hydraulikantrieb installiert werden. Das bedeutet aber gleichzeitig auch, dass das gesamte Leitungsnetz für die Druckbetankung ausgetauscht und die Zapfsäule runderneuert wird. In der Summe ergibt das für vier bis sechs Wochen ein reges Treiben auf dem Tankstellengelände.

MEHRSTUFIGE KOMPRIMIERUNG Die Betankung mit gasförmigem Wasserstoff geschieht nach dem Kaskadenprinzip, wobei eine riesige Batterie an Druckgasflaschen als Pufferspeicher dient (s. Abb. 1). Insgesamt drei Speicherbänke bestehend aus 22 Flaschenbündeln mit jeweils zwölf Gasflaschen stehen dafür vor Ort zur Verfügung. Sie stellen sicher, dass ausreichend Speichervolumen zur Betankung der H_2-Busflotte der BVG zur Verfügung steht. 700-bar-Fahrzeuge sollen nach Abschluss der Aufrüstung mit rund fünf Kilogramm Wasserstoff innerhalb von drei Minuten befüllt werden können – und dies alle 15 Minuten. Dafür erfolgt zunächst ein Druckausgleich zwischen Fahrzeugtank und Tankstelle über die Niederdruckbank. Anschließend strömt das Gas aus der Mitteldruckbank in Richtung Fahrzeug. Der letzte Schub erfolgt dabei durch den Verdichter, der das Gas bisher (bei der 350-bar-Betankung) bis auf maximal 438 bar komprimierte. Eine mit 50 l geometrischen Volumens relativ klein dimensionierte Hochdruckbank dient gegenwärtig für den vorgeschalteten Prüfstoß, mit dem die Dichtheit des Systems kontrolliert wird.

Einen zusätzlichen Ionenverdichter hatte Linde bereits Ende 2007 installiert, um diese neue Technik vor Ort zu erproben. Um nun den Schritt zur 700-bar-Technik zu schaffen, ist ein weiteres Verdichtersystem notwendig. Dafür installierte der Gasehersteller, der beim CEP-Projekt neben der Wasserstoffanlieferung auch für die Betankungstechnik zuständig ist, einen mehrstufigen ölfreien Kolbenverdichter. In der ersten Stufe komprimiert dieser das Gas auf 450 bar. In der zweiten Stufe steigt der Druck bis auf maximal 875 bar.

Wird diese Marke überschritten, verhindert ein mehrstufiges Sicherheitssystem eine Drucküberlastung. Das System ist dabei für Drücke von 1.000 bar ausgelegt, wobei der Prüfdruck nochmals höher bei 1.430 bar liegt. Gegenüber dem eigentlichen Befülldruck im Fahrzeugtank von 700 bar ist dies mehr als das Doppelte. Dementsprechend präzise sind die Sicherheitsvorkehrungen ausgelegt: So wird zum Beispiel jede Schweißnaht geröntgt und auf mögliche Lufteinschlüsse überprüft.

NOTWENDIGE VORKÜHLUNG Der hohe Druck stellt bei dieser Aufrüstung aber nicht die einzige technische Herausforderung dar. Auch die hohe Temperatur, die infolge der verrichteten Verdichtungsarbeit und der hohen Befüllungsgeschwindigkeit auftritt, muss kontrolliert werden. Dafür wird der Wasserstoff vorgekühlt. Bei einer 350-bar-Betankung reicht eine Vorkühlung auf -15 °C aus. Bei 700 bar beträgt die Kraftstofftemperatur -40 °C, damit die erlaubte Grenze im Fahrzeug (85 °C) während und nach der Befüllung nicht überschritten wird. Und damit im Fahrzeug auch tatsächlich ausreichend kalter Kraftstoff ankommt, gibt es eine so genannte Begleitkühlung, die die Temperatur auf der gesamten Wegstrecke vom Verdichter bis zur Zapfsäule konstant hält.

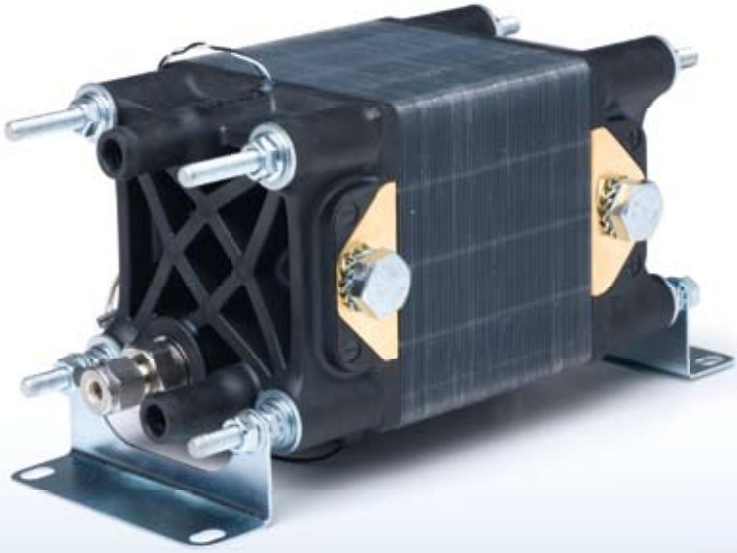
Kommt nun ein Fahrzeug an die Zapfsäule, wird zunächst eine mechanische Verbindung hergestellt, wobei die Geometrie der Zapfpistolen einen irrtümlichen Anschluss an das falsche Druckniveau ausschließt. Zusätzlich ermittelt die Infrarotschnittstelle in der Zapfpistole (s. S. 20) den Tanktyp. Wird mit 700 bar getankt, erfolgt anschließend eine verlustfreie Rückentspannung des Gases, da über die gleiche Leitung auch 350-bar-Fahrzeuge betankt werden.

Wann genau die Einweihung der neuen Technik stattfinden wird, stand beim Redaktionsschluss noch nicht fest, aber nach Aussage von Joachim Heider, Projektleiter Wasserstoffanwendungen bei Linde, hat General Motors bereits den Antransport von zehn Hydrogen-4-Modellen für September in Aussicht gestellt. Nach und nach wollen dann auch die anderen CEP-Partner 700-bar-Pkw in Berlin testen. Die vor Ort im Test befindlichen Busse bleiben bei der 350-bar-Technik. Warum das so ist und wo seit neustem die größte Busflotte mit Wasserstoffantrieb steht, erfahren Sie im Oktober-Heft. ||

→ *www.cep-berlin.de*

Ihr Partner für Elektrolyseure und Brennstoffzellen

h-tec



h-tec
Wasserstoff-Energie-Systeme GmbH
Lindenstrasse 48a · 23558 Lübeck · Germany
Telefon: +49 (0) 451-49 89 5-0 · Fax: +49 (0) 451-49 89 5-15
e-mail: info@h-tec.com · website: www.h-tec.com

50.000 H_2-BETANKUNGEN

Air Products hat einen neuen Betankungsrekord aufgestellt: Weltweit nahm das Gasunternehmen bis Anfang 2008 rund 50.000 Fahrzeugbefüllungen mit Wasserstoff vor. In 14 verschiedenen Ländern ist das US-amerikanische Unternehmen mittlerweile mit seiner H_2-Technik vertreten und versorgte durchschnittlich 2000mal pro Monat Personenwagen und auch Trucks, Busse, Gabelstapler sowie U-Boote mit dem so genannten Kraftstoff der Zukunft. Nach Aussage von Katrin Meyer, Sales Managerin Europe, gegenüber der HZwei-Redaktion lag die tatsächliche Anzahl der Betankungen Anfang Mai bereits bei 63.000.

Weltweit verfügt Air Products über insgesamt rund 80 Betankungsanlagen: in China, Deutschland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Indien, Italien, Japan, Kanada, Singapur, Süd-Korea, Taiwan sowie in den Niederlanden. Zum Einsatz kommt dabei sowohl flüssiger als auch gasförmiger Wasserstoff mit Drücken von bis zu 700 bar. Besonders stolz ist der Gasversorger über den Verkauf von insgesamt sieben Tankstellen für die weltweit im Einsatz befindliche brennstoffzellenbetriebene U-Boot-Flotte. Hergestellt wird der Großteil des benötigten Wasserstoffs über die Dampfreformierung von Erdgas. Ein Teil wird auch durch den Ankauf von Wasserstoff aus der Chlor-Alkali-Elektrolyse abgedeckt. ||

H_2-Betanktungsstation Series 100 [Quelle: Air Products]

Thema: Entwicklung | **Autoren:** Martin Roeb, Christian Sattler

HYDROSOL – SOLARER WASSERSTOFF

DLR-Reaktor spaltet Wasser bei 800 °C

Pilotanlage in Almeria: Heliostat-Feld mit dem Konti-Reaktor im Turm [Quelle: DLR]

Frontansicht der beiden Pilotreaktoren [Quelle: DLR]

Eine zukünftige nachhaltige Wasserstoffproduktion kann nur gewährleistet werden, wenn sie nicht auf fossilen Rohstoffen beruht und ohne Ausstoß von CO_2 durchgeführt wird. Ein möglicher Ansatz ist die Nutzung von Wasser als Rohstoff, wobei während des Herstellungsprozesses Wasser in seine Bestandteile Sauerstoff und Wasserstoff gespalten wird. Bei der Elektrolyse geschieht dies auf elektrochemischem Wege. Andere Verfahren basieren auf der thermo-chemischen Spaltung von Wasser. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) hat eine Variante dieser thermo-chemischen Verfahren im Rahmen des Projektes Hydrosol entwickelt und testet es derzeit im Nachfolgeprojekt Hydrosol II.

Wasserstoff kann mit Hilfe von Sonnenenergie komplett regenerativ erzeugt werden. Große Solarkraftwerke können enorme Mengen elektrischer Energie erzeugen, um mit deren Hilfe per Elektrolyse Wasserstoff herzustellen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Umwandlung von thermischer in elektrische Energie mit erheblichen Wirkungsgradeinbußen einhergeht. Aus diesem Grund entschieden sich die Wissenschaftler des Instituts für Technische Thermodynamik des DLR für die direkte Nutzung der Wärmeenergie.

Der Vorteil von thermo-chemischen Kreisprozessen gegenüber der Elektrolyse ist, dass der Zwischenschritt der Umwandlung von thermischer Energie in elektrische Energie entfällt. Durch die direkte Umwandlung der thermischen Energie in chemische Energie haben solarbetriebene thermo-chemische Kreisprozesse im Vergleich zur Elektrolyse mit solar erzeugtem Strom das Potential, höhere Wirkungsgrade zu erzielen.

KREISPROZESSE SENKEN TEMPERATURNIVEAU Temperaturen von 2.500 °C, wie sie zur direkten einstufigen Spaltung von Wasser mindestens notwendig sind, stellen außergewöhnliche Anforderungen an Material und Reaktordesign und sind technisch zurzeit nur schwer beherrschbar. Deswegen wird versucht, die Prozesstemperaturen durch so genannte *thermo-chemische Kreisprozesse* herabzusetzten. Mittels thermo-chemischer Kreisprozesse wird Wasser thermisch nicht in einem, sondern in mehreren Schritten gespalten. Dazu bedient man sich verschiedener Reaktionspartner, die im Prozess zurückgewonnen und zykliert werden. Derartige thermo-chemische Kreisprozesse haben in der Vergangenheit immer mehr an Bedeutung gewonnen, weil dadurch Wasserstoff auf einem moderaten, mit heutiger Technologie kontrollierbaren Temperaturniveau gewonnen werden kann.

Einer der interessantesten thermo-chemischen Kreisprozesse ist der zweistufige Ablauf mittels Redox-Materialien. Dieser Kreisprozess läuft in zwei Schritten ab, die abwechselnd durchgeführt werden. Im ersten Schritt, der *Reduktion* (auch Regeneration genannt), wird ein Metalloxid (MO) reduziert, wobei ein Teil seines gebundenen Sauerstoffes freigesetzt wird. Im zweiten Schritt, dem eigentlichen Wasserspaltschritt, reagiert das reduzierte Metalloxid mit Wasserdampf. Der Sauerstoff wird dabei im Metalloxid gebunden, das Metalloxid wird oxidiert und Wasserstoff wird freigesetzt.

$$MO_{oxidiert} \rightarrow MO_{reduziert} + O_2$$
$$MO_{reduziert} + H_2O \rightarrow MO_{oxidiert} + H_2$$

Ein wesentlicher Vorteil thermo-chemischer Kreisprozesse ist die getrennte Produktion von Sauerstoff und Wasserstoff, wodurch die Notwendigkeit eines Hochtemperaturtrennverfahrens entfällt.

AUFBAU DES REAKTORS Im Rahmen der Hydrosol-Projekte wurde am DLR ein derartiges Reaktorkonzept entwickelt, das kontinuierlich Wasserstoff erzeugen kann, indem die Wasserspaltung und die Regeneration parallel in verschiedenen Kammern dieses Reaktors ablaufen. Die grundlegende Idee dabei ist, dass die bei einem solchen Verfahren benötigte Prozesswärme ideal durch konzentrierte Sonnenstrahlung zur Verfügung gestellt werden kann. Dafür wird eine keramische Absorberstruktur, die Solarstrahlung gut absorbieren kann, als Trägerstruktur für das Redox-Material verwendet.

Das Trägermaterial der Wabenstruktur besteht aus siliziuminfiltriertem Siliziumkarbid und ist ähnlich aufgebaut wie

Abgaskatalysatoren, die man von Fahrzeugen kennt. Dieses Material wurde wegen seines hohen Absorptionsgrads für Solarstrahlung, seiner guten Wärmeleitfähigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit ausgewählt. Anschließend wurde diese keramische Wabenstruktur mit einem Eisenmischoxid, das als Redox-System verwendet wird, beschichtet. Dafür waren zunächst verschiedene Eisenmischoxide untersucht worden. Die Wabenstruktur wird dann in einem solaren Receiverreaktor durch konzentrierte Sonnenstrahlung aufgeheizt. Dabei muss die Trägerstruktur jeweils auf die Temperaturen erhitzt werden, die zur Wasserspaltung beziehungsweise zur Regeneration des Redox-Materials notwendig sind. Durch eine alternierende Gaszufuhr und das entsprechende Anpassen der Temperaturen können so Wasserspaltung und Regeneration nacheinander in einem Reaktor ablaufen.

Für die Regeneration des Beschichtungsmaterials wird technischer Stickstoff in die Kammer geleitet, welcher den freigesetzten Sauerstoff aus der Wabenstruktur abtransportiert. Dabei wird die beschichtete Wabenstruktur auf etwa 1.200 °C erhitzt. Gleichzeitig wird in der anderen Kammer Wasserdampf gespalten und dadurch Wasserstoff erzeugt. Für den Wasserspaltschritt werden Temperaturen von 800 bis 1.000 °C in der Wabe eingestellt. Nach einer bestimmten Zeit werden die Temperaturen und die Gasströme gewechselt und somit der Betriebszustand der Kammern geändert. Mit diesem Reaktorkonzept ist es möglich, quasikontinuierlich Wasserstoff zu erzeugen.

PILOTANLAGE IN SÜDSPANIEN Der so genannte *Konti-Reaktor* wurde zunächst im 10-kW-Maßstab im Sonnenofen des DLR in Köln erfolgreich getestet und betrieben. Dabei konnte die Machbarkeit des Prozesses gezeigt und eine quasikontinuierliche Wasserstoffproduktion erreicht werden. Es wurde die Zyklierbarkeit des Redox-Materials und damit H_2-Erzeugung in mehr als 50 Zyklen demonstriert.

Basierend auf dem Design dieses Konti-Reaktors wurde anschließend die Planung und Konstruktion einer skalierten Pilotanlage durchgeführt. Die Skalierung auf 100 kW_{th} wurde durch eine vergrößerte Absorberfläche erreicht. Der Absorber ist aus neun einzelnen quaderförmigen Wabenstrukturen zusammengesetzt. Um eine quasikontinuierliche Wasserstoffproduktion zu gewährleisten, wurden zwei Module gebaut und nebeneinander platziert. Jedes Modul hat eine Absorberfläche von etwa 0,2 m^2. Die Konzentration der Sonnenstrahlung wird hierbei durch ein Turmreceiverkonzept erreicht, wobei die Sonnenstrahlung von einem so genannten Heliostatfeld konzentriert wird. Dies ist eine Gruppe von Spiegeln, die auf dem Boden in der Nähe eines Turmes stehend dem Stand der Sonne nachgeführt werden und deren Strahlen auf eine Fläche fokussieren. Der Brennfleck wird hierbei auf einen Absorber gebildet, der sich auf dem Turm befindet. Die beiden Absorbermodule werden nebeneinander auf dem Turm montiert. Durch eine Einteilung des Heliostatfeldes in verschiedene Gruppen werden zum einen zwei Foki gebildet und zum anderen die unterschiedlichen und alternierenden Temperaturniveaus der beiden Kammern im Betrieb realisiert.

Der Pilotreaktor ist auf einem Solarturm der Plataforma Solar de Almeria in Südspanien aufgebaut. Die beiden Absorbermodule sowie die notwendige Peripherie sind bereits installiert. Die Einweihung, Inbetriebnahme und erste erfolgreiche Funktionstests erfolgten im März/April 2008. Aufgrund des Erfolges von Hydrosol I wurde im Folgeprojekt Hydrosol II das Konzept optimiert und die Anlagenleistung von 10 auf 100 kW vergrößert. Damit stellt der Reaktor mit seiner Größe und Automatisierung einen wichtigen Prototyp für eine industrielle Anlage dar.

Das Projekt Hydrosol II wird von einem internationalen Konsortium mit Partnern aus Deutschland, Spanien, Griechenland, Dänemark und Großbritannien durchgeführt. Diese Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wurden wegen der möglichen weit reichenden Konsequenzen für eine zukünftige Energiewirtschaft unter anderem mit dem Descartes Forschungspreis der Europäischen Union und dem Technical Achievement Award des International Partnership for the Hydrogen Economy ausgezeichnet. ||

Die Autoren danken der Europäischen Kommission für die Co-Finanzierung dieser Arbeit im Rahmen des Projektes Hydrosol-2 „Solar Hydrogen via Water Splitting in Advanced Monolithic Reactors for Future Solar Power Plants“ (SES6-CT-2005-020030) im 6. EU-Rahmenprogramm.

Autoren:

Dr. Martin Roeb
→ Martin.Roeb@dlr.de

Dr. Christian Sattler
→ Christian.Sattler@dlr.de

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Institut für Technische Thermodynamik, Solarforschung, Köln

f-cell

Die Brennstoffzelle | 8. Forum für Produzenten und Anwender

Fotocomposing: EnBW AG

Das internationale Forum für die Branche
Schwerpunkt 2008: Stationär

29.-30.9.2008 Stuttgart
Haus der Wirtschaft

Fachvorträge
Messe
f-cell*Award*
f-cell vision
www.f-cell.de

EnBW · Baden-Württemberg · PETER SAUBER AGENTUR

HZwei 07|08

Thema: Entwicklung | **Autor:** Heinz-Jürgen Mühlen

DER BLAUE TURM AUF EWALD

Großtechnische H_2-Gewinnung aus Biomasse

Abb. 1: Der Blaue Turm bei Nacht [Quelle: Blue Tower GmbH]

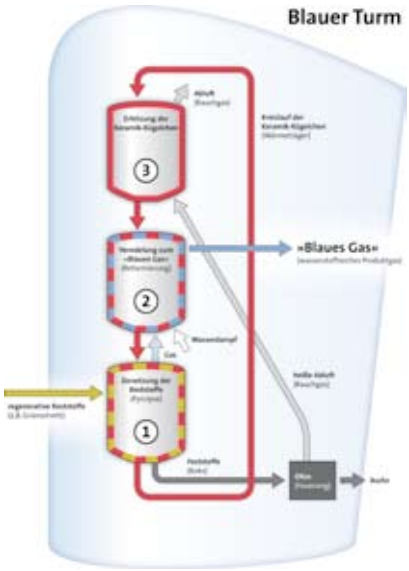


Abb. 2: Arbeitsschema im Turm [Quelle: Blue Tower GmbH]

Was passiert auf Ewald? Diese Frage stellte HZwei im April-Heft Dieter Mende vom Wasserstoff-Kompetenzzentrum Herten, der in einem Interview ausführlich über die verschiedenen Aktivitäten berichtete, die auf der ehemaligen Zeche Ewald vonstatten gehen. Als zentrales Element entsteht dort der Blaue Turm, der von Heinz-Jürgen Mühlen, Geschäftsführer der Technologiegesellschaft Blue Tower GmbH und der Projektgesellschaft H2Herten GmbH, erdacht und konzipiert wurde. Für die HZwei erklärt Dr. Mühlen, wofür der Blaue Turm da ist, welche Prozesse in ihm ablaufen und wie er in Zukunft einen Beitrag zu einer nachhaltigen, planbaren Energieversorgung beisteuern kann.

In Kürze wird die H2Herten GmbH auf dem ehemaligen Zechengelände AufEwald in Herten mit dem Bau einer 13-MW-Demonstrationsanlage des Blauen Turms beginnen. Die darin angewandte Technologie zur Biomassevergasung hat ihre Funktionsfähigkeit in den letzten Jahren in drei Pilotanlagen in Herten und in Japan nachgewiesen. In dieser Zeit wurden neben Holz und halmartigen Biomassen auch Kot und aufbereiteter kommunaler Müll in den Anlagen zu Produktgas umgesetzt. Nun soll diese Technologie ihre Fähigkeiten im kommerziellen Maßstab beweisen und aus rund 35.000 Tonnen Straßenbegleitgrün und einer Verfügbarkeit von 7.500 Stunden pro Jahr fünf Megawatt Strom erzeugen. In einem begleitenden Vorhaben soll darüber hinaus aus dem Produktgas reiner Wasserstoff abgetrennt und dem Wasserstoff-Kompetenz-Zentrum Herten zur Verfügung gestellt werden.

GESTUFTE REFORMIERUNG Die Technologie des Blauen Turms basiert auf der so genannten gestuften Reformierung von Biomassen. Die erste Stufe dieses Prozesses ist die Pyrolyse, bei der mehr als 80 Prozent der eingesetzten Masse in die Gasphase überführt wird. In der zweiten Stufe folgt die Reformierung, in der das erzeugte Gas mit Wasserdampf bei Temperaturen von 950 °C in ein Produktgas umgesetzt (veredelt) wird. Bei der Pyrolyse bleiben knapp 20 % der eingesetzten Masse als Feststoffe (Koks) übrig. Dieser Koks wird verbrannt, um die für die Pyrolyse und Reformierung benötigte Wärme zu erzeugen.

Das bei der Verbrennung entstehende heiße Rauchgas transferiert die Wärme bei 1.050 °C auf einen Wärmeträger. Dieser Wärmeträger führt die Wärme in einen Kreislauf und stellt sie für die endotherme Reaktion im Reformer und anschließend in der Pyrolysestufe für die Aufheizung des Einsatzmaterials zur Verfügung. Hierbei wird der etwa 780 °C heiße aus Aluminiumoxidkugeln bestehende Wärmeträger mit der Biomasse vermischt und wandert langsam durch den Pyrolysebehälter, bis er am Boden wieder ausgetragen und von dem gebildeten Koks getrennt wird. Der Koks wird in die Feuerung verbracht. Der Wärmeträger wird in einen ausgemauerten Kübel befördert und mechanisch wieder nach oben in den Vorwärmer transportiert. Von dort aus bewegt sich der heiße Wärmeträger nur noch von der Schwerkraft getrieben durch die einzelnen Prozessstufen.

Das Verfahren zeichnet sich besonders durch seine Robustheit und seine Unanfälligkeit gegen wechselnde Einsatzmaterialien und unterschiedliche Mischungsverhältnisse aus. Auch können Einsatzmaterialien in einem breiten Korngrößenspektrum verarbeitet werden und höhere Feuchte- und Aschgehalte aufweisen. Diese Eigenschaften machen den Blauen Turm zu einer Multi-Feedstock-Technologie.

Da der Prozess unter Luftabschluss abläuft, enthält das Produktgas nur geringe Mengen Stickstoff und weist einen Heizwert um 13 MJ/m³ aus. Es besteht vornehmlich aus Wasserstoff (40 bis 50 Vol.-%), Kohlenmonoxid (15 Vol.-%), Kohlendioxid (25 Vol.-%) und Methan (< 10 Vol.-%). Wegen der hohen Reaktionstemperatur von 950 °C und den Verweilzeiten von einigen Sekunden ist es relativ teerarm, bedarf aber dennoch einer Gasaufbereitung, wenn es anschließend, wie in Herten geplant, großen Gasmotoren zugeführt werden soll.

PROZESSABLAUF IM TURM Der relativ hohe elektrische Wirkungsgrad der Gesamtanlage (fast 38 %) wird nicht allein durch die Verwertung des Produktgases in den Gasmotoren erreicht, sondern durch ein Wärmemanagement, bei dem die gesamte Abwärme des Systems – sowohl aus dem heißen Produktgas als auch aus dem Abgas der Koksfeuerung sowie dem der Gasmotoren – auf ein Thermoöl übertragen und einem ORC-Prozess (Organic-Rankine-Cycle) zugeführt werden. Dieser Kreislaufpro-

zess entzieht dem Thermoöl die Wärme und wandelt diese in zusätzlichen Strom um. Allein diese Verfahrensschaltung trägt mehr als sechs Prozent (absolut) zum elektrischen Wirkungsgrad der Anlage bei.

Die verbleibenden Restwärmen werden der Brennstofftrocknung zugeführt. Obwohl eine Trocknung des Einsatzmaterials nicht notwendig ist, ermöglicht sie einen konstanteren Betrieb und erübrigt die Wasserverdampfung in der Pyrolyse und den damit verbunden Energieverbrauch, was der Effizienz des Blauen Turms zugute kommt. Um dem mit der Jahreszeit wechselnden Feuchtegehalt des Einsatzmaterials Rechnung zu tragen und den Prozess hiermit nicht zu belasten, wird das Einsatzmaterial über eine Luftschleuse in die Vorratshalle verbracht und dort über einen Schubboden mit Schneckenaustrag einem Bandtrockner zugeführt. Das getrocknete Material gelangt danach über einen Steilförderer direkt in den Pyrolysebehälter. Die aus der Vorratshalle abgesaugte Luft wird als Trocknungsluft verwendet und anschließend entweder in der Koksfeuerung oder in den Gasmotoren verbrannt. Auf diese Weise soll verhindert werden, dass dem Einsatzmaterial anhängende Gerüche in die Umwelt gelangen.

Neben den Aschen aus der Feuerung gibt es keine festen oder flüssigen Rückstände, da die prozessinterne Koksfeuerung alle Abschlämme und Rückstände aufnimmt und in Prozesswärme umwandelt. Die Anlage ist parallel zu den Gasmotoren mit einer Wasserstoffabtrennung ausgerüstet, die bis maximal 400 m³ Wasserstoff pro Stunde abtrennen und zwischenspeichern kann.

BETRIEB AB 2009 Gebaut wird der Blaue Turm von der H2Herten GmbH, die mehrheitlich von einer Beteiligungsgesellschaft der Erlanger Solar Millennium AG gehalten wird. Die Technologie und die Nutzungsrechte an den Patenten liegen bei der Blue Tower GmbH, in die Anfang April 2008 ebenfalls mehrheitlich die Solar Millennium AG eingestiegen ist. Solar Millennium möchte die Technologie des Blauen Turms mittelfristig für den Hybridbetrieb mit solarthermischen Kraftwerken nutzen.

Die Bauzeit des rund 26 Mio. teuren Projekts wird auf 18 Monate veranschlagt. Die erste Stromeinspeisung ist noch im Jahr 2009 geplant. Nach der erfolgreichen Inbetriebnahme erwartet H2Herten eine Verfügbarkeit der Anlage von 7.500 Stunden pro Jahr.

SOLARTHERMISCHES HYBRID-KRAFTWERK Die Solar Millennium AG ist auf Parabolrinnen-Kraftwerke spezialisiert, die aus der Wärmeenergie der Sonnenstrahlung Strom erzeugen. Bei einem Parabolrinnen-Kraftwerk bündeln rinnenförmige Spiegel die einfallenden Strahlen auf ein Rohr in der Brennlinie des Kollektors. Durch ihre Absorption wird im Rohr eine Wärmeträgerflüssigkeit erhitzt, die im Kraftwerksblock mittels Wärmetauscher Dampf erzeugt. Wie bei konventionellen Kraftwerken wird der Dampf in einer Turbine zur Stromgewinnung genutzt.

Ein Ziel beim Einsatz und bei der Weiterentwicklung solarthermischer Kraftwerke ist, Strom möglichst planbar bereitzustellen, um Schwankungen im Stromnetz zu minimieren und damit die Voraussetzung für den Einsatz der Anlagen als Grundlastkraftwerke zu schaffen. Die planbare Stromerzeugung lässt sich durch thermische Speicher realisieren, die tagsüber einen Teil der gesammelten Wärme speichern und ihn nachts an den Dampfturbinenkreislauf abgeben. Solche Speicher kommen bereits zum Einsatz, und zwar im ersten Parabolrinnen-Kraftwerk Europas, das Solar Millennium in Südspanien entwickelt hat. Zwei derartige Anlagen sind bereits im Bau. Mit über 510.000 m² Kollektorfläche sind es die größten Solarkraftwerke der Welt. Mittels thermischer Speicher können die Turbinen bis zu 7,5 Stunden lang in Volllast weiterbetrieben und je Anlage 50 MW Strom bereitgestellt werden, wenn die Sonne nicht scheint.

Die Planbarkeit kann darüber hinaus auch durch einen Hybridbetrieb der Anlagen gewährleistet werden: Durch die Kombination eines solarthermischen Kraftwerks mit dem Blauen Turm in einer Gesamtanlage ist eine Grundlaststromerzeugung rund um die Uhr auf regenerativer Basis realisierbar – ein Zukunftsmodell der klimafreundlichen Stromerzeugung.

FAZIT Der Blaue Turm kann im dezentralen Leistungsbereich verschiedenste Reststoffe vor allem aus der Land- und Forstwirtschaft umwandeln und daraus Strom, Brenngase und Wasserstoff erzeugen. Zudem kann er mittels nachgeschalteter Synthesen Methanol, Kraftstoffe oder ein Produktgas in Erdgasqualität produzieren. Die Hybridfähigkeit und auch die Multi-Feedstock-Eigenschaften des Blauen Turms eröffnen einen neuen globalen Markt. ||

Autor:

Dr. Heinz-Jürgen Mühlen
Blue Tower GmbH / H2Herten GmbH, Herten

Thema: Wirtschaft | **Autor:** Jorma Sommer, Peter Stenzel

MARKTEINFÜHRUNG VON WASSERSTOFF

Modellrechnung für den öffentlichen Nahverkehr

Bei der Suche nach alternativen Antriebskonzepten für den Verkehrssektor wird der Verwendung von Wasserstoff ein großes Potenzial beigemessen. Da die Wasserstofftechnologie im Verkehrsbereich jedoch wirtschaftlich noch nicht wettbewerbsfähig gegenüber den Konkurrenztechnologien ist, beschränkt sich die Anwendung bisher auf vereinzelte Versuchs- und Demonstrationsprojekte. Wie eine verstärkte Markteinführung, speziell in Hinblick auf den öffentlichen Personennahverkehr, realisierbar ist und wie eine entsprechende Förderung ausgestaltet werden könnte, hat das Zentrum für Innovative Energiesysteme (ZIES) im Rahmen einer Modellrechnung untersucht.

Um die etablierten Kraftstoffe in Zukunft durch Wasserstoff ersetzen zu können, ist von der Produktion über die Distribution bis hin zur Verwendung eine völlig neue Infrastruktur erforderlich. Die damit verbundenen hohen Kosten machen einen direkten Markteintritt derzeit unmöglich. Realistisch erscheint jedoch eine Markteinführung in der Form von lokal begrenzten Wasserstoffprojekten und deren Förderung über Betriebskostenzuschüsse, die – ähnlich wie beim EEG der Stromwirtschaft – aus einer Umlage finanziert werden.

FÖRDERUNGSBEDARF FÜR WASSERSTOFFPROJEKTE Für eine Markteinführung von Wasserstoff im Verkehrssektor bieten sich im ersten Schritt Projekte im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) an. Der ÖPNV ermöglicht eine weitgehend zentralisierte H_2-Infrastruktur hinsichtlich Erzeugung, Lagerung und Betankung. Bei lokal begrenzten Projekten reicht oftmals eine Tankstelle auf einem zentralen Betriebshof aus. Die Investitionen in die erforderliche Infrastruktur sind daher überschaubar. Darüber hinaus haben Wasserstoffbusse bereits in mehrjährigen Demonstrationsprojekten ihre Alltagstauglichkeit im ÖPNV bewiesen und insbesondere Busse mit H_2-Verbrennungsmotor sind relativ kostengünstig kommerziell verfügbar.

Die bisher durchgeführten Demonstrationsprojekte im Nahverkehr waren vom Umfang meist auf wenige Fahrzeuge beschränkt. Der nächste Schritt hin zu einer Markteinführung wäre daher die Realisierung größerer und langfristigerer Projekte.

MODELLRECHNUNG Das ZIES führte hierzu eine Modellrechnung durch und analysierte, welche finanziellen Aufwendungen erforderlich sind, um eine Markteinführung anhand von lokal begrenzten Wasserstoffprojekten durchführen zu können. Dafür wurden die technischen und wirtschaftlichen Basisdaten von verschiedenen Bustypen verwendet (Mercedes Benz Citaro Brennstoffzellenbus, MAN Lion´s City H_2-Verbrennungsmotor, Mercedes Benz Citaro LE Dieselmotor). Alle benötigten Daten hinsichtlich Anlagengrößen, Investitions- und Betriebskosten etc. wurden der H_2-Roadmap des DWV entnommen. Darüber hinaus wurden verschiedene Varianten einer Umlagefinanzierung zur Bereitstellung der erforderlichen Fördermittel vorgestellt.

Bei der Analyse wurde davon ausgegangen, dass die notwendigen Installationen aller Anlagen (Erzeuger, Verdichter, Speicher, Tankstelle etc.) auf einem zentralen Betriebshof erfolgen, wo ein H_2-Pufferspeicher auf Druckgasbasis errichtet wird. Das Speichervolumen umfasst dabei einen Tagesbedarf, um im Bedarfsfall einen Anlagenstillstand zumindest teilweise kompensieren zu können und eine ausreichende H_2-Menge für die kontinuierliche Betankung der Fahrzeuge vorzuhalten. Die Tankstelle wird mit vier Zapfstellen ausgerüstet, um bei einer durchschnittlichen Betankungszeit von etwa 15 Minuten pro Bus Wartezeiten weitestgehend vermeiden zu können.

WASSERSTOFFPROJEKT: GROSSSTADT Im Folgenden wird ein mögliches Wasserstoffprojekt im ÖPNV am Beispiel des Versorgungsgebietes der Rheinbahn AG, Düsseldorf, betrachtet. Die Rheinbahn AG bedient täglich ein Versorgungsgebiet mit einer gesamten Busfahrleistung von etwa 77.000 km auf 91 Linien mit 373 Fahrzeugen. Das Projekt ist so strukturiert, dass knapp zehn Prozent der momentan eingesetzten Omnibusse der Rheinbahn AG durch Busse mit Wasserstoffantrieb ersetzt werden und gleichzeitig auf diese Busse auch zehn Prozent der Gesamtbusfahrleistung entfallen. Die 37 zu beschaffenden Busse setzten sich aus 35 MAN Lion´s City-Bussen mit H_2-Verbrennungsmotor und zwei Mercedes Benz Citaro-Brennstoffzellenbussen zusammen. Diese Busse benötigen täglich eine Wasserstoffmenge von rund 1.850 kg. Der benötigte Wasserstoff wird zu 70 % durch einen Erdgas-Dampfreformer und zu 30 % durch einen Elektrolyseur (Netzstrombetrieb) erzeugt.

Durch die Bildung der Differenz zwischen den Kosten einer Investition in das Wasserstoffprojekt und den Kosten, die sich aus einer Investition in moderne Omnibusse mit herkömmlichen Dieselmotoren ergeben, sowie durch die Berücksichtigung der unterschiedlichen Kosten von Wasserstoffproduktion beziehungsweise Dieselbeschaffung erhält man die Summe der jährlich einzusetzenden Fördermittel für das Projekt. Für das erste Jahr liegt die Kostendifferenz und damit der Förderungsbedarf bei rund 2,8 Mio. € (s. Abb. 1). In den Folgejahren variieren die Kosten für das H_2-Projekt und den Dieselbetrieb geringfügig aufgrund unterschiedlicher Annahmen bezüglich der Preisentwicklung von Diesel, Erdgas und Strom.

Die zu erbringende Förderleistung kann vollständig über eine Abgabe auf Parkplätze im Stadtgebiet realisiert werden. Hierzu wird eine Umlage von sämtlichen anfallenden Projektkosten auf Parkgebühren im Innenstadtbereich der Stadt Düsseldorf betrachtet. Um die Förderleistung zu erbringen, wäre eine Erhöhung der Parkgebühr um etwa 20 ct/h erforderlich. Bei einer regulären Parkgebühr von 2 €/h bedeutet dies einen Zuschlag von 10 % der Basisgröße. Dieser Anteil ließe sich mit einer Verteilung der Umlage auf eine größere Anzahl von Parkplätzen reduzieren.

WASSERSTOFFPROJEKT: KURORT Für Urlaubs- oder Kurorte könnte ein öffentlicher Personennahverkehr auf Basis von Wasserstoff aufgrund seiner geringen Schadstoff- und bei der Nutzung von Brennstoffzellen auch geringen Lärmemissionen besonders attraktiv sein. Durch ein innovatives ÖPNV-Konzept könnte zudem ein erheblicher Imagegewinn und damit ein Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Urlaubs- und Kurorten erzielt werden. Hier ist als alternative Quelle für die benötigten Fördermittel eine Anhebung der Kurabgabe in Betracht zu ziehen.

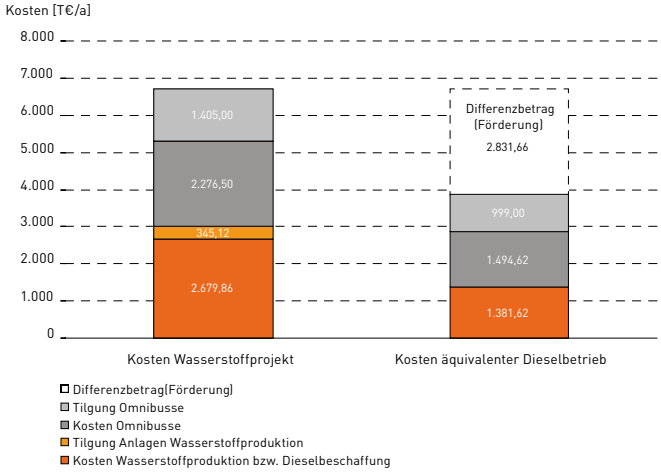


Abb. 1: Kostenvergleich Wasserstoffprojekt (Großstadt) – Äquivalenter Dieselbetrieb (Jahr 1)

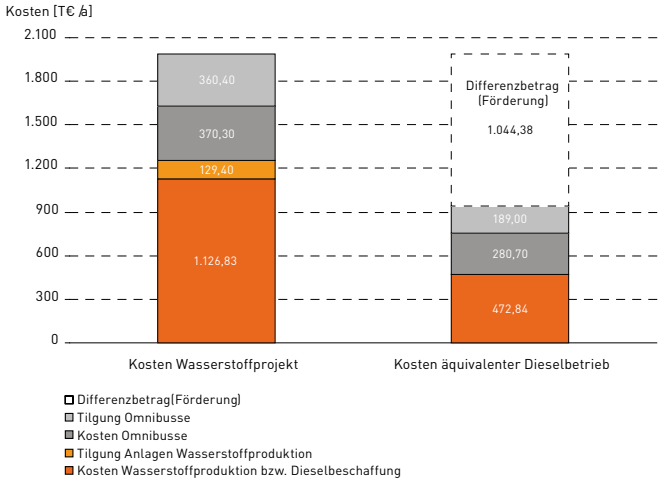


Abb. 2: Kostenvergleich Wasserstoffprojekt (Insel Sylt) – Äquivalenter Dieselbetrieb (Jahr 1)

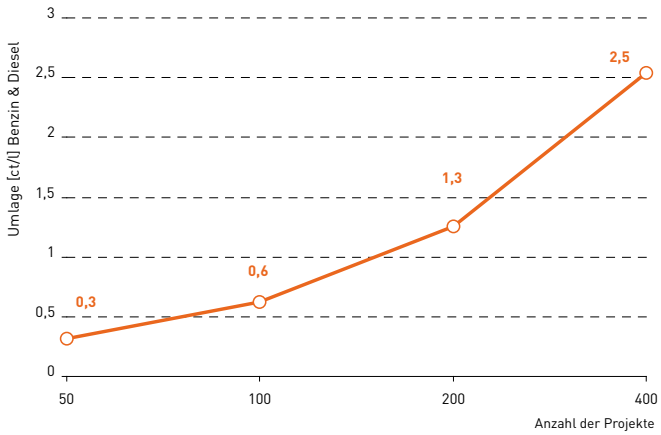


Abb. 3: Umlageentwicklung in Abhängigkeit von der Anzahl der Wasserstoffprojekte

Der Kurbeitrag als Umlagebasis für die zu erbringende Förderleistung eines H_2-Projektes wurde am Beispiel des ÖPNV der Insel Sylt betrachtet. Für die Berechnungen wurde davon ausgegangen, dass im Nahverkehr der Insel für den Betrieb von fünf Linien sieben Busse eingesetzt werden. Diese Busse verbrauchen bei einer täglichen Fahrleistung von rund 2.000 km jährlich etwa 364.000 l Diesel. Im Zuge des Projektes soll der komplette Omnibusbetrieb von Diesel auf Wasserstoff umgestellt werden. Es werden sieben MAN Lion´s City-Busse mit H_2-Verbrennungsmotor eingesetzt. Diese Busse benötigen täglich eine H_2-Menge von etwa 440 kg. Der erforderliche Wasserstoff wird zu 100 % durch Elektrolyse auf der Basis von Windstrom erzeugt. Sowohl bei der H_2-Erzeugung als auch beim Busbetrieb wird somit kein CO_2 freigesetzt. Durch die Umstellung auf Wasserstoffbetrieb könnten so CO_2-Emissionen von ca. 950 t pro Jahr vermieden werden.

Die zu erbringende Förderleistung von etwa 1,05 Mio. € für das erste Jahr (s. Abb. 2) kann mit einer geringfügigen Anhebung der Kurabgabe realisiert werden. Je Kurgast wäre eine Erhöhung der Kurabgabe um rund 12 ct/Tag (bei 14 Tagen ca. 1,70 €) erforderlich.

FÖRDERUNG MEHRERER PROJEKTE Soll die Markteinführung von Wasserstoff stärker als mit einzelnen Projekten vorangetrieben werden und dabei die Finanzierung der Förderung auf eine breite Basis gestellt werden, ist prinzipiell auch eine Umlage der entstehenden Kosten auf den Preis für Benzin und Diesel denkbar. Auf diesem Weg würde jeder Fahrzeuginhaber die für eine großflächige Markteinführung anfallenden Kosten mittragen, ohne dass zusätzliche Mittel aus öffentlichen Haushalten für die Finanzierung einer Wasserstoffinfrastruktur und der dazugehörigen Fahrzeuge notwendig werden.

Bei 400 Wasserstoffprojekten (entspricht dem Einsatz von insgesamt 14.800 H_2-Bussen) wäre eine Umlage von ca. 2,5 ct/l auf den Kraftstoffpreis erforderlich (s. Abb. 3). Dies entspricht einer Preiserhöhung von annähernd 2 %.

ZUSAMMENFASSUNG Wie die Modellrechnung zeigt, ist die Nutzung von Wasserstoff gegenüber der Nutzung von Diesel deutlich teurer und somit eine Förderung notwendig. Für einzelne Projekte bieten sich als Umlagebasis Parkgebühren oder Kurbeiträge an. Bei der Parkgebühr oder der Kurabgabe handelt es sich um eine kommunale Gebühr/Abgabe, deren Ertragshoheit bei der Gemeinde liegt. Die Förderung wäre kommunal begrenzt und würde keinen Eingriff durch übergeordnete Behörden erfordern. Für die Förderung einer Vielzahl von Projekten wäre eine landesweite Umlage auf den Kraftstoffpreis von Benzin und Diesel sinnvoll.

Bei einer Umlageförderung ist insbesondere darauf zu achten, dass ein Förderungsboom, wie er derzeit in der deutschen Photovoltaikindustrie stattfindet, vermieden wird, falls nicht absehbar ist, dass es der Wasserstofftechnologie gelingt, ohne Förderungsmaßnahmen Wettbewerbsfähigkeit zu erlangen. Dieser Gefahr kann jedoch mit der richtigen Ausgestaltung von notwendigen gesetzlichen Rahmenbedingungen, zum Beispiel einer Degression bei den Förderungs- bzw. Umlagebeträgen, entgegengewirkt werden.

Werden die genannten Aspekte in einem Förderungsprozess beachtet und findet eine revolvierende Situationsanalyse statt, aus deren Ergebnissen eine entsprechende Steuerung des gesamten Förderungsverfahrens folgt, kann eine umfassende Förderung den Aufbau einer Verkehrsinfrastruktur auf Wasserstoffbasis ermöglichen und gleichzeitig für die Zukunft eine wettbewerbsfähige und nachhaltige Alternative zu fossilen Treibstoffen schaffen. ||

Autoren:
Jorma Sommer & Peter Stenzel
Zentrum für Innovative Energiesysteme, Düsseldorf
→ jormawolfgang.sommer@fh-duesseldorf.de
→ peter.stenzel@fh-duesseldorf.de

Thema: Luftfahrt | **Autor:** Sven Geitmann

BRENNSTOFFZELLE GEHT IN DIE LUFT

Airbus und DLR testen BZ-System im Flugzeug

DLR-Forschungsflugzeug A320 ATRA

Die Internationale Luft- und Raumfahrtausstellung (ILA) lockt alle zwei Jahre hunderttausende Besucher nach Berlin. In diesem Jahr, zum 99. Geburtstag der ILA, konnten die Fachbesucher und Gäste nicht nur atemberaubende Flugshows bestaunen, an zentraler Stelle gab es auch erstmalig den neuen DLR-Airbus mit eingebautem Brennstoffzellensystem zu bewundern: den Fuel Cell Demonstrator – A320 ATRA.

Nach der Eröffnungszeremonie, die Bundeskanzlerin Angela Merkel am 27. Mai 2008 in Begleitung von Wirtschaftsminister Michael Glos vornahm, kamen in diesem Jahr an sechs Tagen insgesamt 241.000 Gäste zum Flughafen Berlin-Schönefeld, dem zukünftigen Flughafen Berlin Brandenburg International (BBI). Gut für alle sichtbar stand das Forschungsflugzeug des DLR (ATRA = Advanced Testing and Research Aircraft) gleich neben dem Großraum-Airbus A380.

Im Frachtraum hatten die Mitarbeiter des Instituts für Technische Thermodynamik vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) gemeinsam mit den Kollegen von Airbus ein komplettes Brennstoffzellensystem installiert. Erste Flugversuche hatte es bereits im Juli 2007 gegeben, bei denen die Funktion der Brennstoffzelle unter luftfahrtrelevanten Bedingungen erprobt und erfolgreich demonstriert wurde. Das System funktionierte trotz erheblicher Belastungen durch dreifache Erdschwerebeschleunigung, so dass damit ein Notstromversorgungssystem betrieben werden kann. Weiterführende Versuche im Februar 2008 bewiesen, dass zudem die Pumpe eines Hydraulikkreises ausreichend mit Energie versorgt werden kann, um damit das Flugzeug in der Luft steuern zu können.

Prof. Johann-Dietrich Wörner, Vorstandsvorsitzender des DLR, erklärte die Versuche mit den Worten: „Die Brennstoffzellentechnologie ermöglicht eine Verbesserung der Kraftstoffeffizienz beim Einsatz des Flugzeuges, die Minimierung der Lärm- und Schadstoffemissionen und die Steigerung des Komforts und der Sicherheit.“ Damit kommt der Airbus-Konzern seinem Ziel einen Schritt näher, seinen Treibstoffverbrauch bis zum Jahr 2020 um bis zu 50 % reduzieren zu wollen. Darüber hinaus ist der Zweck dieses vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) geförderten Projektes mit dem Namen *ELBASYS*, umweltfreundliche Technologien zur Minimierung des Schadstoffausstoßes und zur Steigerung des Passagierkomforts einzuführen. In Zukunft soll es möglich werden, die Klimaanlage im Stand ohne den sonst notwendigen Einsatz der Hilfsturbine (APU) zu betreiben. Das 20 kW leistende PEM-Modul stammt vom französischen Unternehmen Michelin, das vornehmlich für die Produktion von Autoreifen bekannt ist, und wird mit gasförmigem Wasserstoff (310 bar) betrieben.

BZ-MOTORSEGLER VON BOING R&TE Während der ILA kündigte Wörner an, dass noch in diesem Sommer ein Motorsegler mit einer Brennstoffzelle zu einem Testflug starten werde. In diesem Sektor ist auch der amerikanische Mitbewerber Boing aktiv. Im April verkündete der US-Flugzeughersteller, dass bereits im Februar und März 2008 zum ersten Mal in der Geschichte der Luftfahrt insgesamt drei Flüge mit einem bemannten Flugzeug, das mit einer wasserstoffbetriebenen Brennstoffzelle angetrieben wurde, durchgeführt worden seien. Der zweisitzige Dimona-Motorsegler (Spannweite: 16,3 m) wurde von Diamond Aircraft Industries aus Österreich hergestellt und von Boeing Research & Technology Europe (BR&TE) umgebaut. Zum Einsatz kam dabei ein Hybridsystem, bestehend aus einer PEM-Brennstoffzellen (25 kW_{el} von Intelligent Energy) sowie einer Lithium-Ionen-Batterie. ||

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

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

Kontakt: www.dwv-info.de / (0700) 49 376 - 835

DWV
Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband

DWV-Innovationspreis für junge Wissenschaftler verliehen ... Brüssel gibt endgültig grünes Licht für die JTI zu Brennstoffzellen und Wasserstoff ... Belgiens erste Wasserstoff-Tankstelle in Brüssel eröffnet« ...

TOYOTA FCHV-adv FÄHRT 830 KM

Toyota-FCHV-adv [Quelle: Toyota]

„Auf dem Weg zu einem emissionsfreien Fahrzeug ist der Toyota Motor Corporation (TMC) ein weiterer großer Schritt gelungen“, teilte das Unternehmen Mitte Juni 2008 mit. Gemeint war damit die Reichweitenerhöhung von 330 auf 830 km mit einer Tankfüllung Wasserstoff. Damit dürfte die Toyota Motor Corp. derzeit führend sein, wenn es um die mögliche Fahrstrecke von Brennstoffzellenautos geht.

Der FCHV-adv, mit dem den Japanern dieser Entwicklungssprung gelungen ist, ist die neuste Generation ihres BZ-Hybridfahrzeugs. Der Namenszusatz „adv“ steht für *advanced* (fortgeschritten) und soll den Entwicklungsfortschritt der Brennstoffzellentechnik (90 kW) unterstreichen, der sich auch in der Startfähigkeit bei Temperaturen von -30 °C widerspiegelt. Zudem senkten die Ingenieure den Wasserstoffverbrauch um 25 %, indem die Bremsenergierückgewinnung verbessert und der Strombedarf der Nebenaggregate reduziert wurde. Zusätzlich erhöhten sie den Speicherdruck von 350 auf 700 bar, wodurch das Fassungsvermögen des Tanks auf 156 l anstieg.

Den ersten offiziellen Auftritt soll der FCHV-adv während des Umweltgipfels der G8-Staaten vom 7. bis 9. Juli 2008 in Hokkaido Toyako, Japan haben. Auch Honda wird dort präsent sein, um den FCX Clarity unter anderem Bundeskanzlerin Angela Merkel, U.S. Präsident George W. Bush sowie dem derzeitigen EU-Ratspräsidenten und französischen Präsidenten Nicolas Sarkozy vorzustellen. Honda startet im Juli 2008 die Serienfertigung dieses Brennstoffzellenmodells und plant bis Ende des Jahres die Auslieferung von mehreren Dutzend Fahrzeugen an ausgewählte Kunden. Innerhalb der nächsten drei Jahre sollen in Japan und in den USA rund 200 Exemplare zum Einsatz kommen. ||

RENAULT PRÄSENTIERT SCÉNIC ZEV H2

Der französische Automobilhersteller Renault hat gemeinsam mit Nissan ein neues Brennstoffzellenhybridfahrzeug entwickelt: den Grand Scénic ZEV H2 (Zero Emission Vehicle Wasserstoff). Das Demonstrationsfahrzeug basiert auf dem Renault Grand Scénic und verfügt über einen von Nissan entwickelten Brennstoffzellen-Stack, einen Druckgastank (350 bar) sowie Lithium-Ionen-Batterien (25 kW, 400 V). Ausgelegt ist der Kompakt-Van, der sowohl im Batterie- als auch im Brennstoffzellen-Modus gefahren werden kann, für fünf erwachsene Passagiere. Der Asynchron-Elektromotor verfügt über eine Leistung von 90 kW und kann den Scénic bis auf 160 km/h beschleunigen (Reichweite: 350 km). Eine Aufrüstung auf die 700-bar-Technik ist bereits anvisiert, wodurch sich die Reichweite bis auf 500 km vergrößern würde. Öffentlich gezeigt werden sollte das Fahrzeug erstmals während des Umwelt-Workshops von Renault in Barcelona Ende Juni 2008.

Renault Scénic ZEV H2 [Quelle: Renault]

Zudem kündigten die Allianzpartner an, bis zum Jahr 2010 mit der Serienproduktion von Elektrofahrzeugen starten zu wollen. ||

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

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

Bei Fragen kontaktieren Sie bitte Herrn Nico Haak.

The Fuel Cell Seminar and Exposition, October 27 - 30, 2008
Phoenix Convention Center, Phoenix, Arizona, Booth number 608

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

Broad Base.
Best Solutions.

CHEMERGY:TRANSPORT TRITT BUSALLIANZ BEI

HyCologne ist Mitte Mai 2008 mit seinen Partnern Regionalverkehr Köln (RVK) und Stadtwerke Hürth der *Hydrogen Bus Alliance* beigetreten. Im Rahmen einer feierlichen Veranstaltung in Hürth wurde die Aufnahme des Projektes *Chemergy:Transport* in die internationale Wasserstoffinitiative im Beisein von Bundesverkehrsminister Tiefensee und zahlreichen regionalen Akteuren vorgenommen.

Mit Chemergy:Transport sollen die besonderen Standortvorteile der Region Köln durch den Einsatz von Wasserstoff im öffentlichen Personennahverkehr genutzt werden. Der Wasserstoff kommt dort kostengünstig aus der vor Ort ansässigen chemischen Industrie und wird über das bereits vorhandene lokale Pipelinenetz verteilt. In Kooperation mit der RVK sowie den Stadtwerken Brühl und Hürth soll die Infrastruktur nun um eine Wasserstofftankstelle sowie ein Werkstättennetz erweitert werden.

Dr. Dirk Ahrens-Salzsieder, Vorstand HyCologne e.V., möchte damit „in unseren Städten eine emissionsfreie und nachhaltige Infrastruktur im öffentlichen Nahverkehr anbieten." Carsten Krause, Projektleiter von HyCologne, fügte hinzu: „Wir sehen in dem Beitritt zu dieser globalen Initiative eine Möglichkeit, unsere regionalen Aktivitäten zu verstärken und überregional eine größere Akzeptanz und Unterstützung in der Wirtschaft und der Politik zu mobilisieren." ||

1. H_2-AUTOBAHNTANKSTELLE IN DER EU

Das Flämische Ministerium für Wirtschaft, Unternehmen, Wissenschaft, Innovation und Außenhandel hat Anfang Juni 2008 eine Wasserstofftankstelle in Ruisbroeck in der Provinz Flämisch-Brabant, Belgien, eingeweiht. Bei dieser in eine konventionelle Total-Tankstelle integrierten H_2-Zapfsäule handelt es sich um die erste Betankungsstation, die an einer europäischen Autobahn (E 19 Richtung Paris) gelegen ist. Sie entstand im Rahmen eines gemeinsamen Testprojektes mit BMW (s. HZwei Nov. 2006). Die Technologie zur Speicherung des tiefkalten, flüssigen Wasserstoffs (17.000 l) sowie das Betankungssystem wurden von Linde geliefert.

Miguel del Marmol, Managing Director von Total Belgien, erklärte: „Mit dieser neuen Tankstelle zeigen wir, dass Wasserstoff sehr gut in eine herkömmliche Autobahntankstelle integriert werden kann." Dr. Aldo Belloni, Mitglied des Vorstands der Linde AG, ergänzte: „Gemeinsam können wir die Infrastruktur für den zukunftsträchtigen Energieträger auf- und ausbauen." ||

SCHWEIZER BRENNSTOFFZELLE

Nicolas Hayek mit Philipp Dietrich und Martin Jermann (l. u. r., beide PSI) [Quelle: PSI]

Das Paul Scherrer Institut (PSI) und die Belenos Clean Power AG haben ein Joint Venture mit dem Namen *Schweizer Brennstoffzelle* gegründet. Das Ziel dieses Zusammenschlusses ist die Realisierung eines lokal emissionsfreien Antriebsstranges für einen leichten Personenwagen, der hinsichtlich der Fahrleistung und des Gesamtpreises mit einem konventionellen Modell der Kompaktklasse konkurrieren kann. Die Entwicklungsarbeiten, in die mehrere Millionen Franken investiert werden sollen, werden mindestens zwei Jahre benötigen.

Bei der Belenos Clean Power Holding AG handelt es sich um das neuste Werk des mittlerweile 80jährigen Swatch-Millionärs Nicolas G. Hayek. Es ist Ende 2007 mit einem Aktienkapital von 21 Mio. Schweizer Franken gestartet (s. HZwei Okt. 2007) und wurde nach dem Sonnengott der Kelten benannt. Es soll in insgesamt vier Joint Ventures die „lebensnotwendige Revolution im Energieverbrauch beschleunigen", wie Hayek gegenüber der NZZ am Sonntag erläuterte. Dafür ist auch der Aufbau eines Solar-Wasserstoff-Systems anvisiert. „Wir sind dabei, ein kleines Gerät zu entwickeln, damit jeder zu vernünftigen Kosten selber Wasserstoff produzieren kann. Jedes Haus in der Schweiz könnte ein solches Gerät auf dem Dach haben", erläuterte Hayek. Neben der Brennstoffzelle und diesem Elektrolyseur beschäftigt sich ein drittes Joint Venture mit der Anhebung des Wirkungsgrads von Solarzellen um 15 bis 20 % auf mindestens 30 %, während das vierte Gemeinschaftsunternehmen die Batterieentwicklung vorantreiben soll.

Jeweils 25 % an der Holding halten Hayek Engineering und die Swatch Group. Außerdem beteiligt sich die Deutsche Bank als drittwichtigster Aktionär an dieser Holding. Im Verwaltungsrat sitzen neben Josef Ackermann auch der Group-E-Chef Philippe Virdis, der Astronaut Claude Nicollier, der ETH-Präsident Ralph Eichler, der Schauspieler George Clooney sowie der Sohn und die Tochter von Mr. Swatch. ||

HELIOCENTRIS BETREUT NEXA-MODULE

Ballard Power Systems hat Mitte Mai 2008 den kompletten technischen Kundenservice für seine Nexa® Power Module an die Heliocentris Fuel Cells AG übertragen. Kurz zuvor hatten die beiden Unternehmen bereits ihre vierjährige Partnerschaft weiter intensiviert, indem sie eine Vertriebsvereinbarung über insgesamt 350 Exemplare von Ballards Mark 1020 ACS™-Brennstoffzellen unterzeichneten.

Mit der Übertragung des Kundenservices räumt Ballard dem Berliner Unternehmen weltweit die Rechte ein, alle Bestands- und Neukunden von Nexa-Modulen betreuen zu dürfen. Damit ist Heliocentris nach Ablauf der regulären Gewährleistungsfrist die alleinige Anlaufstelle für den gesamten industriellen und akademischen Bereich. Technische Hilfestellung gewährt das deutsche Unternehmen für eine Dauer von zwei Jahren nach dem Verkauf des letzten Nexa-Geräts, was ein überschaubarer Zeitraum ist, da Ballard die Produktion dieser Module voraussichtlich bis Ende 2008 einstellen wird. Heliocentris kündigte jedoch bereits an, dann ein geeignetes Nachfolgeprodukt anbieten zu wollen, das auf Ballards Mark1020-Brennstoffzellen aufbaut. ||

4,8 MW FÜR FREEDOM TOWER

Auf dem Gelände des ehemaligen World Trade Centers in Manhattan, New York, soll das weltweit größte Brennstoffzellensystem aufgebaut werden. Wie Mitte Juni 2008 bekannt wurde, hat der Stromversorger New York Power Authority (NYPA) einen Auftrag für insgesamt zwölf Brennstoffzellen mit einer Gesamtleistung von 4,8 Megawatt an UTC Power vergeben. Dieses Kraftwerk soll ab Januar 2009 Strom für den neuen Freedom Tower und noch drei weitere im Bau befindliche Türme liefern.

Bei den Brennstoffzellen handelt es sich um Systeme vom Typ PureCell® Modell 400, die verglichen mit dem Vorläufermodell die doppelte Betriebsdauer und zweimal mehr Leistung liefert. Die thermische Energie soll für die Erwärmung und Kühlung der neuen Gebäude nutzbar gemacht werden. „Wir haben mehr als 15 Jahre Erfahrung in der Entwicklung und der Herstellung von Brennstoffzellen für Vor-Ort-Energie an verschiedenen Orten weltweit“, sagte UTC Power Präsident Jan van Dokkum und nannte das Projekt „ein globales Beispiel für umweltfreundliche Bauplanung.“

Alle Gebäude auf diesem Grundstück sollen einen Standard einhalten, der um 20 % energieeffizienter ist, als der New York Energy and Environmental Construction Code vorgibt. NYPA Präsident Roger B. Kelley sagte dazu: „Wir engagieren uns sehr, umweltfreundliche Energiemaßnahmen auf dem Gelände des ehemaligen World Trade Centers zu realisieren.“ Das Tochterunternehmen von United Technologies Corp. hat im Großraum New York bereits 16 Brennstoffzellen im Einsatz, die von NYPA und anderen Kunden genutzt werden.

Erst Anfang Juni 2008 hatte UTC Power die Auszeichnung „Supplier of Year“ von der United Space Alliance, dem Hauptauftragnehmer der NASA, erhalten. Das Unternehmen aus South Windsor, Connecticut, produziert und wartet die drei Space-Shuttle-Brennstoffzellen, die an Bord der Raumfahrzeuge die komplette elektrische Leistung (3 x 12 kW) liefern und die Trinkwasserversorgung für die Astronauten regeln. ||

WASSERSTOFF-WIKI

Während der 17. Welt-Wasserstoff-Konferenz in Brisbane, Australien, hat Bruno Gnörich vom Institut für Kraftfahrwesen der RWTH Aachen erstmals öffentlich das *Roads-2HyCom – Wasserstoff und Brennstoffzellen Wiki* vorgestellt. Hierbei handelt es sich um eine neue Internetplattform, die im Rahmen des 6. EU-Förderrahmenprogramms unter dem Namen *Roads2HyCom* an der RWTH Aachen entstanden ist. Konzipiert wurde dieses Expertenportal für User, die auf der Suche nach detaillierten Informationen über Wasserstoff und Brennstoffzellen sind. Das Portal ist allgemein zugänglich und in vier Bereiche unterteilt: Technik, Infrastruktur, Communities und Handbuch.

Gestartet wurde das Projekt, in dem Know-how von 29 verschiedenen europäischen Hochschulinstituten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen zusammenfließt, im Jahr 2005. Projektleiter Gnörich entwickelte die Idee, das Fachwissen nicht wie sonst üblich in einer Studie zu veröffentlichen, sondern im Internet frei zugänglich zu machen. Auf diese Weise soll ein so genanntes Wiki, ähnlich dem Wikipedia-Portal, entstehen. Um eine hohe Qualität der Beiträge zu sichern, können allerdings nur die beteiligten Projektpartner und registrierte Benutzer mitschreiben. ||

ZSW FEIERTE 20. JUBILÄUM

[Quelle: ZSW]

Am 11. April 2008 hat das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) sein 20jähriges Bestehen gefeiert. Bei dem Festakt in Stuttgart würdigte Ministerpräsident Günther H. Oettinger (s. Abb.), der auch Schirmherr der Festveranstaltung war, die Leistungen des Instituts. Im März 1988 von Land, For-

Auflösung des Sudoku-Rätsels von S. 34

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

schungseinrichtungen und Wirtschaftsunternehmen gegründet, zählt das ZSW heute zu den führenden Energieforschungsinstituten in Europa. In enger Kooperation mit Industriepartnern arbeiten die rund 140 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an der Entwicklung neuer Technologien für eine nachhaltige Energieversorgung. Die Schwerpunkte liegen in den Bereichen Photovoltaik, Hochleistungsbatterien, regenerative Brenn- und Kraftstoffe, Brennstoffzellen und Energiesystemanalysen.

Neben den Vorträgen gab es im Haus der Wirtschaft in Stuttgart einen ganz besonderen Höhepunkt: Schulklassen aus Stuttgart und Ulm zeigten auf der Bühne, wie die am ZSW erforschten Techniken funktionieren. Zum Beispiel stellten 17 Neunt- und Zehntklässler dar, wie es im Inneren einer Brennstoffzelle zugeht. Begleitend zu den Programmpunkten informierte eine kleine Ausstellung über die Themenschwerpunkte des Instituts.

Für die aufstrebende Brennstoffzellentechnik wird das Institut im Herbst die Laborfläche für Batterien und Brennstoffzellen mit einem Neubau um 1.000 Quadratmeter erweitern.||

TOLLER H_2-SPEICHER

Amerikanische Wissenschaftler haben einen metallischen Werkstoff gefunden, der gut für die Speicherung von Wasserstoff in Flüssig- und Hochdrucktanks geeignet sein soll. Wie die Materialforscher Adam Phillips und seine Kollegen von der University of Virginia in der Fachzeitschrift Physical Review Letters schrieben, verwendeten sie einen Titan-Ethylen-Komplex, der bis zu zwölf Prozent des Eigengewichts von Wasserstoffgas aufnehmen und festhalten kann. Das Problem an dieser Entwicklung ist lediglich, dass bisher noch kein effizienter Weg gefunden wurde, um das Gas auch wieder freisetzen zu können. ||

WASSERSTOFF AUS ABFALL

Startech Environmental Corp. möchte Wasserstoff aus Verarbeitungsabfällen herstellen, der dann in stationären Motoren für die Erzeugung sauberen Stroms verwendet wird. Wie das US-amerikanische Unternehmen Ende März 2008 bekannt gab, soll die Umwandlung des Rohmaterials im Startech Plasma Converter™ erfolgen. Darin wird zunächst ein Synthesegas erzeugt, woraus dann ein wasserstoffreiches Brenngas abgespalten wird. Für die anschließende Verbrennung des gasförmigen Kraftstoffes stehen H_2-Motor-Generatoren von Hydrogen Engine Center Inc. (HEC), dem neuen strategischen Allianzpartner des Umwelt- und Energieunternehmens, zur Verfügung.

Joseph F. Longo, Präsident von Startech, erklärte hierzu: „Der HEC-Motor-Generator ist keine Brennstoffzelle. Es handelt sich vielmehr um einen robusten Hubkolbenverbrennungsmotor, der dem sehr bewährten Motor in Ihrem Auto sehr ähnlich ist. […] Mithilfe des Plasma Converters können unsere Kunden vor Ort […] Wasserstoff aus Abfallprodukten gewinnen.“ Es hieß, der erste HEC-Motor solle zu Vorführzwecken im Mai 2008 im Technologiezentrum in Bristol eintreffen. ||

FACHKRÄFTE GESUCHT

Deutsche Unternehmen beklagen sich bereits seit Monaten über den Mangel an Fachkräften. Dieser Mangel kommt nicht von ungefähr, denn immer weniger Schüler und Schülerinnen entscheiden sich für naturwissenschaftliche Fächer und Leistungskurse. Abhilfe sollen Schülerwettbewerbe schaffen, die das Interesse an innovativen Techniken wecken.

In Hessen wurde Anfang des Jahres erstmalig die Hy-Tech-Challenge.08 ausgerufen. Die Hy-Tech-Challenge.08 ist ein deutschlandweit ausgeschriebener Wettbewerb, bei dem Teams von Ausbildungseinrichtungen und Unternehmen mit ihren wasserstoffbetrieben, ferngesteuerten Modellfahrzeugen gegeneinander antreten. Der Abschlusswettkampf, bei dem mit einer vorgegebenen Kraftstoffmenge ein Rundkurs sowie ein Geschicklichkeitsparcours gemeistert werden muss, wird am 20. September 2008 während der Automechanika in Frankfurt stattfinden. Das Ausgangsmaterial, ein Brennstoffzellenset mit Solaranlage und Elektrolyseur, stellt Heliocentris. Für die Wasserstofflogistik ist die Linde AG verantwortlich.

Veranstaltet wird der Wettbewerb von der Wasserstoff- und Brennstoffzellen Initiative Hessen, der Hessen Agentur und *H2 in Praxis*, einer Initiative der ConActivity KG, Frankfurt. Als technisches Beratungsteam steht Dr. Birgit Scheppat mit ihrem Wasserstofflabor von der FH Wiesbaden zur Verfügung. Die Schirmherrin ist Dr. Annette Schavan, Bundesministerin für Bildung und Forschung.

In Hamburg gibt es in ähnlicher Form seit Herbst vergangenen Jahres den Schülerwettbewerb *Zero Emission* (s. HZwei Okt. 2007). 30 Teams mit insgesamt 500 Teilnehmern erhielten Experimentierkoffer, mit denen sie ein halbes Jahr tüfteln konnten. Im Juni 2008 fand die Prämierung statt.

SUDOKU

Schwierigkeitsstufe: Mittel

Füllen Sie die leeren Felder so aus, dass in jeder Zeile, in jeder Spalte und in jedem Unterquadrat die Ziffern von 1 bis 9 jeweils nur einmal vorkommen.

—»*Auflösung: s. S. 33*

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

© Oliver Knauff

Axel Gedaschko, Hamburgs Senator für Wirtschaft und Arbeit und Schirmherr dieses Vorhabens, sagte aus diesem Anlass: „Die Bandbreite der Ideen und die Kreativität der Schülerinnen und Schüler haben mich sehr beeindruckt. Es zeigt, dass die Jugendlichen für die Herausforderungen unserer zukünftigen Energieversorgung sensibilisiert sind."

Den 1. Preis in der Altersstufe 8. bis 10. Klasse und ein Preisgeld in Höhe von 2.000 Euro erhielt der Brennstoffzellen-Katamaran der Gesamtschule Niendorf. An diesem Projekt bastelten insgesamt 31 Schülerinnen und Schüler aus unterschiedlichen Klassen mit und bauten eine größere Anzahl von Katamaranen mit PET-Flaschen als Schwimmkufen. Erster in der Kategorie der 11. bis 13. Klasse wurde der Pustefix-Windenergiespeicher des Heilwig-Gymnasiums dank seines originellen Mottos „Wasserstoff stopft Windlöcher". Die Jungforscher zeigten hierbei, wie überschüssige Windenergie in Form von Wasserstoff zwischengespeichert und bei Bedarf durch eine Brennstoffzelle wieder in Strom umgewandelt werden kann.

Veranstaltet wird diese Initiative von der Hamburger Behörden für Bildung und Sport sowie der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt zusammen mit E.ON Hanse. ||

→ *www.hy-tech-challenge.de, www.die-zero-emission.de*

GermanHy VORGESTELLT

Woher kommt der Wasserstoff? Diese Frage versucht derzeit das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) in Abstimmung mit der Nationalen Organisation Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie (NOW) zu beantworten. Aus diesem Grund wurden verschiedene Forschungseinrichtungen damit beauftragt, im Rahmen der Meta-Studie *GermanHy* einen Blick bis ins Jahr 2050 zu werfen. Die Ergebnisse dieser von der Deutschen Energie-Agentur (dena) geleiteten Studie wurden Ende Juni 2008 in Berlin im Rahmen einer Konferenz vorgestellt. Verkehrsminister Wolfgang Tiefensee erläuterte: „GermanHy bezieht sich darauf, wie wir uns die Energieversorgung in Zukunft vorstellen."

Die drei in der Studie betrachteten Szenarien skizzieren drei unterschiedliche Entwicklungsrichtungen. Im derzeit am realistischsten erscheinenden *Ressourcenverknappungs-Szenario* könnte der Anteil der Wasserstofffahrzeuge bis zum Jahr 2050 auf 70 % steigen. Tiefensee sagte dazu: „Es geht darum, neue Wege zu beschreiben. Weg vom Öl – langfristig mit Wasserstoff. Die Antwort für morgen ist das 3-l-Auto, die Antwort für übermorgen ist die Elektromobilität, sind Wasserstoff- und Brennstoffzellenautos." […] „Wir brauchen neue Innovationen, wir brauchen sie hier in Deutschland." […] „Die Studie GermanHy bestätigt uns bei unserer Strategie."

Die detaillierten Ergebnisse der Studie werden in den nächsten Ausgaben der HZwei ausführlich von den Verfassern vorgestellt. ||

→ *www.germanhy.de*

BEIM ERDÖL LIEGT DIE ZUKUNFT HINTER UNS

Dr. Fatih Birol [Quelle: IEA]

„Peak Oil ist jetzt." Die weltweite Ölförderung hat mit großer Wahrscheinlichkeit das Fördermaximum bereits überschritten und wird weiter zurückgehen. Dies sei die Hauptursache des steigenden Ölpreises, so lautet die Hauptaussage der Autoren einer Studie der Ludwig Bölkow Systemtechnik GmbH, die die Energy Watch Group Mitte Mai 2008 während einer überlaufenen Pressekonferenz in Berlin vorstellte und über die HZwei bereits im Januar 2008 berichtete. Obwohl die Ergebnisse der Studie bereits seit Monaten vorliegen, reagierte der Großteil der Medienlandschaft verspätet, aber dafür umso aufgeregter.

Die Hoffnung auf das Platzen einer angeblichen Spekulationsblase ist vergeblich, erklärte Mitautor Werner Zittel. Seiner Meinung nach könnte die weltweite Ölförderung bis zum Jahr 2030 auf die Hälfte zurückgehen. „Wegen des zunehmenden Verbrauchs in den wenigen verbleibenden Erdöl exportierenden Staaten selbst bedeutet dies, dass die auf dem Weltmarkt verfügbaren Ölmengen noch schneller abnehmen werden als die Förderung", so Zittel.

Auch Josef Auer von der Deutschen Bank stellte fest: „Wagt man einen längerfristigen Blick auf die Energieversorgung, liegt – zumindest was das Erdöl betrifft – die Zukunft schon hinter uns. Deshalb ist das Szenario vom Ende der fossilen Kohlenwasserstoffe kein Horrorgemälde pessimistischer Weltuntergangspropheten, sondern eine in den kommenden Jahren und Jahrzehnten ernst zu nehmende Verknappungsperspektive."

Mittlerweile warnt auch die Internationale Energieagentur vor einer Ölverknappung. Fatih Birol, IEA-Chefökonom, sagte in einem Interview mit der Zeitschrift *Internationale Politik*: „Wir sollten das Öl verlassen, bevor es uns verlässt." Er warnte ausdrücklich vor deutlichen Verknappungen von Erdöl auf dem Weltmarkt. Für eine ausreichende Versorgung des Marktes würden seiner Meinung nach genau 12,5 Millionen Barrel pro Tag fehlen. Das seien rund 15 Prozent des Weltölbedarfs. „Diese Lücke bedeutet, dass wir in den nächsten Jahren eine Lieferklemme und sehr hohe Preise erleben könnten", erklärte Birol. Gleichzeitig kündigte er an, dass im nächsten World Energy Outlook (WEO) der IEA, der im November 2008 erscheinen wird, gezeigt werden wird, dass die weltweite Ölförderung schon in naher Zukunft deutlich zurückgehen wird. ||

Siemens Industry bietet durchgängige Hardware- und Software-Technologien sowie Branchenlösungen für Kunden aus Industrie und Infrastruktur. Rund 209.000 Mitarbeiter/-innen weltweit tragen mit integrierten Lösungen zu Effizienz und Produktivität in der Produktions-, Transport- und Gebäudetechnik bei. Für unseren Standort **Erlangen** suchen wir einen

Teamleiter (m/w) Brennstoffzellenfertigung

Jobnummer GER61282

Ihre Aufgaben

Sie gewährleisten den optimalen Fertigungsablauf komplexer Komponenten, indem Sie den Fertigungsprozess hinsichtlich Qualität, Kosteneinhaltung und termingerechter Fertigstellung überwachen und kontinuierlich optimieren. Sie sind für die Fertigungsplanung unter Berücksichtigung von Fertigungskapazitäten, Auftragssituation, Fertigungsrückständen, Beschaffungssituation, vorhandenen Terminvorgaben sowie möglichen Störgrößen (z. B. Reparaturen) verantwortlich und übernehmen die Einführung eines neuen SAP-Systems in der Fertigung. Sie steuern Versuchs- und Sonderprogramme zur Fertigungsoptimierung und -qualifizierung und wirken bei der Geschäftsplanung (z. B. Investitions- oder Personalplanung) mit. Weiterhin übernehmen Sie die fachliche und ggf. disziplinarische Führung und Motivation der zugeordneten Mitarbeiter und initiieren Kompetenz- und Personalentwicklungsmaßnahmen im eigenen Verantwortungsbereich.

Ihr Profil

Sie haben ein Studium der Fachrichtung Maschinenbau, Schwerpunkt Fertigungs- oder Verfahrenstechnik, erfolgreich abgeschlossen und bringen idealerweise zusätzlich eine abgeschlossene Ausbildung in einem handwerklichen oder metallverarbeitenden Beruf mit. Sie können mehrjährige Berufserfahrung in einem Fertigungsbereich vorweisen und haben Erfahrung in Zusammenbau und Test anspruchsvoller, teilweise hochpräziser Komponenten sowie in der (Serien-)Fertigung gesammelt. Die eingesetzten Fertigungsverfahren der Fachabteilung (Laserschweißen, Hochdruckwasserstrahlschneiden, Prägen/Stanzen, Fräsen etc.) sind Ihnen vertraut. Sie kennen die Einflussgrößen des Geschäftswertbeitrags und besitzen betriebswirtschaftliche Grundkenntnisse. Außerdem haben Sie bereits in einer früheren Position ein Team qualifizierter Mitarbeiter fachlich und disziplinarisch geleitet und idealerweise bereits Erfahrung in der Projektleitung gesammelt. Aufgrund der internationalen Konzerneinbindung setzen wir verhandlungssichere Deutsch- und Englischkenntnisse voraus. Wenn Sie darüber hinaus noch ein ergebnisorientierter Teamplayer (m/w) mit Entscheidungs- und Durchsetzungsvermögen sind, dem Analyse- und Motivationsfähigkeit nicht fremd sind, sollten wir uns kennenlernen!

Interessiert?

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung, die Ihr persönliches Anschreiben, Ihren Lebenslauf sowie Ihre relevanten Zeugnisse enthält. Bitte bewerben Sie sich unter der Jobnummer online: **www.siemens.de/career/jobboerse**

Falls Sie Fragen zu diesem Stellenangebot haben, wenden Sie sich bitte an Frau Reizammer, Tel. 09131 / 7-20808.

Siemens AG – Industry Sector

Industry Sector

Industry Solutions Division

www.siemens.de/industry

SIEMENS

Der Germanische Lloyd steht für Sicherheit, Qualität und Wirtschaftlichkeit in der Schifffahrt. Wir sind eine der weltweit führenden Klassifikationsgesellschaften und mit mehr als 4.000 Mitarbeitern in 76 Ländern vertreten – „Operating 24/7“ ist unsere Devise!

Wir suchen zum nächstmöglichen Zeitpunkt Sie als

Dipl.-Ingenieur Prozesstechnik (w/m)

Ihre Aufgaben:

- Übernahme von Entwicklungs- und Industrieprojekten, z. B. Zertifizierungen von Brennstoffzellen-Systemen (BZ-Systeme)
- Erstellung von Sicherheitsanalysen
- Durchführung von prozesstechnischen Berechnungen
- Mitarbeit in F+E-Projekten im Bereich BZ-Technologie

Ihr Profil:

- Dipl.-Ingenieur Maschinenbau, Schiffsmaschinenbau oder Ingenieurwissenschaften
- Berufserfahrung im Bereich BZ-Technologie, Prozesstechnik und/oder Schiffsmaschinenbau
- Fachbezogene Englischkenntnisse und MS Office
- Sicheres Auftreten gegenüber Kunden
- Teamfähigkeit und Flexibilität

Es erwarten Sie vielseitige, herausfordernde Aufgaben in einem dynamisch wachsenden Unternehmen mit hervorragenden Perspektiven. Selbstverständlich fördern wir Ihre Entwicklung und bieten Ihnen umfangreiche soziale Leistungen.

Interessiert?

Dann senden Sie bitte Ihre aussagekräftigen Bewerbungsunterlagen mit Angabe Ihrer Gehaltsvorstellung, Verfügbarkeit und des Referenzcodes **NB-ER-0003** an Anna Wagener, Human Resources Management.

Germanischer Lloyd Aktiengesellschaft
Vorsetzen 35 · 20459 Hamburg
Telefon +49 40 36149-7153
E-Mail: chances@gl-group.com
www.gl-group.com

GL OPERATING 24/7

NOW
Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie

Programmleiter Verkehr (m/w)

AUFGABEN

Als Programmleiter Verkehr sind Sie der zentrale Ansprechpartner für alle Vertreter des Verkehrswesens. Sie konzipieren Projekte in Abstimmung mit Industrie, Wissenschaft und Politik. Sie erstellen Auswahlkriterien für Projekte im Verkehrs-Bereich. Sie bewerten Projektvorschläge und betreuen intensiv die Partner bei ihrer Antragstellung und während der Projektdurchführung. Sie arbeiten aktiv in den Steuerkreisen der Projekte mit.
Durch engen Austausch mit den übrigen Bereichen identifizieren Sie Synergie-Potentiale und erschließen diese in Zusammenarbeit mit den weiteren Programmleitern.
Sie berichten direkt an den Sprecher der Geschäftsführung.

KENNTNISSE

Ausbildung zum Diplomingenieur oder Diplomwirtschaftsingenieur oder eine vergleichbare, durch Praxis nachgewiesene Qualifikation – Technische Kenntnisse auf dem Gebiet der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie sowie gute Branchenkenntnisse und ein brancheninternes Netzwerk sind unabdingbar – Englisch verhandlungssicher, weitere Sprachkenntnisse von Vorteil – Kenntnisse über die Fördermittelvergabe sind erwünscht – Erprobte PC-Kenntnisse (MS-Office).

ANFORDERUNGEN

Berufserfahrung in einem Industrieunternehmen oder einem Verband der Brennstoffzellenindustrie im automobilen Produktumfeld – Analytisches Denkvermögen – Ausgeprägte Kunden-, Team- und Zielorientierung – Bereitschaft zu häufigen Dienstreisen.

SONSTIGES

Sie haben die Chance, Ihr Unternehmen von Beginn an selbst mitzugestalten. Wir werden eine Unternehmenskultur aufbauen, die einerseits auf Professionalität, andererseits auf Chancengleichheit, Offenheit, Fairness und Spaß bei der Arbeit basiert.
Vergütung nach TVöD (West), Entgeltgruppe 15. Beginn baldmöglichst.
Bitte senden Sie uns Ihre vollständigen Bewerbungsunterlagen (Motivationsschreiben, tabellarischen Lebenslauf, Zeugnisse, Referenzen) ausschließlich in elektronischer Form (Adobe-Reader /pdf oder MS-Word/doc) an die NOW GmbH Berlin unter Betreff „Programmleiter Verkehr“ an

→ Bewerbung@now-gmbh.de
→ Annahmefrist 31.08.2008.

Formulierungen in männlicher Form gelten ohne Einschränkungen auch für Bewerberinnen.

TERMINKALENDER

JULI

21.-30.07. European Summer School on Hydrogen Safety
Seminar, Belfast/UK, University of Ulster, Tel. +44-2890368731, *www.engj.ulst.ac.uk/esshs*

AUGUST

3.-6.08. HyForum 2008
Konferenz, Changsha/China, Tsinghua University, Tel. +86-10-627-80537, Fax -92648, *www.ccs-cicc.com/HyForum2008*

21.08. Clean Tech Media Award
Preisverleihung, Berlin, Voigt Krüger & Partner, Tel. 030-50912024, *www.cleantech-award.de*

SEPTEMBER

15.-19.09. PEFC Introduction Course
Kursus, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

22.-23.09. Hydrogenia
Konferenz, Bukarest/Rumänien, Academia Romana, Tel. +401-21-28640, Fax -16608, *www.ipa.ro/html/evenimente.html*

22.-24.09. Hydrogen from Renewables
Konferenz, Golden/Colorado-USA, NHA, Tel. +1-202-223-5547, *www.hydrogenforums.org*

29.-30.09. f-cell
Kongress & Messe, Stuttgart, Peter Sauber Agentur, Tel. 0711-22835-14, Fax -55, *www.f-cell.de*

OKTOBER

08.-09.10. Fuel Cells Science & Technology
Kongress & Messe, Kopenhagen/Dänemark, Elsevier, Tel. +44-1865-843-691, Fax -958, *www.fuelcelladvances.com*

09.-12.10. RENEXPO
Kongress & Messe, Augsburg, Reeco GmbH, Tel. 07121-3016-0, Fax -100, *www.renexpo.de*

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

15.-17.10. ecomove
Messe & Kongress, Berlin, Messe Berlin, Tel. 030-30382-217, Fax -065, *www.ecomove-berlin.de*

22.-23.10. H2Expo
Konferenz & Messe, Hamburg, Hamburg Messe und Congress GmbH, Tel. 040-3569-2492, Fax -2499, *www.h2expo.de*

23.10. Zemship-Konferenz
Konferenz, Hamburg, Hysolutions Hamburg, Tel. 040-3288-4475, *www.hamburg-messe.de*

27.-30.10. Fuel Cell Seminar and Exposition
Messe & Konferenz, Phoenix/Arizona, Fuel Cell Seminar Headquarters, Tel. +1-202-973-8671, Fax -331-0111, *www.fuelcellseminar.com*

NOVEMBER

6.-7.11. Mini-BHKW – Planung, Vertrieb
Kursus, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

6.-8.11. Energie-Symposium Stralsund
Symposium, Stralsund, FH Stralsund, Tel. 03831-456-713, Fax -687, *www.fh-stralsund.de*

6.-7.11. Innovative Fahrzeugantriebe
Konferenz, Dresden, VDI, Tel. 0211-6214-201, Fax -154, *www.vdi-wissensforum.de*

07.-09.11. EnergieTage Hessen
Kongress & Messe, Wetzlar, Reeco GmbH, Tel. 07121-3016-0, Fax -100, *www.energietage.com*

07.-09.11. Aachener Energietage
Messe & Konferenz, Aachen, Eurogress Aachen, Tel. 0241-9131-0, Fax -200, *www.aachener-energietage.de*

13.-14.11. Forum Wärmepumpe
Kongress, Berlin, Solarpraxis, Tel. 030-7262963-37, Fax -09, *www.solarpraxis.de*

14.-16.11. EnerFair
Messe, Sinsheim, P. E. Schall GmbH, Tel. 07025-9206-0, Fax -620, *www.enerfair-messe.de*

25.-28.11. Hydrogen Show
Messe, Mailand/Italien, Artenergy, Tel. +39-2-6630-6866, Fax -5510, *www.idrogenoexpo.com*

27.-28.11. Mini-BHKW – Hydraulik & Elektrik
Kursus, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

DEZEMBER

1.-2.12. Kraftstoffe der Zukunft
Kongress, Berlin, BBE & UFOP, Tel. 0228/ 81 002-22, Fax -58, *www.bioenergie.de/kraftstoffe-der-zukunft.html*

FIRMEN-EINTRAG

Bitte nehmen Sie uns in das HZwei-Firmenverzeichnis auf. Dieser Auftrag gilt für 2 Ausgaben und kostet 50 Euro zzgl. MwSt. pro Rubrik. *Eintrag bis zu 150 Zeichen:*

Firma

Adresse

Tel., Fax, Internet

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

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

FIRMENVERZEICHNIS

BRENNSTOFFZELLEN

ElektroChemischeGeneratoren ECG GmbH, Goldenbergstr. 2, 50354 Hürth, Tel. 02233-406185, *kontakt@ecg-online.com, www.ecg-online.com*

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

ELEKTROLYSEURE

Diamond Lite S.A., Rheineckerstr. 12, PF 9, CH - 9425 Thal, Tel. +41-(0)71-880020-0, Fax -1, *diamondlite@diamondlite.com, www.diamondlite.com*

FORSCHUNG & ENTWICKLUNG

DLR Institut für Technische Thermodynamik, Pfaffenwaldring 38-40, 70569 Stuttgart, Tel. 0711-6862-346, Fax -747, *www.dlr.de/tt*

Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE, Heidenhofstr. 2, 79110 Freiburg/Br., Tel. 0761-4588-0, Fax -9000, *www.ise.fhg.de*

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

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

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

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

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

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

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

MEDIEN

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

oak Media GmbH, Technologiepark 13, 33100 Paderborn, Tel. 05251-205194, Fax -95, *www.energieportal24.de*

SONSTIGE DIENSTLEISTER

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

VERANSTALTER

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

E-world energy & water GmbH, Norbertstr. 5, 45131 Essen, Tel. 0201-1022-210, Fax -333, *www.e-world-2008.com, mail@e-world-essen.com*

Hamburg Messe und Congress GmbH, Rentzelstrasse 70, 20357 Hamburg, Tel. 040-3569-0, Fax -2180, *www.hamburg-messe.de*

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

Peter Sauber Agentur Messen und Kongresse GmbH, Fritz-von-Graevenitz Str. 6, 70839 Gerlingen, Tel. 07156-4362452, *www.f-cell.de*

REECO GmbH, Unter den Linden 15, 72762 Reutlingen, Tel. 07121-3016-0, Fax -110, *www.energie-server.de*

VEREINE & VERBÄNDE

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

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

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

WEITERBILDUNG

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

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

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

Weiterbildungszentrum Brennstoffzelle Ulm e.V., Helmholtzstr. 6, 89081 Ulm, Tel. 0731-1 75 89-0, Fax -10, *info@wbzu.de, www.wbzu.de*

ZULIEFERER

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

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

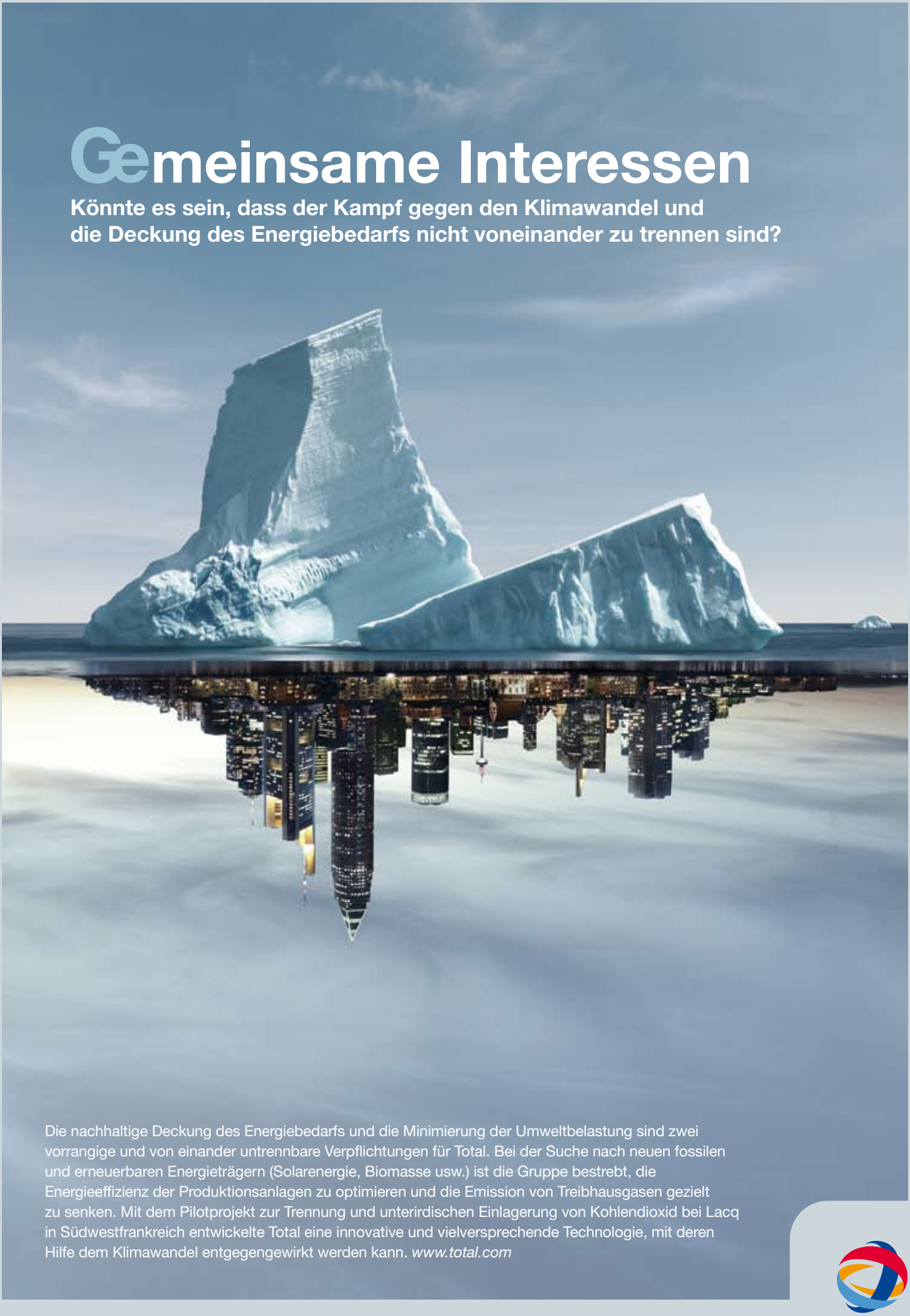
Praxair Deutschland GmbH & Co. KG, Hans-Böckler-Str. 1, 40476 Düsseldorf, Tel. 0211-2600-0, Fax -123, *www.praxair.de*

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

SMA Technologie AG, Hannoversche Str. 1-5, 34266 Niestetal, Tel. 0561-9522-327, *www.sma.de*

Gemeinsame Interessen

Könnte es sein, dass der Kampf gegen den Klimawandel und die Deckung des Energiebedarfs nicht voneinander zu trennen sind?



Die nachhaltige Deckung des Energiebedarfs und die Minimierung der Umweltbelastung sind zwei vorrangige und von einander untrennbare Verpflichtungen für Total. Bei der Suche nach neuen fossilen und erneuerbaren Energieträgern (Solarenergie, Biomasse usw.) ist die Gruppe bestrebt, die Energieeffizienz der Produktionsanlagen zu optimieren und die Emission von Treibhausgasen gezielt zu senken. Mit dem Pilotprojekt zur Trennung und unterirdischen Einlagerung von Kohlendioxid bei Lacq in Südwestfrankreich entwickelte Total eine innovative und vielversprechende Technologie, mit deren Hilfe dem Klimawandel entgegengewirkt werden kann. *www.total.com*

Harrison & Wolf © iceberg: Getty Images / D. Allan

Unsere Energie ist Energie für Sie

TOTAL