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

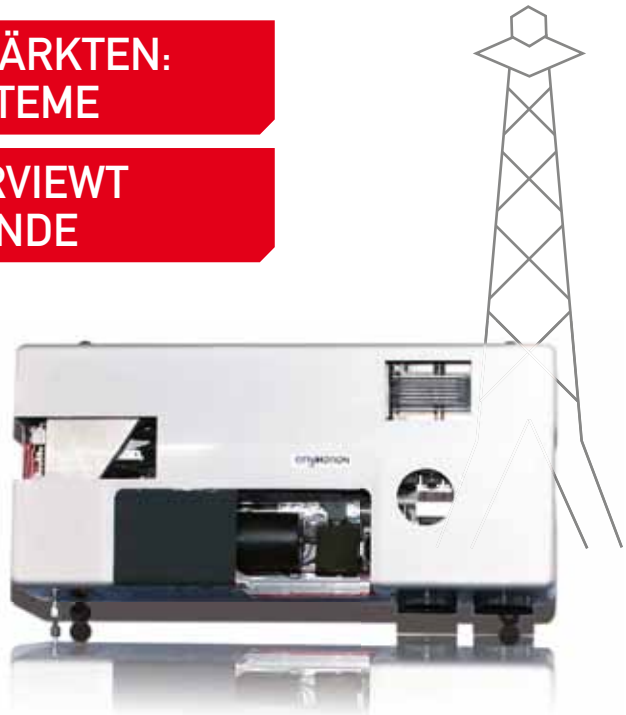
HZwei

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN

Große NISCHEN

→ BRENNSTOFFZELLEN IN NISCHENMÄRKTEN: ÜBERWACHUNG, FREIZEIT, USV-SYSTEME

→ DIREKTER VERGLEICH: HZWEI INTERVIEWT AIR LIQUIDE, AIR PRODUCTS UND LINDE



9 771862 393005 10312

INHALTSVERZEICHNIS

2 Impressum

3 Editorial

4 Meldungen
BZ-Kraftwerk fürs Bildungsministerium
Erforschung solarer Brennstoffe
20.000 neue Arbeitsplätze
Holpriger Start der Antares
Personalien

6 Messe
f-cell und Battery+Storage in Stuttgart
Freikarten für eCarTec

8 Leseecke
Vorwort von Dr. Klaus Bonhoff

10 Leserbrief

11 Entwicklung
Kaltstartfähiges portables Mikroenergiesystem
Kabellose Musikübertragung mit BZ-System
Der Freizeitmarkt als Türöffner
Mikrostrukturierter LPG-Reformer für die VeGA
Energiemanagementsysteme als Schnittstelle
Interview: USV – Eine große Nische
Reversible H_2-Speicherung in Metallhydriden

29 International
Rückblick auf die WHEC 2012 in Toronto

30 Elektromobilität
Hamburg erhöht auf drei
Siemens tritt CEP bei
H_2-Tanke direkt vor der Tür
Probenentnahme an H_2-Tankstellen
Interviews mit Air Liquide, Air Products und Linde
Einspeisevergütung für Wasserstoffbusse
Schaufenster-Serie: Bayern-Sachsen
Normen und Gesetze in der BZ-Technik
Online-Dialog über E-Mobilität
Ulmer eLab wird erweitert
VDE-Prüfzentrum eröffnet

45 Terminkalender

46 Firmenverzeichnis

11 Fraunhofer ISE entwickelt portable BZ-Systeme

16 Im Freizeitmarkt bekommt SFC (endlich) Konkurrenz

30 Neue H_2-Tankstellen in Hamburg und Düsseldorf

IMPRESSUM HZwei

ISSN: 1862-393X
Jahrgang: 12. (2012) / Heft 10, Oktober 2012

Verlag: Hydrogeit Verlag
Sven Geitmann, Gartenweg 5
D - 16727 Oberkrämer

Sitz: Oberkrämer
UStID.: DE 221143829

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

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

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

Druckauflage: 4.500 Stück
Erscheinungsweise: 4 x jährlich

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

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

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

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

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

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: Große Nischenmärkte für BZ-Systeme – Pipeline-Überwachung, Reisemobil-Bordenergieversorgung, Telekommunikation-Basisstation (Fotos: S. Geitmann, Truma)

ENERGIEWENDE 3.0

Liebe Leserinnen und Leser!

Energiewende – dieses Wort hat das Potential, erstmalig in der Geschichte sowohl *Wort des Jahres* als auch *Unwort des Jahres* zu werden.

Seit der Atomreaktorkatastrophe in Fukushima 2011 wird viel über die Energiewende diskutiert, obwohl der Begriff eigentlich gar keinen Sinn macht, schließlich kann man Energie nicht wenden, oder besser gesagt kann ich es jedenfalls nicht.

Okay, der Begriff Energiewende ist also kein wissenschaftlicher Fachbegriff, sondern vielmehr ein Synonym für die Umorientierung in der Energieversorgung. Konkret bezeichnet dieses Wort die Abwendung von fossilen Primärenergieträgern hin zu erneuerbaren. In der Online-Enzyklopädie Wikipedia steht dazu: „Als Energiewende wird die Realisierung einer nachhaltigen Energieversorgung in den Sektoren Strom, Wärme und Mobilität mit erneuerbaren Energien bezeichnet."

Erstmals wurde dieser Begriff 1980 vom Öko-Institut geprägt und bezeichnete den Einstieg in die erneuerbaren Energien. Die Zeit um die Jahrtausendwende kann also als Energiewende 1.0 bezeichnet werden. Diese Phase war in Deutschland geprägt vom Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und vielem Hin und Her in der Atompolitik.

Seit 2011 ist das Wort Energiewende in aller Munde. Jeder versucht es nach seinem Geschmack zu definieren. Es ging zuletzt schließlich schon so weit, dass es hieß, die Energiewende dürfe nicht zerredet werden. Der fast schon inflationäre Gebrauch dieses Begriffs täuscht jedoch darüber hinweg, dass bisher vornehmlich darüber diskutiert wird, aber kaum wirklich etwas unternommen wird.

Diese Phase, in der wir gerade stecken, die hierzulande mit dem endgültigen Ausstieg aus der Atomenergie eingeläutet wurde und in der es zunächst noch um die Definition dieses Begriffs geht, ist für mich die Energiewende 2.0. Bei diesem zweiten Anlauf geht es um eine neue Art der Wendung, der Umorientierung, die nicht nur weggerichtet ist von der Atomenergie, sondern auch von zentralen Strukturen. Dezentralität steht erstmals wirklich im Zentrum der Diskussion, ebenso wie das große Thema der Effizienzsteigerung.

Diese Phase wird noch geraume Zeit andauern. Trotzdem ist es aber schon heute erforderlich, auf die Zeit danach zu schauen. Was könnte anschließend kommen? Können die erneuerbaren Energien auch ohne Atomenergie tatsächlich eine zuverlässige Energieversorgung sicherstellen? Ist mit dezentralen Strukturen wirklich eine sichere Wärme- und Stromversorgung realisierbar?

Die Antwort lautet: Ja! Die Voraussetzung dafür ist aber, dass Solar- und Windstrom effizient gespeichert werden können. Und genau an dieser Schnittstelle, bei der Energiespeicherung von „grünem Strom", kommt Wasserstoff ins Spiel. Wasserstoff ist der perfekte Energiespeicher, um Sonnen- und Windstrom auch über längere Zeiträume bevorraten zu können. Die Idee einer solaren Wasserstoffwirtschaft beziehungsweise von Wind-Wasserstoff ist nicht neu, aber noch nie waren die Voraussetzungen dafür, diese Idee in die Realität umzusetzen, so gut wie heute.

Noch sind wir nicht so weit. Noch muss diese Technologie zunächst in Demonstrationsprojekten erprobt werden. Aber schon heute ist absehbar, dass auf diesem Weg ab 2020 eine neue Phase eingeläutet werden wird: Die Energiewende 3.0.

Um bereits heute abschätzen zu können, wie eine zukünftige Energieversorgungsstruktur aussehen könnte, ist zunächst einmal umfangreiche Aufklärungsarbeit notwendig. Das Wissen über die Potentiale der Wasserstoffwirtschaft ist in der Öffentlichkeit immer noch nur sehr begrenzt vorhanden. Und genau das war Anlass für mich, mein Buch über Wasserstoff und Brennstoffzellen aus dem Jahr 2004 angesichts dieser neuen Zukunftsperspektiven noch einmal komplett zu überarbeiten.

Das neue Buch, erschienen im September 2012, skizziert nun den Weg von der gestrigen zur zukunftsfähigen Energieversorgung. Es widmet sich dabei vorrangig der Thematik rund um Wasserstoff und Brennstoffzellen, denn gemeinsam können sie beide – der Wasserstoff als Energiespeicher und die Brennstoffzelle als Energiewandler – die in den nächsten Jahren anstehende Energiewende 3.0 ermöglichen. Es zeigt somit einen Weg auf, wie wir eine wirklich nachhaltige Energieversorgung aufbauen können.

NOW-Geschäftsführer Dr. Klaus Bonhoff war so freundlich, dazu das Vorwort zu verfassen (s. S. 8). ||

Herzlichst

Sven Geitmann
HZwei Herausgeber

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

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

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

DWV
Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband

Neubau des BMBF bekommt MC-Brennstoffzelle ... Kalifornien will 68 Tankstellen bis 2015 ... Japanischer Brennstoffzellenhersteller forscht in Duisburg ...

BMBF MIT BZ-KRAFTWERK

Bildungsministerin Schavan bei der Grundsteinlegung [Quelle: BMBF]

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) baut derzeit einen neuen Amtssitz in Berlin und hat dafür ein eigenes 250 kW leistendes Brennstoffzellenkraftwerk bestellt. In der neuen Dienststelle direkt vis-à-vis des Kanzleramts soll zukünftig eine DFC250-EU der FuelCell Energy Solutions GmbH für saubere Energie sorgen. Dr.-Ing. Markus Koch vom Stuttgarter Bauunternehmen BAM Deutschland erklärte: „Das Ministerium erwartet von uns einen State-of-the-art-Bürokomplex mit den neuesten Entwicklungen auf den Gebieten der Energieeffizienz und Nachhaltigkeit. Das Brennstoffzellenkraftwerk bildet einen wichtigen Teil unserer Gesamtlösung, mit der wir diesen Ansprüchen gerecht werden wollen.“ Cornelia Quennet-Thielen, Staatssekretärin im BMBF, ergänzte: „Die Energiewende kann nur gelingen, wenn wir die Entwicklung dafür notwendiger Technologien vorantreiben. Ich bin überzeugt: Brennstoffzellen spielen für die Energieversorgung der Zukunft eine wichtige Rolle. Dieses Brennstoffzellenkraftwerk soll demonstrieren, welchen Beitrag diese Technologie zur Energieversorgung großer Gebäude leisten kann.“ Die Grundsteinlegung für das 54.000 m² große Bürogebäude am Kapelle-Ufer östlich des Berliner Hauptbahnhofes erfolgte am 5. Mai 2012 durch die Bundesbildungsministerin Prof. Dr. Annette Schavan (s. Foto). Die 350 Mitarbeiter des Ministeriums sollen dort nach aktuellem Stand im Herbst 2014 ihre Arbeit aufnehmen können. ||

20.000 NEUE ARBEITSPLÄTZE

Rund 20.000 Arbeitsplätze könnten allein in Baden-Württemberg bis 2030 im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnik entstehen. Dies hat eine Studie ergeben, die die Landesagentur e-mobil BW am 26. Juni 2012 veröffentlichte. Die Wissenschaftler des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) und des Weiterbildungszentrums Brennstoffzelle Ulm (WBZU) kamen darin zu dem Schluss, dass Jahresumsätze von 4,5 Mrd. Euro über alle Marktsegmente möglich sind. Prof. Werner Tillmetz vom ZSW betonte in diesem Zusammenhang: „Wenn die Unternehmen im Land diese Möglichkeiten ausschöpfen wollen, sollten sie jetzt die Chancen von Brennstoffzellen und Wasserstoff erkennen und sich entsprechend engagieren.“ ||

SOLARE BRENNSTOFFE

Im Juli 2012 sind zwei neue Institute in Deutschland entstanden, die sich dem Thema „Solare Brennstoffe“ widmen – ein reales und ein virtuelles. Die Hahn-Meitner-Institut Berlin GmbH schuf am 4. Juli eine neue Abteilung, die sich darum kümmern wird zu erforschen, wie Solarenergie speicherbar gemacht werden kann. Die Wissenschaftler um Dr. Roel van de Krol werden bei ihrer Arbeit insbesondere auch Wasserstoff betrachten, der als einfachstes Beispiel für einen solaren Brennstoff gilt, da er mithilfe der Sonnenenergie durch die Spaltung von Wassermolekülen gewonnen und anschließend zu konventionellen Kraftstoffen weiterverarbeitet werden kann. Van de Krol, der bisher am MIT in Massachusetts, USA, sowie an der Universität Delft, Niederlande, tätig war, verfolgt die Strategie, Wasserstoff in einem monolithischen Materialsystem bestehend aus einem halbleitenden Absorber und einem Katalysator zu erzeugen. Mit seinem Team will er neue komplexe Metalloxide entwickeln, die eine kostengünstige und trotzdem chemisch stabile Alternative zu den herkömmlichen Photovoltaik-Halbleitern sein könnten.

Einen ähnlichen Ansatz verfolgt das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), mit dem Unterschied, dass es sich bei dem von der Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) geförderten Vorhaben *SolarSynFuel* um ein virtuelles Institut handelt. Gemeinsam mit Partnern verschiedener deutscher und schweizerischer Hochschulen (Karlsruher Institute of Technology, TU Clausthal, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich) will die Mannschaft um Prof. Robert Pitz-Paal, Co-Direktor des DLR-Instituts für Solarforschung, vorerst über fünf Jahre die Herstellungsverfahren solarer Brennstoffe verbessern. Die Basis ihrer Forschungsarbeiten, für die insgesamt 4,5 Mio. Euro bereitstehen, bildet das Projekt *Hydrosol* (s. HZwei-Heft Jul. 2008, s. Foto), in dessen Rahmen die DLR-Forscher bereits umfangreiche Erfahrungen sammeln konnten. Dr. Martin Roeb vom Anfang 2011 gegründeten DLR-Institut für Solarforschung in Köln erklärte: „Wir sind zwar ein virtuelles Institut, die Wissenschaftler der beteiligten Partnerinstitute werden jedoch – auch physisch – gemeinsam an Projekten arbeiten.“ ||

AKTUELLE ONLINE-INFOS

Seit vielen Jahren liefert der Hydrogeit Verlag Fachinformationen über Wasserstoff und Brennstoffzellen, seit 2008 auch zum Thema Elektromobilität – wahlweise per Post mit der

vorliegenden Zeitschrift HZwei oder digital mit dem Hydrogeit-Newsletter. Neue Datenschutzbestimmungen sehen nun vor, dass ab dem 1. September 2012 alle Versender von Newslettern nachweisen müssen, dass ihre Empfänger ausdrücklich um die Zusendung von Informationen gebeten haben. Wir unterstützen diese Maßnahme zur Eindämmung der Spam-Flut ausdrücklich und erneuern deshalb unseren alten Mail-Verteiler: Alle alten E-Mail-Adressen werden gelöscht. Sie erhalten also fortan keine weiteren E-Mails mehr, es sei denn, sie melden sich jetzt neu an. Bitte gehen Sie dafür auf die Anmeldeseite des Hydrogeit-Newsletters unter: www.hydrogeit.de/newsletter.htm. Dort bitte neu anmelden. ||

MESSE-FREIKARTEN & KONGRESS-RABATT

Auch zur diesjährigen eCarTec verteilt der Hydrogeit Verlag wieder kostenlose Eintrittskarten und satte Rabatte. Alle Leserinnen und Leser der Zeitschrift HZwei sowie die Abonnenten des Hydrogeit-Newsletters erhalten kostenlose elektronische Gast-Tickets, die sowohl für die eCarTec- als auch die Materialica-Messe, die vom 23. bis 24. Oktober 2012 in München stattfinden, gültig sind. Bei Interesse wenden sie sich einfach an den Hydrogeit Verlag. Sie erhalten dann umgehend ihren Eintrittscode, mit dem Sie sich kostenlos im Online-Shop der Messe München unter www.ecartec.de anmelden können. Sobald Sie sich registriert haben, können Sie sich Ihre Eintrittskarte (pdf-Datei) gratis selber ausdrucken. Wer keinen Online-Zugang hat oder über keinen Drucker verfügt, kann bei der Redaktion auch Print-Gasttickets per Post anfordern. Diese Tickets sind kostenfrei und werden auch nicht im Nachhinein berechnet.

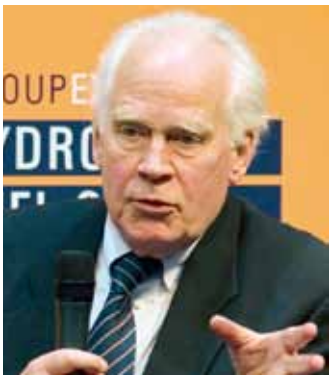
Interessenten, die neben der Messe auch den Kongress besuchen möchten, erhalten zudem 20 % Rabatt auf die Anmeldegebühren (Normalpreis: 890 Euro zzgl. 19 % MwSt.) – auch nach Ablauf des Frühbucherrabatts. ||

FREIHEIT FÜRS HIAT

Tino Freiheit [Foto: HIAT]

Bei der HIAT gGmbH hat es im Juli 2012 erneut einen Wechsel in der Institutsleitung gegeben: Tino Freiheit wurde zum neuen Geschäftsführer bestellt. Sein Vorgänger Stefan Kalkbrenner hatte diesen Posten im Sommer 2010 übernommen, als der HIAT-Gründer Stephan Möller infolge der Zusammenlegung des Schweriner Instituts mit dem Wismarer Institut für Multimediatechnik aufgehört hatte. Kalkbrenner verließ jetzt das Unternehmen nach Institutsangeben auf eigenen Wunsch, da er sich beruflich umorientieren wolle. Tino Freiheit ist gelernter Mechatroniker. Der 27-Jährige studierte Elektrotechnik in Wismar und arbeitete anschließend als Projektleiter am Hydrogen & Informatics Institute of Applied Technologies (HIAT). Eine seiner ersten Amtshandlungen war die Unterzeichnung der Vereinbarung bezüglich der Übernahme von 11 Prozent der Anteile am HIAT durch die Stadtwerke Schwerin. ||

AUF WINTER FOLGT STOLTEN



Prof. Dr. C.-J. Winter [Foto: Tobias Renz FAIR]

Prof. Dr.-Ing. Carl-Jochen Winter zieht sich nach mehreren Jahrzehnten der überaus engagierten Vorkämpferschaft im Wasserstoffbereich ein Stück weit aus der aktiven Tätigkeit zurück. Im Juni 2012 beendete er aus gesundheitlichen Gründen seine Funktion als Vize-Präsident, zuständig für Europa, Afrika und den mittleren Osten bei der International Association for Hydrogen Energy (IAHE). Sein Nachfolger als Vertreter Europas ist Prof. Dr. Detlef Stolten vom Forschungszentrum Jülich. Stolten gehörte bereits zuvor zum IAHE-Verwaltungsrat. Winter, der schon 1988 ein erstes Buch über Wasserstoff herausgab und seitdem für die Einführung von Wasserstoff als Energieträger eintritt, organisierte unter anderem die 11. WHEC, die Welt-Wasserstoff-Energie-Konferenz 1996 in Stuttgart, das HYFORUM 2000 in München und half bei der WHEC 2010 in Essen. T. Nejat Veziroglu, Präsident der IAHE, fand gegenüber HZwei warme Worte zu Winters Ausscheiden: „Dr. Carl-Jochen Winter war und ist ein wertvolles Mitglied der International Association for Hydrogen Energy. Er erlangte jetzt den Status des Emeritus IAHE Board Director. Ich möchte diese Gelegenheit nutzen, um zu erklären, dass Dr. Carl-Jochen Winter unentbehrlich war für die Wasserstoffbranche. Wir erwarten von ihm, dass er auch nach seinem Ausscheiden weiterhin aktiv bleibt, indem er Artikel schreibt und Vorträge hält über Wasserstoff.“ ||

AUF ZIOLEK FOLGT KATTENSTEIN

Dr. Thomas Kattenstein [Foto: EnergieRegion.NRW]

Dr. Thomas Kattenstein ist seit dem 1. Juli 2012 neuer Leiter des Netzwerks Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW. Sein Vorgänger, Dr. Andreas Ziolek, kümmert sich jetzt vollständig um seine neuen Aufgaben als Geschäftsführer der ee energy engineers GmbH. Die Gesellschaft fungiert unter anderem als Projektleitstelle für die Modellregion Elektromobilität Rhein Ruhr und führt zudem das Projekt *EnergieAgentur.NRW* durch, in dessen Rahmen auch das Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff organisiert wird. Bisher war Wilhelm Hartmann neben Dr. Frank-Michael Baumann zweiter Geschäftsführer von ee energy engineers. Hartmann ist jedoch mittlerweile im Ruhestand. Kattenstein ist seit 2004 für das von Düsseldorf aus organisierte Netzwerk tätig. ||

Thema: Kongress | **Autor:** Sven Geitmann |

NEUGIER AUF NEUE F-CELL

Volles Programm und neue Aussteller

Abb. 1: Vergangenes Jahr zeigte das Fraunhofer ISE auf der f-cell den Prototypen der BZ-Rikscha, die diesen Juni in Dresden ihre Jungfernfahrt absolvierte (s. HZwei Juli-Heft 2012).

Über 120 Vorträge in 19 verschiedenen Foren – das Programm der *12. f-cell* und der *1. Battery+Storage* ist recht umfangreich, und zusätzlich findet noch der *3. e-mobil BW Technologietag* statt. Somit dürfte für jeden Geschmack etwas dabei sein, wenn vom 8. bis 10. Oktober auf dem Stuttgarter Messegelände die Tore öffnen. Das Gleiche gilt für die begleitenden Messen, zu denen über 50 regionale und internationale Aussteller erwartet werden. Die Neugierde ist somit groß, wie denn das neue Konzept ankommen wird.

„Durch den Zusammenschluss des seit zwölf Jahren international bekannten Fachforums f-cell mit der Battery+Storage nehmen wir verstärkt Gesamtsysteme der Energiewirtschaft in den Blick und tragen der Tatsache Rechnung, dass viele Unternehmen in beiden Technikfeldern aktiv sind“, erläuterte Peter Sauber, Organisator der international ausgerichteten Veranstaltung. Zur Ausrichtung des Kongressprogramms sagte er, dass in den Vorträgen im Internationalen Congresscenter Stuttgart (ICS) insbesondere geeignete Produktions- und Automatisierungstechniken und damit die Senkung der Herstellungskosten zentrale Themen sein werden. So soll beispielsweise der Fragestellung nachgegangen werden, wie sich Komponenten und komplette Systeme künftig günstiger produzieren lassen. Prof. Dr. Angelika Heinzel, Leiterin des Zentrums für Brennstoffzellentechnik (ZBT) in Duisburg, die auch im f-cell-Beirat vertreten ist, erklärte: „Brennstoffzellen werden im Moment noch quasi in Handarbeit hergestellt.“ Über Automatisierungsprozesse könnten die Kosten zwar reduziert werden, aber diese fände man im Moment nur bei der Komponentenherstellung. Edgar Lederer von Fix Maschinenbau, der über die Stackfertigung referieren wird, vertritt die Meinung, dass die Technologie durchaus den Reifegrad für die Serienproduktion erreicht habe, die Nachfrage nach Brennstoffzellen auch auf Grund der hohen Preise aber noch so überschaubar sei, dass sich entsprechende Produktionsanlagen nicht finanzieren lassen.

Auch auf der Battery+Storage spielt das Finanzierungsthema eine wesentliche Rolle. Referentin Dr. Sarah Michaelis vom VDMA erklärte im Vorfeld: „Die Unternehmen sollten sich zusammenschließen, um Gesamtsysteme zur Batterieherstellung am Markt anbieten zu können. Auch zwischen Herstellern sowie Maschinenbauern ist jetzt der Dialog gefragt, um Anlagen passgenau weiterzuentwickeln.“ Dr. Rudolf Simon, der für M+W Germany spricht, erklärte: „Der Markt wird sich entwickeln. Es ist nur eine Frage der Zeit, wann der Break-even erreicht ist und sich die Linien der steigenden Kraftstoffpreise und der fallenden Preise für E-Mobilität kreuzen werden.“

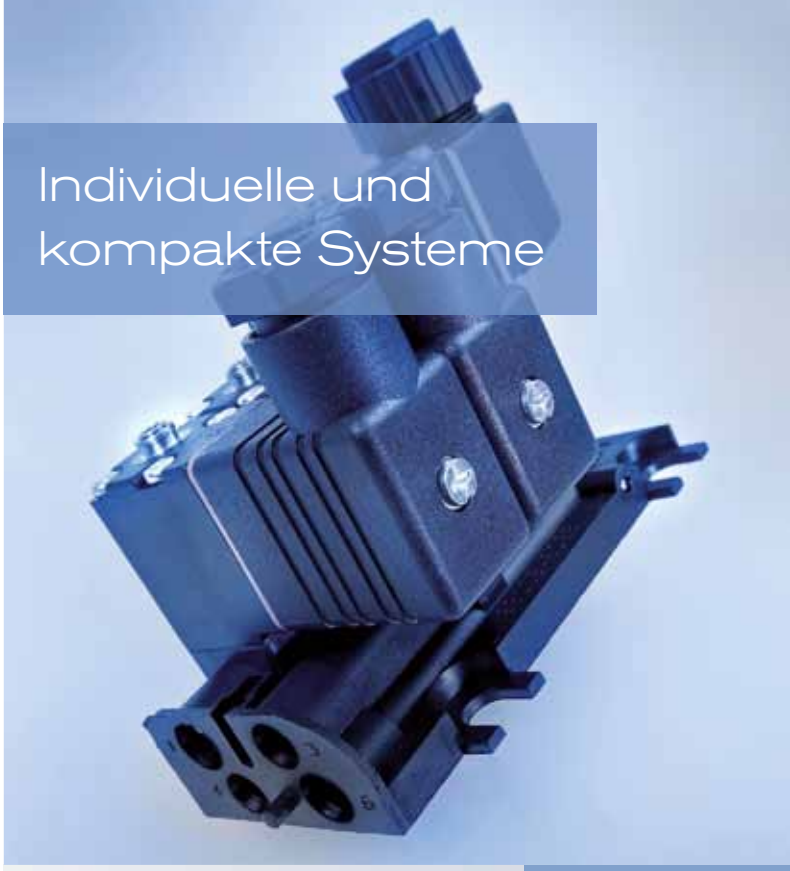
DREI MESSETAGE Neu für alle Messebesucher ist in diesem Jahr, dass die Aussteller erstmalig ganze drei Tage ihre Produkte und Entwicklungen präsentieren werden. Insgesamt werden fast 50 verschiedene Institutionen ausstellen, wobei die überwiegende Mehrheit davon aus Deutschland kommt, insbesondere aus Süddeutschland. Während einige BZ-Zulieferunternehmen aus dem Vorjahr (46 Aussteller) dieses Mal fernbleiben, werden gleichzeitig einige neue speziell aus dem Batteriesektor hinzukommen. So wird interessant sein zu sehen, was Unternehmen wie die AccuSol GmbH, die BatteryMan Technology GmbH oder die Groz-Beckert KG zeigen werden. Aber auch ein Besuch bei den Ständen vom Siebhersteller MP+L Produktions GmbH oder von Hydrogen Energy GWL GmbH, die noch in diesem Jahr größere Stückzahlen Wasserstoffgeneratoren verkaufen wollen, könnte lohnenswert sein.

Ein alter Bekannter ist demgegenüber die Schunk Bahn- und Industrietechnik GmbH, die in diesem Jahr erstmalig öffentlich ihr neues System *HY Power Unit 300* vorstellen wird. Jürgen Spies aus dem Bereich Anwendungstechnik des Wettenberger Brennstoffzellenhersteller konkretisierte gegenüber HZwei: „Es handelt sich dabei um ein Rumpfsystem, mit dem die Stacks von Schunk betrieben werden können. Alle notwendigen Komponenten sind bereits integriert: Gebläse, Pumpen und so weiter. Es müssen nur noch die Wasserstoff- und Luftzufuhr angeschlossen werden.“ Die kompakte Energieversorgungseinheit läuft mit reinem Wasserstoff und liefert bei Verwendung

des entsprechenden Stacks eine Dauerleistung von 300 W. Sie ist in der vorgestellten Basiskonfiguration als Batterieladegerät ausgelegt, kann aber mithilfe der zahlreichen Schnittstellen je nach Einsatzgebiet individuell angepasst werden. Spies erklärte weiter: „Den erste Schritt bei der Systemintegration haben wir damit den Integratoren abgenommen."

Die Messe Stuttgart sieht insbesondere beim Thema Energiespeicherung ein großes Potential: „Bisher sind die Stromnetze bei einer Überproduktion der Solar- oder Windenergie schnell überlastet und der Strom muss teilweise kostenpflichtig an das Ausland abgegeben werden. Die derzeitige Zukunftsprognose verspricht nichts Gutes. Im Gegenteil, die Stunden mit negativer Residuallast werden durch den fortschreitenden Ausbau der regenerativen Stromerzeugung weiter zunehmen – für diesen Überschussstrom müssen endlich adäquate Speichermöglichkeiten präsentiert werden."

DIREKT AM FLUGHAFEN Neugierig kann man zudem auf die neue Location sein, das Messegelände Stuttgart ist nämlich nur wenige hundert Meter vom Flughafen Stuttgart entfernt. Bleibt abzuwarten, wie sich dieser Fortzug aus dem Zentrum der schwäbischen Landeshauptstadt auf die Teilnehmerzahlen auswirken wird. ||



Die Vorteile der Systemtechnik von Bürkert sind einfach überzeugend: Mit einer Bestellnummer ordern Sie genau das Komplett-Paket, das Ihren Anforderungen entspricht. Befreien Sie sich vom Aufwand für Beschaffung und Montage und ersparen Sie sich komplizierte Verrohrungen und Verschraubungen.

Mehr davon? Rufen Sie uns an:
07940/10-91 111 oder www.buerkert.de

bürkert
FLUID CONTROL SYSTEMS

HOLPRIGER START DER ANTARES DLR-H2

Die Antares DLR-H2 sollte am 6. September 2012 zu einer Deutschland-Tour starten. Dieser Start musste aber kurzfristig abgesagt werden. Die Deutschland-Tour, die unter dem Motto „Energie 2.0 – abheben in eine saubere Zukunft" steht, dient als Test für zukünftige Langstreckenflüge. Dafür sollte das Brennstoffzellenleichtflugzeug gegen Mittag vom Hamburger Flughafen abheben und später in Berlin landen. Dort wurde der Rekordflieger vom 11. bis 16. September 2012 im Rahmen der Internationalen Luft- und Raumfahrtausstellung ILA 2012 präsentiert (s. Foto) – auch im Flugprogramm. Vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) hieß es dazu: „Die Absage betrifft nur den Start in Hamburg. Die Antares wird in Berlin auf der ILA sein und von dort aus weiter nach Stuttgart fliegen. Der Grund für die Absage war ein kurzfristig aufgetretenes technisches Problem, das nicht mehr rechtzeitig für einen Flug von Hamburg behoben werden konnte."

Die Antares war für diese öffentlichkeitswirksame Aktion extra überarbeitet worden. Projektleiter Dr. Josef Kallo vom DLR erklärte gegenüber HZwei: „Es wurden komplett neue Brennstoffzellensysteme entwickelt – von Hydrogenics. Die Leistungsdichte (Dauerleistung bis zu 33 kW) wurde verdoppelt, die Zuverlässigkeit stark erhöht." Neben dem Volumen wurde bei dem neuen so genannten *NextGen*-System auch das Gewicht stark reduziert von zuvor 184 auf 75 kg. Kallo sagte: „Die Brennstoffzellentechnologie, die für spätere Langstreckenflüge verwendet werden soll, ist entwickelt und einsatzbereit." Damit spielte er auf den ursprünglich für dieses Jahr geplanten Transatlantikflug an und stellte klar: „Der Transatlantik ist für dieses Jahr nicht realistisch." ||

Quelle: DLR

Thema: Leseecke | **Autor:** Klaus Bonhoff

HZWEI PRÄSENTIERT NEUES H_2- & BZ-BUCH

Vorwort von NOW-Geschäftsführer Dr. Klaus Bonhoff

Dr. Klaus Bonhoff [Foto: NOW]

Das Buch „Wasserstoff und Brennstoffzellen“ von Sven Geitmann aus dem Jahr 2004 ist bereits seit geraumer Zeit vergriffen. Da sich mittlerweile in diesem Themenumfeld zudem extrem viel bewegt hat, hat es der Inhaber des Hydrogeit Verlags und Herausgeber der Zeitschrift HZwei in den vergangenen Monaten komplett überarbeitet und auf den allerneusten Stand gebracht. Außerdem setzte der Maschinenbau-Ingenieur angesichts der aktuellen Diskussion über die zukünftige Energieversorgung einen neuen thematischen Schwerpunkt: die Energiewende. Geitmann geht in diesem Buch allerdings noch einen Schritt weiter, als lediglich über den Atomausstieg und dessen Konsequenzen zu berichten. Stattdessen fokussiert er auf Wasserstoff als Speicher für erneuerbare Energien, wobei für ihn Brennstoffzellen die dazu passenden, effizienten Energiewandler darstellen. Diesen Einstieg in eine Solar- beziehungsweise Wind-Wasserstoff-Wirtschaft bezeichnet er als die „Energiewende 3.0“. Für das Verfassen des Vorworts, das hier im Folgenden zitiert wird, konnte er den Geschäftsführer der NOW GmbH, Dr. Klaus Bonhoff, gewinnen.

VORWORT VON DR. KLAUS BONHOFF: Wasserstoff und Brennstoffzellen sind seit langem bekannte Technologien – ihre Aktualität und Relevanz ist heute insbesondere vor dem Hintergrund der Energiewende höher denn je. Im Verkehr und in der stationären Energieversorgung, in der Industrie wie zu Hause, erwartet der Kunde eine zuverlässige und kostengünstige Bereitstellung von Antriebsenergie, Strom und Wärme. Angesichts der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern und deren steigende Preise sowie angesichts der energie-, klima- und industriepolitischen Herausforderungen ist die Nutzung innovativer Technologien – eingebettet in ganzheitlich optimierte Systeme – unabdingbar.

Die Energiewende, also die Steigerung der Energieeffizienz und der schrittweise Umbau der Energieversorgung weg von fossilen und hin zu erneuerbaren Energien, wird in Deutschland von einem breiten gesellschaftlichen Konsenses getragen. Die Nutzung heimischer regenerativer Energiequellen verringert die Abhängigkeit von fossilen Energieimporten, erhöht den Anteil inländischer Wertschöpfung, ermöglicht deutliche Effizienzgewinne sowie die Reduktion klimaschädlicher Gase. Allerdings bringt der Ausbau der erneuerbaren Energien auch Herausforderungen mit sich. Ein zentraler Punkt ist die Einbindung stark wachsender Mengen unregelmäßig anfallenden Wind- und Solarstroms in die Verkehrs- und Energiewirtschaft.

Die Aufnahmekapazitäten der bestehenden Netze sind damit überfordert und auch der diskutierte notwendige Ausbau der Netze wird angesichts der zu erwartenden hohen Leistungen nicht ausreichen. Das Energiesystem muss sich von zentralen Strukturen, in denen bedarfsgerecht Energie bereit gestellt wird, wandeln zu einem eher dezentralen System, in dem das Energieangebot (aus erneuerbaren Quellen) und der Bedarf voneinander entkoppelt sind. Im Verkehrssektor ist die Nutzung erneuerbarer Energiequellen als Kraftstoff unabdingbar, um das langfristige Ziel der Dekarbonisierung zu erreichen.

Wasserstoff als Energiespeicher und -träger sowie Brennstoffzellen als hocheffiziente Energiewandler sind Schlüsseltechnologien für ein neues Energiekonzept die heute an der Schwelle zur Kommerzialisierung stehen. Vielfältige Demonstrationsaktivitäten im Rahmen des von der Bundesregierung geförderten Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) belegen die Alltagstauglichkeit entsprechender Systeme.

So wird zum Beispiel Strom aus Wind oder Photovoltaik per Elektrolyse zu Wasserstoff gewandelt und dann gespeichert. Die Machbarkeit und zunehmende Wirtschaftlichkeit von so genannten Wind-Wasserstoff-Systemen wird in Deutschland, erfolgreich demonstriert. Der Wasserstoff kann als emissionsfreier Kraftstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge oder als CO_2-freies Industriegas genutzt werden, er kann als großmaßstäblicher Energiespeicher von fluktuierender erneuerbarer Energie genutzt und bei Bedarf rückverstromt werden oder er kann ins Erdgasnetz eingespeist werden.

Mit Blick auf die Elektromobilität mit Brennstoffzelle und Wasserstoff sind die grundsätzlichen technologischen Herausforderungen in Bezug auf Zuverlässigkeit und Performance von Brennstoffzellenfahrzeugen inklusive deren Betankung in wenigen Minuten überwunden. Die Erfahrungen der *Clean Energy Partnership* (CEP) zeigen, dass aus Kundensicht hier heute keine Abstriche gegenüber her-

kömmlichen Fahrzeugen mehr gemacht werden. Führende Automobilhersteller bereiten den Markteintritt ab 2015 vor. Gemeinsame Analysen der Industrie, beispielsweise im Rahmen von *H2-Mobility,* zeigen die zentrale Bedeutung von Brennstoffzellenfahrzeugen für die zukünftige Verkehrswirtschaft auf und legen die Basis für einen koordinierten Aufbau einer bedarfsgerechten Betankungsinfrastruktur für Wasserstoff parallel zum Hochlauf der Fahrzeuge.

Die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie nähert sich in Deutschland auch im Bereich der Hausenergie der Markteinführung, die Japan bereits in vollem Gange ist. Im NIP Leuchtturm-Projekt *callux* wird der Beweis geführt, dass Brennstoffzellenheizgeräte auf der Basis von Erdgas eine effiziente und kostensparende Alternative in der Hausenergieversorgung werden können. Auf Basis dieser Erprobungen werden in weiteren, auch grenzüberschreitenden, Verbundvorhaben zusätzliche Erfahrungen gesammelt und der Markteintritt konzertiert vorbereitet. Andere Anwendungen von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien, die heute erfolgreich im Alltag erprobt werden, umfassen unter anderem die netzunabhängige Stromversorgung/Notstromaggregate, Spezialfahrzeuge zum Beispiel im Umfeld von Lagerhallen oder Flughäfen, portable Stromversorgung im professionellen und im privaten Umfeld oder auch Lösungen für den Luft- und für den Schiffsverkehr.

Die Technologiefelder rund um Produktion, Verteilung und Nutzung von Wasserstoff sowie die anwendungsspezifischen Herausforderungen an die Brennstoffzelle sind sehr vielfältig. Die erfolgreiche Einführung entsprechender Produkte am Markt kann nur gelingen, wenn diese in der Gesellschaft auf Akzeptanz stoßen. Dazu sind in der jetzigen Phase der Marktvorbereitung die Verbreitung von Informationen und der Austausch mit Politik, Wirtschaft, Anwendern und der breiten Öffentlichkeit so wichtig. Hierzu leistet das vorliegende Buch „Wasserstoff und Brennstoffzellen“ einen aktuellen, umfassenden und kompetenten Beitrag. ||

Autor:
Dr. Klaus Bonhoff
Geschäftsführer der NOW GmbH Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie

Sven Geitmann
Energiewende 3.0 –
Mit Wasserstoff und Brennstoffzellen
ISBN 978-3-937863-16-0
Hydrogeit Verlag
Oberkrämer, Sept. 2012
Preis: 19,90 Euro
Das Buch ist ab sofort bestellbar.

Thema: Leserbrief | **Autor:** Ulf Groos

LESERBRIEF

Kommentar zum Editorial vom Juli-Heft 2012

„DIE TECHNOLOGIE IST FERTIG"

Dass die Technologie in interessanten Marktnischen wie Camping, Militär und Notstromversorgung einsatzbereit ist, zeigen erfreulicherweise schon einige Unternehmen. Insofern gilt: Ja, die Technologie ist fertig!

Für die großen Massenmärkte gilt, dass derzeit allen voran durch die Automobilindustrie, aber auch die Heizungsbauer der Schwerpunkt auf dem Aufbau der Serienproduktion liegt und nicht mehr auf der Erforschung grundsätzlicher Phänomene. Die Markteinführung wird also mit Hochdruck vorbereitet, und dies kostet Zeit für die Automatisierung, Qualitätsüberwachung, Logistik, Design und nicht zuletzt für den Aufbau von Vertrieb und Service. Trotzdem haben wir es mit einer im Vergleich zum Verbrennungsmotor jungen Technologie zu tun, bei der extrem viele Prozesse zusammenspielen: Strömung, Kondensation, Diffusion, Reaktion, Protonen- und Elektronenleitung, Wärmeerzeugung, Wasserproduktion. Daher wird noch viele Jahrzehnte lang die Wissenschaft zur Optimierung der Technologie beitragen müssen. So wie auch das Potenzial von Verbrennungsmotoren noch immer nicht bis ins letzte Wirkungsgradprozent ausgeschöpft ist.

Ein Appell an die Unternehmer „Die Technologie ist fertig!" ist sicherlich richtig. Und doch muss jedes Unternehmen für sich zunächst einmal kundenorientierte technische Lösungen aufbauen, seine Lieferantenkette entwickeln (und hier muss man sich noch häufig genug auf ein bis zwei Lieferanten verlassen), Fertigung und Vertrieb etc. organisieren. Das stellt für die meisten Unternehmen derzeit noch ein hohes technisches, aber auch wirtschaftliches Risiko dar.

Ein Appell an die Wissenschaftler nach dem Motto „Sie forschen anscheinend um des Forschens willen und übersehen dabei, dass vielfach der Zeitpunkt der Lizenzvergabe oder Vermarktung längst überschritten ist" führt indessen in die Irre: Institute sind dazu da, einen Erkenntnisgewinn zu schaffen, und zwar zum Nutzen der Industrie. Natürlich geben wir alle gerne unser Know-how an die interessierten Unternehmen weiter – über Forschungsaufträge, Lizenzen oder eben zur Risikominimierung für die Industriepartner in Form von öffentlich geförderten Projekten. Manchmal wird sogar aus einem Forscher ein Unternehmer und er gründet sich aus. Hier wird kein Know-how zurückgehalten – im Gegenteil: Der Verkauf unseres Know-hows ist die Grundlage unseres Geschäfts als Forschungsdienstleister. Aber bitte: Ein Forschungsinstitut kann den Markt nicht treiben oder eigene Produkte verkaufen. Wir liefern die Ideen, die unsere Kunden umsetzen. ||

Autor: Ulf Groos, Freiburg

MCC
2. MCC-FACHKONFERENZ
Unter der Schirmherrschaft von: EnergieAgentur.NRW
EnergieEffizienz 2012
- Nutzenpotenziale in Ökonomie und Ökologie verwirklichen -
15. und 16. November 2012 in Bonn
Weitere Infos und Anmeldung mit QR-Code und Smartphone aufrufen.
Laden Sie dazu beispielsweise die kostenlose iOS-App „Scan".
→ EU-EnergieEffizienz-Ziele: Anspruch trifft auf Realität
→ EnergieEffizienz als Maßstab für eine innovative Produktion
→ Möglichkeiten und Grenzen der Kosteneinsparung durch energieeffiziente Maßnahmen
→ Erfolgreiches EnergieManagement mit Smart Metering
→ Konstruktive Gestaltung von Contracting-Partnerschaften
→ Aktuelle Praxisbeispiele auf dem Prüfstand
Moderation:
Gerd Marx, Leiter Themenfelder Energieeffizienz u. erneuerbare Energien, Leiter Themenfeld Klimaschutz, EnergieAgentur.NRW
Ihre Referenten(Innen) und Diskussionspartner(Innen):
Werner Kalter, Geschäftsf., Tengelmann Energie GmbH
Dr. Stefan Metz, Leiter d. Region West, HOCHTIEF Energy Management GmbH
Detlef Mirsch, Leiter Technische Dienstleistungen, WINGAS GmbH
Dr. Norbert Verweyen, Geschäftsf., RWE Effizienz GmbH
Andreas Mahlberg, Repräsentant, Institut f. Wärme und Oeltechnik e.V.
Dr. Mark Junge, Geschäftsf., Limón GmbH
Jürgen Frisch, Geschäftsf., ife Institut für Energieeffizienz GmbH
Christian Held, stv. Präsident, GEODE (europ. Verb. d. unabhängigen Strom- u. Gasverteilerunternehmen)
Werner Willmes, Geschäftsf., Initiative Erdgas Pro Umwelt GbR
Johannes Toloczyki, Sicherheitsing., Bosch Rexroth Electric Drives and Controls GmbH
Dr. Jörg Meyer, Leiter Energie- & Klimaschutzberatung, Siemens AG
Daniela Korte, Referentin im Vertrieb, KfW Bankengruppe
Thomas Fösel, Geschäftsf., N-ERGIE Effizienz GmbH
Benjamin Bornfeld, Vertrieb Privat- u. Gewerbekunden, STAWAG Stadtwerke Aachen AG
HZwei
enerope
VIRTUAL REALITY
DIGITAL ENGINEERING
MCC - The Communication Company · +49 (0)2421 12177-18 · bialasinski@mcc-seminare.de · www.mcc-seminare.de

Thema: Entwicklung | **Autoren:** Ulf Groos, Wolfgang Koch

KALTSTARTFÄHIGES PORTABLES MIKRO-ENERGIESYSTEM

Autarkes BZ-System mit Natriumborhydrid als Energieträger

Abb. 1: AMES-Gehäuse

Abb. 2: Schnitt durch den Brennstoffzellenstapel

Ein Projektkonsortium hat unter Leitung des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE ein autarkes Mikroenergiesystem (AMES) mit einer Ausgangsleistung von 100 W_{el} als Ladestation in der Notfallmedizin entwickelt. Von besonderer Bedeutung ist dabei der weite Temperaturbereich von -15 °C bis +50 °C, für den das System für Start, Betrieb und Stopp ausgelegt ist. Das kaltstartfähige BZ-System berücksichtigt die einschlägigen Normen und ist für eine Serienproduktion geeignet. Es kann mit den üblichen Wasserstoffspeichern wie Druckgasflaschen oder Metallhydriden betrieben werden oder aber mit dem extra zusätzlich entwickelten Wasserstoffgenerator auf Basis von Natriumborhydrid.

Als zentrale Einheit dieses neuartigen Systems ist der Brennstoffzellenstapel zu sehen (s. Abb. 2). Üblicherweise werden die dafür benötigten Bipolarplatten aus Graphit durch Spritzguss, Strukturprägen oder CNC-Bearbeitung hergestellt und mit dem entsprechenden Strömungsfeld versehen. Die Strukturierung dieser Platten erfordert jedoch entweder teure Werkzeuge oder eine kostenintensive, spanende Bearbeitung. Um BZ-Stapel kostengünstig und robust produzieren zu können, wurden in diesem Fall die herkömmlichen, graphitischen Bipolarplatten durch eine Kombination von gasdichter Graphitfolie mit strukturierter Gasdiffusionsschicht (GDL) ersetzt. In diese strukturierte GDL wurde das Flowfield mit Hilfe eines einfachen Stanzwerkzeugs eingebracht. Deutliche Kostenvorteile können zudem durch die Herstellung der GDL durch das „Rolle-zu-Rolle-Verfahren“, das Stanzen der Formen durch Scharfschnittwerkzeuge und den einfachen geometrischen Aufbau der Graphitfolie erzielt werden. Außerdem erhöhen diese vom Fraunhofer ISE und der Freudenberg FCCT KG durchgeführen Maßnahmen die Genauigkeit bei der Serienproduktion gegenüber einer herkömmlich hergestellten Bipolarplatte. Die favorisierte Einzelzellmontage erlaubt einen einfachen Aufbau auch im Labor.

Die in der Zelle entstehende Wärme wird horizontal aus der Brennstoffzelle und über seitlich angebrachte Kühlkörper mit ein bis zwei Axiallüftern ausgetragen. Die Temperaturverteilung im Stack ist sehr homogen mit einer maximalen Temperaturdifferenz von 3 K über die komplette Stackhöhe. Die Verpressung des Stacks wurde über die Formgebung der Kühlkörper realisiert. Die einzeln vormontierten Brennstoffzellen werden durch eine Nut im Kühlkörper eingefasst. Zusätzliche Schrauben für eine Verpressung des Brennstoffzellenstacks entfallen somit. Der Befeuchter wurde kathodenseitig und anodenseitig integriert, wobei die ausströmenden Gase die einströmenden Gase befeuchten und somit ein optimales Betriebsverhalten ermöglichen. Für dieses innovative Stackkonzept, mit dem ein außergewöhnlich gleichmäßiges Leistungsverhalten aller Zellen erreicht wird, wurde eine Patentanmeldung eingereicht.

BETRIEBSFÜHRUNG Das Brennstoffzellensystem ist für den Einsatz bei Außentemperaturen von -15 °C bis +50 °C vorgesehen. Durch intensive Versuchsreihen in unserer Klimakammer, die die Temperatur sowie die Feuchtigkeit der Kammerluft realitätsnah bereitstellen kann, konnte das Anfahr- und Abfahrverhalten und der Dauerlauf des Gesamtsystems charakterisiert und optimiert werden. Bei der Auslegung des Systems auf Außentauglichkeit mussten alle Komponenten auf Kaltstartfähigkeit bei -15 °C und einer maximalen Temperatur von +50 °C untersucht werden. Systemkomponenten wie Kathodenpumpe, Ventilen und Rohrleitungsführungen wurden in der Klimakammer charakterisiert und auf das Kaltstartverhalten hin untersucht. Bei einzelnen Systemkomponenten wie Kathodenpumpe und Ventile mussten Materialänderungen durchgeführt werden, um eine entsprechende Lebensdauer sowie den störungsfreien Betrieb zu gewährleisten.

Abbildung 3 zeigt das Aufheizverhalten des Systems während eines Kaltstartversuches. Das Gerät wurde über Nacht auf -15 °C heruntergekühlt, damit sichergestellt war, dass alle Komponenten diese Temperatur angenommen hatten. In der 28. Minute der Versuchsaufzeichnung wurde das BZ-System mittels einer integrierten Heizung von -15 °C auf über +5 °C aufgeheizt. Schon nach sieben Minuten war der

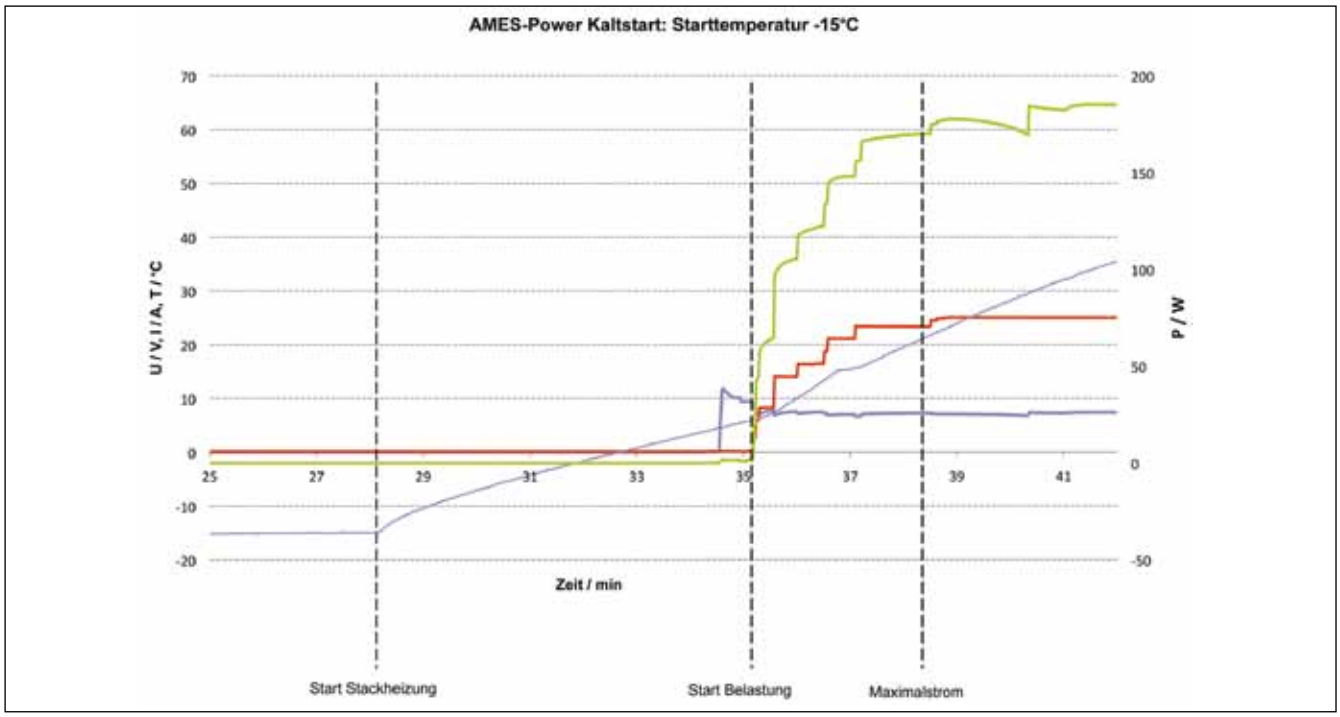


Abb. 3: Kaltstart des BZ-Systems

Stack startfähig und konnte belastet werden. Nach weiteren 3,5 Minuten wurde die Maximalleistung der Brennstoffzelle abgerufen.

STEUERUNG Die zentrale Steuereinheit, die auch als Basis für weitere Einsatzmöglichkeiten genutzt werden kann, wurde von bebro electronic und Fraunhofer ISE ausgelegt. Sie besteht aus einem 32-bit-Microcontroller STM 32, während die Steuerung der Sicherheitsfunktionen, des Bedienpanels und der elektrischen Schnittstellen über einen Prozessor *Freescale i.MX35* realisiert wird. Um die sicherheitsrelevante Funktion des *Freescale i.MX35* zu gewährleisten, wird die Kommunikation zwischen beiden Prozessoren überwacht. Ein Buck-Boost DC-DC-Wandler ermöglicht es, aus der Brennstoffzelle einen konstanten Strom zu ziehen. Die Beschaltung wurde nach speziellen Vorgaben so entwickelt, dass eine Eingangsstromregelung in Abhängigkeit vom momentanen Laststrom sowie von weiteren Parametern möglich ist. Der Wirkungsgrad des DC-DC-Wandlers liegt bei etwa 93 % bei einer Leistung von 150 W. Ein interner Li-Ionen-Akku mit SMBus zum Auslesen des Ladezustandes dient als Puffer zwischen dem DC-DC-Wandler und der angeschlossenen Last. Zusätzlich stellt der Akku während des Kaltstartanlaufs die benötigte Heizleistung zur Verfügung.

Mit der Steuerung können unterschiedliche Sensoren wie NTC, Pt100 oder Pt1000 für die Temperaturerfassung sowie aktive Drucksensoren eingesetzt werden. Ein Wasserstoffsensor überprüft die H_2-Konzentration im System und schaltet das System bei Wasserstoffaustritt ab. Die von der Norm DIN EN 62282-5-1 „Portable Brennstoffzellen-Systeme – Sicherheit“ vorgeschriebene Sauerstoffkonzentrationsüberwachung schaltet bei Unterschreiten einer definierten O_2-Konzentration in der Luft das BZ-System ebenfalls ab. Eine interne Spannungsüberwachung erfasst alle zwölf Einzelzellspannungen der Brennstoffzelle und dient somit als Stackmonitor, über den auch das regelmäßige Spülen des Anodenkreislaufs gesteuert werden kann.

Aktoren wie Kathodenpumpe oder Anodenpumpe können mit 24 V, 12 V oder 5 V versorgt und spannungsgeregelt entsprechend der Leistung eingestellt werden. Axiallüfter für den Abtransport der Wärme im System werden mit einem PWM-Signal drehzahlgeregelt. Gleichzeitig können bis zu acht verschiedene Heizkreisläufe leistungsgesteuert geregelt werden.

WASSERSTOFFGENERATOR Der gemeinsam von Chemetall, DMT[pe] und der TU Bergakademie Freiberg unter Leitung des Fraunhofer ISE entwickelte H_2-Generator (s. Abb. 4) basiert auf Natriumborhydrid ($NaBH_4$), das durch seine relativ hohe chemische Speicherdichte von 10,57 % besonders als chemischer Wasserstoffträger geeignet ist. Die Erzeugung des Wasserstoffs wird im Brennstoffzellensystem umweltfreundlich durch die chemische Reaktion (Hydrolyse) von Natriumborhydrid mit Ameisensäure (HCOOH) umgesetzt. Die Ameisensäure wird über geeignete Dosierventile in den Generator, in dem das Natriumborhydrid in Tablettenform vorliegt, eingebracht. Der von der Brennstoffzelle benötigte Wasserstoff wird on-Demand im Gerät produziert und mit einem Überdruck von 350 mbar zur Brennstoffzelle geleitet, nachdem das Gas eine Filtereinheit durchlaufen hat. Diese Filtereinheit dient zur Trocknung und zur Neutralisation des Produktgasstromes. Die Reaktoren des Generators wurden als Wechselsysteme ausgeführt, die nach völliger Abreaktion der Edukte ausgetauscht werden. Die benötigte Ameisensäure wurde während des Versuchsaufbaus in einem Kanister gelagert. Dieser könnte später mit in die Reaktoreinheit integriert werden.

Die H_2-Produktion wurde im Labor mit vier Reaktoren über zwei Stunden getestet. Dabei wurde kontinuierlich Ameisensäure aus einem Vorratsbehälter in die vier Reaktoren gepumpt. Während des Versuches war die Zielgröße der Produktionsmenge im Toleranzband von 400 bis 480 Nl/min festgelegt. Allerdings kam es zu Über- und Unterproduktion von Wasserstoff auf Grund von Kondensationsreaktionen und Reservoirbildung der Ameisensäure. Diese Über- und Unterschreitung könnte in einem späteren System durch Integration eines Druckpuffers abgefangen werden.

GEHÄUSEKONZEPT Der Einsatz des Brennstoffzellensystems als portable Energieversorgung in Katastrophengebieten setzt

Abb. 4: H_2-Generator mit Reaktoren und Gasreinigung (rot) sowie Platz für den Säurebehälter (Quellen: Fraunhofer ISE)

ein robustes Handling voraus. Erschütterungen, Stöße und Stürze dürfen die Funktion des Systems nicht beeinflussen. Die Außentauglichkeit, der Spritzwasserschutz und der Betrieb trotz extremer Temperaturunterschiede müssen jederzeit gewährleistet sein. Durch das E-PAC®-Gehäusekonzept von DMT^{pe} werden die Systemkomponenten lagerichtig und stoßfest fixiert. Außerdem dient das expandierte Polypropylen gleichzeitig als Isolierung gegen Kälte. Um die Reaktionswärme aus dem System optimal ausleiten zu können, wurde eine Kühlkanalstruktur in das E-Pac® eingebracht (s. Abb. S. 2).

Um das Gehäuse kostengünstig herzustellen, wurde für die spätere Serienfertigung ein vollständig schraubenloses Gehäuse konzipiert. Durch Schnappverbindungen werden die Einzelteile miteinander verbunden. Das Außengehäuse wurde als Funktionsmuster durch Lasersinterverfahren hergestellt. Es besteht aus zwei Außenschalen und einem Mittelring, in den zwei Abdeckklappen integriert sind. Diese dienen als Schutz vor dem Eindringen von Spritzwasser in das Gerät und verdecken die elektrischen Ein- und Ausgänge sowie den H_2-Anschluss, wenn sie nicht verbunden sind. Auf ein zusätzliches Bauteil als Tragegriff für den Transport des Systems wurde verzichtet, da durch eine Griffmulde im Gehäuse diese Funktion bereits gegeben ist. ||

Ein großer Dank gilt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die Unterstützung des Projektes.

Autoren:

Ulf Groos
→ ulf.groos@ise.fraunhofer.de

Wolfgang Koch
→ Wolfgang.Koch@ise.fraunhofer.de
beide Fraunhofer ISE, Freiburg

Wie wird Wasserstofftechnik so sicher wie die nächste Benzinpreiserhöhung?

» Mit Hochdruck.

Wasserstofftechnik senkt den CO2-Ausstoß. Doch ist sie auch sicher? Viele Komponenten für die Entwicklung dieser Zukunftstechnologie sind extremen Belastungen ausgesetzt. Maximator begegnet dieser Herausforderung mit innovativer Hochdruckprüftechnik für Wasserstoffkomponenten wie Ventile, Rohre oder CFK-Behälter. Mit unserer Prüftechnik können alle gesetzlich vorgeschriebenen Prüfungen an drucktragenden Bauteilen durchgeführt werden: von Einzelabnahmen bis Baumusterprüfungen. Darüber hinaus bieten wir Autoherstellern und Zulieferern bewährte Gasregeltechnik für Wasserstoffanwendungen. Starten Sie mit uns in eine sichere, saubere Zukunft.

MAXIMATOR®
Maximum Pressure.

MAXIMATOR GmbH, Lange Straße 6, 99734 Nordhausen, info@maximator.de

Thema: Entwicklung | **Autoren:** Lutz Ehrig, Thomas Jungmann

MUSIK AUS DEM NICHTS

Kabellose Musikübertragung mit aktivem Flachlautsprecher

Abb. 1: Ein Stereopaar des Lautsprechersystems

Aus der Zusammenarbeit des Fraunhofer-Instituts für Digitale Medientechnologie IDMT in Ilmenau und des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg entstand ein kabelloser Flachlautsprecher. Hierzu wurden ein Brennstoffzellensystem in planarer Bauweise mit passiver Luftversorgung sowie eine digitale Funkübertragung zur Musikwiedergabe in einen Flachlautsprecher integriert. Durch die geringe Bautiefe des Flachlautsprechers von nur 35 mm fügt sich das System beispielsweise als Bild an der Wand harmonisch in ein Raumkonzept ein. Das System liefert dabei einen Schalldruckpegel von bis zu 94 dB bei einer Grenzfrequenz von 100 Hz über mehr als zehn Stunden.

Die unauffällige Integration der Schallquelle stellt für viele Akustikexperten eine große Herausforderung dar. Selbst wenn eine klanglich akzeptable Lösung gefunden ist, stören meist lästige Kabel den optischen Eindruck. Werden diese entfernt, muss der Lautsprecher über eine eigene Verstärkerelektronik sowie Energieversorgung verfügen, was sich wiederum negativ auf die Baugröße auswirkt. Um einen Ausweg aus diesem Dilemma zu finden, haben das Fraunhofer ISE und das Fraunhofer IDMT ihre Kompetenzen gebündelt und die Energieversorgung eines innovativen Flachlautsprechers mittels einer wasserstoffbetriebenen planaren Brennstoffzelle realisiert.

Abb. 2: Planare Brennstoffzelle in Spritzgusstechnik mit passiver Luftversorgung

INNOVATIVER FLACHLAUTSPRECHER Bei der Entwicklung des Flachlautsprechers stand neben einer optimalen Klangqualität eine geringe Bautiefe und damit die Schaffung einer optisch unauffälligen Beschallungslösung im Vordergrund. Dies wurde durch die Verwendung von 41 Miniaturlautsprecherkapseln erreicht, die in der Summe eine ausreichend große Schall abstrahlende Fläche bilden und zusammen einen Maximalpegel von bis zu 94 dB erreichen. Die Nutzung mehrerer Miniaturwandler hat gegenüber der Verwendung eines großen Lautsprecherchassis mehrere Vorteile: Erstens haben die Antriebssysteme (Magnetkreis, Schwingspule) eine deutlich geringere Einbautiefe, und zweitens wird die Antriebskraft gleichmäßig über die Fläche verteilt, so dass bis zu hohen Frequenzen eine für die Schallanregung günstige kolbenförmige Bewegung der Einzelflächen gewährleistet ist. Damit steigt auch die Effektivität des Gesamtsystems.

Gegenüber anderen flachen Schallwiedergabesystemen wie Biegewellenwandlern oder elektrostatischen Lautsprechern ist der hier vorgestellte Flachlautsprecher für den Betrieb an einer Wand uneingeschränkt geeignet. Aufgrund des geschlossenen Gehäuses wird der Schall nur in eine Richtung abgestrahlt, so dass es an der Hörposition zu keinen unerwünschten Überlagerungen des Direktschalls mit den nach hinten abgestrahlten Schallanteilen kommt. Der Ein-

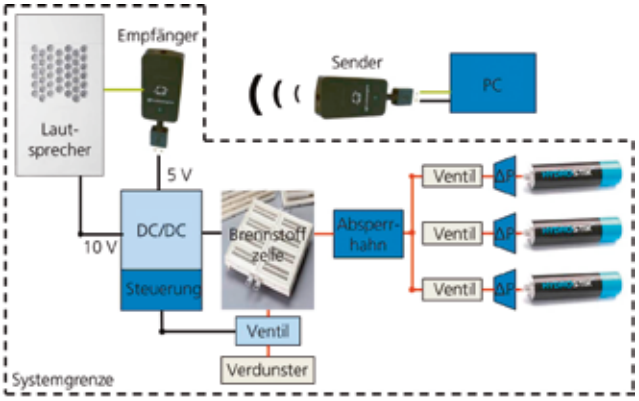


Abb. 3: Konzept des kabellosen Lautsprechers [Quelle: Fraunhofer ISE, Fraunhofer IDMT, Horizon, Audioengine]

bau in eine Trockenbauwand ist möglich, aber nicht erforderlich. Der Lautsprecher kann wie ein Bild an einer Wand befestigt werden. Durch die integrierte Aktivelektronik ist kein externer Verstärker notwendig, es müssen lediglich eine Spannungsversorgung und das Musiksignal bereitgestellt werden. Eine unauffällige Lösung zur Musikübertragung wird per digitalem Datenfunk ermöglicht. Die Spannungsversorgung übernimmt eine passende Brennstoffzelle.

PLANARE BRENNSTOFFZELLE Das Fraunhofer ISE entwickelt seit vielen Jahren planare Mikrobrennstoffzellen. Basis der Entwicklung war die Idee, einzelne Brennstoffzellen in einer Ebene zu einem Modul zu verschalten. Im Hinblick auf eine massentaugliche Herstellung werden die Gehäuse im Spritzguss gefertigt. Bei der Optimierung der Leistung eines solchen planaren Moduls erfolgt die Zusammenarbeit mit verschiedenen nationalen Herstellern beispielsweise für die Membran-Elektroden-Anordnungen oder die Gasdiffusionslagen.

Die planare Mikrobrennstoffzelle ermöglicht eine passive Luftzufuhr, so dass die Systemintegration vereinfacht und Verluste durch Peripheriekomponenten minimiert werden. Das Konzept dieser Mikrobrennstoffzellen ermöglicht sowohl den Betrieb als Direkt-Methanol-Brennstoffzelle (Direct Methanol Fuel Cell, DMFC) wie auch den Betrieb als Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzelle (PEM) mit Wasserstoff. Die erreichbare maximale Leistung liegt bei Raumtemperatur bei etwa 500 mW für eine achtzellige DMFC sowie bei nahezu fünf Watt für eine vergleichbare achtzellige PEM (s. Abb. 2).

SYSTEMINTEGRATION Durch die Verbindung der beiden innovativen Konzepte von planarer Brennstoffzelle und planarem Lautsprecher wurde ein kabellos Musik übertragendes System entwickelt. Das akustische Signal wird digital per Funk übertragen. Die Brennstoffzelle ist in den Lautsprecher integriert und versorgt die Lautsprecherelektronik, die Musikdatenübertragung sowie die Systemsteuerung.

Zur Umsetzung dieses Konzepts wurden ausführliche Charakterisierungen der einzelnen Komponenten durchgeführt und eine maximale Gesamtleistungsaufnahme (Verstärkerelektronik und Funkdatenempfänger) von etwa 2 W_{el} ermittelt. Hierbei wurde die Leitungsaufnahme bei Einzelfrequenzen von 80 Hz bis 20.000 Hz mit Schalldruckpegeln von 65 dB bis 90 dB sowie bei Standard-Rauschsignalen und ausgesuchten Musikstücken mit Schalldruckpegeln zwischen 65 dB und 85 dB untersucht.

Basierend auf diesen Ergebnissen erfolgte die Umsetzung mit einer planaren wasserstoffbetriebenen Mikrobrennstoffzelle, welche aus einem kommerziellen Metallhydridspeicher der Firma Horizon mit Wasserstoff versorgt wird. Für die kabellose Musikübertragung wird die *Audioengine W1* eingesetzt, die über einen USB-Anschluss mit Strom versorgt wird. Die Signalübertragung erfolgt bei der Standard-Funkfrequenz von 2,4 GHz. Durch die kanalgetrennte Musikübertragung lassen sich beliebig viele Lautsprecher kombinieren, so dass nicht nur Stereoaufnahmen, sondern auch Surroundmaterial mit der entsprechenden Anzahl an Lautsprechern wiedergegeben werden kann.

Das Brennstoffzellensystem besteht aus dem achtzelligen Brennstoffzellenmodul, Rückschlagventilen, einem manuellen Purgeventil für den Start des Systems, einem elektrischen Purgeventil zur Stabilisierung des Betriebsverhaltens, einer Elektronikplatine mit DC/DC-Wandler und einer Auffang- beziehungsweise Verdunstungseinheit für das überschüssige Produktwasser.

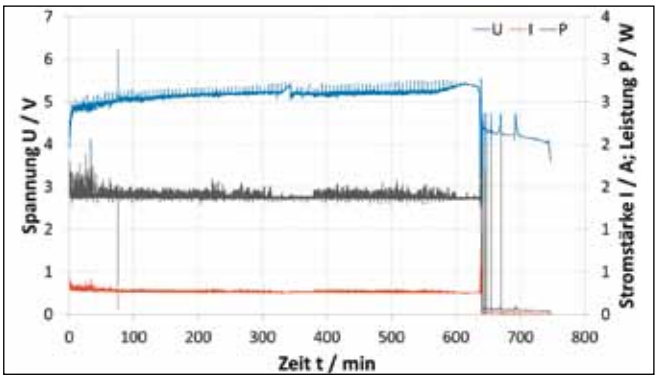


Abb. 4: Messdaten des Brennstoffzellensystems während der Musikwiedergabe [Quellen: Fraunhofer ISE]

PERFORMANCE Im Labor erfolgte eine ausführliche Charakterisierung des Betriebsverhaltens des mithilfe der Brennstoffzelle betriebenen Flachlautsprechers. Innerhalb dieser Untersuchungen stellte sich ein sehr stabiler Betrieb ein. Schon bei der Charakterisierung der Aktivelektronik des Lautsprechers stellte sich heraus, dass diese eine relativ konstante Leistungsaufnahme zeigt und erst bei sehr hohen Lautstärkepegeln der Einfluss des Musikmaterials erkennbar wird. Dies ist vor allem durch den guten Wirkungsgrad des Lautsprechers bedingt. Eine Eingangsleistung von 1 W erzeugt einen Pegel von 88 dB in einem Meter Abstand. Daher ist auch die Belastung der Brennstoffzelle über ein breites Lautstärkeband hinweg recht konstant.

Der Einfluss des Musikmaterials beziehungsweise unterschiedlicher Lautstärken zeigt sich in der Zeit von 0 bis 75 Minuten durch eine signifikante Schwankung der Leistungsaufnahme zwischen etwa 1,4 und 2,1 W. Hier wurde ein typisches Jazz-Musikstück mit einer Abhörlaustärke von 85 dB wiedergegeben. In der Zeit von 320 bis 380 Minuten ist die Leistungsaufnahme nahezu konstant durch die Ruhestromaufnahme der Verstärkerelektronik und des Audioübertragers gekennzeichnet. Während dieser Zeit spielte der Lautsprecher mit gedämpfter Zimmerlautstärke. Im Mittel lässt sich eine Leistungsaufnahme von etwa 1,5 W abschätzen.

Um sicherzustellen, dass der vom System bei unterschiedlichen Lautstärken benötigte Wasserstoff für mehr als einen Tag zur Verfügung steht, wurde eine parallele Eduktversorgung aus drei Metallhydridspeichern gleicher Bauart integriert. Somit stehen insgesamt etwa 30 Normliter Wasserstoff zur Verfügung, die für einen Betrieb von bis zu 24 Stunden ausreichen.

BEWÄHRUNGSPROBEN Nach der erfolgreichen Inbetriebnahme wurde das System erstmals auf der Hannover Messe 2012 vorgestellt (s. Abb. 1). Eine Woche lang lieferte das System – optisch harmonisch in den Messestand integriert – ein hohes Klangniveau. Hierbei bestätigte sich die zielgerechte Auslegung des Systems. Mit dem installierten Wasserstoffvorrat konnte Energie für mehr als zwei Messetage bereitgestellt werden. Vom 8. bis 10. Oktober 2012 wird das hier vorgestellte Lautsprechersystem während der f-cell auf dem Stand 2E11 des Fraunhofer ISE einem breiten Fachpublikum vorgestellt. ||

Autoren:

Lutz Ehrig
→ lutz.ehrig@idmt.fraunhofer.de
Fraunhofer IDMT, Ilmenau
Thomas Jungmann
→ thomas.jungmann@ise.fraunhofer.de
Fraunhofer ISE, Freiburg

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

DER FREIZEITMARKT ALS TÜRÖFFNER

Drei marktreife BZ-Systeme auf dem Caravan Salon

Abb. 1: Wandhängende Systemlösung von enymotion

Die Brennstoffzelle ist auf dem Markt – auf dem Freizeitmarkt. Angesichts der ansonsten eher schleppenden Entwicklung in der Branche kommt diese Nachricht einem Befreiungsschlag gleich, insbesondere für die Truma Gerätetechnik GmbH & Co. KG, die lange auf diesen Moment gewartet hat. Das Putzbrunner Unternehmen präsentierte die kommerzielle Version seines Brennstoffzellensystems *VeGA* vom 25. August bis zum 2. September 2012 auf dem Caravan Salon in Düsseldorf. Auch die SFC Energy AG und die enymotion GmbH zeigten auf der internationalen Camping-Messe den insgesamt 165.000 Besuchern ihre Systeme.

Von besonderem Interesse auf dem Caravan Salon war die anlässlich der VeGA-Vorstellung anberaumte Pressekonferenz auf dem Messestand von Truma. Besonders interessant deswegen, weil der Systemlieferant für Reisemobile und Wohnwagen im November 2010 schon einmal den Markteintritt der VeGA angekündigt hatte. Damals mussten die Bayern den ursprünglich anvisierten Termin aber wieder zurückziehen, weil der Zulieferer einer Kernkomponente seinen Standort von Deutschland ins Ausland verlagerte und „es dadurch zu nachhaltigen Qualitätsproblemen bei dieser Komponente kam“, wie sich Truma ausdrückte, so dass die Kooperation beendet wurde. Daraufhin musste Truma zunächst nach einem neuen Partner Ausschau halten. Wie Andreas Schiegl, Leiter Brennstoffzellensysteme, gegenüber HZwei erklärte, hat sich diese Umorientierung im Nachhinein jedoch positiv ausgewirkt, da die Qualität nun besser ist als zuvor.

Die ersten Arbeiten mit Brennstoffzellen starteten bei Truma im Jahr 2004, seit Sommer 2008 führten die Entwickler Feldtests mit insgesamt rund 200 Geräten durch, so dass das Unternehmen nun seiner Kundschaft ein TÜV-zertifiziertes System anbieten kann, das sowohl für den Freizeit- als auch den Industriesektor geeignet ist. Die VeGA verfügt über eine Leistung von bis zu 250 W und ist dafür konzipiert, die Versorgungsbatterie von Reisemobilen – egal ob Säure-, Gel- oder Vlies-Akku – jederzeit auch ohne Netzanschluss nachladen zu können (ca. 20 A bei 12 V). Dafür benötigt sie lediglich ausreichende Mengen Flüssiggas (LPG), das sich in der Regel ohnehin an Bord der Campingfahrzeuge befindet beziehungsweise im Bedarfsfall relativ leicht besorgt werden kann. Eine normale 11-kg-Flasche reicht für rund 28 kWh (Verbrauch: ca. 100 g Gas pro Stunde). Das 40 kg schwere Gerät kann beispielsweise im Fahrzeugzwischenboden oder in der Heckgarage der Reisemobile installiert werden und läuft weitgehend autonom, kann aber auch über ein Display manuell aus dem Innenraum gesteuert werden.

Bei der Brennstoffzelle handelt es sich um ein Hochtemperatur-PEM-System, dem intern ein Entschwefelungsgerät und ein LPG-Reformer (s. S. 18) vorgeschaltet sind. Der Betrieb ist leise, geruchsarm sowie vibrationsfrei und kann auch mit kalter (-20 °C) Zuluft erfolgen. Da die Betriebstemperatur aber nicht unter den Gefrierpunkt sinken darf, verfügt die VeGA über ein eigenes Frostschutzsystem. Der Kaufpreis für das Brennstoffzellengerät beträgt für Endkunden 6.995 Euro. Hinzu kommen die Installationskosten sowie bei Bedarf ein Service-Paket (299 Euro). Die Betriebskosten belaufen sich nach Herstellerangabe auf etwa 40 bis

Abb. 2: Das Display zeigt alle relevanten Betriebsdaten

Abb. 3: VeGA-Präsentation in Düsseldorf

60 Cent pro Kilowattstunde. Eine Wartung ist laut Truma alle 1.000 Betriebsstunden erforderlich, wobei die VeGA nur in den seltensten Fällen länger als 200 Stunden im Jahr arbeiten dürfte. „Die ersten Geräte haben wir bereits verkauft", freute sich Schiegl am Tag der Pressekonferenz und verweist darauf, dass momentan etwa zwei Geräte am Tag produziert werden. Ausreichend Fertigungskapazitäten für rund 1.000 Geräte im Jahr stehen bereit.

Parallel zum Engagement im Freizeitsektor arbeitet Truma, die in diesem Jahr 50 Jahre Caravan-Heizung feiert, auch an Industrielösungen. So hat die rund 450 Mitarbeiter beschäftigende Firma im April auf der diesjährigen Industriemesse in Hannover eine mobile, mit einer VeGA betriebene Verkehrswarntafel präsentiert. Es werden aber auch Überwachungsfahrzeuge ausgerüstet und Back-up-Lösungen für Solar-Hybrid-Batteriesysteme angeboten. Für militärische Anwendungen werden keine Geräte geliefert, da dies von der Inhaberin des 1949 gegründeten Familienunternehmens, Renate Schimmer-Wottrich, nicht gewünscht wird.

ENYWARE IST LAGEUNABHÄNGIG enymotion favorisiert ebenfalls Flüssiggas für ihr Gerät, dessen Leistungsniveau mit 200 W geringfügig niedriger liegt. Die grundlegenden Unterschiede zur *VeGA* sind aber nach Aussage von Marketing-Chef Dominik Öller, dass die *enyware L 200* lageunabhängig (quer auf dem Boden oder hochkant an der Wand, s. Abb. 1) eingebaut werden kann und auch mit Bioethanol läuft. Noch markanter dürfte derzeit allerdings das Unterscheidungskriterium sein, dass dieses Gerät derzeit noch nicht erhältlich ist. Ein Messepreis wurde zwar genannt (5.990 Euro), und Bestellungen konnten auch abgegeben werden, nach heutigem Stand soll das Gerät aber nicht vor Anfang 2013 ausgeliefert werden. Der anvisierte Preis beträgt dann 7.495 Euro. Bis dahin müssen noch letzte Tests gemacht werden, erklärte Öller. Beispielsweise soll die Kaltstartfähigkeit noch bis auf -20 °C abgesenkt werden. Das 39 kg schwere System laufe aber bereits jetzt stabil, so Öller.

Mit der enyware L 200 zielt das Heilbronner Unternehmen zunächst auf den Freizeitmarkt ab, im zweiten Schritt sollen dann aber auch weitere Märkte erschlossen werden (z.B. Telekommunikation, Pipeline-Überwachung, Verkehrsleittechnik). Deswegen engagiert sich die mittlerweile 50 Mitarbeiter beschäftigende Firma auch im Leuchtturmprogramm Clean Power Net (s. S. 22), anders als Truma, die sich nach dem Auftakt-Workshop gleich wieder aus diesem Konsortium verabschiedet hat. Auch enymotion verfügt über Montagekapazitäten für den Bau von rund 1.000 Geräten im Jahr.

25.000 VERKAUFTE EFOY-GERÄTE Der Dritte im Bunde der Brennstoffzellenhersteller auf dem Caravan Salon war SFC Energy. Das Unternehmen aus Brunnthal verkauft bereits seit etlichen Jahren als bisher einziger Anbieter Brennstoffzellen für den Camping-Bedarf. Anders als die neuen Mitbewerber verwenden die Bayern allerdings Methanol als Kraftstoff, das dann allerdings als zusätzlicher Betriebsstoff mitgeführt werden muss. Da jedoch in der Direktmethanolbrennstoffzelle kein Reformer benötigt wird, sind diese Systeme kleiner und mit acht Kilogramm auch leichter als die Hochtemperatur-PEM-Systeme. Aufgrund der bereits erzielten Skaleneffekte bei über 25.000 verkauften Geräten ist das *efoy*-Gerät das günstigste System mit 5.599 Euro.

SFC Energy gliedert sein Betätigungsgebiet in drei Sektoren: Freizeit, industrielle Anwendungen und Militär. Großes Potential sieht der Marketing-Direktor Björn Ledergerber ironischerweise insbesondere im Bereich der Öl- und Gasindustrie. Vielerorts müssen Rohrleitungen auch in unwägbarem Gelände überwacht werden. Indem dort autarke, mit 60-l-Methanolkanistern ausgestattete Brennstoffzellensysteme die Energieversorgung übernehmen, lässt sich der Wartungsaufwand vor Ort ganz erheblich reduzieren. Ähnlich ist es beim Bau von Offshore-Windkraftanlagen. Diese müssen mit einer Hindernisbefeuerung ausgestattet werden, sobald der Turm steht. Solange dort noch kein Seekabel angeschlossen ist, übernehmen mittlerweile immer häufiger BZ-Geräte die Stromzufuhr, um so teure Helikopterflüge zu minimieren. ||

Abb. 4: Es muss noch viel Aufklärungsarbeit geleistet werden

Thema: Entwicklung | **Autor:** Gunther Kolb

KOMPAKT UND EFFIZIENT

Mikrostrukturierter Flüssiggasreformer für die VeGA

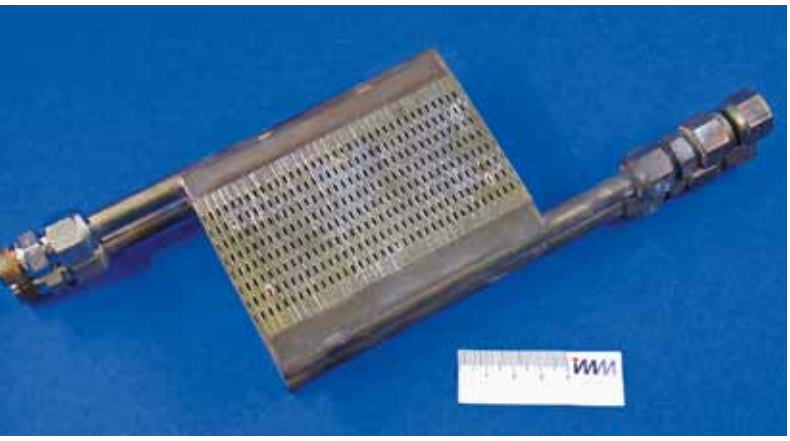


Abb. 1: Beispiel eines früheren Prototypen des VeGA-Reformers [Quelle: IMM]

Da Flüssiggas in der Camping-Branche vielfach zum Einsatz kommt, wurden geeignete BZ-Systeme entwickelt, die aus Flüssiggas Strom erzeugen können. Diese benötigen eine Reformereinheit, die der eigentlichen Brennstoffzelle vorgeschaltet ist und die aus dem Propan-Butan-Gemisch Wasserstoff erzeugt. Für das VeGA-System der Firma Truma Gerätetechnik GmbH & Co. KG (s. S. 16) entwickelte das Institut Mikrotechnik Mainz einen sehr kompakten Reformer.

Die weltweiten Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten im Bereich der Reformiertechnik haben sich innerhalb der vergangenen Jahre vom Fahrzeugantriebssektor zu den externen Stromerzeugern hin verlagert, die so genannten Auxiliary Power Units (APU) für mobile und dezentrale stationäre Anwendungen erfahren verstärkte Aufmerksamkeit.

TOLERANT GEGENÜBER KOHLENMONOXID Im Vergleich zu kleinen Stromerzeugern auf der Basis von Verbrennungsmotoren (wie z.B. Dieselaggregaten) bietet die Brennstoffzellentechnik große Vorteile bezüglich der Effizienz sowie der Geräusch- und Schadstoffemissionen. Reisemobile bieten hierfür einen idealen Markt. Flüssiggas wird in diesem Bereich bereits als Brennstoff für Heiz- und Klimatisierungssysteme eingesetzt und eignet sich auch aus verfahrenstechnischer Sicht gut als Brennstoff für Reformer-/Brennstoffzellensysteme.

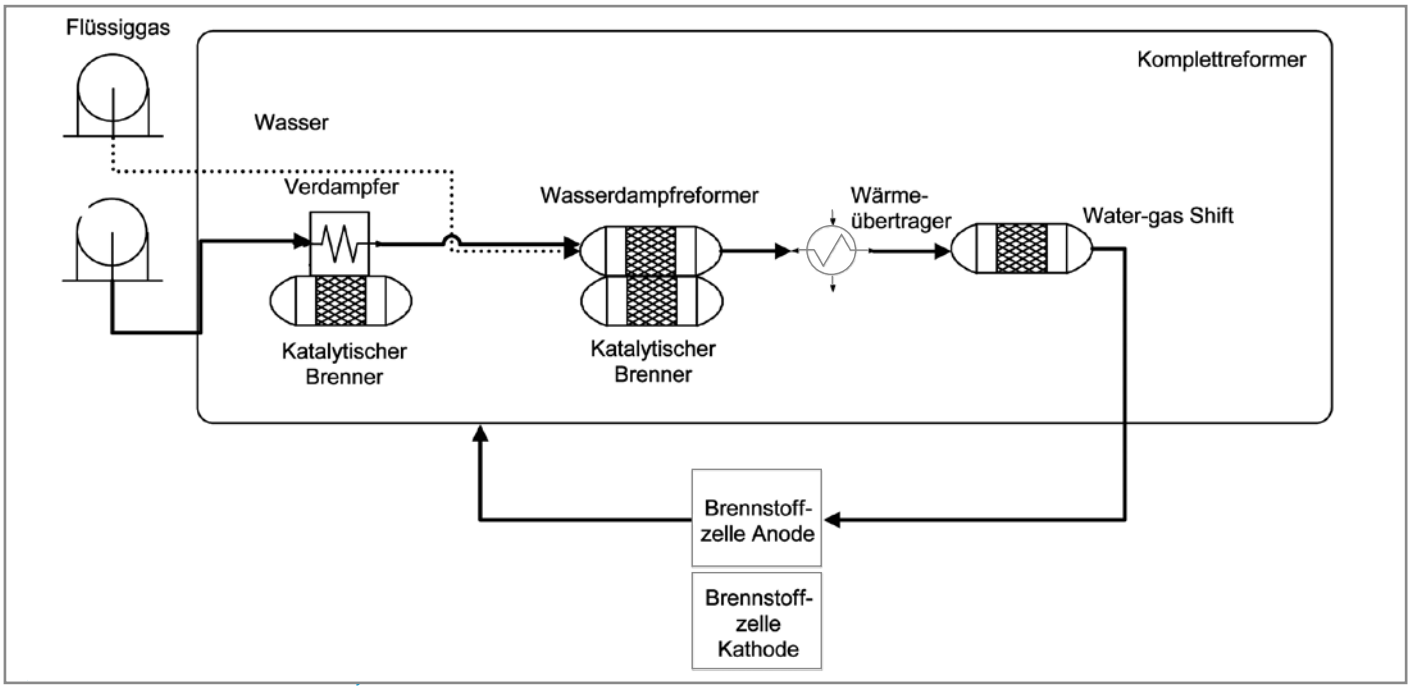
Auf der Brennstoffzellenseite wird bei derartigen mobilen Anwendungen bevorzugt die Proton-Exchange-Membrane-Technologie (PEM) eingesetzt, weil diese den Anforderungen häufiger An- und Abfahrzyklen am ehesten gerecht wird. Insbesondere moderne Hochtemperatur-PEM-Brennstoffzellen bieten sich für Reformersysteme an, weil sie über eine erhöhte Toleranz gegen Kohlenmonoxid verfügen und somit eine Vereinfachung der Reformerkonfiguration ermöglichen. Für dieses Anwendungsgebiet stellen Mikroreaktoren auf der Basis von Plattenwärmeübertragern im Vergleich zu konventionellen Reaktoren eine ideale technische Lösung dar. Dies liegt in ihrem besseren Verhältnis der nutzbaren Oberfläche zum eingesetzten Volumen sowie in dem verbesserten Stoff- und Wärmetransport in den Mikrokanälen begründet.

KOMPAKTER REFORMER Der Reformer, der in das VeGA-Brennstoffzellensystem integriert wurde, basiert auf der Technologie des Wasserdampfreformierens. Derartige Reformer verfügen über eine hohe Effizienz sowie eine gute Langzeitstabilität des Gesamtsystems, weil der Wasserstoff nicht so stark durch den Wasserdampf verdünnt wird, wie es beispielsweise beim Reformieren durch Luftzugabe (Partialoxidation) der Fall ist. Außerdem können hier die Koksbildungsvorgänge leichter zurückgedrängt werden als in Gegenwart von Luftsauerstoff.

Ein weiterer Aspekt ist, dass in dem Mikroreaktor des VeGA-Systems zwei katalytische Prozesse in einem Gerät vereint werden. Sowohl die endotherme Wasserdampfreformierung als auch die Energieerzeugung mittels katalytischer Verbrennung wurden in einem einzigen Reaktor, der als Gleichstromwärmeübertrager betrieben wird, integriert. Die beiden chemischen Prozesse laufen an einer beidseitig mit Katalysator beschichteten dünnen Metallfolie ab, wodurch eine besonders gute thermische Kopplung möglich wird. Aus dieser direkten Kombination zweier katalytischer Prozesse resultiert eine weitere Erhöhung der Energieeffizienz des Systems, wobei gleichzeitig das Wärmemanagement erleichtert wird. Dieses ist einfacher als in monolithischen Reaktoren, wie sie bei der Autoabgaskatalyse eingesetzt werden.

Die Mikroreaktoren des VeGA-Systems wurden am Institut für Mikrotechnik Mainz GmbH (IMM) speziell für die hier vorliegenden Anforderungen entwickelt und werden aus Edelstahlfolien hergestellt. Die mechanische und chemische Stabilität der Katalysatoren wurde in zahlreichen Langzeittests experimentell verifiziert. Durch nasschemisches Ätzen werden die Folien mikrostrukturiert. In einem nächsten Schritt werden sie mittels eines eigens entwickelten Siebdruckverfahrens mit den edelmetallhaltigen Katalysatoren beschichtet. Dieses Verfahren erlaubt, den Katalysator, der zunächst als zähe Paste vorliegt, mit hoher Präzision nur dort aufzubringen, wo er gebraucht wird – nämlich in den Mikrokanälen. Durch einen thermischen Behandlungsschritt werden anschließend Zusatzstoffe

Abb. 2: Fließbild des miniaturisierten Reformer-Brennstoffzellen-Systems [Quelle: IMM/Truma]



entfernt, so dass der Katalysator dann in der gewünschten Form als hochporöse keramische Beschichtung vorliegt. Die katalytisch aktiven Edelmetalle befinden sich fein verteilt und immobilisiert auf der Oberfläche des keramischen Trägermaterials. Die so beschichteten Folien werden dann mittels Laserschneiden vereinzelt und gestapelt. Die Folienstapel, die in einigen der Reaktoren mehr als tausend Mikrokanäle enthalten, werden in einem weiteren Prozessschritt mit dem Laser gasdicht verschweißt. Schließlich werden Anschlüsse und Rohrleitungen an die Komponenten angeschweißt und diese durch weitere Schweißvorgänge miteinander verbunden.

Das VeGA-System ist als vollautomatisches Batterieladegerät konzipiert (s. Abb. 3). Das Flüssiggas, das bereits im Freizeitfahrzeug vorhanden ist, wird zunächst von dem künstlich zugesetzten Schwefel (Odorierungsmittel) durch einen Festbettadsorber befreit. Dann wird im Reformer durch Wasserzugabe ein wasserstoffreiches Reformat erzeugt, das in der Brennstoffzelle verstromt wird. Mittels eines Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers wird die Spannung auf Werte eingestellt, die für die Batterieladung geeignet sind.

Im Betrieb wird der Wasserdampf innerhalb des Mikroreformers in einem Verdampfer, der durch einen integrierten katalytischen Brenner mit Energie versorgt wird, nach einem patentierten Konzept erzeugt (s. Abb. 2). Zu dem Wasserdampf wird dann das Flüssiggas gegeben, bevor das Gemisch dem Reformer zugeführt wird. Das Reformat, das neben dem Wasserstoff noch Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, geringe Mengen von Methan und nicht umgesetzten Wasserdampf enthält, wird in einer nachfolgenden Water-gas-shift-Stufe vom größten Teil des Kohlenmonoxids befreit, bevor es zur Hochtemperatur-PEM-Brennstoffzelle gelangt, wo der Wasserstoff verstromt wird. Nicht umgesetzter Wasserstoff und andere brennbare Gase wie Methan und Kohlenmonoxid werden im Reformer als Energiequelle genutzt und vollständig katalytisch verbrannt, was die Systemeffizienz weiter erhöht. Die Vorheizung erfolgt mittels eines Homogenbrenners. Dieser arbeitet nach einem ebenfalls patentierten Verfahren, bei dem die Verbrennungsabgase durch offene, eigens dafür vorgesehene Schächte der Reaktoren geleitet werden und diese dabei aufheizen. ||

Autor:

Prof. Dr. Gunther Kolb
→ Kolb@imm-mainz.de
Institut für Mikrotechnik Mainz GmbH (IMM), Mainz

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

DER KOMMUNIKATIONSKNOTENPUNKT

Energiemanagementsysteme von wachsender Bedeutung

Abb. 1: Callux-Box im Einsatz [Quelle: Callux]

Die Dezentralisierung der Energiewirtschaft geht einher mit einer immer dichter werdenden Vernetzung der verschiedenen Komponenten: Eine Vielzahl an Energieversorgungssystemen muss miteinander verknüpft werden, damit diese gemeinsam eine ausreichende Leistung erbringen können. Zudem müssen verschiedene Energiewandler untereinander kommunizieren können, damit weder Lücken in der Stromversorgung noch Überschüsse anfallen. Und zusätzlich muss die Versorgerseite auf den jeweiligen Bedarf abgestimmt werden. Für diesen umfangreichen Austausch an Informationen bedarf es intelligenter Energiemanagementsysteme, wie sie derzeit sowohl in Deutschland im Callux-Projekt sowie bei Heliocentris und in Österreich bei Fronius entwickelt werden.

Die Übereinstimmung zwischen dem Energiebedarf eines Einfamilienhauses und dem Stromertrag einer Photovoltaikanlage liegt nach Auskunft von Michael Schubert, dem Leiter der Solarelektroniksparte bei der Fronius International GmbH, bei etwa 30 Prozent. Um diesen Anteil signifikant erhöhen zu können, sind Speichertechnologien notwendig. Das Pettenbacher Unternehmen hat deswegen ein Energiekonzept entwickelt, mit dem eine 100-prozentige Übereinstimmung, also eine vollständig autonome Strom- und Wärmeversorgung, erzielt werden kann. Das Konzept basiert darauf, dass die Stromverbraucher eines Einfamilienhauses im Tagesverlauf bei ausreichender Sonneneinstrahlung direkt über den Wechselrichter der Photovoltaikanlage betrieben werden können. Treten Stromüberschüsse auf, können diese auf mehrere verschiedene Arten genutzt werden: Für die Kurzzeitspeicherung können Batterien geladen werden, damit auch in den Abend- und Nachtstunden ausreichend Energie vorhanden ist. Für die Langzeitspeicherung kann der überschüssige Strom während der Sommermonate einen Elektrolyseur versorgen. Im Winter kann dieser in externen Tanks zwischengespeicherte Wasserstoff wieder mit der Brennstoffzellenfunktion zurück in Strom gewandelt werden. Elektrolyseur und Brennstoffzelle sind in einem Gerät vereint: der *Energiezelle* (s. HZwei-Heft Okt. 2007), deren Gesamtwirkungsgrad unter Berücksichtigung der Abwärmenutzung bei über 80 % liegt.

Das gesamte Konzept mitsamt der Energiezelle wird derzeit erstmalig auf Basis einer Modellinstallation (4-Personen-Haushalt, s. Abb. 2) an einem Firmenstandort von Fronius umgesetzt. Dort wurden zwei verschiedene Kurzzeitspeicher (Blei- und Lithium-Akkus) installiert, die über eine Speicherkapazität von zehn Kilowattstunden verfügen. Als Wasserstofftank dienen vier Bündel à zwölf 50-l-Stahlflaschen (200 bar, Energieinhalt: 1.200 kWh). Ein Wechselrichter verknüpft den PV-Generator (60 m^2), das Wechselstromnetz und die Speichereinheiten miteinander.

EY-MODULO SORGT FÜR ABSTIMMUNG Dreh- und Angelpunkt in diesem Konzept ist das netzgekoppelte Energiemanagementsystem (EMS) *EY-Modulo,* das im Gesamtsystem für eine optimierte Energienutzung und -verteilung sorgt. Zentrale Führungsgröße für die Regelung ist der bidirektionale Leistungszähler am öffentlichen Stromnetz (Smart Meter). Dieser erkennt aktuelle Laständerungen im Haus und veranlasst das EMS, den Mehrbedarf über den Kurzzeit- und Langzeitspeicher zu decken. Gleiches gilt bei solarer Überkapazität: Hier entscheidet das Energiemanagementsystem abhängig von der Kontinuität des solaren Ertrages, mit welcher Priorität die Speicher geladen werden, um dann bei erreichter Füllung mit der Netzeinspeisung zu beginnen. Für ein ausreichendes Sanitär- und Heizwassermanagement können zusätzliche Wärmeerzeuger (Wärmepumpe, Pelletofen oder Wasserstofftherme) integriert werden. Damit auch dann noch eine effiziente Regelung der verschiedenen Energieströme hausintern realisiert werden kann, gibt es eine gewerkeübergreifende Kommunikation.

Abb. 2: Energiezellen-Konzept von Fronius [Quelle: Fronius]

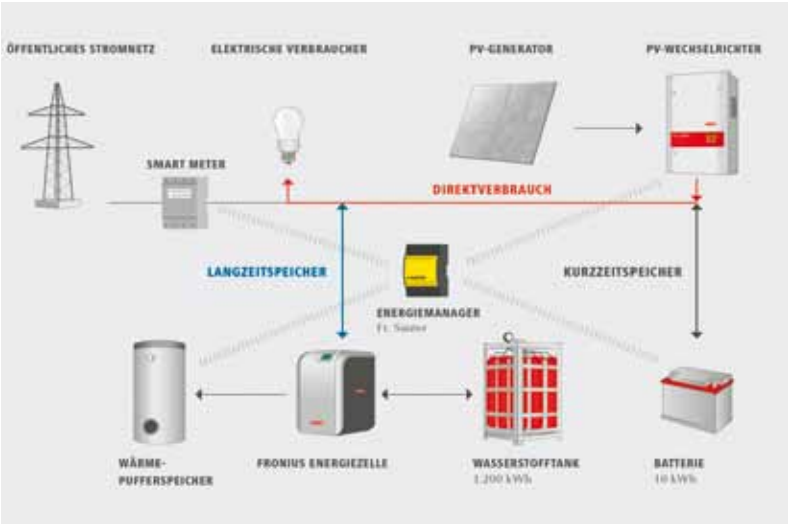


Abb. 3: Energiemanagement und Energieflüsse [Quelle: Fronius]

Dafür ist das Energiemanagementsystem vorwiegend mit renovationstauglichen Schnittstellen wie Powerline und Funk ausgestattet. Eine LAN-Schnittstelle mit Webserver ergänzt sowohl die kabellose als auch die kabelgebundene Visualisierung aller hausinternen Anwenderdaten. Ein zusätzlicher Cloud-Server ermöglicht den Datenzugriff auch von außerhalb und unterstützt damit die Servicetätigkeiten über Fernwartung. Sollte ergänzend die Notwendigkeit für ein Lastmanagement bestehen, lassen sich selbst ältere Verbraucher über Steckdosenadapter einfach in das System integrieren.

AUFBAU VIRTUELLER KRAFTWERKE Auch im Rahmen des Praxistests Callux wurde eine Schnittstelle entwickelt (s. Abb. 1), die die Messdaten und Anlagenmeldungen von Brennstoffzellenheizgeräten überträgt. Prof. Dr. Wolfram Münch, der seit Ende 2011 Sprecher des Firmenkonsortiums ist, erklärte: „Mit der Entwicklung einer einheitlichen Kommunikationsschnittstelle für Brennstoffzellenheizgeräte sind die Voraussetzungen geschaffen, um Strom erzeugende Heizungen für Ein- und Zweifamilienhäuser zentral steuern und in Zukunft im Sinne einer smarten, dezentralen Energieversorgung mit KWK betreiben zu können.“ Die so genannte *Callux-Box* nutzt ein einheitliches Kommunikationsprotokoll (IEC 61850-7-420), um KWK-Geräte wahlweise per Funk oder Kabel mit Energiezählern verbinden zu können. Dafür stehen verschiedene Schnittstellen zur Verfügung: Eine verschlüsselte Kommunikation ist über einen Ethernet-Anschluss per DSL sowie ein GPRS-Modul möglich. Außerdem gibt es kabelgebundene und kabellose M-Bus-Anschlussmöglichkeiten sowie eine USB-Schnittstelle. Die Box bietet somit die Möglichkeit, unterschiedliche Anlagen zur weiteren Datenverarbeitung und zur Anlagensteuerung zusammenzuschließen, damit sie in ein Smart Grid oder ein virtuelles Kraftwerk integriert werden können. Zudem soll sie das Monitoring einfacher gestalten, insbesondere angesichts steigender Zahlen installierter Brennstoffzellenheizgeräte.

Abb. 4: Der Energy Manager von P21 [Quelle: P21]

ENERGY MANAGER Noch einen Schritt weiter geht die Heliocentris Energy Solutions AG, die lange Zeit vorrangig für BZ-Produkte im Aus- und Weiterbildungssektor bekannt war. Vor einigen Jahren hat das Berliner Unternehmen jedoch den Schwerpunkt seiner Aktivitäten auf den industriellen Sektor verlagert. Neben dem Aufbau kompletter, autarker Energieversorgungsstationen bildet mittlerweile das Thema Energiemanagement eines von insgesamt drei Standbeinen des Unternehmens. Heliocentris profitiert dabei insbesondere vom Know-how der Tochterfirma P21, die die Berliner im Frühjahr 2011 aufkauften und damit vor der Insolvenz retteten. Die im Jahr 2001 von ehemaligen Mannesmann-Mitarbeitern gegründete P21 GmbH ist spezialisiert auf effiziente Energielösungen im Telekommunikationsbereich. Die Münchener verfügen mit ihrem *Energy Manager* (s. Abb. 4) über ein Gerät, das nachträglich an bestehenden Standorten integriert werden kann, um beispielsweise den Energieverbrauch von Mobilfunkbasisstationen und damit auch die operativen Kosten zu reduzieren. Darüber hinaus fungiert es als Schnittstelle zur gesamten Energietechnik und ermöglicht zur Systemüberwachung den Zugriff auf zahlreiche Daten in Echtzeit auch aus der Ferne. Heliocentris-Vertriebsleiter Siegfried Suchanek erklärte: „Der Energy Manager verfügt über eine offene Plattform und ist dadurch sehr flexibel und schnell anpassungsfähig.“

Wie Dr. Henrik Colell, Gründer und Technischer Geschäftsführer von Heliocentris, am 29. August 2012 im Rahmen eines Workshops der Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e.V. (FEE) darlegte, ist der Energy Manager der erste Schritt eines mehrstufigen Optimierungsprozesses. Heliocentris bietet entsprechende Systeme zur Nachrüstung an und arbeitet derzeit unter anderem auch daran, bestehende Komplettlösungen zur Energieversorgung abgelegener Standorte weltweit zu erproben und weiter zu optimieren. Colell erklärte: „Heutzutage ist immer noch der Dieselmotor der Standard mit unter 10 % Wirkungsgrad.“ Hier können moderne Geräte wesentlich zur Effizienzsteigerung beitragen. Außerdem bieten auf erneuerbaren Energien basierende Systeme die Möglichkeit, die Abhängigkeit von fossilen Kraftstoffen zu reduzieren. Oder aber es können bei bestehenden USV-Systemen die Überbrückungszeiten verlängert werden. Im Interview mit HZwei legte Henrik Colell dar, dass er hier für die Zukunft ein großes Potential sieht, weshalb er sich auch stark im NIP-Leuchtturm *Clean Energy Power* engagiert (s. S. 22). ||

Thema: Entwicklung | **Interviewpartner:** Wolfgang Axthammer, Henrik Colell & Karsten Menzel

USV-BEREICH – EINE GROSSE NISCHE

Interview mit W. Axthammer, H. Colell & K. Menzel

Das Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) verfügt über 700 Mio. Euro an Fördergeldern, die im Zeitraum von 2007 bis 2016 für Einzelvorhaben und Leuchtturmprojekte investiert werden sollen. *Clean Power Net* (CPN) ist das Leuchtturmprojekt „Brennstoffzellen für unterbrechungsfreie Stromversorgung in Industrie und Business". Im Februar 2012 fand die erste Vollversammlung statt, auf der Dr. Henrik Colell zum Sprecher und Dr. Karsten Menzel zu seinem Vertreter gewählt wurden. HZwei sprach mit ihnen sowie mit Wolfgang Axthammer, dem zuständigen Programmleiter bei der NOW GmbH Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, über die schwierige Gründungsphase und die Ziele von Clean Power Net.

HZwei: Sehr geehrter Herr Axthammer, die NOW hat Clean Power Net ins Leben gerufen. Bitte erläutern Sie kurz, wie dieser Name entstanden ist.

Axthammer: Das ist eine gute Frage. Wir kommen von dem Bereich Unterbrechungsfreie Stromversorgung, der explizit im Nationalen Entwicklungsplan als Schlüsseltechnologie identifiziert wurde. Da aber der Begriff „unterbrechungsfreie Stromversorgung" nicht zwingend positiv besetzt und zudem etwas sperrig ist, suchten wir nach einem Namen, der international verstanden wird, griffig ist und mit sauberer Energie zu tun hat. Das fing an mit „Clean Power Supply". Dann wollten wir aber den Netzwerk-Charakter noch stärker betonen und landeten bei „Clean Power Net". Schließlich ist es uns auch ein Anliegen, die Marktvorbereitung für die Brennstoffzelle vor allem auch mit Blick auf die für die deutschen Firmen wichtigen Exportmärkte voranzubringen.

Wolfgang Axthammer, NOW GmbH

HZwei: Können Sie uns kurz darlegen, was bisher zur Vorbereitung dieses Leuchtturms geschehen ist?

Axthammer: Die Historie ist so, dass wir von der NOW einige Anstrengungen unternehmen mussten, um die Firmen auch wirklich mal an einen Tisch zu bekommen. Weil wir das nicht selber machen wollten und konnten, haben wir jemanden gesucht, der bereit war, das zu tun. Der wollte dafür aber natürlich auch bezahlt werden – verständlicherweise. Dafür konnten wir das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie gewinnen, das bereit war, eine Anschubfinanzierung für den Aufbau dieses Netzwerkes zu leisten. Das fing im März 2010 an. Daraufhin wurden 100.000 Euro aus Bayern bereitgestellt, wovon ein Unternehmensberater zusammen mit einer Kommunikationsagentur den Aufbau der Internet-Seite, die ersten Flyer und den Auftakt-Workshop im Oktober 2010 in München organisierte.

HZwei: Beim Auftakt-Workshop waren zunächst 39 Teilnehmer dabei, im August 2011 haben letztlich aber nur 21 Partner das Memorandum of Understanding unterschrieben. Warum sind so viele abgesprungen?

Axthammer: Ich glaube schon, dass dort in München die richtigen Teilnehmer vor Ort waren. Es war eine gute Resonanz. Das war auch ein sehr guter Workshop, das lief alles sehr gut. Was vielleicht abgeschreckt haben mag, war vielleicht das Ergebnis des Workshops: Es wurden erst einmal ganz viele Aufgaben identifiziert, die – wenn man sie denn alle hätte lösen wollen – entsprechenden Aufwand bedeutet hätten. Es hätte eines weiteren Beraterhonorars bedurft, das auf die Firmen umgelegt worden wäre. Da haben viele kleine Firmen und Start-ups gezögert, weil sie sich zunächst auf ihr Kerngeschäft konzentrieren und nicht in Netzwerkarbeit investieren wollten. Es waren also zunächst ganz viele Aufgaben auf dem Tisch, und wir waren nicht in der Lage, zwei, drei kleine überschaubare Aufgaben herauszufiltern und in Angriff zu nehmen.

HZwei: Wie ist es dann weitergegangen? Hat dann die NOW wieder die Initiative übernommen?

Axthammer: Es ist ja auch eine Aufgabe der NOW, neben dem Förderprogramm-Management auch nichtmonetär die Marktvorbereitung zu unterstützen. Ich habe deswegen das Thema an mich genommen, habe aber auch die Frage gestellt, ob die Industrie wirklich solch ein Netzwerk möchte und Vorteile und Nutzen für sich darin sieht. Weil ich von der Idee und einem „Gemeinsam sind wir stärker" überzeugt war, habe ich nochmals einen kleineren Kreis von Unternehmensvertretern auf Entscheidungsträgerebene eingeladen. Wir haben uns dann im Mai 2011 für einen halben Tag in Bad Homburg getroffen und ein strammes Programm erarbeitet.

Colell: Ja, das war sehr gut und produktiv. Der wirkliche Paradigmenwechsel zu dem ersten Workshop war, dass wir beschlossen haben, uns erst mal ein kleines und straffes Arbeitsprogramm vorzunehmen, damit Erfolge sichtbar werden. Das war ein wichtiger Punkt, um mit CPN noch mal neu zu starten. Das war pragmatisch und ein sehr guter Auftakt.

Menzel: Es war gut, dass wir dort erste Arbeitspakete vereinbart haben wie beispielsweise bei der Wasserstofflieferung. Da hatten wir einen wunden Punkt gefunden, so dass es jetzt in naher Zukunft schon erste konkrete Ergebnisse geben wird.

HZwei: Die Gründung der NOW ist nun mehr als vier Jahre her. Woran liegt das, dass es trotzdem noch so lange gedauert hat, bis dieser neue Leuchtturm initiiert werden konnte?

Axthammer: Bei den anderen Leuchttürmen hat es die Industriegruppierungen – im Verkehrsbereich die VES, im Hausenergiebereich die IBZ – schon vorher gegeben, das darf man nicht vergessen. Das war hier aufgrund des sehr diversifizierten Marktes, aufgrund der unterschiedlichen Größe und

Dr. Henrik Colell, Heliocentris Energy Solutions AG

Heterogenität der Anbieter sowie des harten Kampfes um Kunden anders. Callux ist ein gefördertes Verbundvorhaben mit mehreren Partnern. Da haben sich mehrere Firmen zusammengefunden und sagen, wir bringen Brennstoffzellen ins Feld – damals waren es noch 800, jetzt heißt es 500 Stück. Das sind Betreiber und Hersteller, die ein gemeinsames Projekt umsetzen. Das haben wir hier bei CPN so nicht. Hier haben wir individuelle Projekte. Das heißt, eine Firma wie Heliocentris entwickelt und forscht und hat eigene Ideen, wo sie glaubt, dass Fördermittel hilfreich sein könnten. Das ist bei e-plus so und bei anderen Akteuren auch. Das sind aber alles individuelle Projekte, die hier entstehen. Wir erkennen aber, dass es Gemeinsamkeiten gibt, dass es Sinn macht, hier die Firmen an einen Tisch zu holen, um – trotz allen Wettbewerbs – gemeinsame Hürden aus dem Weg zu räumen. Alleine bin ich beispielsweise als kleiner Brennstoffzellenhersteller zwar sicherlich ein guter Ansprechpartner für einen großen Gaseversorger, werde aber nicht unbedingt beste Konditionen aushandeln können. Wenn ich mich hingegen mit anderen zusammentue und ein größeres Potential anbieten kann, dann kann ich gegebenenfalls auch einen besseren Einkaufspreis erzielen.

Colell: Ein Auto zu betreiben oder ein Haus zu versorgen sind ja sehr klare Applikationen, die jeder aus dem Alltag kennt, und die Unternehmen, die sich in den Leuchttürmen CEP und Callux zusammenschließen, haben gleiche Applikationen im Blick. Eine USV hat nicht den Sexappeal in der Außenwirkung. Außerdem war es wichtig, einen gemeinsamen Nenner für die vielen verschiedenen Applikationen in diesem Bereich zu finden und eine gemeinsame Stoßrichtung festzulegen. Man muss verschiedene Märkte und Applikationen unter ein Dach bringen. Unter dem Dach der CPN gibt es eine hohe Heterogenität von Märkten, ob ich in den Bereich Telekommunikationsindustrie, Verkehrsleittechnik oder industrielle Back-up-Lösungen in Deutschland oder autarke Energieversorgung in Indien gehe. Das ist ein Prozess, der einfach länger gebraucht hat.

HZwei: Herr Axthammer, im Frühjahr 2011 sagten Sie noch gegenüber der HZwei-Redaktion: „In diesem Bereich wird sich in den nächsten Wochen und Monaten extrem viel tun." Haben Sie damals vielleicht unterschätzt, was bis zum eigentlichen Projektstart noch alles dazwischenkommen könnte?

Axthammer: Nein, ich glaube nicht. Da muss man schauen, was denn im großen Segment Telekommunikationsmarkt passiert. Da gibt es Umstrukturierungen. Da sind ja große internationale Player, die sich Brennstoffzellen auf die Fahnen geschrieben haben, aber das Kerngeschäft war eben zu 99,9 % ein anderes. Die Brennstoffzelle ist ja nur ein ganz kleiner Bereich – aber mit großem Potential.

Menzel: Genau, die weltweit agierenden Unternehmen hatten alle irgendwelche Programme, in denen sie versucht haben, mit erneuerbaren Energien in Kombination mit Brennstoffzellen auf Märkten, wo es kein gutes Energieversorgungsnetz gibt, Fuß zu fassen. Die Unternehmen hatten Konzepte in der Schublade und suchten nach Anwendungsfeldern, wo sie das Konzept einmal in der Praxis zeigen konnten. So wurden etliche Teststationen realisiert, aber nur als Vorführobjekt, die bisher in der Praxis nicht zum Einsatz kamen. Für die Hersteller ist der Einsatz im realen Betrieb im Mobilfunknetz sehr willkommen. Wichtig ist, dass man einfach mal anfängt, dann bewegt sich auch etwas am Markt. Dann sind die Hersteller plötzlich da und sagen, wir können so etwas auch. Diese Dynamik, die sich entwickelt hat, das ist – so glaube ich – eine Erfolgsgeschichte, die sich CPN ein Stück weit auf die Fahne schreiben kann. Mittlerweile sind wir so weit, dass wir nicht mehr auf Mobilfunksystemtechnikhersteller angewiesen sind, sondern dass die Energietechnik komplett aus einer Hand dazugekauft werden kann von Unternehmen, die sonst nichts mit Mobilfunk zu tun haben. Wenn man immer nur wartet, bis die Technik komplett reif ist, nutzt man nicht die Dynamik, die man durch solch einen Leuchtturm erreichen kann.

Colell: Das ist auch eine gute Chance für KMUs, sich auf USV-Anwendungen zu konzentrieren. Es gibt ja im industriellen Bereich sehr viele Nischen, und eine Nische kann für einen Mittelständler groß sein. So entschärft sich teilweise dann auch ganz schnell die Wettbewerbssituation, weil die verschiedenen Unternehmen unterschiedliche Applikationen anpeilen.

HZwei: Herr Colell, Sie fungieren ja als Sprecher für dieses Firmenkonsortium. Bitte erläutern Sie uns doch mal mit Ihren Worten das Ziel von Clean Power Net.

Colell: Das Ziel ist Voraussetzungen zu schaffen, um sichere und zuverlässige Stromversorgungslösungen in den Markt zu bringen für die im CPN engagierten Unternehmen. Es geht darum, Standards zu setzen und auch eine sichere Infrastruktur für Brennstoffe wie Wasserstoff zu schaffen und letzten Endes auch Öffentlichkeitsarbeit zu betreiben für das Thema. Wir müssen erst einmal so etwas wie „Lobbyarbeit" machen. Wir haben jetzt schon bestimmte Arbeitskreise gegründet für Wasserstoff, für sonstige Brennstoffe, für Öffentlichkeitsarbeit. Die Unternehmen sind alle sehr engagiert. Wir machen die ersten Workshops, den ersten zum Thema „Brennstoffzellentechnologie im BOS Digitalfunk", der in Kürze stattfindet. Man muss sagen, das hat sehr viel schneller Fahrt aufgenommen, als ich damals gedacht habe. Nach der ersten Hürde, die wir damals hatten, als man sich noch vorsichtig beäugt hat, ist es inzwischen viel entspannter geworden. Ich sehe jetzt in CPN eine Chance sich zu verbinden, an gemeinsamen Zielen zu arbeiten, bessere Voraussetzungen zu schaffen, um auch andere Märkte zu erschließen.

HZwei: Unter den 21 Firmen, die bei der Vollversammlung zugegen waren, sind ja etliche direkte Mitbewerber. Kann hier denn wirklich davon ausgegangen werden, dass die verschiedenen Akteure ihr mühsam erarbeitetes eigenes Know-how ausgerechnet mit dem Konkurrenten teilen?

Colell: Natürlich ist es immer eine Gratwanderung, das ist es bei anderen Leuchttürmen auch, da sitzen die Mitbewerber ja auch mit am Tisch, aber wenn man nichts gibt, dann bekommt man auch nichts. Außerdem ist die Welt groß: Wenn ich mir zum Beispiel allein den weltweiten Telekommunikationsmarkt anschaue, dann gibt es dort sehr viele unterschiedliche Marktsegmente. Wenn wir nur einen kleineren Teil davon als Brennstoffzellengeschäft abbekommen, dann können wir doch glücklich sein. Wenn

Dr. Karsten Menzel, E-Plus Mobilfunk GmbH & Co. KG [Foto: E-Plus]

noch einige andere deutsche Hersteller auch einen kleinen Teil davon abbekommen, dann sind diese auch glücklich. Ich glaube, dass man das gar nicht so streng sehen muss. Sondern die Brennstoffzellentorte, so nenne ich das mal, die ist doch noch so klein, das wir alles daran setzen sollten, diese Torte gemeinsam größer zu machen, dann sind auch unsere Stücke größer. Ich denke mal, zu glauben, wir konkurrieren nur um einzelne kleine Projekte, ist die falsche Sichtweise. Wir sollten daran arbeiten, die Torte größer zu machen. Und ich sehe das letztendlich als meine Aufgabe, das für die Unternehmen im CPN zu unterstützen.

HZwei: Herr Colell, neben Ihrem Sprecherposten sind Sie technischer Vorstand von Heliocentris. Ihr Unternehmen ist in mehreren Bereichen aktiv. Warum engagieren Sie sich jetzt gerade im USV-Sektor?

Colell: Wir haben uns schon lange auf stationäre Brennstoffzellensysteme konzentriert, also für den Bereich sichere Stromversorgung, gerade im Bereich autarke Anwendungen. CPN ist also genau unser Thema. Durch die Übernahme von P21 letztes Jahr haben wir unser Engagement gerade im Telekommunikationssektor massiv verstärkt – auch weltweit. Unser klares Ziel ist, für autarke Standorte Nullemissionslösungen anzubieten. Wir wollen Brennstoffzellen als Dieselersatz einsetzen, und zwar international. Der Telekommunikationsmarkt ist bisher zu 99,9 % nicht brennstoffzellenversorgt. Es gibt aber Millionen von Mobilfunkstandorten weltweit, davon ist ein großer Teil netzautark oder mit schlechtem Netz versorgt. Das heißt, das ist für uns perspektivisch ein sehr großer, interessanter Markt, den wir bereits heute erfolgreich mit Energieeffizienz- und Management-Lösungen bedienen, so dass es für uns absolut Sinn macht.

HZwei: Die gleiche Frage gebe ich auch an Dr. Menzel weiter: Warum engagieren Sie sich gerade beim Thema Brennstoffzellen so stark?

Menzel: Erneuerbare Energien werden im Mobilfunk- oder Telekommunikationsbereich wirklich nur in Nischen eingesetzt. Wenn ich aber Erfahrungen mit erneuerbaren Energien sammeln will, dann sollte ich das möglichst auch CO_2-neutral tun. Wenn ich da als Back-up-Lösung einen Dieselmotor betreiben würde, dann ist das ganze Konzept irgendwo fragwürdig. Deswegen hat sich für uns die Frage gar nicht gestellt, ob wir mit einem Diesel oder einer Brennstoffzelle arbeiten. So ergab sich fast zwangsläufig, Brennstoffzellen zu verwenden. Wir haben uns den drei E's verschrieben: Effizienz, Einsparung und Erneuerbare Energien. Der Stromverbrauch der einzelnen Mobilfunkstation wurde durch die Nutzung effektiverer Systemtechnik immer geringer, und irgendwann war die kritische Grenze von 2 kW unterschritten, so dass die Zeit reif war, mit dem Einsatz erneuerbarer Energien und Brennstoffzellen an Mobilfunkbasisstationen zu starten.

HZwei: Was sind für Sie konkret die Vorteile von BZ-Systemen gegenüber anderen Lösungen?

Menzel: Sie haben immer dann ein Problem, wenn Sie im USV-Bereich bei mehreren Stunden sind, was im Telekommunikationsbereich an vielen Standorten relevant ist. Wenn Sie dann auf Batterien angewiesen sind, ist das eine sehr kostenintensive Technologie, weil die Haltbarkeit und Zuverlässigkeit der standardmäßig verwendeten Batterien nach wie vor ein Problem darstellen. Da hat die Brennstoffzelle ein großes Entwicklungspotential. Wir haben schon vor etlichen Jahren Batterien gegen Brennstoffzellen an einzelnen Standorten ausgetauscht, weil sich einfach im Wettbewerb darstellte, dass das wirtschaftlicher ist. Auch in Deutschland gibt es Standorte, wo Sie einige Kilometer bis zum Stromversorgungsnetz haben. Das heißt, Sie müssten dort für den Anschluss einer Mobilfunkstation pro Kilometer 30.000 bis 40.000 Euro in die Hand nehmen. Bei zwei oder drei Kilometern sind Sie dann schon bei 100.000 Euro. Wenn Sie so einen Standort autark betreiben können, haben Sie dieses Geld schon mal auf der Habenseite. Noch ist die Mobilfunktechnik nicht so effizient, dass man das Ganze richtig wirtschaftlich betreiben kann. Aber als wir die 2-kW-Grenze unterschritten haben, haben wir gesagt, jetzt könnte das wirklich interessant werden. Ich denke, der großflächige Einsatz für die Brennstoffzelle im Mobilfunk wird relevant werden, wenn die Technik so effizient ist, dass man unter 1 kW kommt. Die Brennstoffzelle mit ein oder zwei kW ist dann genau die richtige Technologie als Back-up.

HZwei: Kann man hier denn wirklich schon von einem Markt im USV-Bereich sprechen?

Colell: Na ja, ich würde sagen, wir sind an der Schwelle zu Stückzahlen. Es ist also nicht mehr so, dass man nur über Einzelprojekte spricht. Diese Schwelle nehmen die Player international gerade. Wenn man die Stückzahlen anschaut, würde ich sagen, kann man von Markteintritt sprechen. Wie wirtschaftlich das für alle Beteiligten ist, da muss man allerdings im Augenblick noch vorsichtig sein. Man kann sagen, das ist im Prinzip eine Markteintrittsphase, die sich aber noch nicht in der Gewinnzone befindet. Viele Fälle fangen an, sich zu rechnen. Die Brennstoffzelle wird langsam hoffähig von ihrer Performance, von ihren Kosten. Wir sind an einem guten Punkt.

Axthammer: Mein Verständnis von Markteintritt und Marktvorbereitung ist so, dass in der Marktvorbereitung erste Geräte herausgebracht werden, die aber noch keinen Gewinn bringen, zwar Umsatz, aber letztlich bin ich noch nicht in der Gewinnzone. Selbst der Beginn der Markteintrittsphase verspricht noch keine Gewinne. In dieser Phase sind die Unternehmen noch auf entsprechende Förderung angewiesen, wie auch der Blick auf das internationale Marktgeschehen zum Beispiel in Japan und USA deutlich zeigt.

Colell: Wenn man das so definiert auf jeden Fall. Wir befinden uns sicherlich noch in der Zone, wo es finanziert werden muss – durch Fördermittel oder Kapital. Es ist noch kein sich selbst tragendes Geschäft.

HZwei: Über was für Stückzahlen sprechen wir hier denn überhaupt?

Colell: Das ist schwer zu sagen. Ich glaube schon, dass alle Hersteller in Summe pro Jahr wahrscheinlich die Tausend schon überschreiten.

Menzel: Wie schon gesagt, das ist natürlich überschaubar. Wir haben Fördermittel für bis zu 13 Standorte beantragt.

Der erste läuft seit einem Jahr. Wir sind da im Gange. Bis man aber in Deutschland auf große Stückzahlen kommt, dauert es noch mehrere Jahre. Anders vielleicht im BOS-Digitalfunk. Ich glaube, dass bei den dort geforderten Back-up-Zeiten für Brennstoffzellen ein echter Markt besteht.

HZwei: Und wie sieht bei Ihnen die weitere Planung konkret aus?

Menzel: Es zeigt sich, dass das Zusammenspiel mit den Behörden doch etwas komplizierter wird. Wenn man ein Windrad installiert, bedarf es zusätzlicher Erklärungen und Genehmigungen, aber auch beim Thema Brennstoffzellen. Da werden zum Beispiel zusätzliche Sicherheitskonzepte erfragt. Von daher ist es schwer zu sagen, wie es nach der Testphase weitergeht. Wir haben bisher keine Planung, die über die 13 geförderten Standorte hinausgeht. Wir müssen erst einmal Erfahrungen sammeln. Wir müssen sehen, wie der Betrieb läuft, wie oft die Wartung erfolgen muss, welche Kosten entstehen. Auch haben wir beim ersten Standort geringfügig höhere Ausfallraten als bei anderen Standorten. Das sind neue Erfahrungen. Das muss sich einspielen, dann schauen wir mal, wie es nach 2015 weitergeht.

HZwei: Was fehlt jetzt noch, damit hier ein wirklicher Durchbruch erfolgen kann?

Menzel: Was uns zum Beispiel Kopfzerbrechen bereitet hat, ist der Umstand, dass die Rahmengestelle der Flaschenbündel nicht genormt sind. Unterschiedliche Hersteller haben unterschiedliche Größen. Der Raum, den Sie für die Bündel vorsehen müssen, muss daher unterschiedliche Größen aufnehmen können. Die zweite Hürde ist, dass der Lieferant den Wasserstoff nicht ohne weiteres anschließen will. Wenn aber extra ein eigener Techniker anwesend sein muss, hat man eine zweite Anfahrt, was dann die Kosten nach oben treibt.

HZwei: Herr Axthammer, vereinzelt wurden Stimmen laut, die kritisieren, dass sich ausländische Firmen über deutsche Tochtergesellschaften am NIP beteiligen und so von der hiesigen Förderung profitieren. Wie wollen Sie so etwas unterbinden?

Axthammer: Wenn eine Firma ihren Sitz in Deutschland hat, dann ist sie per se erst einmal eine deutsche juristische Person und als solche als Antragssteller berechtigt. Grundsätzlich dient das NIP dazu, Wertschöpfung in Deutschland zu generieren, hier Arbeitsplätze zu halten und zu schaffen. Da muss man natürlich genauer hinschauen: Haben wir hier einen Einzelkämpfer als Vertriebsstandort oder haben wir eine Gesellschaft, die Komponenten bezieht, veredelt und eigene Entwicklungsleistungen betreibt und dergleichen. Im Falle einer Vertriebs-GmbH haben wir gute Argumente zu sagen, hier wird keine Wertschöpfung generiert, sondern das ist reine Vertriebsaktivität. Die können wir nicht unterstützen. Der Vertriebler kauft ein Gerät aus dem Ausland ein und verkauft es mit ordentlicher Marge und will sich dann nicht mehr drum kümmern. Das ist natürlich legitim, kann aber nicht Gegenstand der NIP-Förderung sein.

HZwei: Herzlichen Dank, meine Herren, für Ihre ausführlichen Antworten.

→ www.cleanpowernet.de

MCC

3. MCC-FACHFORUM

Unter der Schirmherrschaft von: Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung im VKU ASEW

EnergieSpeicher 2012

- ACHILLESFERSE DES ENERGIEWANDELS? -

23. und 24. Oktober 2012 in Köln

Weitere Infos und Anmeldung mit QR-Code und Smartphone aufrufen. Laden Sie dazu beispielsweise die kostenlose iOS-App „Scan".

- Förderinitiative Energiespeicher: diese Projekte haben sich durchgesetzt
- Sinnvolle Einbindung von Energiespeichern in das Energiesystem der Zukunft
- Energiespeicher: Netzbetreiber als Partner oder Konkurrenten?!
- Nutzung des Speicherpotenzials in Deutschland und Europa
- Erfolgreiche Wasserstoff- und Methaneinspeisung in das Erdgasnetz

Moderation:

Dr. Martin Kleimaier, Consultant, VDE

Ihre Referenten und Diskussionspartner:

Itamar Malkowsky, Technology Manager Electrolytes, BASF SE
Dr. Ervin Spahic, Elektrische Systemberatung und Netzplanung, ABB AG
Markus Wolter, Leiter Vertrieb Stationäre Speicher, Leclanché GmbH
Olaf Ziemann, Leiter Control Centre Support, 50Hertz Transmission GmbH
Holger Schuh, Geschäftsführer, Saft Batterien GmbH
Werner Diwald, Vorstand, ENERTRAG AG
Alexander Folz, Bundesministerium f. Umwelt, Naturschutz u. Reaktorsicherheit, - Forschung u. Entwicklung im Bereich Erneuerbare Energien
Andreas Müller, Referent Zugang zu Gasverteilernetzen,Technische Grundsatzfragen, Versorgungsqualität, BNetzA
Dr. Jochen Seier, Leiter Förderinitiative Energiespeicher, Forschungszentrum Jülich
Dr. Peter Schütte, Rechtsanwalt u. Partner, BBG u. Partner Rechtsanwälte
Dr. Daniel Wolf, Geschäftsfeld Energie-Effizienz-Technologien, Fraunhofer UMSICHT
Dr. Bernd Pitschak, Managing Director, Hydrogenics GmbH
Marko Schmidt, Projektkoordinator, Energie Forschungszentrum Niedersachsen
Alexander Frohne, Leiter Unternehmensentwicklung, RWE Power AG

HZwei DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN
enerope
VIRTUAL REALITY
DIGITAL ENGINEERING

MCC - The Communication Company · +49 (0)2421 12177-18 · bialasinski@mcc-seminare.de · www.mcc-seminare.de

Thema: Entwicklung | **Autor:** Klaus Taube

REVERSIBLE H_2-SPEICHERUNG IN METALLHYDRIDEN

Überblick zum aktuellen Forschungsstand

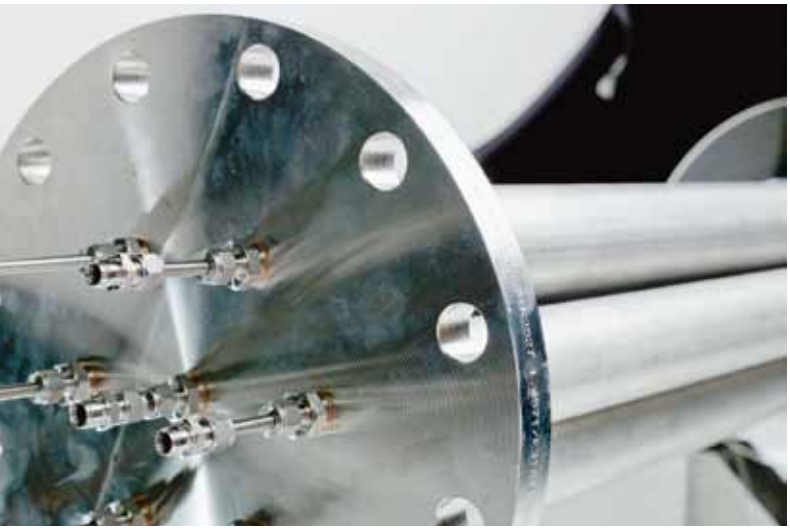


Abb. 1: Modulare Röhrenkonstruktion des HZG-StorHy-Tanks vor der Montage der äußeren im Testbetrieb mit Öl als Wärmetauschermedium durchströmten Hülle, links der Anschlussflansch

Eine der bis heute nicht zufrieden stellend gelösten technischen Herausforderungen der H_2-Technologie ist die Speicherung des Wasserstoffs sowie die anwendungsgerechte Abgabe für mobile und stationäre Anwendungen. Geeignete Speicher sollten eine möglichst hohe Kapazität bei möglichst geringem Gewicht und Volumen und eine kurze Beladungszeit (z.B. im Automobilbereich 3 min für eine volle Tankfüllung von ca. 5 kg H_2) aufweisen. Der Wasserstoff muss zuverlässig und bedarfsgerecht möglichst unabhängig vom Füllstand des Speichers geliefert werden. Dabei muss er eine hohe Sicherheit gegen unkontrolliertes Austreten durch Verletzung der Tankhülle, Feuer oder dergleichen aufweisen. Der Energieaufwand für die Speicherung und Entladung sollte möglichst gering sein und die Tanks sollten durch möglichst einfache, kostengünstige Produktionsverfahren und Werkstoffe herstellbar sein. Feste Metall-Wasserstoff-Verbindungen, so genannte Metallhydride, haben das Potenzial, die meisten dieser Forderungen zu erfüllen.

Metallhydride (MH) werden in drei Klassen unterteilt: Raumtemperatur (RT)-Hydride, auch Tieftemperatur-Hydride genannt, mit H_2-Abgabetemperatur unterhalb von 50 °C (H_2-Kapazität: 1 bis 2 Gew.-%, entspricht 100 kg_{H2}/m^3), Mitteltemperatur-Hydride (50 bis 200 °C, 4 bis 6 Gew.-%, 40 kg_{H2}/m^3) und Hochtemperatur-Hydride (> 200 °C, 7 Gew.-%, 100 kg_{H2}/m^3). Für die Abgabe von Wasserstoff (Entladung = Desorption) muss bei allen hier beschriebenen Metallhydriden Energie aufgewendet werden, damit die Bindung des Wasserstoffs im Metallgitter aufgehoben wird. Der Be- und Entladedruck hängt bei allen Metallhydriden von der Art des Legierungsmaterials und der eingestellten Temperatur ab.

RAUMTEMPERATUR-HYDRIDE RT-Hydride benötigen etwa drei bis vier Kilowattstunden Wärme pro Kilogramm Wasserstoff für dessen Freisetzung. Dies entspricht ungefähr zehn Prozent der im Wasserstoff gespeicherten chemischen Energie. Diese Wärmemenge kann beispielsweise durch die Abwärme von nachgeschalteten Niedertemperatur-PEM-Brennstoffzellen bereitgestellt werden.

Der Beladedruck liegt bei gängigen Raumtemperatur-Hydriden bei Umgebungstemperatur im Bereich von 10 bis 30 bar und steigt mit der Temperatur weiter an. Je nach Legierung sind Entladedrücke von weniger als einem bar bis hinauf zu mehreren hundert bar und auch Arbeitstemperaturen von -30 °C möglich. Derartige Tanks sind daher kaltstartgeeignet.

Typische Beladezeiten liegen im Bereich zwischen zehn und 60 Minuten. Die genaue Dauer hängt stark von der Temperatur und der Effizienz der Kühlung während der Beladung ab. Kühlung ist notwendig, da eine Überhitzung dazu führen würde, dass die Wasserstoffaufnahme zum Stillstand kommt.

Auf dem Metallhydridmarkt werden aktuell schmelzmetallurgisch produzierte Legierungspulver angeboten, die meist auf Titan, Zirkonium, Mangan, Vanadium, Eisen oder Lanthan-Nickel (LaNi5) basieren. Entsprechende Einzelmodultanks können wenige Normliter bis 10.000 Nl Wasserstoff fassen. Für militärische Anwendungen (z.B. im Brennstoffzellen-U-Boot) wurden auch schon sehr viel größere Speichermodule realisiert. Die Kosten für derartige Speichermaterialien liegen gegenwärtig im Bereich von 100 €/kg, da bis auf spezielle militärische Anwendungen noch keine großindustrielle Herstellung etabliert ist.

Im Rahmen einer Kooperation des Helmholtz-Zentrums Geesthacht (HZG) mit der Technischen Universität Chemnitz wurden verschiedene RT-Hydridtanks entwickelt, gebaut und im Shell Eco-Marathon erfolgreich eingesetzt (s. Abb. 2). Sie enthielten als Speichermaterial Hydralloy-C® (GfE, Nürnberg). Das gesamte Tankgewicht betrug 1,1 beziehungsweise 1,7 kg bei einer Kapazität von 40 beziehungs-

Abb. 2: NT-PEM-Brennstoffzelle (400 W) mit RT-Hydrid-Wasserstofftank (Quelle: Fortis Saxonia, Chemnitz)

weise 90 Normlitern. Die Gewichtsersparnis gegenüber einer 200-bar-Kleinstahlflasche inklusive Druckminderer (Linde Ecocyl® RSH, Leergewicht: 2,4 kg) betrug etwa 1.200 g beziehungsweise 600 g, was auch an dem wesentlich leichteren und kleineren Druckminderer lag. Die Desorptionswärme wird hier einfach der Umgebungsluft entzogen.

MITTELTEMPERATUR-HYDRIDE: NATRIUM-ALANAT Im Mitteltemperaturbereich zwischen 100 und 200 °C ist Natrium-Alanat ($NaAlH_4$) das am weitesten entwickelte Speichermaterial (praktisch nutzbare Kapazität: ca. 4 Gew.-%). Die etwas höhere Arbeitstemperatur von 120 bis 160 °C macht es erforderlich, dass für die Bereitstellung der Desorptionswärme von 4 bis 6 kWh/kg_{H2} zum Beispiel Hochtemperatur-PEM-Brennstoffzellen herangezogen werden. Im Gegenzug werden diese entsprechend gekühlt, so dass ihr eigenes Kühlaggregat um eben diese Leistung entlastet wird.

Im Rahmen des Europäischen Projekts *StorHy* wurde am HZG Europas größter H_2-Tank für dieses Material mit insgesamt 8 kg Pulver gebaut und im dortigen HyTech-Labor getestet. Der Tank besteht aus sieben 1 m langen Einzelröhren und hat ein Fassungsvermögen von rund 4.500 Nl_{H2} (entsprechend ca. 30 kg_{H2}/m^3, s. Abb. 1). Mit seiner optimierten Konstruktion wurde die Beladungszeit auf unter zehn Minuten für 80 % der Maximalkapazität gedrückt.

$NaAlH_4$ wird bisher nicht kommerziell angeboten, da es gegenwärtig nur in Kilogrammmengen auf Basis von hochreinen Rohstoffen synthetisiert wird. Es hat jedoch ein sehr hohes Potenzial für niedrige Produktionskosten, da die Weltmarktpreise für die Ausgangstoffe Natrium und Aluminium nur wenige Euro pro Kilogramm betragen. Preise in einer industriellen Serienproduktion durch Hochenergiemahlen von unter 20 €/kg sind daher realistisch, so dass Tanks für weniger als 500 €/kg_{H2} gebaut werden könnten.

HOCHTEMPERATUR-HYDRIDE Im Hochtemperaturbereich sind zunächst Magnesiumhydrid (MgH_2) und darauf basierende Legierungen (z.B. Mg-Ni-Hydrid) zu nennen. Die durch die starke Bindung von Wasserstoff zu Magnesium bedingte hohe Arbeitstemperatur von 300 °C und mehr kann durch die Legierung beispielsweise mit Nickel zwar auf um die 250 °C verringert werden. Dies hat aber eine deutliche Reduktion der Kapazität von 7 auf unter 5 Gew.-% zur Folge.

Wie bei HZG in 2002 gezeigt und patentiert, beschleunigen u.a. Metalloxide (z.B. Nb_2O_5) die Hydrierungsreaktion auf Werte unter 5 min für eine vollständige Beladung.

Magnesiumbasierte Legierungen lassen sich praktisch schon bei RT in kurzer Zeit beladen, typische Beladedrücke liegen bei wenigen bar. Wegen der starken Wasserstoff-Magnesium-Bindung können dabei je nach Beladegeschwindigkeit allerdings erhebliche Wärmeleistungen frei werden. Beispielsweise müssen bei einer Beladezeit von 3 min und einer Menge von 5 kg_{H2} knapp 1 MW an thermischer Leistung abgeführt werden, da die Reaktionswärme rund 10 kWh/kg_{H2} beträgt. MgH_2-Tanks können beispielsweise durch Hochtemperatur-Brennstoffzellen (SOFC, MCFC) mit Wärme für die Desorption versorgt werden.

Wie NaAlH4 wird auch Magnesiumhydrid durch Hochenergiemahlen kommerziell produziert. Magnesiumbasierte Tankmodule werden heute mit einer Speicherkapazität von über 5 kg_{H2} bei der Zusammenschaltung von Modulen auf dem Markt angeboten. Kommerziell wird auch der Ansatz verfolgt, die bei der Hydrierung entstehende Wärme zwischenzuspeichern und dann für die H_2-Abgabe wieder zu nutzen. Der dafür erforderliche Wärmespeicher senkt allerdings die effektive Kapazität des Gesamtsystems erheblich.

REAKTIVE HYDRIDE COMPOSITE (RHC) Um eine Lösung für das Problem der hohen Reaktionswärme von MgH_2 zu finden, entwickelten 2004 unabhängig voneinander verschiedene Gruppen am Helmholtz-Zentrum Geesthacht, an den HRL-Laboratories, USA, und am KIST, Korea, das Konzept der so genannten *Reactive Hydride Composites* (RHC). Diese weisen die hohe Speicherkapazität von Magnesiumhydrid auf oder übertreffen sie sogar deutlich. Im Komposit werden zwei Hydride mit hoher Kapazität fein verteilt gemischt. Während der Wasserstoffabgabe, für die thermische Energie benötigt wird (endotherm), reagieren diese unter Wärmeabgabe (exotherm) miteinander, so dass die Gesamtreaktionswärme deutlich verringert wird. Ein Beispiel dafür ist das weltweit am meisten untersuchte Lithiumborhydrid-Magnesiumhydrid RHC (10 Gew.-%, > 60 kg_{H2}/m^3 je nach Pulververdichtung), das gegenüber Magnesiumhydrid (10 kWh/kg_{H2}) eine Reaktionswärme von nur noch 6 kWh/kg_{H2} aufweist. Es reagiert bei der Wasserstoffabgabe zu Lithiumhydrid und Magnesiumdiborid und bei der Wiederbeladung vollständig zurück zu den ursprünglichen Hydriden.

Die geringere Reaktionswärme entspricht einem H_2-Druck von 1 bar schon bei rund 170 °C (gegenüber 300 °C bei reinem Magnesiumhydrid). Allerdings ist die Desorptionsreaktion bei dieser Temperatur kinetisch stark behindert, was zurzeit für die praktische Anwendung noch eine Arbeitstemperatur von 350 bis 400 °C bedingt. Auf Borhydrid basierende RHC-Tanks sind ebenfalls kompatibel mit Hochtemperatur-Brennstoffzellen (SOFC, MCFC) oder anderen geeigneten Wärmequellen (z.B. H_2-Verbrennungsmotoren). >>

h2herten
Wasserstoff-Kompetenz-Zentrum

ANWENDERZENTRUM H2HERTEN

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

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

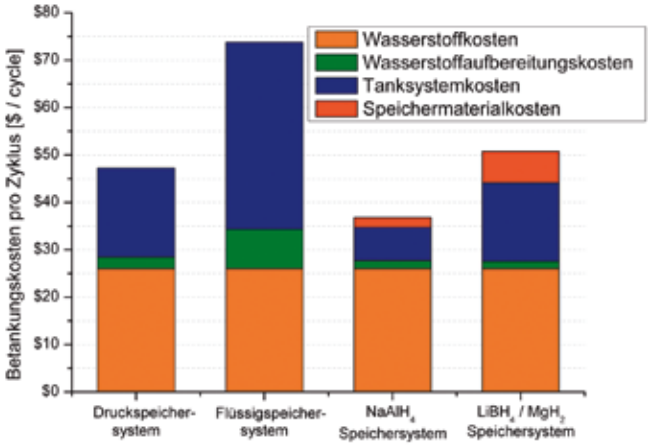


Abb. 3: Kostenverteilung und Wirtschaftlichkeit von verschiedenen H_2-Tanksystemen (Kapazität: 4 kg_{H2})

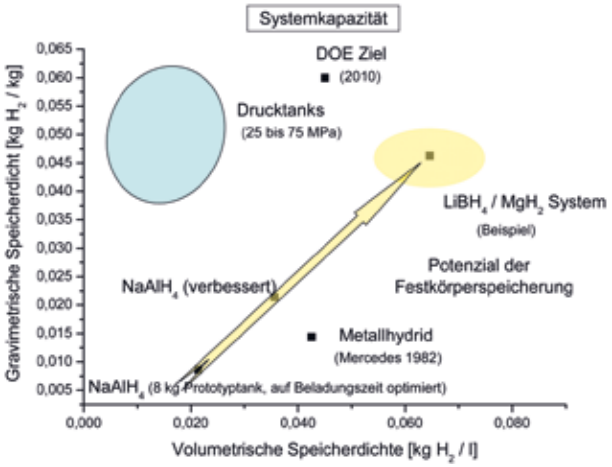


Abb. 4: Erreichbare gewichts- und volumenbezogene Speicherdichten von Metallhydriden im Vergleich zu Hochdrucktanks auf Tanksystem-Ebene [Quellen: Helmholtz-Zentrum Geesthacht]

Die Materialkosten liegen je nach RHC derzeit bei 1.000 bis 10.000 €/kg. Wie beim $NaAlH_4$ sind die hohen Materialkosten durch die bisher verwendete extrem hohe Reinheit und damit durch die aufwändigen Reinigungsverfahren der Rohstoffe sowie das Fehlen einer industriellen Massenproduktion bedingt. Da $LiBH_4$ aber in geringerer Reinheit und bei großer Abnahmemenge schon deutlich unter 50 €/kg lieferbar ist, besteht auch bei diesem Material ein hohes Potenzial zur Kostensenkung.

WIRTSCHAFTLICHKEIT VON METALLHYDRID-TANKS Eine von HZG durchgeführte Wirtschaftlichkeitsanalyse von verschiedenen H_2-Speichersystemen zeigt, dass Metallhydride bereits heute einen wirtschaftlichen Vorteil aufweisen können. Bei dem Vergleich wurden die Kosten gegenübergestellt, die bei einer Gesamtzahl von 1.000 Zyklen (typisch für automobile Anwendungen) pro Betankungszyklus mit 4 g H_2 anfallen: H_2-Kosten, dazugehörige Kompression und/oder Kühlung sowie Abschreibung pro Betankung für das Tanksystem. Bei den Angaben zu den Kosten für Metallhydridspeicher handelt es sich um erste Ergebnisse anhand von Prototypentanks. Die Daten zu Druck- und Flüssigspeichersystemen beruhen auf Herstellerangaben (Stand: 2009).

Vorteilhaft bei Natrium-Alanat-Speichern sind vor allem die niedrigeren H_2-Aufbereitungs- und Tanksystemkosten, die durch die wesentlich moderateren Speicherbedingungen hinsichtlich Temperatur und Druck bedingt sind. Hochdruck- und Flüssigkeitsbehälter, die den Wasserstoff bei 700 bar beziehungsweise -253 °C speichern, erfordern sehr aufwändige Speichersysteme und damit hohe Investitionskosten. Zudem ist die Verflüssigung beziehungsweise die starke Kompression mit hohem Energieaufwand und damit weiteren Kosten verbunden. Demgegenüber treten die zusätzlichen Kosten für das Speichermaterial in den Hintergrund.

Abbildung 4 zeigt, dass mit Metallhydrid-Speichern bereits bei moderaten Drücken von 50 bis 100 bar höhere volumenbezogene Speicherdichten als bei 700-bar-Behältern oder Flüssigwasserstoffbehältern erreicht werden können. Der Verzicht auf aufwändige und energieintensive Kompressionsstufen führt zu direkter Kostenersparnis durch geringeren Energieverbrauch und Wegfall von wartungsintensiven Komponenten des gesamten Speichersystems.

Durch die Integration des Tanks in den Energiehaushalt der Anwendung und die Nutzung der ohnehin vorhandenen Abwärme zur H_2-Desorption kann mit Metallhydriden eine sehr hohe Gesamtenergieeffizienz erreicht werden. Der Metallhydrid-Tank liefert dabei eine zusätzliche Kühlleistung und erlaubt somit die Verkleinerung des externen Kühlers, was zu weiteren Kostenersparnissen beitragen kann. Modellrechnungen zeigen, dass bestimmte Metallhydride trotz derzeitig noch recht hoher Kosten für sie bereits heute für Anwendungen mit hoher Wiederbeladezyklenzahl wettbewerbsfähig wären.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK Die Schwerpunkte der gegenwärtigen Forschungsaktivitäten bei Metallhydriden liegen weltweit in den Bereichen Bau, Test und Anwendungsintegration, so auch im vom Autor koordinierten EU-Projekt BOR4STORE. Ganz wesentlich ist natürlich die Kostenreduktion der Speichermaterialien durch Verwendung von kostengünstigen Ausgangsstoffen (niedrigere Reinheit, Recycling-Werkstoffe, Abfallmaterialien z.B. aus der Müllverbrennung) und Hochskalierung kostengünstiger Verfahren. Langfristiges Ziel sind Tanksystemkosten von unter 500 €/kg_{H2} in der Serienproduktion, was Materialkosten im Bereich von weniger als 40 €/kg bei einer Kapazität von 10 Gew.-% erfordert.

Eine Anwendung mit besonders hohem Einsatzpotenzial für Metallhydride ist gegenwärtig die großskalige Energiespeicherung (z.B. mit Hilfe von Hochdruck-Elektrolyseuren ohne zusätzliche Kompressionsstufen). Interessant sind auch Anwendungen, bei denen die besonders hohe volumenbezogene Speicherdichte im Vordergrund steht, ein höheres Gewicht des Speichertanks aber kein Ausschlusskriterium darstellt (z.B. Eisenbahn, Schiff, Lkw).

Speichertanks auf Metallhydridbasis sind damit bereits heute für viele Anwendungen wirtschaftlich und haben das Potenzial, einen wesentlichen Beitrag zur Umsetzung der Energiewende zu leisten. ||

Literatur:

- Bellosta v. Colbe, J.; Metz, O.; u.a., Behavior of scaled-up sodium alanate hydrogen storage tanks during sorption, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 37, Issue 3, Feb. 2012, P. 2807-2811
- Jepsen, J.; Bellosta von Colbe, J.; Klassen, T.; Dornheim, M., Economic potential of complex hydrides compared to conventional hydrogen storage systems, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 37 (2012) 5, P. 4204-4214

→ www.bor4store.eu

Autor:

Dr. Klaus Taube
Helmholtz-Zentrum Geesthacht GmbH
→ klaus.taube@hzg.de

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

OPTIMISMUS TROTZ WARNUNGEN

WHEC 2012 in Toronto

Foto: WHEC2012

Die 19. World Hydrogen Energy Conference (WHEC) im Juni 2012 in Toronto war in gewisser Art eine Yin-und-Yang-Veranstaltung: Gute Nachrichten wechselten sich mit schlechten ab, Optimismus mit dunklen Vorahnungen. Die Kehrseite wurde vielleicht am besten repräsentiert von den Eröffnungsworten des WHEC-Chairmans David Sanborn Scott, der die aktuell in der Branche vorherrschende Unruhe als „furchteinflößend" bezeichnete, oder auch von Jeremy Rikins einstündiger Ermahnung, dass „wir einer zweiten Wirtschaftskrise entgegensehen, sobald der Ölpreis zwischen 125 und 150 US-Dollar pro Barrel liegt."

Positiv klangen hingegen die Ausführungen eines deutschen Experten, der Hydrogen & Fuel Cell Letter (H&FCL) berichtete, dass in Deutschland eine „Aufbruchstimmung" zu verzeichnen sei. Auch Aksel Mortensgaard von der Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in Dänemark berichtete, dass seine Regierung voll hinter dem neuen „Energy Plan 2020" steht, der mehrere Initiativen zur Schaffung einer Wasserstoffinfrastruktur für Brennstoffzellenfahrzeuge umfasst. Ein weiteres positives Zeichen war der Eindruck, dass sich Ford wieder aktiv dem „Wasserstoffkreis" anzuschließen scheint.

Trotz der momentan schwierigen wirtschaftlichen Zeiten waren nach Auskunft von Eric Denhoff, dem Präsidenten des kanadischen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verbandes, rund 1.200 Teilnehmer zur Konferenz gekommen, ähnlich wie zwei Jahre zuvor in Essen; und ähnlich wie 2010 waren 900 Vorträge eingereicht worden. In der Eröffnungsrede erklärte der kanadische Wissenschaftsminister Gary Goodyear: „Ich bin sicher, dass wir durch zunehmenden Wettbewerb und Innovationen die Kommerzialisierung der Wasserstofftechnologie weltweit beschleunigen können – zum Vorteil aller." Weiterhin stellte er fest: „Soweit ich weiß, betrachtet Deutschland den Energieträger Wasserstoff als eine Schlüsseltechnologie."

David Hart, Berater bei E4tech, zog eine Bilanz der bisherigen Entwicklung und betonte, „wie kompliziert es ist, Brennstoffzellen zum Markt zu bringen. Wasserstoff und Brennstoffzellen verfügen bereits über das Stigma: ‚Nochmals fünf Jahre'. Einige Personen haben dabei eine ansehnliche Menge Geld verloren. Das hat erheblich die Stimmung gedämpft". Trotzdem warf er die Frage auf: „Ist es Zeit für vorsichtigen Optimismus?" Und antwortete selbst: „Ich bin leicht optimistisch gestimmt aufgrund dessen, was ich hier gehört habe." Allerdings gebe es derzeit einen Mangel an Investitionsbereitschaft, wie ein deutscher Unternehmensverantwortlicher dem H&FCL während der Kaffeepause berichtete. Demzufolge warten die Investoren derzeit ab, wie die von Kanzlerin Angela Merkel vor zwei Jahren angekündigte Energiewende vorankommt. Interessanterweise ist zu erwarten, dass die Energiepolitik selbst bei einer Abwahl Merkels unverändert von SPD und Grünen weitergeführt werden dürfte.

115 BZ-AUTOS IN DEUTSCHLAND Der Vortrag von NOW-Geschäftsführer Klaus Bonhoff vermittelte einen Einblick in die Geschehnisse in Deutschland, dem Land, das gemeinhin als führend im Bereich erneuerbarer Energien angesehen wird. Hier werden bis Ende des Jahres 115 Brennstoffzellenautos in Betrieb sein, die an 16 Stationen auftanken können. Die NOW erwartet, dass für den Zeitraum 2015 bis 2020 etwa 100 Tankstellen für die dann vorhandenen rund 5.000 Brennstoffzellenfahrzeuge existieren werden. Entgegen dem Eindruck, die USA würden bei der Inbetriebnahme von Brennstoffzellen zurückfallen, meinten zwei europäische Referenten, dass eher Europa hinter Nord-Amerika liegt, jedenfalls was die Einführung von brennstoffzellenbetriebenen Gabelstaplern und Niederflurfahrzeugen in Lagerhallen und Fabriken angeht. Marieke Reijalt von der European Hydrogen Association bemerkte, dass in diesem Bereich die Akzeptanz für Brennstoffzellen in Europa sehr viel niedriger ist. Sie drängte die europäischen Player daher zu mehr Engagement. Imam Mansouri von der britischen University of Hertfordshire fügte hinzu, dass in den Vereinigten Staaten von Amerika bereits mehrere tausend Brennstoffzellenstapler unterwegs seien, während in Europa derzeit gerade mal 40 Exemplare zum Laufen gebracht werden sollen.

ISLANDS HOFFNUNG SCHWINDET In einem weiteren, fast schon melancholischen Vortrag präsentierte der Isländer Jon Björn Skúlason von New Energy eine Zusammenfassung unter dem Titel „Wasserstoff in Reykjavik/Island – Erfolg oder Misserfolg" über den Versuch Islands, als erstes Land der Welt eine Wasserstoffwirtschaft einzuführen. Alles begann in 1998 mit großen Hoffnungen und der Unterstützung von Shell, DaimlerChrysler und Norsk Hydro. Die gesamte Wasserstofftechnologie wurde voll und ganz von der Regierung unterstützt. Island verlieh sogar bereits 2007 erste Wasserstoffautos an Touristen. Das wachsende Interesse an Elektrofahrzeugen stiftete dann aber Verwirrung unter den Kunden, und als die Wirtschaftskrise als Erstes in Island zuschlug, ging es bergab, berichtete Skúlason. Mittlerweile ist es fast unmöglich, Brennstoffzellenfahrzeuge ins Land zu holen. Skúlason beendete seine Ausführungen daher mit der Frage: „Sind wir zu früh gestartet?" ||

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

Thema: Elektromobilität | **Autor:** Kay Dohnke

HAMBURG ERHÖHT AUF DREI

Neue H_2-Tankstellen in Bramfeld und Neugraben

Foto: Shell

Der große Solarkollektor, der sich an einem grauen Mast in den Himmel reckt, verleiht der Shell-Station im nordöstlichen Hamburg eine irgendwie ökologische Anmutung. Und dieser Eindruck stimmt: Hier im Stadtteil Bramfeld steht ein unprätentiöser, rechteckiger Nutzbau im Containerstil, den man leicht übersehen würde, wäre er nicht etwas ganz besonderes – Hamburgs dritte öffentliche Wasserstofftankstelle.

Sichtlich stolz betonte Senator Frank Horch, Chef der Hamburger Wirtschaftsbehörde, anlässlich der Einweihung am 3. August 2012 die Rolle des sauberen Energieträgers für die Hansestadt: Hamburg habe seit Jahren eine Vorreiterrolle in Sachen Wasserstoff und Brennstoffzelle inne, erklärte Horch. Wasserstoff sei „als Zukunftstechnologie unverzichtbar“, zumal er im Zusammenhang mit der Elektromobilität hervorragende Möglichkeiten zur Reduzierung der Emissionen böte. Noch etwas weiter schlug Dr. Veit Steinle, Leiter der Abteilung Umweltpolitik und Infrastruktur im Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, seinen argumentativen Bogen. Die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie sei für sein Haus „ein wichtiger Baustein, um die Energiewende zu schaffen.“ Daher seien die bis 2016 bereitstehenden insgesamt 700 Mio. Euro an Fördergeldern klug budgetiert, um Brennstoffzellenantriebe künftig auch in Bussen, Lkw, Schiffen und Flugzeugen – zumindest für die Fortbewegung am Boden – praxistauglich zu entwickeln. Solche Statements sind inzwischen wohl bekannt, bleiben aber unpräzise. Konkreter wurde da Peter Blauwhoff, Vorsitzender der Geschäftsführung der Deutsche Shell Holding und damit quasi Betreiber der neuen H_2-Station, indem er sagte: Brennstoffzellengestützte Mobilität brauche die nötige „kritische Masse an Fahrzeugen“ und „die Schaffung einer Infrastruktur“, um überhaupt eine Chance zu haben. Shell wolle daher das Angebot ausbauen und durch den Betrieb der Anlage „Erkenntnisse über die Kosten und das Verbraucherverhalten gewinnen“, um die Technologie sinnvoll und kundengerecht weiterentwickeln zu können.

DIE TECHNIK

Die Shell-Station in der Bramfelder Chaussee ist eine „Very Small Hydrogen Refueling Site“ mit einer Tageskapazität von 40 kg, womit zehn bis zwölf Fahrzeuge voll betankt werden können. Der Wasserstoff wird in gasförmigem Zustand per Trailer zur Station gebracht und dort bei 200 bar gespeichert. Für die Betankung wird er auf bis zu 1.000 bar verdichtet und auf -40 °C abgekühlt, damit im Fahrzeug ein Druckniveau von 700 bar sichergestellt werden kann. Ein Kilogramm H_2 kostet 9,50 Euro.

TOTAL-STATION IN HAMBURG-NEUGRABEN Und das geht am besten in gemeinsamer Anstrengung: Hans-Christian Gützkow, Geschäftsführer der Total Deutschland GmbH, deren eigene H_2-Station im Süden Hamburgs in der Cuxhavener Straße nach mehrmonatigem Probebetrieb ebenfalls am selben Tag eingeweiht wurde, hob nicht nur die gute Zusammenarbeit im Rahmen der Clean Energy Partnership (CEP) hervor, sondern betonte auch noch einmal die großen Vorteile der H_2-Technologie gegenüber rein batteriegestützter Elektromobilität. Die kurze Betankungszeit und die deutlich größere Reichweite der Brennstoffzellenfahrzeuge könnten eine echte Alternative werden, wenn die H_2-Versorgung flächendeckend gewährleistet und ausreichend Modelle mit dem emissionsfreien Antrieb am Markt seien.

Hamburg ist durchaus ein geeigneter Ort, mit Brennstoffzellenfahrzeugen Praxiserfahrung zu sammeln. Flugzeugbauer Airbus, Energieversorger Vattenfall, die Hamburger Hochbahn und andere haben bereits 20 BZ-Pkw und vier BZ-Busse im Einsatz, 30 Fahrzeuge und sieben Busse kommen laut Patrick Schnell, CEP-Vorsitzendem, in den nächsten Monaten hinzu, und für das Jahr 2015 seien 1.000 Fahrzeuge prognostiziert.

Und dann wurde am Fuße des grauen Pylons getankt – ganz pragmatisch, ohne erst ein rotes Band zu durchschneiden und ohne symbolträchtige Worte. Peter Bauwhoff schloss den Schlauch an den Tankstutzen an, Kameras klickten, und nach vier Minuten war der Test bestanden. Anlage funktioniert – die Autos und der Alltag können kommen. ||

TESTFAHRT VON BERLIN NACH HAMBURG

Foto: Total Deutschland

Mit einer Tankfüllung von Berlin nach Hamburg mit unseren Wasserstoffautos fahren – so hieß das ambitionierte Ziel. Was für benzinbetriebene Autos schon längst problemlos möglich ist, stellt für Wasserstoffautos immer noch eine große Herausforderung dar. Wir wollten daher anhand eines Praxistests unter realen Bedingungen überprüfen, ob die angegebenen Reichweiten der Hersteller zu erreichen sind:
Mit unserem *Opel HydroGen4* und dem *Mercedes F-Cell* starteten wir am 16. Juli 2012 die Fahrt im Rahmen des H_2-Events, das am 3. August 2012 in Hamburg stattfand. Nach ein paar Schnappschüssen vor dem Brandenburger Tor tankten wir an der Station in der Heidestraße noch einmal auf. Dann machten wir uns auf den Weg zur Autobahn in Richtung Hamburg. Eine gleichmäßige und kraftstoffsparende Fahrweise mit durchschnittlich 100 km/h sorgte für einen entspannten Fahrgenuss. Klimaanlage, Navigationsgerät und Radio waren eingeschaltet. Nach einer kurzen Kaffeepause in Walsleben und einem kleinen Stau vor den Toren von Hamburg erreichten wir am Nachmittag die Hansestadt und tankten an der Station in der Cuxhavener Straße. Nach 300 gefahrenen Kilometern war im Opel noch Wasserstoff für etwa 50 km im Tank, im Mercedes für rund 70 km. Am nächsten Morgen ging es nach einem Abstecher zum Hamburger Hafen zurück nach Berlin.

Autorin: Cornelia Schulze, Total Deutschland

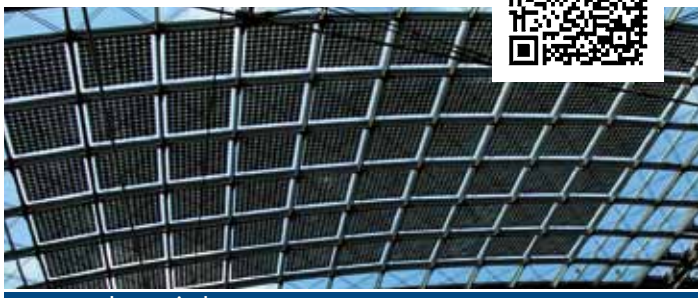
TOYOTA WILL 2014 STARTEN

Nach Daimler hat jetzt auch Toyota das Jahr 2014 als Marke für den Markteintritt von Brennstoffzellenautos genannt. Wie das Handelsblatt Mitte September berichtete, will der japanische Automobilhersteller früher als erwartet seine FCHV-Modelle in Kundenhand geben. Dies habe jedenfalls der Präsident von Toyota Deutschland, Yoshiaki Yasuda, in Düsseldorf bekannt gegeben, so heißt es. Bisher galt bei den meisten Autokonzernen das Jahr 2015 als anvisierter Zeitpunkt. Nur Daimler hatte bereits frühzeitig verkündet, schon 2014 auf den Markt kommen zu wollen. General Motors wollte sich demgegenüber zuletzt nicht mehr auf eine Jahreszahl festlegen lassen. Toyota hofft indessen, von der Mitte des Jahres geschlossenen Partnerschaft mit BMW profitieren zu können (s. HZwei Juli-Heft), während GM jetzt mit dem französischen PSA-Konzern eine Kooperation eingegangen ist. ||

SIEMENS SOLL PEM-ELEKTROLYSEUR LIEFERN

Am 10. September 2012 ist Siemens in Berlin der Clean Energy Partnership (CEP) beigetreten. Der Elektrokonzern soll eine der 50 bis zum Jahr 2015 geplanten H_2-Tankstellen mit der passenden Elektrolyseurtechnik ausstatten. „Wir produzieren mit unserer Technologie ‚grünen Wasserstoff', der mehrheitlich mittels regenerativer Stromquellen gewonnen wird. Dadurch helfen wir im Rahmen der Clean Energy Partnership mit, Wasserstoff als alternativen, sauberen Kraftstoff zu etablieren", erklärte Gaëlle Hotellier, Leiterin Hydrogen Solutions bei Siemens. Die Spitzenleistung dieses PEM-Elektrolyseurs soll bei 300 kW liegen. Parallel zu dieser Technologie wird die CEP auch andere Technik erproben. Der CEP-Vorsitzende Patrick Schnell sagte: „Auch der Nachweis der Systemfähigkeit von begleitenden Technologien soll erbracht werden. Dazu zählen etwa die elektrolytische Erzeugung und Speicherung von gasförmigem Wasserstoff an der Tankstelle sowie die zentrale CO_2-freie Gewinnung von Wasserstoff, dessen Anlieferung und Vor-Ort-Speicherung." Die Clean Energy Partnership ist ein Zusammenschluss von Firmen der Mineralöl-, Energie- und Gasindustrie und gilt als eines der größten Demonstrationsprojekte für Wasserstoffmobilität in Europa. ||

SOLARPRAXIS
engineering | conferences | publishing



www.solarpraxis.de

13. Forum Solarpraxis

22. – 23. November 2012, Maritim proArte Hotel, Berlin

- Politik und Märkte: Eigenstromproduktion, Effekte auf die Strombörse
- Finanzierung und Marketing: Direktvermarktung, Erschließung neuer Kundengruppen
- Systemintegration: Netzstabilität, Energiespeicherung, Netzausbau und Netzintegration

Kontakt: Anika Sperling, anika.sperling@solarpraxis.de

Sponsoren: SIEMENS
powered by: pv magazine

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

H_2-TANKE DIREKT VOR DER TÜR

Air Liquide eröffnet H_2-Station in Düsseldorf

Quelle: Air Liquide

Nordrhein-Westfalen hat seit dem 7. September 2012 seine erste öffentlich zugängliche Wasserstofftankstelle. Der französische Gaseproduzent Air Liquide startet damit eine H_2-Initiative, in deren Verlauf insgesamt zehn H_2-Tankstellen in der Bundesrepublik errichtet werden sollen. Dieses Vorhaben ist Teil des 40 Mio. Euro schweren Infrastrukturprogramms, das im Juni 2012 zwischen Bundesverkehrsminister Dr. Peter Ramsauer und Industrievertretern vereinbart wurde und in dessen Rahmen insgesamt 50 Stationen bis 2015 installiert werden sollen.

Die neue Zapfstation befindet sich an der Düsseldorfer Automeile Höherweg und ist in keine konventionelle Markentankstelle integriert. Die gesamte Anlage wurde eigens von Air Liquide errichtet und verfügt über ein angeschlossenes H_2-Infocenter mit einer Dauerausstellung rund ums Thema Wasserstoff. Ausgelegt ist der Standort für eine Kapazität von täglich bis zu 50 Brennstoffzellen-Pkw, die wahlweise mit 350 oder 700 bar innerhalb von drei bis fünf Minuten betankt werden können (insg. ca. 200 kg/Tag). Der benötigte Wasserstoff wird per Lkw aus der 75 km entfernten Erdgasreformierungsanlage in Marl bezogen, wo nach Firmenangaben „das größte Abfüllwerk für Wasserstoff“ steht. Vor Ort wird das Gas in einem Mitteldruckspeicher bevorratet (200 kg bei 200 bar) und mithilfe eines Verdichtungssystems für die Betankung bereitgestellt. „Mit dieser Station erreicht der Ausbau einer bedarfsgerechten Infrastruktur für Wasserstofftankstellen in NRW eine neue Dimension, und wir freuen uns, als Technologieführer diese Initialzündung zu geben“, sagte Markus Sieverding, Vorsitzender der Geschäftsführung der Air Liquide Deutschland GmbH, anlässlich der Eröffnung.

Air Liquide hat bisher weltweit rund 60 Betankungsstationen realisiert, und wie die Konzernführung im Oktober 2011 ausdrücklich erklärt hat, sollen allein in Europa noch 20 neue H_2-Tankstellen hinzukommen. Den Anfang haben die Franzosen im Mai dieses Jahres in Brugg, Schweiz, unternommen, wo die erste Station für fünf Citaro-FuelCell-Hybrid-Busse der PostAuto Schweiz AG installiert wurde. Eine weitere Tankstelle, die ebenfalls im Rahmen des europäischen CHIC-Projektes erprobt wird, wurde in Oslo, Norwegen, für Ruter AS installiert. Andrés Fernández Durán von Air Liquide Deutschland erklärte gegenüber HZwei: „Beide Tankstellen, die von Air Liquid entworfen und gebaut wurden, sind für Busse (350 bar) und verfügen über eine On-site-Produktion per Wasserelektrolyse.“

Weitere Aktivitäten verfolgt der Konzern in Japan, wo bisher drei H_2-Tankstellen in Betrieb genommen wurden (Tokio, Kawasaki, Saga). Nach Unternehmensangaben verfügt eine davon über eine komplett „grüne Wasserstoffkette“, bei der der Kraftstoff aus Holzspänen erzeugt wird. Die dortige Regierung plant, landesweit bis 2015 insgesamt 100 Stationen zu installieren. François Darchis, Mitglied des erweiterten Vorstands bei Air Liquide, erklärte: „Wasserstoff ist eine der Lösungen, die auf die Herausforderungen nachhaltiger Mobilität kurzfristig eine Antwort zu geben vermögen: Reduzierung der Treibhausgase, Verringerung der Luftverschmutzung in unseren Städten und Durchbrechen der Abhängigkeit von Treibstoffen auf Erdölbasis.“

MEHR H_2-BUSSE FÜR NRW Der nordrhein-westfälische Verkehrsminister Michael Groschek betonte während der Einweihungszeremonie: „Wir wollen und müssen die Abhängigkeit vom Mineralöl verringern. Nur so können wir in Zukunft eine Mobilität sichern, die für die Menschen bezahlbar bleibt. […] Es ist mein erklärtes Ziel, landesweit immer mehr Busse im ÖPNV mit einem Wasserstoffantrieb einzusetzen.“ Patrick Schnell, Vorsitzender der Clean Energy Partnership (CEP) sagte: „Diese Tankstelle ist die erste von sieben öffentlichen Wasserstofftankstellen, die wir in den nächsten drei Jahren in Nordrhein-Westfalen eröffnen werden. Damit beginnt in einer der größten Metropolregionen der Welt und im bevölkerungsreichsten Bundesland in Deutschland die saubere Mobilität mit Wasserstoff. Unsere Automobilpartner können von nun an Pilotkunden mit ihren BZ-Fahrzeuge ausrüsten.“ Bisher sind CEP-Fahrzeuge in Hamburg, Berlin, Hessen und Baden-Württemberg im Pilotbetrieb. Die Initiative geht davon aus, dass 2015 rund 5.000 Brennstoffzellenfahrzeuge in Deutschland zur Verfügung stehen werden. Auch Dr. Michael Baumann von EnergieAgentur.NRW war froh: „Wir freuen uns sehr, nun die erste öffentliche SAE-konforme Wasserstofftankstelle hier direkt bei uns vor der Tür zu haben.“ ||

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

WAS STECKT WIRKLICH IM WASSERSTOFF?

Probenentnahme an Wasserstofftankstellen

Abb. 1: Partikelsammelapparatur (unten) als H_2-Reinigungsmaschine

Dass Brennstoffzellen hochreinen Wasserstoff benötigen, ist weitestgehend bekannt. Weniger bekannt ist, dass partikuläre Verunreinigungen im H_2-Gas nicht nur den Brennstoffzellen-Stack schädigen, sondern auch während der Betankung zu erheblichen Problemen führen können. So wie Kohlenmonoxid als Gift für die Katalysatoren von Brennstoffzellen wirkt, können Partikel im Gasstrom die Tankarmaturen beschädigen. Durch die hohen Strömungsgeschwindigkeiten von mehreren hundert Metern pro Sekunde wirken selbst kleinste Teilchen wie ein Sandstrahl, so dass beispielsweise O-Ringe in Ventilen oder Druckreglern Schaden nehmen können.

Bisher hieß es stets, Wasserstoff sei sauber – sowohl als chemisches Gas als auch bei der Oxidation, sei es im Verbrennungsmotor oder in der Brennstoffzelle. Neue Untersuchungen haben aber ergeben, dass selbst hochreiner Wasserstoff nicht immer so sauber ist wie gedacht. Eigentlich ist in den relevanten Normen, die die Qualität des Wasserstoffs spezifizieren (SAE TIR J2719 und ISO TS 14677-2), eine Konzentration von einem Milligramm Feststoffe pro Kilogramm Wasserstoff und eine maximale Korngröße von < 10 µm gefordert. Bis jetzt sind allerdings auf dem Markt noch keine Filtersysteme für Wasserstoff erhältlich, die diese Werte auch bei 700 bar zuverlässig garantieren können. So sind nach Auskunft von Dr. David Wenger, Geschäftsführer der Wenger Engineering GmbH, insbesondere die vielfach eingesetzten Sintermetallfilter dafür bekannt, bei hohen Differenzdrücken selbst Partikel abzusondern, die dann mit dem Gasstrom mitgerissen werden.

Deswegen haben die Wenger Engineering GmbH, die Hydac Accessories GmbH sowie Daimler und Linde die so genannte Partikelsammelapparatur PSA-H70 entwickelt, um die Menge der während einer Betankung abgegebenen Partikel messen und beurteilen zu können. Gemeinsam konstruierten sie eine Probenentnahmeapparatur (s. Abb. 1, unten), die auf die Zapfpistole (oben) aufgesteckt wird und die Partikel während des Betankungsvorgangs herausfiltern kann. Die PSA H70 besteht aus zwei Hochdruckflanschen, zwischen die eine Filterplatte geklemmt wird. Die Filterfeinheit beträgt 0,2 µm, so dass auch feinste Partikel zurückgehalten werden. Die Filterscheibe ist so dimensioniert, dass sie unter Standardmikroskopen betrachtet werden kann, um die Art der Partikel zu analysieren (s. Abb. 2).

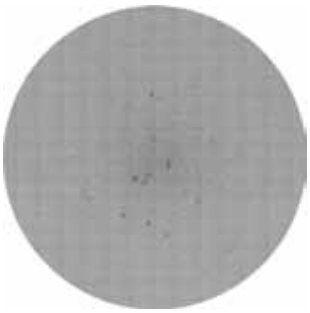


Abb. 2: Betrachtung der Filterscheibe [Quellen: Wenger]

Die Partikelsammelapparatur kann direkt dort eingesetzt werden, wo die Betankung erfolgt, um somit aussagekräftige Ergebnisse aus der Praxis erlangen zu können. David Wenger erklärte gegenüber HZwei: „Der Test mit der PSA H70 ist einfach. Auf der einen Seite wird die Betankungskupplung aufgesteckt. Auf der anderen Seite hat die PSA-H70 einen Hochdruckschlauch mit einer eigenen Befüllkupplung, die an ein Fahrzeug oder ein transportables Tanksystem angeschlossen wird. Dann wird die Betankung regulär durchgeführt. Je nach Anforderung an die Qualität der Auswertung kann die PSA-H70 entweder vor Ort demontiert werden oder zu Hydac geschickt werden, wo sie unter Reinraumbedingungen zerlegt, analysiert und für den nächsten Einsatz gereinigt wird.“ Als zusätzliche Sicherheitsvorkehrungen sind ein Rückschlagventil sowie eine Entlüftungsfunktion installiert. Nach dem vergleichsweise einfachen Anschluss an die Wasserstofftankstelle erfolgt zudem zunächst ein Prüfstoß mit rund 800 bar, um eine Leckage ausschließen zu können. ||

Thema: Elektromobilität | **Interviewpartner:** Andreas Opfermann, Markus Sieverding & Frank Schnitzeler

WASSERSTOFF IST REIF

Interviews mit Vertretern von Air Liquide, Air Products & Linde

Die Gasehersteller nehmen eine zentrale Rolle beim Aufbau einer deutschlandweiten Wasserstoffinfrastruktur ein. Gemeinsam mit den Automobilbauern und einigen Mineralölfirmen sind sie in politischen Allianzen wie der Clean Energy Partnership (CEP) oder der H2-Mobility vertreten und nehmen damit maßgeblich Einfluss auf den Werdegang der Wasserstoffbranche. In der Bundesrepublik konnte die Linde AG bisher weitestgehend unangefochten die Marschrichtung vorgeben, doch nun drängen zunehmend auch internationale Mitbewerber auf den deutschen Markt. Die HZwei sprach darüber mit den Verantwortlichen der drei großen Gaseunternehmen Air Liquide, Air Products und Linde.

Dr. Andreas Opfermann, Leiter Clean Energy & Innovationsmanagement bei der Linde AG [Foto: Linde]

HZwei: Sehr geehrter Herr Dr. Opfermann, Linde ist Marktführer in Deutschland im Bereich der H_2-Betankung. Ihr Unternehmen transportiert gasförmigen und auch flüssigen Wasserstoff seit über 100 Jahren quer durch die Republik. Im Juni 2012 gab es eine Initiative, die Infrastruktur weiter zu verbessern (s. HZwei Juli-Heft). Bitte erläutern Sie kurz noch mal mit Ihren Worten, worum es dabei geht.

Opfermann: Eines vorweg: Als Vorreiter in Sachen Wasserstofftechnologie setzen wir uns nicht erst seit diesem Sommer für den Aufbau einer Tankstelleninfrastruktur ein. In enger Kooperation mit Daimler haben wir bereits im vergangenen Jahr vereinbart, in den kommenden drei Jahren gemeinsam 20 neue Wasserstofftankstellen in Deutschland zu errichten. Damit wollen wir die Versorgung der wachsenden Anzahl von Brennstoffzellenfahrzeugen mit ausschließlich regenerativ erzeugtem Wasserstoff sicherstellen. Wir freuen uns, dass das Bundesverkehrsministerium nun den Aufbau einer flächendeckenden Wasserstoffinfrastruktur auf eine noch breitere Basis stellt und so aus den 20 Tankstellen 50 werden. Damit kann Deutschland auf einem besonders zukunftsträchtigen Feld der Mobilität eine weltweite Führungsrolle übernehmen.

HZwei: Was plant Ihr Unternehmen in den nächsten Monaten für konkrete Maßnahmen?

Opfermann: Konkret werden wir mit unseren Partnern aus der Politik sowie der Mineralöl-, Energie- und Automobilindustrie die geeigneten Standorte für die geplanten Wasserstofftankstellen aussuchen. Die Zielsetzung ist dabei klar: Die neuen Tankstationen sollen in den bestehenden Wasserstoffregionen Stuttgart, Berlin und Hamburg sowie entlang einer neuen durchgängigen Nord-Süd- und Ost-West-Verbindung entstehen. Wir wollen dazu verkehrstechnisch günstig gelegene, bestehende Tankstellenstandorte nutzen. Damit werden erstmals alle Orte in Deutschland mit einem Brennstoffzellenfahrzeug erreichbar sein. Noch in diesem Jahr werden wir mit der Errichtung der ersten H_2-Tankstellen beginnen.

HZwei: Das hört sich zunächst ganz gut an, aber sowohl die CEP als auch die H2-Mobility, in denen Sie vertreten sind, waren ursprünglich von mehr Tankstellen in 2015 ausgegangen. Warum sind wir heute noch nicht weiter?

Opfermann: Ich bin mir gar nicht sicher, ob es da mal eine andere Erwartungshaltung gab. Man muss berücksichtigen, dass der Aufbau einer Infrastruktur für einen neuen Treibstoff viel Arbeit erfordert – und daher auch seine Zeit braucht. Mit den bis 2015 geplanten 50 Wasserstofftankstellen werden wir in der Lage sein, die dann erwarteten rund 5.000 Brennstoffzellenfahrzeuge in Deutschland bedarfsgerecht zu versorgen. Wenn die Zahl der H_2-/Brennstoffzellenfahrzeuge wie erwartet weiter steigen wird, wird auch die Wasserstoffinfrastruktur zügig weiter ausgebaut werden. Schritt für Schritt wird so eine flächendeckende H_2-Infrastruktur in Deutschland und darüber hinaus geschaffen. Kein Partner kann diese Herausforderung alleine bewältigen. Deshalb ist das koordinierte und gemeinsame Vorgehen der Industrie und der öffentlichen Hand im Rahmen der CEP und der H2-Mobility-Initiative auch so wichtig.

HZwei: Mitunter wird unterstellt, Industriegasehersteller würden am Verkauf von hochreinem Wasserstoff für Medizintechnik so gut verdienen, dass sie kein Interesse am Aufbau einer H_2-Infrastruktur hätten. Was entgegnen Sie solchen Kritikern, die den Konzernen vorwerfen, sie würden eher bremsen als pushen?

Opfermann: Dabei kann es sich nur um ein Missverständnis handeln. Abgesehen von der Verwendung als Kalibriergas für Analysegeräte sind mir keine nennenswerten Anwendungen bekannt, bei denen Wasserstoff – in welcher Reinheit auch immer – in der Medizintechnik eingesetzt wird. Signifikante Mengen des Gases werden heute in der Mineralölindustrie zur Entschwefelung fossiler Kraftstoffe sowie in der Lebensmittelindustrie zur Fetthärtung genutzt – um zwei Beispiele zu nennen. Dass die Industriegaseanbieter an der Entwicklung einer H_2-Infrastruktur kein Interesse hätten oder den Prozess sogar bremsen würden, ist Unsinn. Im Gegenteil: Linde ist seit über 20 Jahren in einem Netzwerk mit Partnern aus der Mineralöl- und Automobilindustrie verbunden, um diese neue Mobilitätsform zur Marktreife zu führen. Heute können wir zum ersten Mal sagen, sowohl die Wasserstoffautos wie auch die Wasserstoffbetankungstechnologie sind reif für die kommerzielle Einführung.

HZwei: Ist es denn bereits gelungen, den Preis für H_2-Tankstellen zu reduzieren? Vor einigen Jahren wurde der noch mit rund 1,5 Mio. Euro beziffert, das ist ja viel Geld. Wo liegt der Preis heute?

Opfermann: Wir haben die Kosten für eine H_2-Tankstelle in den letzten Jahren bereits deutlich gesenkt. Erst wenn sich eine breite H_2-Infrastruktur ab 2015 etabliert, werden

die Skalierungseffekte spürbar – bei den Herstellkosten der Wasserstoffautos wie auch bei den Wasserstofftankstellen. Das Ziel ist ganz klar, Wasserstofftankstellen für weniger als eine Million Euro zu bauen. In Summe sind die Investitionen in eine Wasserstoffinfrastruktur absolut überschaubar: Für den Aufbau einer europaweiten Infrastruktur von H_2-Tankstellen sind bis 2020 Investitionen in Höhe von rund drei Milliarden Euro notwendig. Dies ist ein Ergebnis der bislang umfangreichsten europäischen Studie zu den Zukunftschancen verschiedener Antriebskonzepte im Individualverkehr, die im Herbst 2010 in Brüssel vorgestellt wurde. Zum Vergleich: Für den Ausbau des europäischen Stromnetzes veranschlagt die EU eine Summe von rund 200 Milliarden Euro.

HZwei: Jahrelang hatte Linde in Deutschland fasst ein Monopol auf H_2-Technik. Jetzt drängen inzwischen verstärkt Mitbewerber auf den hiesigen Markt. Müssen Sie um Ihre Vormachtstellung bangen?

Opfermann: Das sehen wir gelassen. Zu einem echten Markt gehört ein echter Wettbewerb. Im Gegenteil, ich wäre beunruhigt, wenn Linde als einziges Unternehmen hier aktiv wäre. Wir glauben, dass Linde als weltweit größter Hersteller von Wasserstoffanlagen und führender Ausrüster von Wasserstofftankstellen eine hervorragende Ausgangsposition in diesem Bereich hat. Wir verfügen über die gesamte Technologiepalette, die für eine funktionierende Wasserstoffwertschöpfungskette benötigt wird – von der Erzeugung über die Verflüssigung und Speicherung bis zur Betankung. Mit dieser langjährigen Expertise werden wir auch in Zukunft die Weiterentwicklung dieser zukunftsträchtigen Technologie maßgeblich vorantreiben.

HZwei: Wie ist denn Ihrer Ansicht nach der deutsche Markt für Wasserstoff und Wasserstofftechnik aufgeteilt? Kann man sagen, der eine konzentriert sich auf die Gaserzeugung, der andere mehr auf die Speicherung und der Dritte eher auf die Betankungstechnik?

Opfermann: Da kann ich nur für uns sprechen: Wir decken schon heute alle Bereiche der H_2-Wertschöpfungskette ab und werden an dieser Strategie auch zukünftig festhalten. Linde bietet umfassende Kompetenz aus einer Hand.

AIR LIQUIDE STARTET IN DÜSSELDORF

Markus Sieverding, Vorsitzender der Geschäftsführung der Air Liquide Deutschland GmbH [Foto: Air Liquide]

HZwei: Sehr geehrter Herr Sieverding, Air Liquide ist als französisches Unternehmen weltweit in rund 80 Ländern aktiv – auch in Sachen Wasserstoff. Wo tut sich aus Ihrer Sicht des Marktführers momentan am meisten in diesem Bereich?

Sieverding: Die Endlichkeit fossiler Rohstoffe, Klimaveränderung, Luftverschmutzung – das sind weltweit bekannte Themen, die Alternativen auch in punkto Mobilität nötig machen. Im Hinblick auf die Entwicklung neuer Technologien in Sachen Wasserstoffmobilität ist Deutschland zurzeit zweifellos führend. Und auch Air Liquide ist hier besonders aktiv: So werden wir allein in Deutschland in diesem Jahr drei Tankstellen in Betrieb nehmen, und zwar in Düsseldorf, Karlsruhe und Frankfurt. Wir sehen aber auch in anderen europäischen Ländern, in denen wir präsent sind, zunehmende Aktivitäten – so beispielsweise in Spanien, Norwegen, Großbritannien, Frankreich und der Schweiz. Und wenn wir den geografischen Bogen noch etwas weiter spannen, so sind hier zweifellos auch Japan, USA und Kanada zu nennen.

HZwei: Seit Mai 2011 ist Air Liquide Mitglied der CEP, und nun sind Sie ebenfalls bei der Infrastrukturinitiative der Bundesregierung mit dabei, in deren Rahmen Sie Anfang September eine erste H_2-Tankstelle in Düsseldorf eingeweiht haben (s. S. 32). Wollen Sie jetzt den deutschen Wasserstoffmarkt für sich erschließen?

Sieverding: Wir sind integraler Bestandteil der H_2-Aktivitäten auf dem deutschen Markt, Mitglied der CEP und der H2-Mobility. Dies hat zweierlei Gründe: Zum Ersten die mehr als 40-jährige Erfahrung unseres Unternehmens in der gesamten Wasserstoffenergiekette – sprich Produktion, Distribution, Hochdruckspeicherung, Brennstoffzellen und seit jüngster Zeit eben auch Wasserstofftankstellen, von denen Air Liquide im übrigen weltweit schon mehr als 50 realisiert hat. Zum Zweiten sind wir uns der gesellschaftspolitischen Verantwortung bewusst, als Treiber für die Marktdurchdringung mit Wasserstoff weltweit und natürlich auch in Deutschland einen Beitrag zur emissionsarmen Mobilität von morgen zu leisten. Deshalb beteiligen wir uns frühzeitig am Aufbau einer entsprechenden Infrastruktur, auch wenn hier derzeit die Frage der Wirtschaftlichkeit noch nicht abschließend beantwortet wird. Dies ist natürlich langfristig betrachtet zwingend erforderlich, und zwar aus heutiger Sicht betrachtet im Zusammenspiel aller Marktpartner. Das heißt: Fahrzeuge zu attraktiven Preisen plus eine entsprechende Infrastruktur. Grundsätzlich liegt es in der Verantwortung der großen Marktteilnehmer, wenn sie von ihrer Technologie überzeugt sind, auch entsprechende Aufgaben zu übernehmen und eine wettbewerbsfähige Alternative zu fossilen Energieträgern zu bieten.

HZwei: Wie ist denn Ihrer Ansicht nach der deutsche Markt für Wasserstoff und Wasserstofftechnik aufgeteilt?

Sieverding: Es gibt mittlerweile viele Player auf diesem Markt, die ganz unterschiedliche Themen besetzen: Speicherung, Produktion, Transport, die Langlebigkeit und Leistung von Brennstoffzellen und vieles mehr. Derzeit besonders im Fokus steht aus meiner Sicht die Nutzung von Wasserstoff als Speicher für nicht benötigte Elektrizität. Zudem bieten sich mit der wachsenden Nutzung regenerativer Energien wie beispielsweise der Windkraft beste Möglichkeiten, Wasserstoff verstärkt hieraus zu gewinnen. Als weltweit agierendes Unternehmen entwickeln wir sichere und innovative Lösungen in diesen sehr unterschiedlichen Segmenten.

HZwei: Was planen Sie noch für Maßnahmen in Deutschland?

Sieverding: Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und einige Industrieunternehmen haben erst vor kurzem in einer gemeinsamen Absichtserklärung den Ausbau des Wasserstofftankstellennetzes in Deutschland beschlossen. Diese Absichtserklärung haben wir mit unterzeichnet und hierin zugesagt, zehn weitere

Tankstellen in Deutschland zu errichten. Dazu kommen noch einmal zehn in Frankreich und Großbritannien. Schauen wir auf Deutschland: Unser Schwerpunkt liegt hier in Nordrhein-Westfalen, wo wir voraussichtlich drei weitere Projekte in den NRW-Ballungsräumen realisieren werden. Hier sind wir zu Hause, betreiben eine 240 Kilometer lange Wasserstoffpipeline, an die wir übrigens in jedem Fall eine Tankstelle anschließen werden, und das größte europäische Abfüllwerk für Wasserstoff in Marl. Je zwei weitere Tankstellen werden wir voraussichtlich in Hessen, Sachsen und Süddeutschland, eine in Niedersachsen bis 2015 errichten.

HZwei: Warum ist die neue Station in der nordrhein-westfälischen Landeshauptstand so wichtig für Sie?

Sieverding: Unsere Strategie zur weiteren Entwicklung im Segment „Wasserstoffenergie" stützt sich konzernweit auf Innovation und die Erschließung neuer Märkte. Mit der ersten öffentlichen Wasserstofftankstelle für Pkw in Nordrhein-Westfalen geben wir als Technologieführer die Initialzündung zum weiteren Ausbau des Netzes im Rahmen der CEP in diesem bevölkerungsreichsten Bundesland. Darauf sind wir durchaus stolz.

AIR PRODUCTS LEGT NACH

Frank Schnitzeler, Business Development Manager Hydrogen Energy Systems bei Air Products [Foto: Air Products]

HZwei: Sehr geehrter Herr Schnitzeler, Air Products ist ein US-amerikanisches Unternehmen und weltweit in rund 40 Ländern aktiv. Sie haben bereits 150 Wasserstofftankstellen in 19 Ländern installiert. Wo tut sich aus Ihrer Sicht momentan am meisten im H_2-Sektor?

Schnitzeler: Der Bedarf an nachhaltigen Energielösungen wächst, und damit auch der Markt für Wasserstoff als alternativem Energieträger. So errichtet Air Products aktuell in Tees Valley, Großbritannien, eine Energy-from-Waste-Großanlage, in der über ein Müllvergaseverfahren erneuerbarer Strom aus Synthesegas erzeugt wird. In Fountain Valley, Kalifornien, hat Air Products eine KWK-Anlage realisiert, in der aus Klärgas neben Strom und Wärme auch erneuerbarer Wasserstoff erzeugt wird. Dieser wird für die Wasserstoffmobilität im Großraum Los Angeles eingesetzt, nach wie vor einer der Marktentwicklungsschwerpunkte für Wasserstoffmobilität neben Deutschland, Japan, Korea und Großbritannien. Darüber hinaus freut Air Products sich über seine führende Marktposition als Anbieter von Betankungslösungen für Gabelstapler, ein derzeit überwiegend in USA ständig wachsender Markt für wasserstoffbasierte Mobilität. Dieser Markt trägt wesentlich zu den über 370.000 sicheren Betankungen bei, die derzeit mit unseren Anlagen jährlich durchgeführt werden.

HZwei: Air Products war bisher in Deutschland weder in der CEP noch in der H_2-Mobility vertreten. Bei dem 50-H_2-Stationen-Projekt der Bundesregierung mischen Sie jetzt aber auf einmal mit. Bei der neuen H_2-Tankstelle in Hamburg-Bramfeld lieferten Sie die Betankungstechnik (s. S. 30). Ist dies jetzt die Initialzündung, mit der Sie nun verstärkt auf den deutschen Markt drängen wollen?

Schnitzeler: Das ist nicht ganz richtig, Air Products hat einen wesentlichen Beitrag als Mitglied von H2-Mobility geleistet. Unser Engagement hängt jedoch nicht zwangsläufig an der Mitgliedschaft in solchen Initiativen. Deutschland ist und bleibt ein wichtiger Markt für die Wasserstoffaktivitäten von Air Products. Wann immer sich passende Möglichkeiten bieten, die unserer globalen Strategie als integrierter Industriegasehersteller und Technologielieferant entsprechen, werden wir diese nutzen. Unser Ziel ist es, unsere Marktpositionen in Schlüsselmärkten wie Deutschland, Kalifornien und Großbritannien zu stärken.

HZwei: Wie ist denn Ihrer Meinung nach bisher der deutsche Markt für Wasserstoff und Wasserstofftechnik aufgeteilt?

Schnitzeler: Wir befinden uns ja – was den Aufbau einer Infrastruktur angeht – noch in einem Anfangsstadium. Naturgemäß sind regionale Anbieter vor Ort stärker aufgestellt. Wir sind mit unserer langjährigen und weltweiten Expertise ein Anbieter von hochmodernen und hochsicheren Lösungen für Wasserstoff. Entsprechend werden wir uns weiterhin mit unserer Technologie positionieren.

HZwei: Warum haben Sie sich bisher mit Ihrem Engagement hierzulande so zurückgehalten?

Schnitzeler: Ich würde diesbezüglich nicht von Zurückhaltung sprechen. Wir haben mittlerweile drei öffentlich zugängliche Tankstellen gebaut, hinzu kommen weitere Tankstellen bei Kunden für die Eigennutzung wie zum Beispiel für die U-Boote der deutschen Bundesmarine. Wenn man bedenkt, dass es bis vor kurzem lediglich 15 öffentlich zugängliche Wasserstofftankstellen in Deutschland gab, ist unser Engagement nicht zu unterschätzen. Als globales Unternehmen macht es mehr Sinn, unser weltweites Engagement zu betrachten. 150 Tankstellen weltweit zeugen von einem starken Engagement für Wasserstoffmobilität.

HZwei: Was planen Sie denn für konkrete Maßnahmen in der Bundesrepublik?

Schnitzeler: Sofern Projekte in unsere Strategie passen, werden wir uns auch zukünftig weiter in Deutschland engagieren. Dabei bauen wir auf unser globales Technologieportfolio im Bereich Wasserstoff als Energieträger, zum Beispiel wenn es um die Optimierung und Bereitstellung der für die Infrastruktur erforderlichen Wasserstoffbetankungstechnologie geht.

HZwei: Was ist das Besondere an der neuen Hamburger Tankstelle?

Schnitzeler: Die Tankstelle in Hamburg leistet einen Beitrag zum Ausbau des bundesweiten Tankstellennetzes und erlaubt eine einfache, modulare Erweiterung der Kapazität gemäß der Nachfrage. Die Tankstelle wird von Air Products mit Wasserstoff versorgt, der als industrielles Nebenprodukt in der Nähe von Hamburg entsteht. Ein Versorgungskonzept, das für die Tankstellen im Hamburger Raum eine kostengünstige Alternative darstellt. Weiterhin setzt Air Products mit dieser Tankstelle sein patentiertes Betankungsverfahren in Deutschland ein, das die sichere und rasche Befüllung der Brennstoffzellen-Pkw nach dem von den Automobilherstellern vorgegebenen SAE-TIR-J2601-A70-Protokoll ermöglicht. ||

www.bmwgroup.jobs

ALLE REDEN VON DER ZUKUNFT. SIE ENTWICKELN SIE MIT.

WERDEN AUCH SIE TEIL DES ERFOLGS. KARRIERE BEI DER BMW GROUP.

Die Zukunft des Automobilbaus beginnt im Team der BMW Group. Hier entstehen die Technologien, die unseren Ruf als Innovationstreiber begründen. Nachhaltigkeit, Effizienz, Sicherheit, Umweltverträglichkeit und Fahrspaßmaximierung sind die Themen, die wir vom Konzept in die Entwicklung und von dort auf die Straße bringen. Der Schlüssel dazu sind Spezialisten wie Sie, die große Freiräume nutzen, um den Rahmen des bislang Möglichen zu sprengen. Nutzen Sie exzellente Entwicklungschancen im Engineering-Team der BMW Group und gestalten Sie mit uns die Zukunft des Automobilbaus im Bereich Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie als:

– **Betriebsingenieur/-in für Antriebsprüfstände Brennstoffzelle**
(Ref.: 69640)
– **Entwicklungsingenieur/-in Gesamtfahrzeugakustik Brennstoffzellenfahrzeuge**
(Ref.: 69676)
– **Kosteningenieur/-in Funktionsmaterialien Brennstoffzelle und Batterie**
(Ref.: 69752)
– **Spezialist/-in Produktionsanalyse für Brennstoffzellen**
(Ref.: 70110)

Sie suchen eine spannende Herausforderung? Dann verstärken Sie unser Team in München, Berlin oder einem anderen Standort. Wir freuen uns auf Sie. Detaillierte Informationen und die Möglichkeit zur Online-Bewerbung finden Sie auf **www.bmwgroup.jobs**.

Sie suchen den Austausch, Tipps zur Bewerbung und alles rund um das Thema Karriere? Dann besuchen Sie uns auf **facebook.com/bmwkarriere**.

BMW GROUP
Recruiting

Rolls-Royce
Motor Cars Limited

Thema: Elektromobilität | **Autor:** Boris Jermer

EINSPEISEVERGÜTUNG FÜR WASSERSTOFFBUSSE

Neues Konzept zur Markteinführung sauberer Antriebstechniken

Quelle: Air Liquide

Im Bereich des öffentlichen Personennahverkehrs herrscht derzeit eine große Unsicherheit, wo denn die technologische Entwicklung hingehen wird. Bisher konnten die Verkehrsunternehmen stets verhältnismäßig bequem auf die erprobte und günstige Dieseltechnologie zugreifen. Trotz der Verschärfung der Euro-Normen konnten sie bedenkenlos Busse „von der Stange" kaufen. In den letzten Jahren hat sich diese Situation jedoch drastisch verändert: Politik und Bürger fordern jetzt sauberere und leisere Fahrzeuge, aber die Verkehrsunternehmen bekommen dafür von den Busherstellern nur wenige passende Angebote. Wenn also die Markteinführung von Null-Emissions-Technologie im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) wirklich eine Chance bekommen soll, dann sind neue (Förder-) Instrumente gefragt.

Derzeit gibt es lediglich einige halbherzig modifizierte Dieselhybridbusse, die nicht nur Kosten und Komplexität steigern, sondern oft auch den Dieselverbrauch, sowie vereinzelte Wasserstoffbus-Prototypen, die allerdings ebenfalls unter einigen Kinderkrankheiten leiden. Daneben betreten seit einiger Zeit fernöstliche Batteriehersteller die Bühne und proklamieren reine Batterielösungen für Busse. Doch bislang konnte noch keine dieser neuen Technologien wirklich beweisen, dass sie die bessere Alternative zum „guten alten Dieselbus" sein kann. Und solange der Dieselpreis auf heutigem Niveau verharrt, wird jede der neuen Alternativen auch mittelfristig deutlich teurer sein als die konventionelle Technologie.

Um nun neue Technologien zu fördern, gibt es vereinfacht gesprochen zwei Wege: Entweder man macht die vorhandene Technologie so teuer und unattraktiv, dass sie nicht mehr gekauft wird (z.B. durch Pönalen), oder die neue Technologie wird so weit gefördert, dass die Nutzer sie kaufen können. Beide Wege haben ihre Vor- und Nachteile, wobei erkennbar sein dürfte, dass der zweite Weg zu weniger Widerständen und Verwerfungen führt, da kein direkter Zwang zur Adaption der neuen Technologie besteht.

KEIN ANREIZ FÜR NULL-EMISSIONS-TECHNIK Bislang fahren in Deutschland nur etwa zehn Wasserstoffbusse im Linienverkehr. Wenn man die in der Praxis verfügbaren Modelle für den ÖPNV ansieht (genau ein einziges von VanHool) und auf die damit verbundenen Kosten guckt (fünf- bis achtmal teurer als ein konventioneller Bus), dann muss man sich die Frage stellen, ob die Hersteller von Bussen an den Durchbruch der Null-Emissions-Technologie glauben. Im Schnitt ist heute nur etwa einer von fünf potentiellen Herstellern von Stadtbussen bereit, sich ernsthaft mit alternativen Konzepten zu beschäftigen. Das ist aus der Innenperspektive der Firmen auch nicht weiter verwunderlich, denn es war noch immer einfacher und günstiger, die bereits fertig entwickelte Technologie so lange weiterzuverkaufen, bis externe Zwänge ein Umdenken erforderlich machen. Hier gilt es, mit dem neuen Konzept ein verlässliches und klares Signal in Richtung Markt und Herstellerindustrie zu setzen.

Derzeit ist keine konkrete Entwicklung absehbar, die zu einer Markteinführung führen würde. Das Nachfolgeprogramm des aktuellen Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) muss deswegen konkrete Markteinführungsinstrumente enthalten, um eine Diffusion der Technologie zu ermöglichen. Über das EEG und KWK und auch die damit verbundenen Belastungen kann heftig gestritten werden, eins jedoch steht fest: Als Technologie-Einführungsinstrumente funktionieren sie hervorragend, denn der Anteil von Wind-, Wasser- und Sonnenenergie sowie Geothermie an der Stromerzeugung in Deutschland sollte bis 2010 auf mindestens 12,5 % steigen (und bis 2020 auf 20 %). Bereits 2007 wurde ein Anteil von 14 % erreicht, und auch das 2020-Ziel ist schon heute in greifbarer Nähe.

Betreiber von Stadtbussen sind bis auf wenige Ausnahmen nicht wirklich klassische First-Mover in Bezug auf neue Technologien. Oft herrscht das Motto vor: „Lass die anderen mal probieren und sich die Finger verbrennen, wir warten, bis die Technologie reif ist." Wenn alle Verkehrsunternehmen warten, bis ein anderer „Dummer" die Technologie erprobt, dann entsteht – wie heute – eine Patt-Situation, in der sich wenig bewegt. Auch hier soll durch ein neues Konzept ein Stimulus gesetzt werden.

LANGWIERIGES ANTRAGSVERFAHREN Bislang verlaufen Förderprojekte üblicherweise so: Ein Verkehrsunternehmen möchte einige wenige (im Regelfall ein bis zwei) neue Fahrzeuge eines bestimmten Typs einsetzen oder bekommt sie durch politische Entscheidungsträger „ans Herz gelegt". Anschließend werden die um Faktoren höheren Kosten im Vergleich zum Standardfahrzeug an das Verkehrsunternehmen weitergeleitet. Alle Verkehrsunternehmen, die ohnehin ja subventioniert arbeiten, benötigen daraufhin eine zusätzliche Förderung von der Kommune, vom Land oder vom Bund und erhalten dann – nach positiv befundenem Förderantrag – eine Kostenerstattung für den Erwerb beziehungsweise den Betrieb der Fahrzeuge für einen Nutzungszeitraum von im Regelfall fünf Jahren. Dieses Verfahren ist sehr langwierig, ist für

alle Beteiligten unangenehm und hat in den letzten 20 Jahren zumindest der Null-Emissions-Technologie nicht zum Durchbruch verholfen.

NEUES KONZEPT ZUR MARKTEINFÜHRUNG Ein neuer Ansatz wendet sich von dem auf Einzelfällen und Einzelförderungen basierenden Prinzip ab und skizziert ein Einführungsprogramm, das starke Parallelen zu dem – unter Markteinführungsgesichtspunkten – sehr effizienten EEG aufweist. Das Grundprinzip lautet, dass nicht mehr Prototypen einzeln gefördert werden, sondern das Ergebnis wird belohnt: die gefahrenen Null-Emissions-Kilometer im Nahverkehr. Dies kann wie folgt funktionieren:

Wie heute auch bei den konventionellen Bussen und Stadtbahnen üblich, kauft sich ein Betreiber einige Null-Emissions-Fahrzeuge bei einem Hersteller seiner Wahl (bzw. nach erfolgter Ausschreibung), beschafft sich einen Kredit bei der Hausbank, zahlt den Hersteller direkt und tilgt dann über die vereinbarte Laufzeit den Kredit (üblicherweise über zehn Jahre Nutzugsdauer). Da aber die Kosten pro gefahrenen Kilometer deutlich über denen eines Dieselfahrzeuges liegen, sollte es eine Art „Einspeisevergütung" für die erbrachten Fahrleistungen geben. Diese pauschale und jährlich anpassbare Vergütung pro Kilometer ermöglicht es dann dem Betreiber, einen Großteil oder die gesamten zusätzlichen Kosten zu kompensieren und die Ausgaben für den Einsatz der neuen Technologie in Grenzen zu halten.

Als Größenordnung für die notwendige Förderung kann bei aktuell durchgerechneten Modellen eine Vergütung von etwa 5 Euro pro Kilometer für eine Förderdauer von zehn Jahren angenommen werden. Am Ende der Laufzeit sind die indirekten Aufwendungen, die mit dem Einsatz neuer Technologien durch Personalschulung, Werkstattumrüstung, Fahrplananpassung usw. entstehen, immer deutlich oberhalb dessen, was mit einer solchen Förderung „eingefahren" werden kann.

Die Abrechnung ist denkbar einfach: Der Betreiber der neuen Null-Emissions-Fahrzeuge nennt dem Fördergeber beispielweise am Quartals- oder Jahresende, mit welchem Fahrzeug er wie viele Kilometer mit Null-Emissions-Mobilität in das „Verkehrsnetz eingespeist" hat. Zurzeit liegen die durchschnittlich gefahrenen Jahreskilometer im ÖPNV bei 50.000 bis 60.000 km, womit sich sehr einfach Überprüfungen der eingereichten Kilometerstände vornehmen lassen. Der Betreiber erhält nach der Prüfung die Vergütung auf seinem Bankkonto gutgeschrieben.

Doch was passiert, wenn die Technologie nicht funktioniert und die Fahrzeuge nicht fahren? Hier ist die Industrie gefragt: Sie muss genauso wie die Politik mehr Verantwortung für ihre Technologie übernehmen und dafür geradestehen, wenn die Fahrzeuge ausfallen. Der Betreiber sichert sich durch eine Malus-Regelung so ab, dass er sein Geld im Falle von durch die Technologie verursachten Ausfällen vom Hersteller erhält. Dieses Risiko ist der Industrie zuzumuten und würde zwar zu einem kurzen Aufschrei führen, wäre aber nach dem Verhallen des Schreis ein klares Signal, dass es hier nicht mehr um zusammengebastelte Prototypen geht, sondern um ein ernst zu nehmendes Geschäft und einen zukünftigen Markt. Gerade die Verkehrsunternehmen sind bislang immer am kurzen Hebel: Wenn die Technologie nicht funktioniert, ist das Verkehrsunternehmen dem guten Willen des Herstellers ausgeliefert, aber finanzielle Ansprüche für entgangene Leistungen (nicht gefahrene Kilometer) können nicht geltend gemacht werden. Mit der Malusregelung jedoch sind die Kosten für das Verkehrsunternehmen in jedem Fall gedeckt: Egal, ob das Fahrzeug läuft oder nicht, es kann seinen Kredit bei der Bank tilgen. Entweder der Hersteller zahlt für den Ausfall 5 Euro pro nicht gefahrenen Kilometer, oder der Fördergeber vergütet den gefahrenen Kilometer mit 5 Euro.

Das Instrument könnte erstens eine Obergrenze der zu fördernden Fahrzeuge (beispielsweise 500 Busse in einem Bundesland) enthalten und zweitens eine über die Jahre sich verringernde Förderung pro Kilometer, um die Hersteller zu motivieren, möglichst zeitnah zu liefern, und die Betreiber, zeitnah zu bestellen (Überwindung der aktuellen Patt-Situation). Ausschlaggebend für die Vergütung pro Kilometer ist das Jahr der Inbetriebnahme. Damit wäre zugleich ein variables Instrument in den Händen der Politik, um zu reagieren, wenn sich die Technologie deutlich vergünstigt oder aber andere technologische Innovationen auf dem Markt entstehen.

Neben der einfachen und nachvollziehbaren Abwicklung eines solchen Programms besteht der Charme dieses Konzepts vor allem in der drastischen Minimierung des Aufwandes für den Betrieb der neuen Technologie. Zudem können die personellen und finanziellen Kapazitäten bei allen Beteiligten nun sinnvoll in die Entwicklung und Durchführung von neuen Projekten gesteckt werden. Allein der Umstand, einen komplizierten Förderantrag schreiben zu müssen, hält bisher einen großen Teil der Betreiber davon ab, sich näher mit neuen Technologien zu beschäftigen. Diese Hürde könnte mit dem beschriebenen Ansatz deutlich niedriger werden.

NÄCHSTE SCHRITTE Sicherlich ist dieser Ansatz in der Praxis nicht ganz trivial, aber er ermöglicht eine völlig neue Perspektive und bietet eine große Chance, partnerschaftlich mit Industrie, Politik und den Nutzern einen Markt entstehen zu lassen, in dem es nicht um Einzelfertigungen oder Prototypen geht, sondern um Serienfertigung und damit um Vorteile für alle Beteiligten.

Im nächsten Schritt sollten zwei Dinge geprüft werden: Was ist eine sinnvolle Höhe der Vergütung, damit sowohl Betreiber als auch Hersteller einen Anreiz zur Teilnahme an einem solchen Programm haben? Auf welche gesetzlichen Rahmenbedingungen kann man ein solches Programm stellen? Ist das EEG beziehungsweise das KWK-Gesetz dafür eine gute Grundlage und könnte man das Programm analog dazu gestalten?

Um die ehrgeizigen Klimaziele der Bundesregierung und der EU zu erreichen, dafür drängt die Zeit. Wenn man bedenkt, dass die Umstellung auf eine emissionsfreie Technologie (egal ob Wasserstoff- oder reinen Batteriebus) mindestens zwei bis drei Jahre Vorlauf und Erprobungszeit bei den ÖPNV-Unternehmen bedeutet, dann werden vor 2015/16 keine größeren Beschaffungsaktionen in dem Bereich anstehen können. Man darf also gespannt sein, welche weiteren Förderinstrumente uns im Nachfolgeprogramm des NIP ab 2016 erwarten. ||

Autor:

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

Thema: Elektromobilität | **Autoren:** Johann Schwenk, Cathleen Klötzing

ELEKTROMOBILITÄT VERBINDET

Schaufenster-Serie: Bayern-Sachsen

Abb. 1: Startschuss für das erste Schaufenster-Projekt: 25 Testfahrern wurde am 6. August 2012 der rein elektrisch angetriebene MINI E in München übergeben. [Foto: BMW AG, Alex Schelbert]

Im bayerisch-sächsischen Schaufenster *Elektromobilität verbindet* werden etwa 60 Projekte mit einem Gesamtvolumen von rund 145 Mio. Euro umgesetzt. Mit einem hohen Forschungs- und Entwicklungsanteil sollen technologische Fortschritte erreicht werden, um tragfähige Geschäftsmodelle zu entwickeln und einen funktionsfähigen Markt zu schaffen. Über 150 Unternehmen und öffentliche Institutionen aus Bayern und Sachsen engagieren sich gemeinsam für eine ganzheitliche und zukunftsfähige Mobilität. Darunter sind neben weltweit führenden Unternehmen wie Audi, E.ON, Porsche und Siemens auch viele klein- und mittelständische Unternehmen, Kommunen, regionale Energieversorger und Unternehmen aus dem Bereich ÖPNV vertreten. Koordiniert wird das Schaufenster gemeinsam von der Bayern Innovativ GmbH und der Sächsischen Energieagentur – SAENA GmbH.

Die Projekte im bayerisch-sächsischen Schaufenster Elektromobilität verbindet sind auf fünf Schwerpunktthemen fokussiert:

1. LANGSTRECKENMOBILITÄT AUF DER A9 Der Titel des Schaufensters *Elektromobilität verbindet* ist nicht nur Leitmotto, sondern wird konkret mit Projekten untermalt. Die Strecke entlang der Autobahn A9 zwischen München, Ingolstadt, Nürnberg, Hof und Leipzig wird das Thema Langstreckenmobilität beispielhaft umsetzen. Zentral beginnend am Olympiapark in München werden in einem maximalen Abstand von 90 km Schnellladestationen entlang der Autobahn bis nach Leipzig errichtet. Die Infrastruktur sowie das Engagement von Industrie, Kommunalbetrieben und Stadtverwaltung in den 400 km voneinander entfernten, boomenden Metropolregionen bieten ein ideales Umfeld, um die Eignung von Elektrofahrzeugen für die Langstrecke unter Beweis zu stellen. Zielgruppen sind sowohl Berufspendler, die nur einen Teil ihres Arbeitsweges auf der A9 fahren, als auch Geschäftsreisende und Touristen, die die komplette Entfernung zurücklegen. Besonderer Wert wird dabei auf die Entwicklung von Schnellladestationen mit einem standardisierten Stecker und die Etablierung von Geschäftsmodellen für den Betrieb von Schnellladestationen gelegt.

2. URBANE MOBILITÄT Verkehr ohne Lärm und Luftschadstoffe – das ist wohl der Traum eines jeden Stadtbewohners. Elektrofahrzeuge können einen erheblichen Anteil zur Schadstoff- und Lärmreduktion in Städten beitragen. Eines der übergeordneten Ziele des Schaufensters ist es, mithilfe der eingereichten Projekte den Einsatz von Elektrofahrzeugen für Nutzer aus Innenstadtgebieten attraktiv zu gestalten. In diesem Zusammenhang sind vor allem die Stadt- und Verkehrsplaner einbezogen, um für unterschiedliche Nutzergruppen Konzepte und Lösungen zu generieren. So wird die Optimierung bestehender Ladetechnologien und deren Netzintegration durch die Entwicklung neuer Konzepte für Ladeinfrastrukturlösungen (z. B. Laternenparken) angestrebt. Im Stadtbereich spielt der ÖPNV eine tragende Rolle im Mobilitätssektor. Hier wird mit wissenschaftlichen Einrichtungen praxisnah an der Erhöhung der Energieeffizienz und an der Erschließung von Kraftstoffeinsparpotentialen beim Einsatz von Plug-In-Hybridbussen gearbeitet.

3. LÄNDLICHE MOBILITÄT Dieses Themengebiet untersucht die Mobilität in ländlichen Regionen und deren Anknüpfung an urbane Gebiete. Hierbei werden Mobilitätsbedürfnisse in dünn besiedelten Gebieten unter Berücksichtigung des demografischen Wandels und einer Reduzierung des ÖPNV-Angebotes in ländlichen Regionen betrachtet. Länd-

liche Mobilität ist durch unterschiedliche Besonderheiten gekennzeichnet. Aufgrund der Bevölkerungsdichte und Verkehrsanbindung weisen diese Regionen einen hohen Anteil an Individualverkehr auf. Die topografischen und klimatischen Bedingungen des Hochlands zum Beispiel stellen zusätzlich hohe Anforderungen an Elektrofahrzeuge und deren Komponenten wie Batterie und Antrieb. Themengebiete für das bayerisch-sächsische Schaufenster im Bereich ländliche Mobilität umfassen die Elektrifizierung des ÖPNV, Anbindung von E-Fahrzeugen an den öffentlichen Nahverkehr, beispielsweise durch eCarSharing, sowie technische und wirtschaftliche Aspekte rund um die Elektromobilität in ländlichen Gebieten. Die enge Einbindung von Tourismusregionen garantiert eine hohe Sichtbarkeit und Außenwirkung der verschiedenen Projekte im Schaufenster *Elektromobilität verbindet.*

4. INTERNATIONALE VERBINDUNGEN Dieser Komplex konzentriert sich auf die internationale Sichtbarkeit des Schaufensters sowie auf die enge Zusammenarbeit mit dem Nachbarland Österreich sowie der Provinz Québec in Kanada. Städte und Regionen mit besonderer touristischer Anziehungskraft, internationale Normen und Standards für Elektromobilität, die Langstreckenmobilität zwischen Bayern-Sachsen und Wien sowie der Erfahrungsaustausch werden Gegenstand der Schaufenster-Projekte sein. Die Flughäfen in Dresden, Leipzig/Halle, München und Nürnberg sind Knotenpunkte im Personenverkehr und tragen mit der öffentlichkeitswirksamen Darstellung sowie dem weiteren Ausbau der Elektrofahrzeugflotten zur Sichtbarkeit elektromobiler Lösungen bei. Auch die Verlängerung der mit Ladeinfrastruktur ausgestatteten Verkehrsachse von Leipzig über München bis nach Wien und in nord-östlicher Richtung nach Berlin ist Teil der Projektüberlegungen. Eine große Vision des Schaufensters Bayern-Sachsen ist es, erstmals zwei europäische Hauptstädte, Berlin und Wien, elektromobil zu verbinden. Die internationale Zusammenarbeit bezieht sich weiterhin auf einen engen grenzüberschreitenden Erfahrungsaustausch mit den Partnerregionen. Hier wird vor allem auf den Transfer von Erfahrungen und Erkenntnissen aus bereits realisierten sowie laufenden Projekten abgezielt. Dadurch sollen Netzwerke zwischen Zulieferern und Kooperationen zwischen Forschungseinrichtungen entstehen. Der gegenseitige Einblick in die relevanten Märkte und Trends schafft einen weiteren Zusatznutzen. Zum Auftakt der Zusammenarbeit sind Delegationsreisen nach Kanada sowie die Teilnahme an der EV 2012 VÉ Electric Vehicles Conference and Trade Show, die vom 23. bis 26. Oktober 2012 in Montreal stattfindet, geplant.

5. AUS- UND WEITERBILDUNG Die Aus- und Weiterbildung als fünfter Schwerpunkt im Schaufenster erfordert Konzepte, die weit über das Elektrofahrzeug hinausgehen. Von der Ladeinfrastruktur über die Energieversorgung bis hin zum Verkehrssystem gibt es ineinander verflochtene Bereiche. Im Schaufenster *Elektromobilität verbindet* werden die drei Säulen schulische, berufliche und akademische Bildung in allen Bereichen rund um die Elektromobilität berücksichtigt. Werkstattpersonal muss genauso im Umgang mit Starkstromkomponenten geschult werden, wie kommende Generationen von Schülern, Studenten und Wissenschaftlern ausgebildet werden müssen. Auf bereits etablierten akademischen Bildungsangeboten, wie dem deutschlandweit ersten Studiengang Elektromobilität an der TU Chemnitz oder dem berufsbegleitenden Masterstudiengang an der HAW Ingolstadt wird das bayerisch-sächsische Schaufenster aufbauen. Im Rahmen einer gemeinsamen Bildungsinitiative der Universitäten und Fachhochschulen sollen interdisziplinäre Lehrangebote für die akademische Aus- und Weiterbildung entwickelt sowie eine Sommeruniversität etabliert werden. In der beruflichen Aus- und Weiterbildung ist beispielsweise ein Vorhaben verschiedener Handwerkskammern, Industrie- und Handelskammern, Fahrzeuginnungen sowie Fach- und Landesverbände im Kfz-Bereich geplant. Dabei geht es um den Aufbau eines virtuell vernetzten Kompetenzzentrums für Elektromobilität. In dem Projekt werden innovative und strategische Aus-, Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen sowie Beratungen im Bereich Elektromobilität entwickelt und umgesetzt.

Die erste Etappe des offiziellen Kick-off des Schaufensters *Elektromobilität verbindet* findet auf der new mobility in Leipzig statt. Mit einem Fachkongress am 22. Oktober 2012 und eigenen Messeständen werden sich dort die Projektpartner und die Koordinatoren des bayerisch-sächsischen Schaufensters bis zum 24. Oktober präsentieren. Der offizielle bundesweite Kick-off aller vier Schaufenster findet am 23. Oktober auf der *eCarTec* vom 23. bis 25. Oktober 2012 in München statt, wo es einen Gemeinschaftsstand der Schaufenster Elektromobilität geben wird. Weiterhin werden sich alle vier Schaufenster am 23. Oktober auf dem eCarTec-Kongress in einer moderierten gemeinsamen Gesprächsrunde präsentieren. ||

→ www.elektromobilitaet-verbindet.de

Kontakt:
Gemeinsame Projektleitstelle
Bayern Innovativ, Dr. Johann Schwenk
Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH, Cathleen Klötzing

SACHSEN-ANHALT UND THÜRINGEN
Die gemeinsame Bewerbung der Bundesländer Sachsen-Anhalt und Thüringen als *Schaufenster Elektromobilität Mitteldeutschland* war zwar letztlich erfolglos („nur" Platz 5), soll aber trotzdem weitergeführt werden. Im Juni 2012 erklärten diese zusammen, sie würden den Aufbau eines gemeinsamen Elektromobilitätsnetzwerkes vorantreiben, um regionale Akteure auf diesem Gebiet effizient unterstützen zu können. (sg)

Thema: Elektromobilität | **Autoren:** Marcel Corneille, Timo Mittag

SICHERER UMGANG

Normen und Gesetze in der BZ-Technik

Die neue Norm für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge ist *nicht* verabschiedet worden. Bei der letzten Sitzung des zuständigen UN-Gremiums in Genf gab es bezüglich der Global Technical Regulation (GTR) keine Einigung. Was heißt das für die Zulassung von Brennstoffzellen? Welche Konsequenzen hat das für die Entwicklung von BZ-Anwendungen, wenn die GTR und ähnliche Normen und Gesetze nicht vorhanden oder noch nicht verabschiedet sind?

Die BZ-Technologie ist eine Querschnittstechnologie, die künftig überall dort zum Einsatz kommen kann, wo Strom benötigt wird. Das damit vordefinierte Einsatzgebiet ist groß: Es reicht von stationären über mobile bis hin zu portablen Anwendungen. Für all diese Einsatzgebiete gibt es vielerlei Vorgaben, die sich jedoch rein begrifflich voneinander unterscheiden: Normen, Gesetze, Verordnungen, Richtlinien. Was ist was?

Hier den Durchblick zu behalten ist schwierig aber wichtig.

Eine Norm ist ein (freiwilliger) Standard, der dem Zweck der Vereinheitlichung von materiellen oder auch nichtmateriellen Dingen dient. Eine Richtlinie hingegen ist eine Anweisung mit verbindlichem Charakter, sie ist aber kein Gesetz. Für EU-Verordnungen gilt, dass sie unmittelbar in den EU-Mitgliedsstaaten gelten – also wie ein Gesetz, das absolut bindend ist. Die Grenzen zwischen den einzelnen Werken sind mitunter fließend. Für den technischen Gebrauch gilt, dass Normen eingehalten werden können und Gesetze eingehalten werden müssen. In der Praxis erfüllt die Industrie meist beides.

Im englischen Sprachraum wird üblicherweise von „Regulations, Codes and Standards“ (RCS) gesprochen. Im Deutschen spricht man zusammenfassend von Normen oder von Normen und Gesetzen. Ziel der RCS ist die Vereinheitlichung und die Vergleichmäßigung der Verhältnisse im Zusammenleben von Gesellschaften. Durch die Vereinheitlichung von technischen Geräten und Verfahren steigt die Rechtssicherheit für die beteiligten Parteien. Hieraus lassen sich wichtige Impulse bei der Entwicklung für die Serie ableiten und zudem Kosten sparen. Beides sind essentielle Punkte für die BZ-Technik, die gerade am Beginn der Markteinführung steht.

NORMUNGSGREMIEN UND MÄRKTE Weltweit existieren im Bereich RCS unterschiedliche Gremien, wobei die deutschen immer mehr mit den europäischen Normen zusammenwachsen. Ähnliches gilt auch für viele Gesetze sowie für die Richtlinien der Fachverbände. Weitere wichtige Regionen neben der EU sind Nordamerika, Japan und China. Auf internationaler Ebene erarbeiten die ISO (International Organisation for Standardisation) und für den elektrotechnischen Bereich das IEC (International Electrotechnical Commission) die im BZ-Bereich wichtigen Normen.

Auch die UN erstellt so genannte GTR (Global Technical Regulations), die den Anspruch haben, in das jeweilige nationale Recht der Mitgliedstaaten übernommen zu werden beziehungsweise gleichberechtigt neben entsprechenden nationalen Regelungen angewendet werden zu können. Viele Forderungen dieser Gremien im BZ-Sektor sind ähnlich, da die Industrie bestrebt ist, die RCS inhaltlich anzugleichen. Gleichzeitig sind aber auch die Einflüsse der nationalen Rechtsprechung und die grundsätzliche Herangehensweise bei der Erstellung der Werke zu erkennen. Während in Nordamerika in den Normen meist das Ziel einer Forderung beschrieben wird („In geschlossenen Räumen darf sich keine kritische Menge Wasserstoff ansammeln.“), wird in Japan eher die Prüfmethode bzw. der Weg zum Ziel vorgegeben („Mindestens ein H_2-Sensor ist an geeigneter Stelle vorzusehen.“). Trotz der beiden verschiedenen Forderungen unterscheiden sich die Fahrzeuge im Ergebnis nur unwesentlich, denn in beiden Fällen wird mindestens ein H_2-Sensor im Motorraum verbaut.

INHALTE DER NORMEN UND GESETZE So wie die Sensorthematik besitzen viele Normen und Gesetze beim Fahrzeug Sicherheitsrelevanz. Es wird deutlich, dass wasserstoffbetriebene Autos teilweise bekannte, teilweise gänzlich neue Anforderungen erfüllen müssen. Für letztere müssen noch entsprechende Kriterien und Testverfahren etabliert werden.

H_2-Sicherheit: Die wesentlichen Gefahren, die von Wasserstoff im Kfz-Bereich ausgehen, sind der hohe Druck (bis zu 700 bar) und die Entflamm- und Brennbarkeit. Tanks und wasserstoffführende Systeme müssen diverse Kriterien bezüglich allgemeiner Dichtigkeit, Berst- und Überdruckschutz einhalten sowie verschiedene Sicherheitseinrichtungen aufweisen und daher in allen Betriebszuständen und bei allen Umweltbedingungen, die während des Betriebs auftreten können, getestet werden. Dies geschieht in Tankzyklen- und Temperaturtests, Fallprüfungen und Korrosionsprüfungen. Neben Flammtests wird beispielsweise auch der Beschuss von Tanks simuliert (s. Titel-Story HZwei-Heft, Juli 2012). Hierzu gibt es Vorschriften, die einen sicheren Betrieb des Fahrzeugs auch in Sondersituationen, wie beispielsweise beim Parken in schlecht belüfteten Garagen, gewährleisten.

Tankprozedur: Neben Tests zur reinen Zyklenfestigkeit bei Tank- und Entleerungsvorgängen von H_2-Behältern und den damit einhergehenden Druckwechseln liegt ein besonderes Augenmerk auf der Tankprozedur. Ziel ist es, die Fahrzeugtanks in kurzer Zeit (ca. 3 Min.) reproduzierbar zu befüllen. Für zukünftige Abrechnungssysteme an öffentlichen Tankstellen ist es wichtig, dass dies sehr genau und unabhängig vom Ausgangsfüllzustand, von Außentemperatur, Nenndruck und Volumen des Tanksystems geschieht.

Elektrische Sicherheit: Bei der Zulassung von reinen Batterie- sowie BZ-Fahrzeugen müssen RCS beachtet werden,

die u.a. Grenzwerte bezüglich mechanischer Belastungen, minimaler elektrischer Isolationswiderstände, erforderlicher Schutzvorrichtungen von stromführenden Bauteilen, Sicherheitsabschaltungen und Schutz gegen Überstrom und -spannung definieren. Diese Anforderungen gelten während der Fahrt, während des Tankens und auch in Crash-Situationen. Die Regelungen erstrecken sich von BZ-spezifischen Komponenten über Hochvoltkabel und Steckverbindungen bis hin zum Transport von verschiedenen Typen von Batterien bei Produktion und Versand.

BZ-Performance: Wie Verbrennungsmotoren sollen auch Brennstoffzellen beziehungsweise BZ-Systeme eine definierte Leistung im Auto abgeben. Relevant sind hierbei besonders Nennleistung, elektrische Ströme, Dichtigkeit, Verhalten bei Überlast sowie die entsprechenden Prüfmethoden.

Crash-Sicherheit: Hier gibt es einerseits jahrelange Erfahrung mit konventionellen Automobilen, auf der anderen Seite tauchen neue Herausforderungen auf: H_2-Systeme sollten bestenfalls auch noch nach einem Aufprall ihre Dichtigkeit behalten. In der Praxis wird aber – wie bei Benzin- und Diesel-Fahrzeugen – eine festgelegte maximale Leckage toleriert. Generell gilt, dass Tanks weder Bersten noch aus ihren Halterungen gerissen werden dürfen. Bauteile, die unter elektrischer Spannung stehen, sollen auch nach einem Aufprall ihre Isolation aufrechterhalten oder spannungsfrei geschaltet werden, so dass sie weder Insassen noch Rettungskräfte gefährden können.

Dokumentation: Für interne und externe Zwecke sind die Eigenschaften der BZ-Fahrzeuge zu dokumentieren. Das fängt beim Bedienungshandbuch an, erstreckt sich über die Kennzeichnung der genauen Treibstoffart an der Tankstelle und am Tankdeckel des Fahrzeugs und geht bis zur Dokumentation für Feuerwehr und Rettungskräfte für den Fall eines Unfalls.

STAND DER NORMUNG Die beiden zentralen Dokumente für Deutschland und die EU auf dem Gebiet der BZ-Fahrzeugtechnik sind die Verordnungen über die Typgenehmigung von wasserstoffbetriebenen Kraftfahrzeugen und deren Durchführung (79/2009 [EG] und 406/2010 [EU]). Sie sind Anfang des Jahrzehnts in Kraft getreten. Hiermit inhaltlich vergleichbar ist die eingangs erwähnte GTR der UN, auch wenn die GTR in ihrem gegenwärtigen Stand nicht alle Umfänge der EU-Verordnungen abdeckt.

Obwohl der Fahrzeugbereich derzeit der am weitesten entwickelte Bereich in punkto RCS ist, wird es auch hier noch einige Zeit dauern, bis die entsprechenden Werke umfassend erarbeitet und verabschiedet sind. In den übrigen BZ-Anwendungsbereichen existieren derzeit noch deutlich weniger BZ-spezifische Normen. Dieser vermeintliche „Rückstand“ hat aber auch damit zu tun, dass viele Anwendungen zum Beispiel aus dem Freizeitbereich für die Entwicklung bestehende, BZ-unspezifische RCS heranziehen. In diesen Bereichen sind die Maschinenrichtlinie und die Druckgeräteverordnung besonders wichtig.

Normen und Gesetze sind allerdings unabhängig von ihrem Entwicklungs- beziehungsweise Verabschiedungsstand immer „lebende“ Dokumente. Das heißt, sie werden turnusmäßig oder je nach Stand der Technik aktualisiert und weiterentwickelt.

EINSATZ IM ALLTAG Das alles macht deutlich, dass es im Zweifelsfall immer darum geht, sich sinnvoll an bestehende Standards anzulehnen und diese auf die für die eigene BZ-Applikation passenden Regeln anzuwenden und für die Zulassung entsprechend zu dokumentieren. Wie lässt sich das im Entwicklungsalltag realisieren?

Um bei den teilweise sehr vielschichtigen Normen und Gesetzen den Überblick nicht zu verlieren, ist es wichtig, sich einen Überblick über die für das eigene Produkt relevanten RCS zu verschaffen. Es ist sinnvoll, eine Hierarchie unter den recherchierten Dokumenten festzulegen: Welcher Text ist gegenüber anderen der über- oder untergeordnete? Welcher Text ist im Zweifel für das eigene Produkt relevanter als andere?

In einem weiteren Schritt sollten die einzelnen Forderungen der RCS isoliert werden, um sie dadurch einzeln abprüfbar zu machen. Da ein BZ-System typischerweise aus vielen Bauteilen besteht, sollten die Forderungen auch einzelnen, spezifischen Baugruppen zugeordnet werden, wodurch sich auch die dafür direkt verantwortlichen Personen mit einbinden lassen. Eine übersichtliche und aktuelle Dokumentation ermöglicht dabei nicht nur die Einhaltung sämtlicher Forderungen aus den Normen und Gesetzen, sondern vermeidet auch unnötige Doppelarbeit bei zukünftigen Projekten.

Wer nun denkt, dass die Materie sehr trocken sei, hat nur bedingt recht. Der Einstieg mag etwas langatmig sein, aber der Erkenntnisgewinn über das eigene Produkt und dessen Zusammenhänge ist nicht zu unterschätzen. Wer die systematische Erfassung der für die eigenen Produkte relevanten Normen nicht selbst durchführen kann oder möchte, findet auch externe Hilfe, die mit den BZ-spezifischen RCS vertraut ist und vorbereitende Ausarbeitungen übernimmt oder während des gesamten Entwicklungsprozesses Unterstützung leistet. Normen und Gesetze zu ignorieren birgt die Gefahr, in dieser wichtigen Phase die eigene Produktentwicklung in die falsche Richtung zu lenken und den Markteintritt unnötig zu erschweren.

FAZIT Trotz teilweise noch fehlender BZ-spezifischer RCS schwebt die Brennstoffzelle nicht im rechtsfreien Raum. Vielmehr ist sie ein technischer Apparat, der – wie jeder andere auch – unabhängig von einzelnen Normen oder Gesetzen zuverlässig und sicher funktionieren muss. Dabei stellen die im Entstehen begriffenen BZ-spezifischen RCS ebenso wie die allgemeinen, BZ-unabhängigen RCS eine wichtige Informationsquelle für die erfolgreiche Produktentwicklung und den Markteintritt dar. Dabei lässt sich die tägliche Entwicklungsarbeit erheblich vereinfachen, wenn die für das eigene Produkt spezifischen Forderungen aus den angesprochenen Normen und Gesetzen systematisch erfasst werden und deren Umsetzung kontrolliert wird. Darüber hinaus können so weitere Erkenntnisse und Produktverbesserungen erzielt werden. ||

Autoren:

Marcel Corneille
mc@emcel.com

Timo Mittag
tm@emcel.com

beide Emcel GmbH, Köln

ONLINE-DIALOG ÜBER E-MOBILITÄT

Es geht um eine moderne Form der Meinungsbildung. Dafür hat das Deutsche Dialog Institut mit Unterstützung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) eine Onlineplattform eingerichtet, auf der aktuelle Problemstellungen erörtert und Usern Möglichkeiten zur Mitgestaltung der weiteren Entwicklung eingeräumt werden. Außerdem wird mit der Initiative „Elektromobilität im Dialog“ versucht, Experten und Entscheider zum Gedanken- und Informationsaustausch im Internet anzuregen. Seit März 2012 haben sich rund 250 Personen daran beteiligt. Auf der Website heißt es dazu: „In einem transparenten Prozess erarbeiten Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Gesellschaft gemeinsame Standpunkte zu aktuellen Kontroversen der Elektromobilität.“ Dazu wurden zunächst Thesen formuliert, die öffentlich online diskutiert werden können. Dieser Input wird ausgewertet und in Form von Ergebnispapieren publiziert. So wurde die erste Fragerunde im Online-Dialog, ob denn die Automobilindustrie bei der Einführung von Elektrofahrzeugen stärker auf völlig neue Fahrzeugkonzepte setzen solle, klar bejaht – ohne Gegenstimme. Die Gesamtanzahl der Bewertungen war allerdings mit 25 abgegebenen Stimmen recht überschaubar. Einige Akteure gehen weiterhin davon aus, dass der Großteil der Autos auch über 2040 oder 2050 hinaus weiter mit konventionellen Motoren oder allenfalls mit Hybridtechnik angetrieben wird. Sie gehen nicht von einer schnellen Durchsetzung des reinen Elektroantriebs aus. Andere sehen in der wiederaufflammenden Elektromobilitätsskepsis nur einen Vorwand, um die historische Hochphase des Verbrennungsmotors so lange wie möglich auszudehnen. Sie erwarten, dass Elektrofahrzeuge trotz höherer Entwicklungskosten und geringerer Reichweite die konventionellen Fahrzeuge bereits in naher Zukunft ablösen werden. ||

→ www.dialog-elektromobilitaet.de

ULMER eLaB WIRD ERWEITERT

Im Labor für Batterietechnologie (eLaB) in Ulm wird eine Anlage zur Erforschung seriennaher Fertigungsprozesse von Lithium-Ionen-Batterien für Elektrofahrzeuge errichtet. Zum Auftakt der Arbeiten hat Bundesbildungsministerin Dr. Annette Schavan am 20. Juli 2012 einen entsprechenden Förderbescheid in Höhe von 23,5 Mio. Euro an das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) übergeben. Am 4. September kam zudem Landeswirtschaftsminister Dr. Nils Schmid nach Ulm und unterschrieb die Absichtserklärung, dass 6 Mio. Euro vom Land Baden-Württemberg für die notwendigen Bauarbeiten zur Erweiterung des eLaBs um 3.000 m^2 beigesteuert werden. Initiator der Gebäudeerweiterung sowie des Anlagenbaus ist der Industrieverbund Kompetenznetzwerk Lithium-Ionen Batterien (KLiB). Dessen Vorsitzender Dr. Hubert Jäger erklärte: „Die Forschungsproduktionslinie schließt die Lücke beim Übergang vom Labormaßstab zur Serienfertigung, um die deutsche Industrie zum Leitanbieter von Batterien zu entwickeln. Damit wird eine wesentliche Forderung der Nationalen Plattform Elektromobilität erfüllt.“ Das eLaB verfügt seit 2011 über Produktionstechnologien für kleine Lithium-Ionen-Zellen bis fünf Amperestunden (Ah) sowie über ein Sicherheits- und Batterietestzentrum. Mit der neuen Forschungsanlage können unter realen Produktionsbedingungen Musterserien für Batterien ab 20 Ah hergestellt und Prozess- und Verfahrensparameter optimiert werden. Die Produktionslinie soll bis 2014 fertig gestellt sein. ||

VDE-PRÜFZENTRUM ERÖFFNET

In Offenbach am Main ist im Juli 2012 ein neues Batterie- und Umwelttestzentrum in Betrieb gegangen. Der Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (VDE) verfügt an seinem dortigen Institut fortan über rund 50 moderne Einrichtungen zum Test von Lithium-Ionen-Akkus. Die modernen Prüfstände ermöglichen Falltests aus bis zu zehn Metern Höhe sowie Quetsch- und Eindringversuche, um das Verhalten von Batterien bei Unfällen analysieren zu können. Darüber hinaus kann die Langzeitstabilität bei hoher Luftfeuchtigkeit und bei raschen Temperaturwechseln untersucht werden. Auch ein Schwingungsprüfstand zur Messung mechanischer Belastungen (s. Foto) steht zur Verfügung. Derzeit in Planung befindet sich noch eine Erweiterung des Prüfzentrums mit einer befahrbaren Klimakammer. ||

E-AUTO-TEST AUF ÖSTERREICHISCH

Elektrofahrzeuge bieten kaum Vorteile gegenüber konventionellen Diesel-Autos, das hat zumindest eine österreichische Studie ergeben, die im Sommer 2012 an der TU Wien vom Institut für Fahrzeugantriebe und Automobiltechnik (IFA) durchgeführt worden ist. Im Auftrag des Österreichischen Automobil-, Motorrad- und Touring-Clubs (ÖAMTC) und des Österreichischen Vereins für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK) untersuchten die Ingenieure vier E-Autos (Mitsubishi iMiEV, Mercedes Benz A-Klasse E-Cell, Smart Fortwo Electric Drive, Nissan Leaf) und verglichen diese mit einem Diesel-Pkw (VW Polo BlueMotion). Der ÖVK-Vorsitzende Prof. Hans-Peter Lenz fasste die Ergebnisse so zusammen: „Auch wenn E-Fahrzeuge in einzelnen Kriterien besser abschneiden als ein Diesel-Pkw, bringt die Anschaffung eines Elektroautos nach derzeitigem Stand keine nennenswerten Vorteile – weder für den Verbraucher noch für die Umwelt.“ Konkret erläuterte er: „Wer ein E-Auto kaufen will, muss zumindest mit dem doppelten Preis im Vergleich zu einem konventionellen Pkw rechnen. […] Auch die aktuellsten E-Fahrzeuge im Handel haben gegenüber einem Dieselfahrzeug eine stark eingeschränkte Reichweite. Noch dazu ist diese auch von der Umgebungstemperatur abhängig.“ Beim Energiebedarf blieb es unentschieden beim Test: Wird die Strom- beziehungsweise Dieselherstellung mitberücksichtigt, benötigt ein Elektroauto 95 Prozent der Energie eines Dieselfahrzeugs. Bei Überlandfahrten hingegen benötigt das Elektroauto um drei Prozent mehr Energie als der Diesel-Pkw. Bei der Klimawirksamkeit und bei den Stromkosten punkteten jedoch die elektromobilen Autos: „Betrachtet man die ganze EU, produziert ein E-Auto 83 Prozent der Treibhausgasemissionen eines Diesel-Pkw“, erklärte Lenz. ||

TERMINKALENDER

OKTOBER

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

10.10. e-mobil BW Technologietag
Kongress, Stuttgart, e-mobil BW, Tel. 0711-892385-20, Fax -49, *www.e-mobilbw.de*

16.-18.10. Sicherheit im Umgang mit Wasserstoff
Praxisseminar, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

17.-18.10. econ-fleet
Messe & Konferenz, Münster, Halle Münsterland, Tel. 0251-660046-4, Fax -9, *www.econ-fleet.de*

22.-24.10. new mobility
Messe, Leipzig, Leipziger Messe GmbH, Tel. 0341-678-0, Fax -8762, *www.new-mobility-leipzig.de*

22.-24.10. Lithium-Batterien
Fachseminar, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

23.10. Sächsisches Forum für Brennstoffzellen & Energiespeicher
Tagung, Leipzig, BZ-Initiative Sachsen, Tel. 0351-25536-48, Fax -00, *www.bz-sachsen.de*

23.-25.10. eCarTec
Kongress & Messe, München, MunichExpo, Tel. 089-3229911-2, Fax -9, *www.ecartec.de*

25.10. Battery Testhouse
Symposium/Eröffnung, München, SGS, Tel. 040-30101-298, *www.sgsgroup.de*

NOVEMBER

5.-8.11. Fuel Cell Seminar & Exposition
Messe & Konferenz, Uncasville/USA, Fuel Cell Seminar Headquarters, Tel. +1-803545-0189, Fax -0190, *www.fuelcellseminar.com*

6.11. Brennstoffzellenforum Hessen
Konferenz, Frankfurt/M., Wasserstoff- & Brennstoffzellen-Initiative Hessen, Tel. 0611-7748-959, Fax -620, *www.h2bz-hessen.de*

7.11. Hochvolt-Sicherheitsschulung
Workshop, Ostfildern, TAE, Tel. 0711-34008-23, Fax -43, *www.tae.de*

8.-10.11. Nutzung regenerativer Energiequellen & Wasserstofftechnik
Symposium, Stralsund, FH Stralsund, Tel. 03831-45-6713, Fax -711713, *www.fh-stralsund.de*

12.-14.11. IRES 2012
Konferenz, Berlin, Eurosolar, Tel. 0228-36-2373, Fax -1279, *www.eurosolar.org*

14.-15.11. Ecomobil
Messe & Konferenz, Offenburg, Messe Offenburg, Tel. 0781-9226-91, Fax -77, *www.ecomobil-kongress.de*

17.-18.11. DENEX
Konferenz & Messe, Wiesbaden, Reeco GmbH, Tel. 07121-3016-0, Fax -100, *www.denex.info*

19.-20.11. Batterien und Brennstoffzellen
Seminar, Essen, Haus der Technik, Tel. 0201-1803-211, Fax -280, *www.hdt-essen.de*

20.-22.11. European Electric Vehicles Congress
Konferenz, Brüssel/Belgien, Electri-city.mobi, Tel. +32-477-3648-16, *www.eevc.eu*

22.-23.11. Forum Solarpraxis
Konferenz, Berlin, Solarpraxis, Tel. 030-726296-305, *www.solarpraxis.de*

27.-29.11. Elektromobilität
Praxisseminar, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

27.-30.11. EuroMold
Messe, Frankfurt/M., Demat, Tel: 069 / 27 40 03 - 0, Fax -40, *www.euromold.com*

28.11. Forum Brennstoffzelle, Energiespeicher & -systeme
Konferenz, Hannover, Landesinitiative Brennstoffzelle & Elektromobilität Niedersachsen, Tel. 0551-900499-0, Fax -49, *www.brennstoffzelle-nds.de*

DEZEMBER

3.12. Elektrolyseure – Stand & Handlungsbedarf
Workshop, Berlin, FEE e.V., Tel. 030-6576270-6, Fax -8, *www.fee-ev.de*

3.12. Lithium-Ionen-Batterien für mobile Anwendungen
Workshop, Ostfildern, TAE, Tel. 0711-34008-23, Fax -43, *www.tae.de*

4.-5.12. Lithium Battery Power
Konferenz, Las Vegas/USA, The Knowledge Foundation, Tel. +1-617-232-7400, Fax -9171, *www.knowledgefoundation.com*

4.-6.12. Integration of RES and DER
Kongress, Berlin, OTTI, Tel. 0941-29688-37, Fax -17, *www.otti.de*

6.-7.12. Battery Safety
Konferenz, Las Vegas/USA, The Knowledge Foundation, Tel. +1-617-232-7400, Fax -9171, *www.knowledgefoundation.com*

13.12. USV – Unterbrechungsfreie Stromversorgung
Praxisseminar, Ulm, WBZU, Tel. 0731-17589-21, Fax -10, *www.wbzu.de*

JANUAR

21.-25.01 Progress in Hydrogen Safety
Kongress, Belfast/UK, University of Ulster, Tel. +44-90368731, *hysafer.ulster.ac.uk*

21.-25.01. Symposium Hydrogen & Energy
Kongress, Stoos/Schweiz, EMPA, Tel. +41-44-8234-692, Fax -022, *www.empa.ch/h2e-symposium*

21.-22.1. Kraftstoffe der Zukunft
Kongress, Berlin, BBE & UFOP, Tel. 0228-81002-22, Fax -58, *www.kraftstoffe-der-zukunft.com*

29.-30.01. CAR-Symposium
Konferenz, Bochum, Center Automotive Research, Tel. 0203-379-1111, Fax -4157, *www.uni-due.de/car/car_13.php*

29.-31.01. enertec / terratec
Messe, Leipzig, Leipziger Messe GmbH, Tel. 0341-678829-3, Fax -2, *www.enertec-leipzig.de*

FIRMENVERZEICHNIS

BERATUNG & PLANUNG

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

BETANKUNGSTECHNIK

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

BRENNSTOFFZELLEN

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

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

Hydrogenics GmbH,
Am Wiesenbusch 2, 45966 Gladbeck, Tel. 02043-944 141, Fax -6,
powersales@hydrogenics.com, www.hydrogenics.com

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

ELEKTROLYSEURE

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

H-TEC SYSTEMS GmbH, PEM-Elektrolyseure für industrielle Anwendungen, Lindenstr. 48 A, 23558 Lübeck, Tel. 0451-39941-0, Fax -799, *info@h-tec-systems.com, www.h-tec.com*

Hydrogenics GmbH,
Am Wiesenbusch 2, 45966 Gladbeck, Tel. 02043-944 141, Fax -6,
hydrogensales@hydrogenics.com, www.hydrogenics.com

FORSCHUNG & ENTWICKLUNG

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

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE,
Heidenhofstr. 2, 79110 Freiburg/Br.,
Tel. 0761-4588-5208, Fax -9000, *www.h2-ise.de*

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

Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH,
Max-Planck-Str. 1, 21502 Geesthacht,
Tel. 04152-87-2541, Fax -2636, *www.hzg.de*

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

ODB-Tec GmbH & Co.KG, Entwicklungs- & Servicegesellschaft Nanotechnologie, Bussardweg 12, 41468 Neuss,
Tel. 02131-133240-6, Fax -5, *www.odb-tec.de*

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

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

MEDIEN

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

MESSDATENMANAGEMENT UND MONITORING

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

ORGANISATION

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

PRÜFTECHNIK

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

SPEICHERTECHNIK

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

TECHNOLOGIEZENTREN

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

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

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

VERANSTALTER

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

19. Gemeinschaftsstand Wasserstoff + Brennstoffzellen
Hannover Messe 2013, 8.-12. April, Tobias Renz FAIR, Nadja Snegireva, *nadja@h2fc-fair.com, www.h2fc-fair.com*

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

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

VEREINE & VERBÄNDE

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

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

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

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

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

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

WEITERBILDUNG

H-TEC EDUCATION GmbH, Demonstration & Ausbildung für Schulen, Universitäten, Lindenstr. 48 A, 23558 Lübeck, Tel. 0451-39941-0, Fax -799, *info@h-tec-education.com, www.h-tec.com*

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

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

ZULIEFERER

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

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

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

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

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

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

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

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

FIRMEN-EINTRAG

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

Firma

Adresse

Tel., Fax, Internet

Rubrik:

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

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

Wenn Sonne und Wind
unsere Autos antreiben...
Seit 10 Jahren erprobt TOTAL in Deutschland die Infrastruktur für Wasserstoff-Mobilität. Mit unseren Partnern entwickeln wir neue Wege, um den Kraftstoff der Zukunft aus erneuerbarer Energie zu gewinnen. So entsteht bis 2013 in Berlin die erste CO_2-neutrale Tankstelle der Welt.
www.total.de
TOTAL