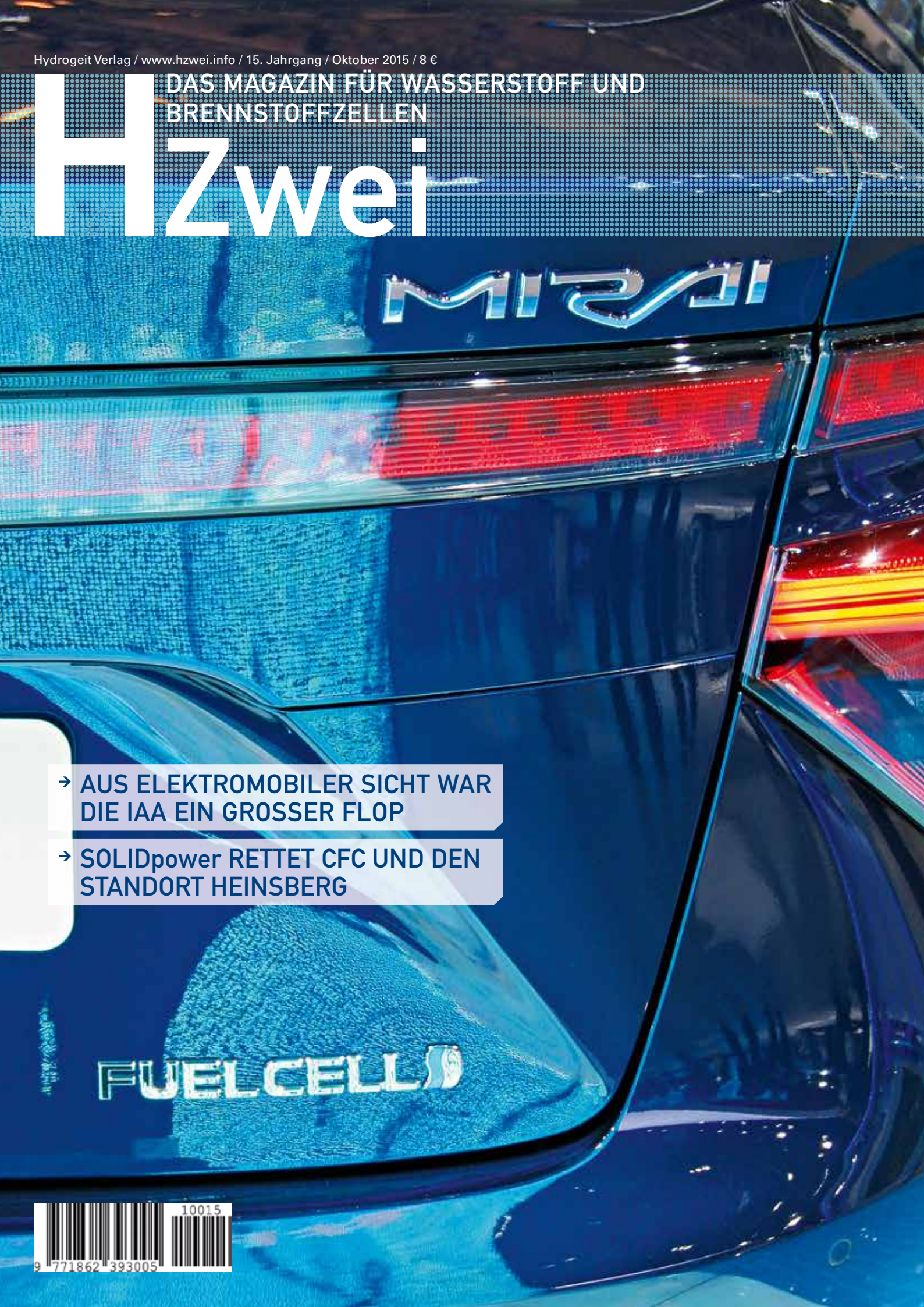
Hydrogeit Verlag / www.hzwei.info / 15. Jahrgang / Oktober 2015 / 8 €

H2wei

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN



→ AUS ELEKTROMOBILER SICHT WAR DIE IAA EIN GROSSER FLOP

→ SOLIDpower RETTET CFC UND DEN STANDORT HEINSBERG

10015
9 771862 393005

INHALTSVERZEICHNIS

2 Impressum

3 Editorial

4 Meldungen
Käppner wechsel zu GKN
Seehuber leitet fortan H-Tec Systems
BZ-iPhone produziert nichts als heiße Luft

6 Messen
Frühbucher-Rabatt für H2-international
World Energy Summit in München
WES & green2market in Stuttgart

8 Hausenergie
Interview mit Guido Gummert, SOLIDpower
CISTEM kombiniert Entwicklungen

12 Energiespeicherung
Autarker Energiepark Ewald
Allendorf: Mikroben sollen Kosten senken
Power-to-Gas ist gerade en vogue
PtG macht Strom günstiger
Fraunhofer ISE nimmt neuen Standort in Betrieb

20 Elektromobilität
66. IAA in Frankfurt a.M.
Baden-Württemberg ist eher Mittelmaß
100 Berliner machen mit beim Autotausch
Mit dem H_2-Info-Mobil durch Europa
Entwicklung eines europäischen BZ-Stacks
CO_2-Emissionen von BZ-Fahrzeugen
Neue Tankstelle für kryogenen Wasserstoff
BMW präsentiert 5er mit BZ-Antrieb

35 Entwicklung
MFC und SOFC in maritimen Anwendungen
Die lange Suche nach dem Platinersatz
Plug Power übernimmt HyPulsion
116 Funkmasten mit BZ-Systemen ausgestattet

40 Markt
Aktuelle Börsenanalyse nordamerikanischer BZ-Aktien

44 International
Berichterstattung aus Japan, Südafrika und den USA

47 Terminkalender

48 Firmenverzeichnis

16 Solche Elektrolyse-Stacks sind gerade schwer gefragt

20 IAA 2015: Audi kündigt einen „Tesla-Fighter" an

Quelle: BMW

32 BMW setzt auf Kryo-Wasserstoff

IMPRESSUM HZwei

ISSN: 1862-393X
Jahrgang: 15. (2015) / Heft 4, Oktober 2015

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

USt-ID.: DE 221143829

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
Redaktion. Mitarbeit: Sven Geitmann, Alexandra Huss, Sven Jösting, Niels Hendrik Petersen, Bob Rose

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

Anzeigen: Kirsten Laasner Projektmanagement, Bad Segeberg
Lektorat: Dione Gutzmer, Berlin
Druck: Printec Offset – medienhaus, Kassel
PEFC-zertifiziertes Papier

Druckauflage: 4.500 Stück (plus 20.000 Downloads/Jahr)
Erscheinungsweise: 4 x jährlich

Einzelpreis (Inland): 8 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 2,00 € Versand)
Jahrespreis (Inland): 30,00 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 6,50 € Versand)
Einzelpreis (Europa): 8 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 3,50 € Versand)
Jahrespreis (Europa): 30,00 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 12,50 € Versand)

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

Bank: Mittelbrandenburgische Sparkasse
IBAN: DE37160500003705002189
BAC: WELADED1PMB

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

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

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

Titelbild:
Der Toyota Mirai während der IAA 2015 (Foto: S. Geitmann)

OFFENBARUNGSEID

Liebe Leserinnen und Leser!

Die *IAA 2015* war wie ein Offenbarungseid der Automobilindustrie: Selten konnte man so deutlich wie bei dieser *66. Internationalen Automobil-Ausstellung* sehen, wie weit manchmal Theorie und Praxis auseinanderliegen können.

So war im Vorfeld der *IAA* vom Veranstalter, dem Verband der Automobilindustrie (VDA), mehrfach lautstark vermeldet worden, dass Elektromobilität wieder ein Schwerpunktthema in diesem Jahr sein wird. Die Realität sah dann aber ganz anders aus: Weder Brennstoffzellen- noch Batterieautos waren bei irgendeinem Automobilhersteller Hauptthema. Lediglich Toyota konzentrierte sich ganz auf Hybridfahrzeuge sowie auf die Vorstellung des neuen *Mirai*.

Auf allen anderen großen Messeständen ging es um andere Themen, allen voran um Konnektivität und Digitalisierung. Ganz weit vorne waren auch wieder sportliche Geländewagen (SUV) sowie große teure Limousinen. Das Wort „Elektromobilität" tauchte meist nur dann auf, wenn es um den Kraftstoffverbrauch ging, schließlich lassen sich dank der Hybridtechnik die CO_2-Emissionen selbst größter Limousinen zumindest rein rechnerisch merklich senken.

Damit sind wir dann auch schon bei des Pudels Kern: Für den VDA ist per Definition all das Elektromobilität, was in irgendeiner Form einen Elektromotor an Bord hat, sei es ein Mercedes *GLC 350 e 4MATIC* oder ein BMW *740e*. Unwesentlich ist dabei, wie häufig beim Plug-in-Hybrid später im Alltagsbetrieb tatsächlich das Ladekabel angestöpselt wird. Viel wichtiger erscheint, dass der Kraftstoffverbrauch mit derzeit völlig legalen Mitteln drastisch runtergerechnet werden kann, so dass dann die CO_2-Grenzwerte der Neuwagenflotten vergleichsweise einfach eingehalten werden können.

Da überrascht dann auch nicht mehr die Meldung, dass Daimler kürzlich die Produktion seiner *Smart-Electric-Drive*-Modelle eingestellt hat. Wie die ARD berichtete, kommt es seit einigen Monaten zu Lieferproblemen beim e-Smart, weil derzeit auf den Fertigungsbändern des Stuttgarter Automobilherstellers Verbrenner für Übersee anstelle von Elektroautos für Deutschland produziert werden. Neue e-Modelle würden erst in der zweiten Jahreshälfte 2016 vorgestellt, hieß es von einem Firmensprecher. Käuflich zu erwerben ist somit momentan nur noch die elektrifizierte B-Klasse bei Daimler, obwohl Smart-Chefin Annette Winkler noch in diesem Frühjahr über den Elektro-Smart gesagt hatte: „Er wird gemocht und gekauft."

Wenn aber die vorgegebenen CO_2-Grenzwerte mit schöngerechneten Hybrid-Limousinen, die zudem mehr Gewinne erwirtschaften, erreicht werden können, kann natürlich der Kleinwagenverkauf – trotz Nachfrage, aber zur Freude der Aktionäre – gedrosselt werden.

Ähnlich wie der *Smart Electric Drive* werden auch Brennstoffzellenautos momentan eher stiefmütterlich innerhalb der Automobilindustrie behandelt. So sagte Daimler-Chef Dieter Zetsche in einem Interview im August 2015: „Der Vorteil der Brennstoffzelle ist heute geringer einzuschätzen als noch vor fünf Jahren." Parallel zu dieser Äußerung entschieden die Schwaben, dass sie in diesem Jahr nicht wieder als Hauptsponsor für die direkt an ihrem Heimatort Stuttgart stattfindende *World of Energy Solutions* fungieren werden.

Derlei Meldungen vermitteln nicht den Eindruck, als wenn hier eine Technologie gepusht würde. Es gibt derzeit aber noch zahlreiche weitere Anlässe, über die Prioritätensetzung in Politik und Wirtschaft und auch über die sinnvolle Verwendung von Fördergeldern nachzudenken:

Die ARD deckte beispielsweise in der Dokumentation „Das Märchen von der Elektromobilität" auf, dass teilweise bewusst in Kauf genommen wird, dass Statistiken fehlinterpretiert werden. So war von den 8.463 im Jahr 2014 zugelassenen Elektrofahrzeugen knapp die Hälfte auf die Automobilhersteller selber zugelassen. Nur 4.814 E-Autos seien an „echte" Kunden verkauft worden, weshalb in dem Bericht von „geschönten" Verkaufszahlen die Rede ist.

Auch die Anzahl der Ladestationen in Deutschland wirft Fragen auf: Fast überall in Europa wird korrekt gezählt, wie viele Ladestationen im Land installiert sind, nur in der Bundesrepublik werden „Ladepunkte" gezählt. Da die meisten Ladesäulen über zwei Anschlüsse verfügen, verdoppelte sich somit rein rechnerisch die Gesamtzahl. Tatsächlich verfügen wir hierzulande aber nur über 2.500 Stationen.

Bereits Anfang des Jahres hatte auch das ZDF von Fehlentwicklungen im Bereich der Elektromobilität berichtet: Das Verbrauchermagazin *WISO* legte offen, dass der Ladestrom für Elektroautos teils deutlich teurer war als Haushaltsstrom. Bei einem Test kam heraus, dass bei RWE, EnBW und E.On je nach Nutzung teilweise drei- bis viermal mehr gezahlt werden muss, weshalb in der Sendung von „Wucher" die Rede war.

Im Endeffekt hat die *IAA 2015* somit bestätigt, was sich bereits im Vorfeld abzeichnete: Die hiesige Förderpolitik hat teils zu fragwürdigen Entwicklungen geführt. Trotz vieler Millionen Euro an Steuergeldern, die sowohl in Batterie- als auch Brennstoffzellentechnologie investiert wurden, fehlt es bis heute an geeigneten Rahmenbedingungen (Anreize oder Grenzwerte), die eine zeitnahe Vermarktung entsprechender Produkte forcieren. Statt zielgerichtet aus dem F&E-Bereich in Richtung Markt zu marschieren, missbrauchen Industrie und auch Lobbyisten wiederholt das Vertrauen der Verbraucher, indem bewusst auf Zeit gespielt und irreführende Zahlen publiziert werden.

Hier ist von allen Playern deutlich mehr Verantwortungsbewusstsein gefragt, damit erstens Deutschland nicht komplett den Anschluss an den E-Mobilitätsmarkt verliert und damit zweitens die bereits ausgezahlten Fördergelder schließlich doch noch als sinnvolle Investition verbucht werden können. ||

Herzlichst

Sven Geitmann
HZwei Herausgeber

KÄPPNER WECHSELT ZU GKN

Seit Sommer 2012 war Roland Käppner als Geschäftsführer bei der McPhy Energy Deutschland GmbH tätig. Anfang 2014 wurde er zudem Vice President von McPhy Energy SA. Im Juli 2014 gab das französische Unternehmen dann bekannt, dass es gemeinsam mit dem britischen Konzern GKN plc an der Entwicklung von Festkörper-Wasserstoffspeichern arbeiten wird. Im August dieses Jahres wechselte Roland Käppner nun die Seiten und leitet fortan als Global Director Hydrogen die Geschäftsentwicklung bei GKN Sinter Metals, einem GKN-Tochterunternehmen. Peter Oberparleiter, Geschäftsführer von GKN Powder Metallurgy, sagte: „Selbstverständlich wird Wasserstoff ein wichtiger Kraftstoff in der Zukunft und die sichere Speicherung wird ein Schlüssel zum Erfolg sein." McPhy arbeitet – neben seinem Engagement im Elektrolyseursektor – seit 2008 an Feststoffspeichern und installierte eine Einheit beispielsweise am Flughafen Berlin-Schönefeld. ||

SEEHUBER LEITET H-TEC SYSTEMS

Dr. Michael Seehuber
[Foto: H-Tec Systems]

Die Elektrolyseursparte von H-Tec hat seit dem 1. August 2015 einen neuen Geschäftsführer. Dr. Michael Seehuber leitet fortan die H-Tec Systems GmbH. Seehuber übernimmt somit die Aufgaben von Uwe Küter, der 1997 H-Tec gemeinsam mit Stefan Höller gegründet und 2014 das Unternehmen verlassen hatte. Die Weiterbildungssparte H-Tec Education leitet derweil der ehemalige Vertriebschef Ake Johnsen. Michael Seehuber war über sieben Jahre lang Geschäftsführer der REFUsol GmbH, eines Spezialisten für Wechselrichter, der 2013 von der AEI Power GmbH übernommen wurde. Im August 2014 gründete der Elektrotechnik-Ingenieur die PV4Life GmbH, ein Beratungsunternehmen für Leistungselektronik. Ove Petersen, Geschäftsführer von GP Joule, sagte über ihn: „Dr. Michael Seehuber verfügt nicht nur über das fachliche Know-how, sondern bringt auch die nötige Management-Erfahrung mit." Wie GP Joule weiter mitteilte, wird der neue Chef vom bayerischen Buttenwiesen aus die Geschäfte von H-Tec Systems leiten, um „am dortigen Standort möglichst viele Synergiepotenziale mit der Forschungs- und Entwicklungsabteilung von GP Joule" nutzen zu können. Das Tochterunternehmen von GP Joule, das derzeit noch in Lübeck rund 30 Mitarbeiter beschäftigt, konzentriert sich auf PEM-Elektrolyseure und die damit verbundene Power-to-Gas-Technik. Derzeit erprobt es sein „Stromlückenfüller"-Konzept mit einer 200-kW-Demonstrationsanlage in Reußenköge bei Husum (s. HZwei-Heft Jul. 2015). ||

H_2-PRODUKTION IN DORMAGEN GESTARTET

Air Liquide hat in zweijähriger Bauzeit in Dormagen einen neuen Erdgasreformer hochgezogen. Rund 100 Mio. Euro investierte das französische Gaseunternehmen in den Standort im Chempark bei Leverkusen, um dort zukünftig Wasserstoff und Kohlenmonoxid erzeugen zu können, die von der dort ansässigen Industrie benötigt werden. Nach Firmenangaben handelt es sich hierbei um einen der neusten Dampfreformer weltweit. Die 54 m hohe Anlage kann aus Erdgas und Wasserdampf jährlich 22.000 t Wasserstoff (= 25.000 Nm^3 pro Stunde) und 120.000 t Kohlenmonoxid herstellen. Hauptabnehmer dieser Gase ist die Covestro AG (bis 31. August 2015 Bayer MaterialScience AG), die große Mengen H_2 und CO für ihre TDI-Anlage (Toluylen-Diisocyanat), in der Polyurethan für Matratzen und Polster produziert wird, benötigt. Damit auch andere Unternehmen beliefert werden können, ist das Werk an die insgesamt 600 km lange Rhein-Ruhr-Pipeline für H_2, N_2, und O_2 von Air Liquide angeschlossen.

Im Vergleich zu *HyCO4*, dem 2012 in Rotterdam in Betrieb genommenen Erdgasreformer des Mitbewerbers Air Products (s. HZwei-Heft Jan. 2013), liegt die Produktionskapazität um den Faktor fünf niedriger. Auch die Fläche ist mit 16.000 m^2 kleiner (gegenüber 25.000 m^2 bei *HyCO4*), aber die verbaute Stahlmenge (2.500 t) übertrifft die der niederländischen Anlage um das Zweieinhalbfache. ||

- 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

Mirai in Europa angekommen ... Schweizer zufrieden mit Brennstoffzellen-Postbussen ... Energiepark Mainz eröffnet ...

Thema: Meldungen | **Autor:** Sven Geitmann

EIN KLIMA WIE IN DEN BERGEN

ZBT erzeugt O_2-arme Luft mit neuer PAFC

Foto: ZBT

Am Zentrum für BrennstoffzellenTechnik (ZBT) in Duisburg läuft seit Ende Mai 2015 eine phosphorsaure Brennstoffzelle und versorgt das Forschungsinstitut mit Strom und Wärme. Darüber hinaus erfüllt das 100-kW-Aggregat gleich noch drei weitere Aufgaben: Es reduziert die Energiekosten, es dient wissenschaftlichen Untersuchungen im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung und hilft, sauerstoffreduzierte Luft herzustellen. Zudem ist die neue PAFC Teil der *KlimaExpo.NRW.*

Das ZBT arbeitete bereits im Jahr 2008 gemeinsam mit dem damaligen Start-up N2telligence an Brennstoffzellensystemen, die sauerstoffarme Luft erzeugten. Damals stellten beide Partner auf dem *Wasserstoff-Congress* in Essen ihr Konzept vor, bei dem Strom sowie Wärme erzeugt und gleichzeitig O_2-arme Luft produziert wird, um somit quasi ganz nebenbei auch Höhentraining simulieren zu können. Inzwischen ist aus dieser anfänglichen Idee ein kommerzielles Produkt geworden: *QuattroGeneration*-Aggregate liefern bereits an verschiedenen Standorten Strom, Wärme, Klimakälte und sauerstoffarme Abluft, so wie jetzt auch in Duisburg.

Die „Abgase", die bei diesem erdgasbetriebenen PAFC-Aggregat (phosphoric acid fuel cell) von Fuji Electric auf der Kathodenseite entstehen, weisen einen reduzierten Sauerstoffgehalt auf, da ein Teil der O_2-Moleküle mit den H_2-Molekülen reagiert und dabei Strom und Wärme erzeugt. Diese sauerstoffarme Abluft kann dann wahlweise für medizinische Anwendungen (Hypoxie), zur Inertisierung oder auch für Brandschutzanwendungen genutzt werden. Dafür wurde ein zweiter Container installiert, in dem nach Auskunft von Prof. Dr. Joachim Fandrey vom Institut für Physiologie der Uniklinik Essen ein Klima herrscht, das einer Meereshöhe von 2.500 Metern entspricht.

Im Zentrum der Betrachtung steht bei dem an die Universität Duisburg-Essen (UDE) angegliederten Institut allerdings die Kraft-Wärme-Kopplung. Hier geht es auf wissenschaftlicher Seite um Analysen der Stromkennzahl sowie der Schadstoff- und der Geräuschemissionen. Zudem wird die KWK-Abwärme auf verschiedenen Temperaturniveaus ausgekoppelt und nutzbar gemacht, und ganz nebenbei werden noch die Stromkosten reduziert. Das ZBT spart auf diesem Wege außerdem etwa 115 t CO_2 pro Jahr ein (kombinierter Wirkungsgrad: 90 %). Grund genug dafür, dass diese knapp 1 Mio. Euro teure Anlage als qualifiziertes Projekt auch Teil der *KlimaExpo.NRW* wird. Die *KlimaExpo.NRW* ist eine Initiative der Landesregierung und präsentiert bis 2022 in Nordrhein-Westfalen 1.000 Projekte, die den Fortschrittsmotor Klimaschutz vorantreiben. ||

BZ-IPHONE PRODUZIERT HEISSE LUFT

An Gerüchten und Mutmaßungen über Brennstoffzellen für mobile Endgeräte beteiligt sich die HZwei schon lange nicht mehr, auch nicht, wenn es um iphones geht, die angeblich mit Modulen von Intelligent Energy betrieben werden können. Deswegen zitieren wir hier einfach, was roby111 öffentlich im Internet bei Elektronikpraxis gepostet hat: „Ja, seit 1998 schwirrt dieses Sommerloch-Thema regelmäßig durch die Presse, nachdem ct einmal über eine marktreife Lösung bei Toshiba- (oder waren es IBM-Thinkpad)-Notebooks berichtet hatte, versuchte ich über die Distributionskanäle an solche Akkus zu kommen, aber leider sind die bis heute nicht lieferbar! Also klassische Vapor-Ware im Sommerloch!" ||

WORLD OF ENERGY SOLUTIONS
12.–14. Oktober 2015
Messe Stuttgart

BATTERY+ STORAGE
f-cell
e-mobility solutions

Die **f-cell** präsentiert stationäre und mobile Brennstoffzellentechnologien mit Erdgas, Methanol oder Wasserstoff als Energieträger und deren erheblichen Beitrag zur Energiewende.
Den Rahmen bildet die **WORLD OF ENERGY SOLUTIONS, die internationale Konferenz- und Messeveranstaltung** für das Zusammenwachsen von Energieerzeugung, Speichersystemen und Mobilitätslösungen. Seien Sie mit dabei!

+ Konferenz
+ Messe
+ Seminare
+ Ride & Drive
+ Abendveranstaltung
+ f-cell award
+ International matchmaking

www.world-of-energy-solutions.de

Thema: Messen | **Autor:** Sven Geitmann

COMEBACK VON FRAMO

1. World Energy Summit in München

Abb. 1: Testfahrt auf dem eLiveDrive [Foto: Messe München]

Die *eCarTec Munich 2015* findet in diesem Jahr vom 20. bis 22. Oktober gemeinsam mit dem *World Mobility Summit,* dem erstmals unter diesem Titel laufenden Kongress, auf der Messe München in den Hallen H5 und H6 statt. Die *7. internationale Leitmesse für Elektro- und Hybrid-Mobilität* konnte im vergangenen Jahr zusammen mit der Parallelmesse *Materialica* 463 Aussteller und 12.000 Besucher aus 28 Ländern verbuchen. Diese Zahlen sollen jetzt nochmals gesteigert werden.

Der Hauptfokus liegt in München auf Engineering, Infrastruktur und natürlich den e-Fahrzeugen aller Art. Eines der Highlights könnte in diesem Jahr die Automobil-Traditionsmarke Framo werden. Die Arbeiten bei diesem Unternehmen wurden zwar in der Nachkriegszeit eingestellt, jetzt soll es aber wieder auferstehen – zumindest rein namentlich. Gemeinsam mit der CuroCon GmbH wird das im Juli 2014 neu gegründete Unternehmen Framo GmbH ein neues Elektromobilitätskonzept für Logistikfahrzeuge vorstellen. Geschäftsführer Andy Illgen erklärte: „Die Traditionsmarke Framo steht in Zukunft für mittelschwere e-Lkw von 12 bis 26 t sowie Ladetechnik und entsprechenden Service.“ Zudem kündigte er an, dass seine Kunden „nicht nur eine Reduktion der Betriebskosten von bis zu 60 %“ erwarten können“, sondern dass „sie zudem von einem zukunftsweisenden, geräuscharmen, abgasfreien und wartungsarmen Antriebskonzept, das hocheffizient arbeitet, profitieren“.

KONFERENZ MIT NEUEM TITEL Wie bereits in den Vorjahren finden parallel zur *eCarTec* die *sMove360,* Fachmesse für Connected & Autonomous Driving, sowie die *Materialica,* Fachmesse für Lightweight Design & Materialien für Elektromobilität und vernetztes & autonomes Fahren, statt. Parallel zu diesen drei Messen wird auch wieder ein dreitägiger Kongress abgehalten. Nachdem die begleitende Konferenz im vergangenen Jahr noch unter dem Titel *6. Internationaler Kongress für Elektro- und Hybrid-Mobilität* lief, trägt allerdings die komplett in Englisch erfolgende Vortragsveranstaltung ab sofort den Namen *World Mobility Summit.*

Als angekündigter Redner steht Dieter Althaus am zweiten Veranstaltungstag im Programm. Der ehemalige Ministerpräsident von Thüringen, der infolge seines Skiunfalls (Jan. 2009) nach der verlorenen Wahl im September 2009 zurückgetreten war, wechselte 2010 in die Wirtschaft. Seitdem ist er als Vizepräsident Governmental Affairs für den österreichisch-kanadischen Automobilzulieferer Magna Europe tätig und könnte eventuell über Details der Entwicklungsarbeiten an Kryogen-Tanks berichten (s. BMW-Artikel S. 34). Gegenüber *HZwei* dementierte er jedoch, für die *eCarTec* als Redner zugesagt zu haben. ||

25 % FRÜHBUCHER-RABATT FÜR H2-INTERNATIONAL

H2 INTERNATIONAL NEWSLETTER FOR HYDROGEN AND FUEL CELLS international

Der Hydrogeit Verlag bietet einen neuen Informationsdienst an, der weltweit über das aktuelle Geschehen im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technik berichtet. *H2-international* ist Blog und Newsletter in einem. Unter www.h2-international.com werden seit Juli 2015 regelmäßig auf Englisch neue Meldungen und Fachberichte veröffentlicht, die umfangreich über die neusten Forschungsergebnisse und Entwicklungsfortschritte informieren.

Die Texte von *H2-international* basieren auf Beiträgen, die auf Deutsch auch in der Zeitschrift HZwei, dem Magazin für Wasserstoff und Brennstoffzellen, erscheinen. Die Mehrzahl dieser Berichte behandelt vorrangig Themen aus dem deutschsprachigen Raum, es werden aber auch zahlreiche Texte über internationale Aktivitäten veröffentlicht. So berichtet der US-amerikanische Wasserstoffexperte Robert „Bob“ Rose über die Entwicklungen in Nordamerika sowie Japan, während Börsenanalyst Sven Jösting die Aktienkurse insbesondere von US-amerikanischen Brennstoffzellenunternehmen analysiert und die Auslandskorrespondentin Alexandra Huss über verschiedene Regionen der Welt informiert.

Monatlich werden alle *H2-international*-Abonnenten per Newsletter über die neusten Beiträge informiert. Bislang waren alle Texte zur Ansicht kostenlos zugänglich. Ab Oktober 2015 werden aber nur noch die Überschriften sowie die Teaser frei einsehbar sein. Die Lektüre der kompletten Beiträge wird dann kostenpflichtig. Wer jedoch bis zum 31. Oktober ein Jahres-Abonnement bestellt, spart als Frühbucher 25 % der anfallenden Kosten. ||

→ www.h2-international.com

Thema: Messen | **Autor:** Sven Geitmann

DEN MARKT VOR AUGEN

WES & green2market in Stuttgart

Abb. 1: Das Ride&Drive-Angebot wird in diesem Jahr noch ausgeweitet.

Vom 12. bis 14. Oktober 2015 zieht es die Wasserstoff- und Brennstoffzellen sowie die Energiespeicher-Community wieder nach Stuttgart zur alljährlichen *World of Energy Solutions.* Die Messe zeigt in diesem Jahr wieder auf 1.500 Quadratmetern Ausstellungsfläche, was die Branche zu bieten hat, von einzelnen Komponenten bis zu kompletten Systemlösungen, von Brennstoffzellen über Elektrolyseure bis hin zu Batterien, sowohl für den Automobilsektor als auch für stationäre Anwendungen sowie für Informationstechnologie. Stärker als in den vergangenen Jahren rückt dieses Mal der Markt in den Fokus, sowohl durch *green2market* als auch durch die thematische Ausrichtung der *f-cell*-Konferenz.

Nach Jahren der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wird jetzt noch stärker als zuvor der Blick auf den Markt für Brennstoffzellen gerichtet. Aus diesem Grund wird in diesem Jahr im Konferenzteil ausgiebig über Aspekte wie Kundenorientierung und Finanzierung diskutiert und über die Frage, wie man Kunden für innovativ-nachhaltige Technologien begeistern kann. Dazu sagte Prof. Frank Motte von der Hochschule Aalen im Vorfeld: „Eine brillante technische Idee allein reicht nicht aus. Gerade für junge Unternehmen ist es schwierig, eine Projektfinanzierung zu stemmen. In der Finanz-Session beleuchten wir unterschiedliche Aspekte: vom Crowdfunding über Anleihen bis zum Börsengang auch für KMUs."

Erstmals wird in diesem Jahr die *green2market* die Frage diskutieren: „Wie können Sie Ihr grünes Projekt besser an den Mann oder an die Frau bringen." Die Organisatorin Angela Imdahl bezeichnete als das Besondere dieser Veranstaltung, dass „die Teilnehmer durch kleine, hochrangig besetzte und professionell moderierte Workshops im Fishbowl-Format die Chance bekommen, eigene Fragen einzubringen und mit Gleichgesinnten und Experten in den Dialog einzutreten". Weiterhin werden die Teilnehmer mit international renommierten Umweltpsychologen und Experten aus Marketing und Innovationsmanagement ins Gespräch gebracht. Fragen können den Veranstaltern vor dem Forum übermittelt werden, damit diese dann während der Veranstaltung aufgegriffen und diskutiert werden.

Außerdem wird Peter Devlin vom Department of Energy (DOE) die neue Dekarbonisierungsstrategie des US-Präsidenten Obama erläutern. Darüber hinaus gibt es Einblicke in Projekte zahlreicher Länder. So wird beispielsweise über die Erfahrungen von E-Carsharing-Projekten in London und Paris berichtet sowie von Batterie-Speicherkraftwerke in Süd-Korea und Brennstoffzellen-Insellösungen in Südafrika.

HANDWERKER-SEMINAR Im WES-Rahmenprogramm gibt es unter anderem wieder ein Ride&Drive-Angebot. Für Testfahrten stehen dieses Mal beispielsweise ein Tesla *Model S,* ein Audi *A3 e-tron,* ein Toyota *Mirai* sowie ein 6-Tonner (FUSO *Canter E-Cell*) bereit. Zudem werden wieder Praxisseminare für Stadtwerke, Energieberater und Installationsbetriebe sowie für Lehrer abgehalten. Bei dem Seminar „Brennstoffzellenheizgeräte – Entwicklungschancen für Betriebe", das am 14. Oktober stattfindet, werden die Teilnehmer in Theorie und Praxis an die Technik der Brennstoffzellenheizgeräte herangeführt – von den Grundlagen der Brennstoffzelle über die Einbindung in die Haustechnik bis hin zu den Vermarktungschancen. Geleitet wird das speziell auf das SHK- und Elektro-Handwerk ausgerichtete Seminar von Prof. Dr. Manfred Hoppe, Forschungsgruppe Praxisnahe Berufsbildung, und Axel Lange, Handwerkskammer Osnabrück.

Während dieses Seminars wird Prof. Hoppe zudem bekanntgeben, welche Klassen an den „Erlebnistagen Brennstoffzellen und mehr" im forumKWK des Bildungs- und TechnologieZentrums Osnabrück teilnehmen werden. An den Erlebnistagen werden insgesamt fünf Berufsschulklassen zwei Tage lang praktische Erfahrungen im Umgang mit den beiden dortigen BZ-Heizgeräten sammeln. Mehr Informationen dazu gibt es im *HZwei* Januar-Heft 2016 sowie unter www.fuelcellknowhow.com.

Neu ist in diesem Jahr, dass auch ein Vermittlungsservice angeboten wird, um schnell und einfach den passenden Kooperationspartner zu finden (matchmaking event).

Die Ausstellerzahl wird ähnlich hoch liegen wie 2014, das Ausstellungskonzept wurde allerdings in enger Abstimmung mit dem VDMA nochmals grundlegend neu aufgestellt. Von Interesse dürfte der Niederlande-Stand sein, auf dem auch Tesla vertreten ist, und auch das DLR hat eine Neuigkeit angekündigt. ||

ECARTEC- UND WES-FREIKARTEN

Der Hydrogeit Verlag ermöglicht allen *HZwei*-Lesern auch in diesem Jahr wieder einen kostenfreien Zutritt zu den zwei Branchentreffs im Herbst 2015: zur *World of Energy Solutions* in Stuttgart (12. bis 14. Oktober) und zur *eCarTec* in München (20. bis 22. Oktober). Für beide Messen ist allerdings eine vorausgehende Registrierung erforderlich. Bei Interesse wenden Sie sich bitte einfach an die *HZwei*-Redaktion. ||

Thema: Hausenergie | **Interviewpartner:** Guido Gummert

CFC-ÜBERNAHME WAR EINE WIN-WIN-SITUATION

Interview mit Guido Gummert von SOLIDpower

Abb. 1: Guido Gummert

Das deutsch-australische Unternehmen Ceramic Fuel Cells stand kurz vor der Schließung: Zunächst hatte die australische Mutterfirma Ceramic Fuel Cells Limited und dann auch die deutsche Tochterfirma Ceramic Fuel Cells GmbH Insolvenzverfahren eröffnet. Doch dann kam SOLIDpower S.p.A. als Retter in der Not. Das deutsch-italienische Unternehmen mit Sitz in Mezzolombardo, Südtirol, das lange Zeit im Stillen werkelte, verpflichtete zunächst mit Guido Gummert einen langjährigen Branchenkenner und präsentierte anschließend auf der Hannover Messe 2015 seine Pläne, innerhalb kurzer Zeit eine aktive Rolle auf dem europäischen Markt für Brennstoffzellen-Heizgeräte spielen zu wollen. Dann überraschte es im Juli 2015 mit der Meldung, das Geschäft der Ceramic Fuel Cells GmbH (CFC) zu übernehmen. Ausreichend Gründe für *HZwei,* um mit dem Geschäftsführer von der SOLIDpower GmbH, Guido Gummert, zu sprechen.

HZwei: Sehr geehrter Herr Gummert, fangen wir zunächst mal bei Ihren Ursprüngen an: Sie waren Ende der 1990er Jahre Gründer von european fuel cell, die von der Hamburg Gas Consult GmbH (HGC), einem Tochterunternehmen der Hein Gas Hamburger Gaswerke GmbH (heute zu E.ON gehörend), für die Entwicklung von Brennstoffzellen-Heizgeräten ins Leben gerufen wurde. Gemeinsam mit Ihrem damaligen Schwesterunternehmen Senertec wurde efc im August 2002 von der britischen Baxi Group übernommen. Ist das so weit erst einmal korrekt?

Guido Gummert: Ja, das ist im Wesentlichen korrekt.

HZwei: Im März 2007 wurde efc umbenannt in Baxi Innotech. 2009 gab es dann die Übernahme des Unternehmens durch den britisch-niederländischen Heizgerätehersteller BDR Thermea und 2013 eine vom Konzern verordnete Eingliederung bei Senertec. Sie verließen damals das Unternehmen. Warum und was passierte dann?

Gummert: Die Baxi Innotech existiert weiterhin und ist heute in der Entwicklung tätig, die Geräte werden allerdings seitdem von Toshiba hergestellt. Baxi Innotech und die Technik haben inzwischen einen anderen Stellenwert innerhalb der Gruppe bekommen. Man war bestrebt Synergien innerhalb der Gruppe zu nutzen, von denen nach meiner Einschätzung die Firma Senertec auch profitierte.

HZwei: Kurze Nachfrage noch: Warum verabschiedeten Sie sich von „Ihrem" Unternehmen? Waren Sie mit dieser Eingliederung bei Senertec nicht einverstanden?

Gummert: Es war, wie gesagt, der für mich erkennbar veränderte Stellenwert, den man der Technologie innerhalb der BDR-Thermea-Gruppe zu geben beabsichtigte. Das führt zwangsläufig dazu, Ziele und Positionen auf ihre Machbarkeit hin zu überdenken.

HZwei: Verstehe, Sie waren dann einige Monate lang von der Bildfläche verschwunden und tauchten schließlich in Italien wieder auf. Wie kamen Sie dorthin?

Gummert: Manche Branchenwege führen auch mal über verschlungene Pfade und meiner über die Alpen. Dort ist man auf mich aufmerksam geworden, und das SOFC-Entwicklungskonzept der damaligen SOFC-Power, heute SOLIDpower, hat mich gleich überzeugt. Einen Wettbewerber vom fachlichen Gewicht der CFC, so war ich überzeugt, kann die Branche gut gebrauchen. Eine SOFC-Technik mit diesem extrem hohen Wirkungsgrad und einem großen Kostenreduzierungspotenzial ist in der Branche so gut wie nicht präsent.

HZwei: Ist denn CFC an Sie herangetreten wegen einer Geschäftsübernahme oder umgekehrt?

Gummert: CFC hat im Rahmen des Insolvenzverfahrens über eine internationale Ausschreibung nach Investoren gesucht. Die profunde Erfahrung in der Praxis, die es bereits mit über 570 *BlueGEN* gab, ist für uns von immensem Wert. Die vorhandenen Strukturen für Vertrieb und Service sind zudem für uns eine gute Ergänzung. Unterm Strich lag es für uns nahe, ein entsprechendes Angebot abzugeben. Dass wir uns hier am Ende durchsetzen konnten, freut uns heute natürlich sehr.

HZwei: SOLIDpower war bislang in Deutschland noch nicht sonderlich bekannt. Bitte erklären Sie kurz in zwei, drei Sätzen die Besonderheiten dieses Unternehmens.

Gummert: Mit der Entwicklung im schweizerischen Technologiecenter in Yverdon les Bains, der Produktentwicklung in Mezzolombardo und der dortigen Stackfertigung für SOFC mit enormen Kostenreduzierungspotenzialen wurde die Basis für das Produkt der SOLIDpower, die *EnGen 2500* mit 2,5 kW_{el}, geschaffen. Mit dem Standort in Deutschland haben wir die Vermarktung unserer hocheffizienten SOFC-Technik vorangetrieben. Unseren Erfolg verdanken wir auch dem starken Commitment unserer Investoren, die gemeinsam mit uns das große Marktpotenzial dieser Technik sehen. Wir können aus voller Überzeugung sagen, dass die Technik für die Energiewende in unserem Hause angesiedelt ist.

HZwei: Sie haben bisher stets an PEM-Brennstoffzellen gearbeitet. Ist es nicht eine sehr große Umstellung, jetzt plötzlich bei fast 800 °C anstelle von 80 °C zu arbeiten?

Gummert (lacht): Wissen Sie, jede der beiden Technologien hat ihre spezifischen Vor- und Nachteile. Entscheidend ist am Ende doch, dass man aus dieser oder jener Technologie heraus auch ein wettbewerbsfähiges und qualitativ hochwertiges Produkt entwickeln kann, das vom Markt angenommen wird. Ich möchte gerne zeigen, dass dies auch mit der Produktion in Europa gelingt: Nah am Kunden, mit hochqualifizierten Partnern im Markt.

HZwei: Bei unserem letzten Gespräch fragte ich bereits, was in Italien besser läuft als in Australien. Es hieß, bei SOLIDpower sei eine günstigere Fertigung und eine größere Produktionstiefe möglich. Reicht das aus, damit Ihnen nicht das gleiche Schicksal widerfährt wie CFC, die ja im März 2015 Insolvenz anmeldeten?

Gummert: Nun, dies sind schon mal zwei sehr wichtige Faktoren für einen nachhaltigen Erfolg. SOLIDpower ist aber auch als Unternehmensgruppe anders aufgestellt als CFC. Dadurch dass wir kein börsennotiertes Unternehmen sind, ergeben sich für uns andere, flexiblere Möglichkeiten. Gleichzeitig wollen wir natürlich auch von den umfangreichen Erfahrungen von CFC und den Mitarbeitern profitieren, um etwaige Herausforderungen frühzeitig zu erkennen und uns strategisch entsprechend aufzustellen.

HZwei: Bitte erlauben Sie uns ein paar Einblicke hinter die Kulissen: Wie viel musste SOLIDpower für CFC hinblättern?

Gummert (lacht wieder): Einen angemessenen Betrag, mehr kann ich dazu nicht sagen. Die neuen Kollegen sind aufgrund ihrer Erfahrungen unbezahlbar. Zusammen mit dem SOLIDpower-Team hat sich die Unternehmensgruppe wieder ein Stück näher an die Weltspitze der Branche bewegt.

HZwei: Wer steht denn als Investor hinter SOLIDpower, dass Sie sich solche Rettungsaktionen leisten können?

Gummert: Die Investition in die CFC war eine knallhart kalkulierte Investition mit einer Win-win-Situation für alle Beteiligten. Unsere Investoren haben natürlich eine entscheidende Rolle gespielt, und ich bin allen Beteiligten sehr dankbar, dass diese Investition möglich wurde. In dem sehr konservativen Energiemarkt erscheint diese Investition als etwas Besonderes. Wer aber die Technik kennt und Erfahrung mit internationalem Management besitzt, der erkennt das Potenzial des *BlueGEN* mit dem weltweit höchsten elektrischen Wirkungsgrad von über 60 %. *BlueGEN* und *EnGen* sind die Produkte für die Energiewende. Und: Sie sind heute serienreif! Wenn Sie einmal durch die Fertigungsstätten in Mezzolombardo und Heinsberg gehen, verstehen Sie, was ich meine.

HZwei: Ist denn bei diesem Deal nur die CFC GmbH eingeschlossen oder auch die australische Mutterfirma?

Gummert: Wir haben die Assets und die Mitarbeiter der in Deutschland ansässigen CFC GmbH übernommen. Neben dem europäischen Vertrieb und dem Service umfasst dies auch die Produktionsstätte in Heinsberg.

HZwei: Was passiert denn nun mit dem australischen Hauptsitz und den dortigen Mitarbeitern?

Gummert: Die Assets der australischen Muttergesellschaft wurden von einem anderen Bieter übernommen, über dessen Pläne ich nicht spekulieren möchte. Wir sind jedoch bemüht, einige Schlüsselpersonen in Australien für uns zu gewinnen.

HZwei: In Ihrer Pressemeldung hieß es, dass Sie alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter hier in Heinsberg übernehmen und die Geschäfte weiter ausbauen wollen. Können Sie dies auch heute noch zusichern?

Gummert: Wir haben bereits alle Mitarbeiter übernommen und sind jetzt dabei, das Geschäft wieder herzustellen und anschließend weiter auszubauen. Konkret bedeutet das, dass wir den bestehenden Kunden neue Serviceverträge bieten, zuerst in Deutschland. Die anderen europäischen Länder werden selbstverständlich folgen, der Markt ist einfach da für diese ausgereifte Technologie. Neukunden werden akquiriert, und noch im August konnten bereits die ersten zehn Aggregate mit dem SOLIDpower-Label an die Kunden ausgeliefert werden. Ich glaube, dass sich alle bei SOLIDpower freuen, dass wir als neue Inhaber die Geräte mit dem Signum „BlueGEN“ ausliefern. Wir spüren: Das ist die beste Motivation, die unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zuteilwerden kann.

HZwei: Welche Geräte sollen denn zukünftig dort gefertigt werden: deren BlueGen- oder Ihre EnGen-Aggregate?

Gummert: Es gibt nicht den *BlueGEN* von denen dort in Heinsberg, ebenso wenig wie es das *EnGen*-Gerät von jenen in Mezzolombardo geben wird. Der Vertrieb und Service, das Produktmanagement und die Fertigung der SOLIDpower-Gruppe sind schon jetzt für beide Produkte verantwortlich. Es gibt so viel Erfahrung und Know-how, von denen unsere Kunden und Marktpartner künftig profitieren werden. Der *BlueGEN* wird natürlich weiter am Standort Heinsberg gebaut. Über 29 Mio. Euro hat die CFC hier in die Serienfertigung des ***BlueGEN*** investiert. Die Anlagenfertigung der *EnGen 2500* wird weiterhin in Mezzolombardo erfolgen. Zum Aufbau der *EnGen*-Serienfertigung kann ich, mit Verlaub, an dieser Stelle noch nichts sagen.

HZwei: Wird es denn weiterhin zwei Gerätetypen geben, oder ist eine Verschmelzung mit jeweils dem Besten aus zwei Systemen vorgesehen?

Gummert: Unser langfristiges Ziel ist es, eine Technologieplattform zu entwickeln, die die Vorteile vereint und für verschiedene Einsatzzwecke adaptiert werden kann. Bis dahin werden wir jedoch an unseren aktuellen Produkten und Marken festhalten und diese weiter stärken.

HZwei: Was passiert mit der CFC-Firmenleitung? Behalten die bisherigen Manager ihre Positionen?

Gummert: Ich freue mich, dass nicht nur die Mitarbeiter der ehemaligen CFC uns bei der Wiederaufnahme des *BlueGEN*-Geschäftes unterstützen, sondern auch, dass die ehemalige Geschäftsleitung der CFC nun die Führungsriege der SOLIDpower verstärkt. Dadurch bleiben unseren Kunden die ihnen bekannten Ansprechpartner erhalten. Sollten hier Änderungen von öffentlichem Interesse vorgenommen werden, würden wir dies entsprechend kommunizieren.

HZwei: Werden Sie dann also demnächst von Hamburg nach Heinsberg umziehen?

Gummert: Das hat mich der Bürgermeister von Heinsberg Herr Dieder auch schon gefragt. Ich konnte ihm zusichern, dass die Firma nicht nach Hamburg umzieht. Das war, glaube ich, viel wichtiger für ihn.

HZwei: Welche Schritte sind jetzt als Nächstes geplant? Wird das Unternehmen CFC bei SOLIDpower integriert, so dass mittelfristig dieser Name verschwindet und nur noch die Marke „BlueGen“ bestehen bleibt?

Gummert: Natürlich werden wir die Unternehmen zusammenführen und die Synergie innerhalb der Gruppe nutzen. Dazu gehören auch Maßnahmen zur weiteren Produktkostenreduzierung. So wird Heinsberg unser Standort für Vertrieb, Service und *BlueGEN*-Serienfertigung sein. Entwicklung von Technik und Produkten sowie die Stackfertigung verbleiben an den originären Standorten. Mit *ene.field I* werden wir die Ziele in 2015 erreichen, das ist gesichert. Weitere angekündigte Förderung der EU und das Technologieeinführungsprogramm werden der Brennstoffzellentechnik zu einem erfolgreichen Markteinstieg verhelfen. Die Marke „BlueGEN“ wird von nun an unter der Flagge von SOLIDpower geführt werden. Der Name CFC wird für uns am Markt in Zukunft wohl keine Rolle mehr spielen.

HZwei: Lieber Herr Gummert, herzlichen Dank für das Interview.

Thema: Hausenergie | **Autoren:** Alexander Dyck, Peter Wagner

EU-PROJEKT KOMBINIERT ENTWICKLUNGEN

CISTEM – Optimierter Einsatz von HT-PEM-Brennstoffzellen in KWK-Einheiten

Intelligente Stromnetze und Smart-Grid-Systeme erfordern zunehmend dezentrale Technologien, die Energiespeicherung und -wandlung kombinieren. Vor diesem Hintergrund wird im Rahmen des EU-Projektes *CISTEM (Construction of Improved HT-PEM MEAs and Stacks for Long Term Stable Modular CHP Units)* eine auf Hochtemperatur-Polymerelektrolyt-Membranen-Brennstoffzellen (HT-PEM BZ) basierende Kraft-Wärme-Kopplungs-Technologie (KWK) entwickelt, die eine elektrische Leistung von bis zu 100 kW_{el} liefern kann. Neben der Stromerzeugung wird auch die von der HT-PEM-Brennstoffzelle produzierte Wärme lokal oder per Fernwärme genutzt. Zudem wird die Anlage auf der Brennstoffseite flexibel ausgelegt, damit sie sowohl mit Wasserstoff und Sauerstoff, die durch eine Elektrolyse bereitgestellt werden können, als auch mit Erdgas betrieben werden kann.

Die Grundidee des Projekts ist eine kombinierte Entwicklung der Brennstoffzellen und des KWK-System-Designs. Diese Kombination bietet die Möglichkeit, eine optimierte Brennstoffzellen-Technologie für die speziellen Anforderungen eines KWK-Systems in Bezug auf Effizienz, Kosten und Lebensdauer zu entwickeln (s. Abb. 1). Zudem kann die KWK-Systementwicklung die speziellen Vor- und Nachteile dieser Technologie einbeziehen, um ein optimiertes Design des Brennstoffzellensystems zu gewährleisten.

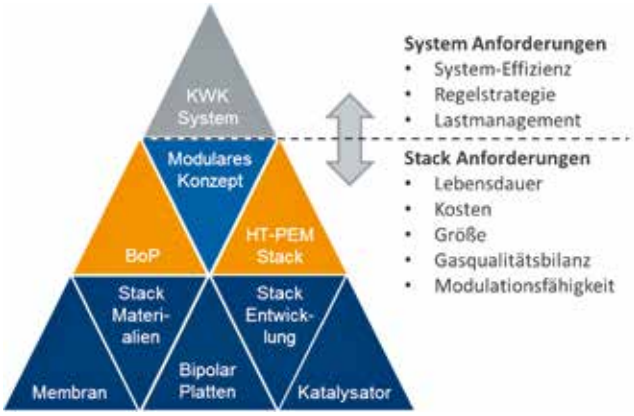


Abb. 1: Übersichtsplan des Projektvorhabens

Das Projekt *CISTEM* soll die Anwendbarkeit der HT-PEM-Technologie innerhalb von mittelgroßen KWK-Systemen (5 bis 100 kW_{el}) nachweisen. Zu diesem Zweck wird ein KWK-System mit einer Leistung von 100 kW_{el} zu Demonstrationszwecken in einer HiL-Umgebung (Hardware in the Loop) installiert. Ein KWK-System dieser Größenordnung ist besonders für die lokale Strom- und Wärmeversorgung (z.B. einer Siedlung mit mehreren Einfamilienhäusern) geeignet. Das aktuell entstehende System wird modular aus Brennstoffzelleneinheiten aufgebaut, die jeweils aus zwei Stacks mit jeweils 4 kW_{el} und einem Reformer bestehen. Diese Strategie der Zusammenschaltung kleinerer Module bietet die Möglichkeit einer Anpassung der KWK-Systemgröße an ein breites Spektrum von Anwendungen mit skalierbaren Leistungsanforderungen, zum Beispiel für unterschiedliche Gebäudegrößen oder Anforderungen spezieller Spitzenkraftanlagen an die Energieversorgung.

MODULARE ANPASSUNG Innerhalb von *CISTEM* werden als Hardware mindestens zwei 4 kW_{el}-Stacks zusammen mit einem Reformer als Modul zur Anwendung gebracht. Weitere 14 Module werden in Tests als emulierte Module in Hardwareschleifen (HiL) eingesetzt.

Die Vorteile dieser 8-kW_{el}-Module sind:

- Niedrige Herstellungskosten durch vereinfachte Fertigung
- Höhere Systemeffizienz durch die gerichtete Einbindung der verschiedenen Module
- Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten während des Betriebs möglich („on the run“)
- Höhere Stabilität und Zuverlässigkeit sowie höherer Nutzungsgrad des Gesamtsystems

Der HiL-Ansatz ermöglicht, kombiniert mit der Aufskalierung bis zu 100 kW_{el}, die Simulierung verschiedener Anwendungs- und Klimabedingungen, welche die europaweiten unterschiedlichen Lastanforderungsprofile zwischen Nord-, Mittel- und Südeuropa darstellen. Somit lässt sich die Steuerung des KWK-Systems entsprechend diesen Lastprofilen optimieren.

Eine Erhöhung der elektrischen Effizienz der Brennstoffzellen wird sowohl durch die Nutzung des Sauerstoffs aus der Elektrolyse, der normalerweise nicht genutzt wird, als auch durch die allgemeine Verbesserung der eingesetzten Brennstoffzellen erreicht. Zusätzlich kann die Gesamtenergieeffizienz durch die zusätzliche Verwendung der produzierten Wärme auch im Fernwärmesystem gesteigert werden. Letzteres wird durch die höheren Arbeitstemperaturen der HT-PEM-Brennstoffzellen zwischen 140 und 180 °C möglich.

MATERIALIEN ÜBERTREFFEN ERWARTUNGEN Ein Kernpunkt von *CISTEM* ist die Optimierung der Membran-Elektroden-Einheiten (MEA) bezogen auf die Lebensdauer und die Leistungsentwicklung. Hierfür wurden die PBI-basierten Membranen, der Katalysator und auch der Aufbau der MEAs weiterentwickelt und modifiziert. Diese Einzelzellen weisen eine hohe Lebensdauer auf und zeichnen sich durch Degradationsraten von weniger als -4 µV/h bei Langzeittests unter konstanter Last sowie bei Wasserstoff und Luft als Betriebsgasen aus. Diese besonders niedrigen Degradationsraten lassen deutlich über 20.000 Betriebsstunden erwarten. Eingesetzt werden diese neuen MEAs sowohl in kleinen Test-Brennstoffzellenstapeln als auch in vollständigen Stacks, die in die endgültigen Module eingebaut werden. Auch Materialien für Bipolarplatten und Dichtungen vom Projektpartner Eisenhuth wurden getestet und weiterentwickelt.

DEGRADATIONSUNTERSUCHUNGEN Mit diesen Beyond-State-of-the-Art-MEAs sowie mit solchen nach Stand der Technik sind im Rahmen des Projektes eine Vielzahl von Experimenten durchgeführt worden, zum Beispiel Langzeittests oder beschleunigte Alterungstests für Einzelzellen und kleine Stapel an Brennstoffzellen-Testständen. Die Charakterisierung dieser Zellen erfolgt elektrochemisch mit Hilfe von Strom-Spannungskennlinien, Impedanzspektroskopie und unterschiedlichen Voltammetrie-Methoden. Diese elek-

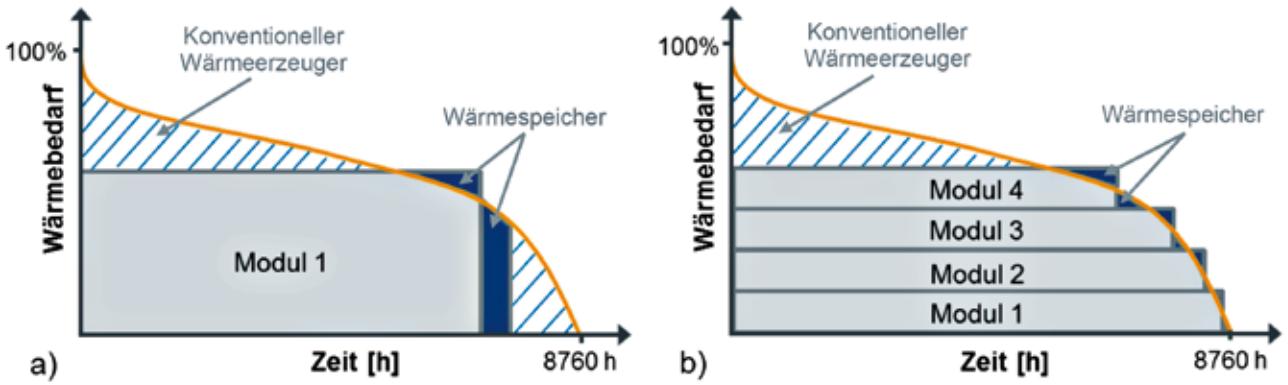


Abb. 2: Prozessdarstellung der Jahreslastkurve mit unterschiedlichen KWK-Systemen: a) konventioneller Aufbau; b) modularer Aufbau

trochemischen Verfahren werden durch Produktwasseranalysen vervollständigt, um den Platin- oder aber Phosphorsäureaustrag zu bestimmen. Mit Hilfe von ante- und post-mortem bildgebenden Methoden wie der Rasterelektronenmikroskopie und der Mikro-Computertomographie können mechanische und strukturelle Defekte oder auch das thermische Relaxationsverhalten innerhalb einer MEA sichtbar gemacht werden.

MATHEMATISCHE MODELLIERUNG Eine weitere Methode im Bereich der Degradationsuntersuchungen stellt die mathematische Modellierung dar. Mit ihrer Hilfe kann unter anderem der Einfluss von Flussfeld-Geometrien oder auch unterschiedlichen Betriebsstrategien auf die Degradation der Einzelzellen und Stacks berechnet und vorausgesagt werden. Hierfür werden die Ergebnisse der Laboruntersuchungen an Brennstoffzellen-Testständen hinzugezogen. In einem ersten Schritt wurde ein zweidimensionales mathematisches Modell eines HT-PEM-Brennstoffzellenstacks, bestehend aus 100 Einzelzellen, berechnet und in ein dreidimensionales Modell überführt.

In einem folgenden Schritt wurde die Anpassung des stationären an ein dynamisches Modell vorgenommen. Bei der Generierung des Brennstoffzellenstack-Modells wurden die Daten der im Projekt entwickelten Komponenten (zum Beispiel Bipolarplatten inklusive Flussfelder) sowie die Testergebnisse verwendet. Mit Hilfe der dynamischen 3D-Modelle lassen sich zudem Parameter wie beispielsweise Stoffnutzungsgrad und Strömungswiderstand ermitteln und gegebenenfalls anpassen.

BALANCE-OF-PLANT-DESIGN Bei der Planung und Entwicklung des KWK-Systems wurden die Lebensdauer, die Kosten der einzelnen Komponenten und ein möglichst hoher elektrischer Wirkungsgrad des Gesamtsystems berücksichtigt. Des Weiteren mussten bei der Auslegung des Systems rechtliche und sicherheitsbedingte technische Anforderungen einkalkuliert werden. Zusätzlich zur Entwicklung der einzelnen Systemkomponenten (z. B. Reformer und Prozessor) wurden diese getestet, angepasst und in das Gesamtsystem integriert. Im Rahmen des Projektes CISTEM werden alle Komponenten für zwei 4-kW_{el}-Stacks sowie das Modul aufgebaut und erprobt. Dies beinhaltet auch den Aufbau zweier vollständiger Brennstoffzellenstapel sowie eines Reformers (s. Abb. 3).

Abb. 3: Reformer, entwickelt von ICI-Caldaie Spa

Um einen geeigneten Aufbau des KWK-Systems zu gewährleisten, wurde ein Konzept entwickelt, das die Systemfaktoren (Modulgröße, Systemparameter, Betriebsstrategie) ebenso berücksichtigt wie die regionalen Bedürfnisse in Europa (nordeuropäische Länder wie Norwegen/Finnland, Zentraleuropa mit Deutschland oder Südeuropa mit Italien und Spanien). Auf dieser Basis wurde eine optimierte Betriebsstrategie festgelegt. ||

Innerhalb des Projektes CISTEM kooperieren acht Partner aus Industrie und Forschung aus fünf europäischen Ländern:

- Next Energy · EWE-Forschungszentrum für Energietechnologie e. V., Deutschland
- Danish Power Systems APS, DPS, Dänemark
- inhouse engineering GmbH, Deutschland
- Eisenhuth GmbH & Co. KG, Deutschland
- Universidad de Castilla – La Mancha, UCLM, Spanien
- Vysoka Skola Chemicko-Technologicka v Praze, UCTP, Tschechische Republik
- ICI Caldaie Spa, Italien
- Öl-Wärme-Institut GmbH, OWI, Deutschland

Die Autoren bedanken sich bei der Europäischen Kommission, die das Projekt *CISTEM* im Rahmen des Seventh Framework Programme unterstützt (GA-Nummer: 325262, Laufzeit: 01.06.2013 – 31.05.2016).

Autoren:

Dr. Alexander Dyck
→ alexander.dyck@next-energy.de

Peter Wagner
→ peter.wagner@next-energy.de

beide Next Energy · EWE-Forschungszentrum für Energietechnologie e.V., Oldenburg

Quelle: Energiepark Ewald

Thema: Energiespeicherung | **Autor:** Thorben Müller

AUTARKER ENERGIEPARK EWALD

Lokales Konzept zur optimierten Nutzung regenerativer Energien

Die größte Herausforderung bei der Energiewende wird in Zukunft die räumliche und zeitliche Trennung von Erzeugung und Verbrauch sein. Diese überregionale Thematik verlangt vermeintlich nach überregionalen Lösungen. Dass jedoch auch regionale Konzepte in der Lage sind, einen wichtigen Beitrag zu leisten, konnte mit der Studie *Energiepark Ewald* für die *Wasserstoffstadt Herten* gezeigt werden.

Objekt der Studie war das Gewerbegebiet Ewald in Herten. An dem bis zum Jahr 2000 aktiven Bergbaustandort ist heute ein Gewerbegebiet mit den Schwerpunkten Dienstleistung und Logistik entstanden. Bis heute wurden so etwa 1.300 Arbeitsplätze geschaffen. Damit steht das Gewerbegebiet exemplarisch für einen erfolgreichen Strukturwandel.

Eine Sonderstellung in diesem Gebiet nimmt das *Anwenderzentrum h2herten* ein. Das Technologiezentrum für die Wasserstoff- und Brennstoffzellenbranche verfügt über eine einzigartige Modellanlage zur Erprobung einer zu 100 Prozent erneuerbaren Stromversorgung. Als Speichermedium dient ein Hybridsystem aus Wasserstoff- und Batteriespeichern.

Diesen Innovationsgeist galt es auf die Energieversorgung des Gewerbegebiets zu übertragen. Die Grundlage bildeten die bereits seit 1997 bestehende 1,5-MW-Windkraftanlage auf der benachbarten Halde sowie insgesamt 680 kW_{peak} installierte Photovoltaikleistung.

HOHE BEDARFSDECKUNG Wird das volle Standortpotenzial vor Ort ausgeschöpft, können Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von bis zu 3,5 MW_{peak} sowie eine 3-MW-Windkraftanlage installiert werden. Damit kann eine direkte Deckung des Strombedarfs von über 70 % erreicht werden, bei einem wirtschaftlichen Optimum im Bereich von 65 bis 70 %. Bilanziell wird bei vollständigem Ausbau sogar ein Überschuss von 30 % der erzeugten Menge generiert. Es ist also durchaus möglich, ein Gewerbegebiet zum überwiegenden Teil durch erneuerbare Energien mit Strom zu versorgen, ohne dafür große Freiflächen zu nutzen. Industrielle Großverbraucher können so allerdings nicht versorgt werden.

NUTZUNG LOKALER ÜBERSCHÜSSE Der hohe Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung hat gleichzeitig auch erhebliche Überschüsse zur Folge. Etwa die Hälfte des in diesem Szenario erzeugten Stroms kann nicht direkt vor Ort verbraucht werden. Sollte es in Zukunft nicht mehr möglich sein, diese Überschüsse ohne weiteres an das Netz abzugeben, müssen sie also anderweitig genutzt werden. Hierfür gibt es mehrere Optionen.

Da bei einem Gewerbegebiet der Strom hauptsächlich tagsüber verbraucht wird, sind Batteriespeicher in Verbindung mit Solaranlagen nicht sinnvoll. Auch der Lastgang der Windkraftanlage lässt keine effiziente Nutzung von Batteriespeichern zu. Wasserstoffbasierte Speichersysteme sind aus technischer Sicht deutlich besser geeignet. Sie erlauben es, die saisonalen Schwankungen auszugleichen und auf diese Weise den Strombezug aus dem Netz weiter zu reduzieren. Anteile von über 80 % erneuerbarer Energien an der Stromversorgung sind auf diese Weise durchaus realistisch. Dagegen spricht allerdings die Wirtschaftlichkeit solcher Systeme.

Wirtschaftlicher ist der Einsatz von Überschüssen in der Mobilität. Eine Option ist die Nutzung von Überschüssen während der Arbeitszeiten, um die Elektrofahrzeuge der Beschäftigten aufzuladen. Vor allem der hohe Wirkungsgrad der Umwandlung ist dabei ein großer Vorteil. Allerdings bleiben auf diese Weise nachts anfallende Überschüsse außen vor. Will man alle Überschüsse nutzen, ist Wasserstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge der ideale Weg. Zudem ist

man nicht auf die Beschäftigten des Gewerbegebiets als Abnehmer angewiesen. Diese Flexibilität erkauft man sich mit größeren Energieverlusten. Die optimale Lösung wäre hier eine Kombination aus Wasserstoff- und Elektromobilität.

Die Nutzung überschüssiger Energie für die Wärmeerzeugung stellt die letzte Option dar. Zwar ist sie auf Grund der hohen exergetischen Verluste umstritten, jedoch wird keines der zuvor beschriebenen Systeme für die Spitzenlast der Stromerzeugung ausgelegt, um auf akzeptable Betriebsstunden zu kommen. Für diese Spitzenlasten stellt Power-to-Heat also eine durchaus denkbare Lösung dar. Insbesondere da das Gewerbegebiet an das Fernwärmenetz angeschlossen und somit ein Abnehmer für die Wärme jederzeit verfügbar ist.

ORGANISATORISCHE HINDERNISSE Alle beschriebenen Szenarien wurden unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit entwickelt. Dabei wurde allerdings eine bedeutende Vereinfachung angewendet: Das Gewerbegebiet wurde als ein einzelner Akteur betrachtet. Dies ist in der Realität nur schwer umzusetzen. Neben der Herausforderung, mehrere Unternehmen zum gemeinsamen Handeln zu animieren, setzt vor allem der Gesetzgeber Grenzen. Gemeinschaftliche Konzepte zur Energieversorgung sind nur in engen Grenzen zu realisieren, welche eine Wirtschaftlichkeit am Ende ausschließen. Hier gilt es in Zukunft Geschäftsmodelle zu entwickeln, welche diese Hindernisse umgehen, oder auf eine Anpassung der Gesetzgebung zu hoffen. ||

Die Studie *Energiepark Ewald* wurde als Masterarbeit im Studiengang Energiesystemtechnik an der Westfälischen Hochschule in Gelsenkirchen verfasst. Sie ist ein Teilprojekt des *Hertener Klimakonzepts 2020+*. Im Juni 2015 wurde die Arbeit vom Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband (DWV) mit dem Innovationspreis 2015 ausgezeichnet.

Autor:

Thorben Müller
h2herten Anwender-Zentrum GmbH, Herten
→ t.mueller@herten.de

LANDESINITIATIVE LÄUFT AUS

Die Finanzierung der *Landesinitiative Energiespeicher und -systeme Niedersachsen* läuft am 31. Dezember 2015 aus. Derzeit ist seitens der Landesregierung Niedersachsen und der drei involvierten Ministerien nicht geplant, dass es eine Verlängerung geben wird. Somit wird es 2016 aller Voraussicht nach auch kein *Forum für Energiespeicher und -systeme* geben. Die Aufgaben der Landesinitiative werden allerdings voraussichtlich zumindest teilweise von der Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen GmbH übernommen.

Die Landesinitiative war hervorgegangen aus der 2004 gegründeten *Landesinitiative Brennstoffzelle Niedersachsen*, die 2009 ergänzt wurde um das Thema Batterie und 2010 um Elektromobilität *(Landesinitiative Brennstoffzelle & Elektromobilität Niedersachsen)*. Die Geschäftsstelle in Göttingen wurde stets geführt von der innos - Sperlich GmbH. ||

UNTERRICHTSMATERIAL
über Batterien und Brennstoffzellen

Jetzt für nur 5,00 EURO Unkostenpauschale bestellen

JAHRGANGSSTUFEN- UND FÄCHERÜBERGREIFENDES LEHRMATERIAL

Ausführliche Informationen zu Batterien und elektrischen Antrieben sowie Wasserstoff und Brennstoffzellen

LEHRMAPPE
mit 20-seitigem Lehrerheft
plus 30 Schülerblätter
+ CD-Rom

FÜR DIE JAHRGANGSSTUFEN 7 BIS 11

NOW | H2YDROGEIT Verlag

www.hydrogeit-verlag.de/shop

HYDROGEN
FUEL CELLS
BATTERIES

Europas größte Wasserstoff-, Brennstoffzellen- und Batterien-Plattform

- 150 Aussteller aus 25 Ländern
- 5.000 m² Ausstellungsfläche
- 15.000 m² Ride+Drive Außenfläche
- 150 Interviews und Präsentationen

25.–29. April 2016 ▪ Hannover ▪ Germany
Mehr Informationen unter **h2fc-fair.com**

Deutsche Messe
Energy
HANNOVER MESSE

Thema: Energiespeicherung | **Autor:** Niels Hendrik Petersen

KLEINE HELFER

Power-to-Gas – Mikroben sollen Kosten senken

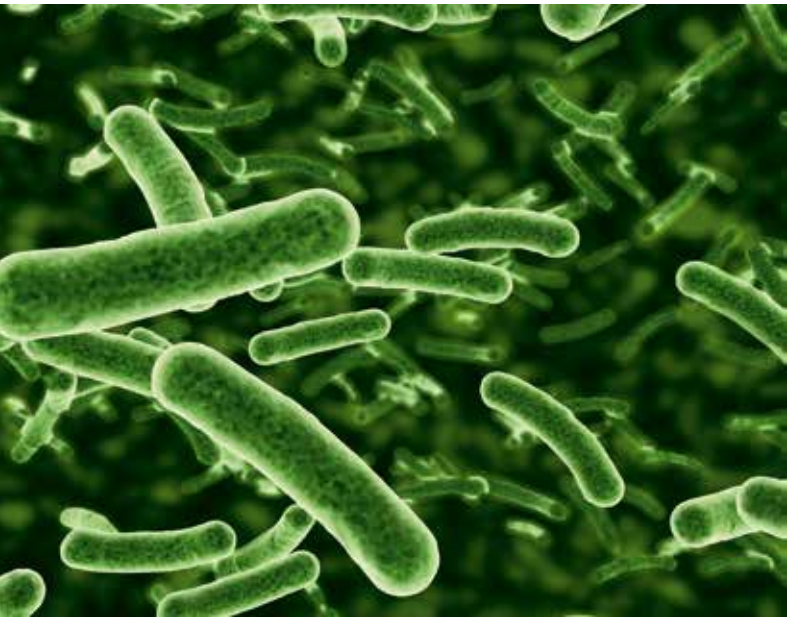


Abb. 1: Mikroorganismen [Quelle: Schmack Biogas]

Mikroorganismen sind flexibler als herkömmliche Katalysatoren, und das von ihnen erzeugte Methan ist relativ rein. Zudem sinken die Investitionskosten für Power-to-Gas-Anlagen, wenn Transformatoren und Strom- sowie Gasnetzanschlüsse bereits vorhandener Biogas- und Klärgasanlagen genutzt werden können. Es gibt allerdings noch Forschungsbedarf in diesem Bereich, auch bei der neu gebauten PtG-Anlage von Viessmann, die in Allendorf seit Mitte März 2015 ins öffentliche Gasnetz einspeist.

Die beschauliche hessische Gemeinde Allendorf an der Eder verfügt über einen eigenen Flugplatz. Dort landen aber weder Linien- noch Charterflüge. Für die rund 5.600 Einwohner wurde der Flugplatz auch nicht gebaut, sondern als Firmenflugplatz für die Viessmann-Gruppe, damit der Familienkonzern trotz der ländlichen Lage international angebunden bleibt.

Besuchern der Firmenzentrale fallen als Erstes die zwei großen Biogasanlagen neben der Landebahn, die direkt an der Viessmannstraße stehen, ins Auge. Die drei Schiffscontainer großen Boxen daneben wirken erst mal unscheinbar. Darin befindet sich die Technik der PtG-Anlage (s. Abb. 2). In dem längeren grauen Container sind die Technik für die Steuerung sowie Mess- und Regeltechnik untergebracht. Der kleine Container dahinter beherbergt Pumpen, die Gasanalytik und ein Temperiersystem. Der PEM-Elektrolyseur steht rechts daneben in der dritten Box. Das eigentliche Geheimnis steckt aber in dem silbernen Druckbehälter mit den vielen Rohren: In diesem Fermenter wird eine neue Technologie der Methanisierung angewendet: Mikroorganismen nehmen den in Flüssigkeit gelösten Wasserstoff sowie das CO_2 über die Zellwand auf und verdauen sie zu Methan (CH_4). Bei diesem Prozess bleibt nur Wasser übrig.

NEUE PTG-ANLAGE IN ALLENDORF „Seit 2012 forschen wir im Labor an Mikroorganismen und haben angefangen sie zu selektieren“, berichtet Ulrich Schmack. Er leitet als Geschäftsführer die Viessmann-Tochter Microbenergy, ein Spin-off aus der Firma Schmack Biogas, die 2010 von Viessmann übernommen wurde. Die Biochemiker und Verfahrenstechniker seines Unternehmens entwickelten ihre Selektionsmethode weiter und errichteten nun eine halbkommerzielle Anlage in Allendorf.

Die derzeitige Anlagengröße liegt bei 200 Kilowatt elektrischer Leistung. Das entspricht einer umgewandelten Leistung von 100 Kilowatt Methangas. Diese Leistung soll sukzessive auf 400 kW gesteigert werden. Das ist schon vom Netzbetreiber genehmigt. „Mit dem bisherigen Entwicklungsprozess sind wir sehr zufrieden“, urteilt Schmack. Künftig werde es PtG-Anlagen mit zwei bis fünf Megawatt geben, Anlagen mit noch mehr Leistung eher selten.

In Schwandorf in der Oberpfalz betrieb die Firma die Anlage, die nun nach Allendorf umgesiedelt wurde (s. HZwei-Heft April 2014), bereits als Testsystem. Diese Demonstrationsanlage wurde zunächst im Herbst 2014 in Schwandorf aufgebaut und lief dort bis Ende des Jahres. Ergebnis: Der Testbetrieb zeigte eine Gasqualität mit einem Methangehalt von über 98 % und einem geringen Wasserstoffanteil von weniger als zwei Prozent sowie eine relativ stabile Gasproduktion.

Zudem wird in Schwandorf eine weitere Anlage betrieben, die über einen Faulturm versorgt wird und einen ähnlich hohen Methanwert erzeugt. Ihr Elektrolyseur verfügt über eine Leistung von 30 Normkubikmeter Wasserstoff pro Stunde. Bis zum Ende des Jahres 2015 soll diese Anlage noch am Standort Schwandorf weiterlaufen.

Nach der mittlerweile erfolgten Verlegung der Demonstrationsanlage an den Hauptsitz von Viessmann nach Allendorf gelangt der vor Ort produzierte Wasserstoff, nachdem er durch die Mikroben methanisiert wurde, über die vorhandene Biogaseinspeiseanlage ins Erdgasnetz. Das benötigte CO_2 wird entweder aus der Gasaufbereitungsanlage übernommen, oder es wird das Rohbiogas mit dem darin enthaltenen CO_2 direkt genutzt. In diesem Fall bereitet die PtG-Anlage auch Rohbiogas auf.

FLEXIBLE BETRIEBSFÜHRUNG Nach heutiger Schätzung werden die Kosten der biologischen Methanisierung im Jahr 2017 bei 400 Euro pro Kilowatt elektrischer Leistung liegen. Zusätzlich kommen 800 Euro pro kW für den PEM-Elektrolyseur hinzu. Insgesamt also 1.200 Euro pro kW. Eine 2-MW-Anlage käme dann inklusive Elektrolyseur und Anbindung auf 2,4 Mio. Euro. Derzeit liegen die Kosten allerdings noch beim doppelten Wert. „Die Reduzierung der Kosten ergibt sich aus der Skalierung für eine entsprechend größere Anlage“, erklärt Schmack.

Seit 2012 forscht die Firma intensiv an und mit Mikroorganismen, denn die kleinen Helfer haben einige Vorteile aufzuweisen: Sie sind vor allem flexibler als Katalysatoren, die in einem chemisch-katalytischen Verfahren arbeiten. Ein schnelles Rauf- und Runterfahren der Methanproduktion in Sekunden oder wenigen Minuten wäre mit herkömmlichen Katalysatoren nicht möglich. Der Umwandlungsprozess von Wasserstoff zu Methan kann mit Mikroorganismen bei

Abb. 2: PtG-Anlage am Viessmann-Standort in Allendorf, hinten eine der beiden Biogasanlagen [Quelle: Viessmann]

der normalen Betriebstemperatur von 50 bis 60 °C schnell anlaufen oder abgeschaltet werden. Die Mikroben senken ihren Stoffwechsel dann bis auf ein Minimum herab. Die vergleichsweise geringen Temperaturen und Drücke machen diesen Weg der Methanisierung wirtschaftlich interessant.

Genau das braucht die PtG-Technologie, wenn sie ein Partner für die fluktuierende Stromerzeugung aus Sonne und Wind sein will. Der Stadtwerkeverbund Thüga schätzt, dass der entsprechende Speicherbedarf bereits 2020 bei rund 17 Terawattstunden und 2050 bei 50 TWh liegt.

Durch die Nutzung vorhandener Biogas- und Klärgasanlagen können die Investitionskosten für PtG-Anlagen gesenkt werden, da sowohl Transformatoren als auch die Strom- und Gasnetzanschlüsse zum Teil bereits vorhanden sind. Ein weiteres Plus des Verfahrens: Der Reaktionsprozess braucht nur Sekunden, und das gewonnene Methan ist relativ rein. Bei herkömmlichen Verfahren wird das CO_2 aus der Biogasproduktion gewaschen. Zukünftig wird dem Biogas oder Klärgas Wasserstoff hinzugesetzt, und durch die Arbeit der Mikroorganismen wird der CO_2-Anteil im Biogas beziehungsweise Klärgas zu CH_4 umgewandelt. So entsteht ein einspeisefähiges Synthesegas. Der Methangehalt wird dadurch von gut 50 auf 95 bis 100 Prozent nahezu verdoppelt.

WIRKUNGSGRAD BIS 80 PROZENT Der Wirkungsgrad der Anlage liegt bei 52 bis 54 Prozent, weiß Schmack. „Allerdings wird die Abwärme bei dem Umwandlungsprozess genutzt, so dass der gesamte Wirkungsgrad zwischen 75 und 80 Prozent liegt.“ Besonders für Kläranlagen sei das wichtig, weil mit der Abwärme aus dem Elektrolyseur der Faulturm der Kläranlage beheizt und folglich Energie gespart wird. Ein weiterer Vorteil der Technik: Da die Temperatur der Abwärme mit 65 bis 70 °C um rund 20 °C höher liegt als bei herkömmlichen PEM-Elektrolyseuren, kann der Gesamtwirkungsgrad der Anlage gesteigert werden.

Bei der PEM-Elektrolyse gibt es allerdings noch einiges an Forschungsarbeit zu verrichten. „Sowohl die Leistungsdichte als auch die flexible Reaktion müssen weiter erhöht werden“, sagt Schmack. Das sei wichtig, um mit den Anlagen den Regelenergiemarkt zu bedienen. Bei der Erbringung dieser Systemleistung für das Stromnetz verdienen Energiespeicher bereits Geld.

„Damit sich die Umwandlung von Strom in Methangas wirtschaftlich trägt, müssen auch die Rahmenbedingungen stimmen“, erörtert Schmack. Es müsse Überschussstrom aus erneuerbaren Energien verwendet werden, der bestenfalls umsonst zu haben ist. „Heute müssen wir auf den eingesetzten Strom, der ansonsten ja abgeregelt würde, auch noch die EEG-Umlage bezahlen“, erklärt Schmack und ergänzt: „Das ist nicht hinnehmbar.“

Biogas- und Klärgasanlagen können dann zukünftig flexibel Strom liefern. Bei Überschussstrom im Netz ist es sinnvoll, Bio- oder Klärgas einzusparen und im Erdgasnetz zwischenzulagern. Das gesamte System würde dadurch flexibler, wenn neben einer Biogas- oder Klärgasanlage eine PtG-Anlage stünde – ähnlich wie heute ein BHKW installiert wird. Bei Überschussstrom nutzt die PtG-Anlage den Strom, um durch Elektrolyse Wasserstoff zu erzeugen und mit diesem das Bio- oder Klärgas auf Erdgasqualität aufzubereiten und ins Gasnetz einzuspeisen. Hier zeigt sich auch die zunehmende Verzahnung von Strom- und Gassektor. Dafür müssten einige zusätzliche Investitionen getätigt werden, so Schmack. „Auf der anderen Seite entfällt der Prozess der Gasaufbereitung durch unser Verfahren.“

Seit Juli 2015 läuft nach dem erfolgreichen Abschluss eines einmonatigen Leistungstests die Vermarktung des Gases als Biokraftstoff. Vertraglicher Abnehmer ist ein führender Automobilhersteller mit CNG-Fahrzeugflotte.

LIEFERT 1,2 GIGAWATT FLEXIBLE LEISTUNG In einem flexiblen Strommarkt kommt nach Meinung des Fachverbandes Biogas dem flexiblen Energieträger Biogas eine ganz besondere Rolle zu, denn Biogas ist speicherbar und kann jederzeit die Lücke schließen, die sich bei der fluktuierenden Energie aus Sonne und Wind ganz natürlich ergibt. Schon heute sind rund 2.200 der rund 8.000 Biogasanlagen für den flexiblen Anlagenbetrieb bei der Bundesnetzagentur gemeldet. Damit stehen aus Biogas 1,2 Gigawatt flexible elektrische Kraftwerksleistung bereit. Insgesamt erzeugen alle Biogasanlagen 27,6 Terawattstunden elektrische Energie. Das entspricht rund 5 Prozent des deutschen Jahresverbrauchs.

„Die Methanisierung ist allerdings der letzte Schritt in einer Kette“, erklärt Schmack und ergänzt: „Vorher steht die direkte Nutzung von Wasserstoff und auch Power-to-Heat auf dem Plan.“ Das Erdgasnetz ist ein „schier endlos großer Speicher“, mehr als 200 Terrawattstunden Gas kann er aufnehmen. Überall dort, wo Wasserstoff direkt eingesetzt werden kann, sollte das auch passieren. Beispielsweise für Brennstoffzellenautos. Wasserstoff kann allerdings nur begrenzt ins Erdgasnetz eingespeist werden. Die gesetzliche Vorgabe legt die Einspeisegrenze je nach Standort meist bei kleiner fünf Prozent fest.

Das PtG-Thema ist aber nicht nur in Deutschland en vogue. Auch in Skandinavien und im US-Bundesstaat Kalifornien wächst ein Markt. Anfragen für konkrete Projektentwicklungen liegen bereits bei Ulrich Schmack auf dem Tisch. ||

Ulrich Schmack gründete die Firma Schmack Biogas in Schwandorf in der Oberpfalz bereits 1995. Das Unternehmen verkaufte Biogasanlagen. Die Palette umfasste Kompaktanlagen mit einer Leistung von 50 kW bis hin zu 20 MW. 2010 übernahm der Heiztechnikhersteller Viessmann das Biogasunternehmen inklusive aller Tochtergesellschaften. Das 1917 gegründete Familienunternehmen beschäftigt 11.500 Mitarbeiter. Der Gruppenumsatz betrug 2,1 Mio. Euro im Jahr 2013. 55 Prozent wurden im Ausland verdient. Das bayrische Wirtschaftsministerium förderte das Projekt *Mikrobielle Methanisierung* mit rund 500.000 Euro.

Thema: Energiespeicherung | **Autor:** Sven Geitmann

START AUF KNOPFDRUCK

Power-to-Gas ist gerade en vogue

Abb. 1: Gemeinsamer Druck aufs kleine rote Knöpfchen [Quelle: Stadtwerke Mainz]

Die politischen Statements wiederholen sich mittlerweile schon fast wöchentlich. Kein Wunder, derzeit starten so viele Power-to-Gas-Vorhaben wie noch nie zuvor. Stets ist dann davon die Rede, dass „die PtG-Technologie das Potential hat, die Energiewende zum Erfolg zu führen". Zuletzt waren Äußerungen wie diese beispielsweise bei der Inbetriebnahme in Mainz zu hören sowie in Ibbenbühren, aber auch beim Projektstart in Solothurn in der Schweiz.

Ein ums andere Mal scheinen sich die Redner mit hochtrabenden Äußerungen überbieten zu wollen. Meist kommen dann aber doch Sätze heraus, die alle irgendwie ähnlich klingen: Mal heißt es: „Die Produktion von Wasserstoff durch umweltfreundlich erzeugten Strom ist ein markanter Schritt auf unserem Weg zum Schutz des Klimas." Oder aber man hört: „Das Verfahren hat das Potenzial, eine zentrale Rolle für die Energiewende einzunehmen." Meist ist dann auch die Rede von „Innovation", „Schlüsseltechnologie" und „Netzstabilität".

Entscheidend ist dabei weniger, wer solche Sätze sagt und wo diese fallen. Wichtig ist die Kernbotschaft, und die lautet, dass sich bundes- und mittlerweile auch europaweit die meisten Energieverantwortlichen klar zur Power-to-Gas-Technologie bekennen und sie als einen wichtigen Baustein innerhalb des zukünftigen Energieversorgungssystems erachten.

ENERGIEPARK MAINZ EINGEWEIHT Wesentlich beigetragen zur Aufwertung der PtG-Technologie hat unter anderem der Energiepark Mainz, indem dort bereits zur Grundsteinlegung Vizekanzler und Bundeswirtschaftsminister Sigmar Gabriel erschien (s. HZwei-Heft Jul. 2014). Nach einem Jahr Bauzeit ging dieser Energiepark am 2. Juli 2015 mit einem großen Festakt in Betrieb. In Anwesenheit zahlreicher Größen aus Politik und Wirtschaft drückten die Vorsitzenden der beteiligten Partner gemeinsam auf den Knopf (s. Abb. 1), um das 17 Mio. Euro teure Forschungsprojekt zu starten. Siemens-Vorstand Prof. Siegfried Russwurm nannte das Vorhaben leicht pathetisch einen „Brückenschlag von der Vision zur industrietauglichen Realität".

Abb. 2: ITM-Anlage in Ibbenbühren [Quelle: ITM]

PTG-ANLAGE IN IBBENBÜHREN LÄUFT Sechs Wochen später wurde auch in Ibbenbühren auf den Knopf gedrückt (dort war er jedoch grün und sehr viel größer). Am 17. August 2015 startete dort ebenfalls offiziell der Betrieb einer Power-to-Gas-Anlage, „die die örtliche Strom-, Erdgas- und Fernwärmeversorgung effizient miteinander verbindet", wie es in einer Pressemeldung hieß. Auch hier waren zur Eröffnungsfeier zahlreiche hochrangige Vertreter aus Politik, Wirtschaft, Energiebranche und Wissenschaft erschienen. Zum Einsatz kommt dort ein PEM-Elektrolyseur des britischen Herstellers ITM Power, der über eine Aufnahmeleistung von 150 kW verfügt und Wasserstoffgas mit 14 bar erzeugt (30 m^3/h). Da seine Abwärme in der benachbarten Gasdruckregelanlage genutzt wird, um Gas vorzuwärmen, kommt die Anlage auf einen vergleichsweise hohen Wirkungsgrad von 86 %.

Abb. 3: Am Schnittpunkt der Versorgungslinien steht das Hybridwerk [Quelle: Regio Energie Solothurn]

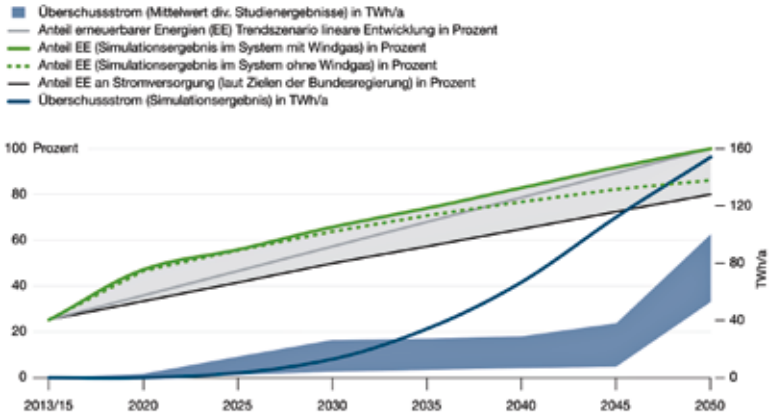
HYBRIDKRAFT FÜR SOLOTHURN In Solothurn in der Schweiz ist bereits Ende Juni 2015 das Hybridwerk Aarmatt, das alle vier Versorgungsmedien Gas, Strom, Wärme und Wasser miteinander verknüpft, in Betrieb gegangen. Das Verbindungselement innerhalb dieses Leuchtturmprojekts ist ein PEM-Elektrolyseur von Proton Onsite (*Hogen C30,* Aufnahmeleistung: 350 kW), der mit überschüssigem Strom aus erneuerbaren Energien betrieben wird. Standort dieses vom schweizerischen Unternehmen Diamond Lite installierten Aggregats ist das Areal der Stadtwerke Solothurn, auf dem bereits ein 6-MW-Heizkraftwerk mit Fernwärmeanschluss gebaut wurde. In der zweiten Bauphase kamen kürzlich drei 1-MW-Blockheizkraftwerke sowie die Elektrolyseure mit Wasserstoffspeicher hinzu. Später soll noch eine Methanisierungsanlage folgen, so dass dann direkt reiner Wasserstoff oder Methangas ins Erdgasnetz eingespeist oder wahlweise das methanisierte H_2-Gas im BHKW genutzt werden kann. ||

→ www.hybridwerk.ch

POWER-TO-GAS MACHT STROM GÜNSTIGER

Greenpeace Energy hat im August 2015 eine neue Studie vorgestellt, gemäß der „Windgas“ (mit Hilfe von überschüssigem Strom aus erneuerbaren Energien erzeugtes Gas – Wasserstoff oder Methan) zur Stabilisierung der Energiewende beitragen kann. Der auf den 97 Seiten angefertigte Vergleich einer künftigen Stromversorgung mit und ohne Power-to-Gas-Technologie brachte hervor, dass „vom Jahr 2035 an die Stromversorgung mit Hilfe der Windgas-Technologie günstiger wäre als ohne“. Weiter heißt es, „mit Hilfe von Windgas wäre es möglich, bis 2050 eine Stromversorgung aus 100 % erneuerbaren Energien zu erreichen, statt der von der Bundesregierung angestrebten 80 % – und das zu deutlich geringeren Kosten“. Ohne Windgas-Anlagen wäre eine 100%ige Stromversorgung mit erneuerbaren Energien nicht erreichbar, egal, wie viele Solar-, Wind- oder Biogasanlagen zugebaut würden (s. Abb. 1).

Der Leiter der Studie, Prof. Dr. Michael Sterner von der OTH Regensburg, sagte: „Ohne eine Speicherwende ist die Energiewende nicht zu schaffen.“ Thorsten Lenck von Energy Brainpool, einer der Autoren, erklärte: „Die Anfangsinvestitionen in den Ausbau von Windgas-Anlagen erhöhen die Kosten […] zwar zunächst, diese Ausgaben amortisieren sich aber zusehends und werden bis 2050 deutlich überkompensiert.“ Marcel Keiffenheim von Greenpeace Energy ergänzte: „Damit die Technologie verfügbar sein wird, wenn wir sie brauchen, müssen zügig regulatorische Hemmnisse abgebaut werden, die Investitionen in Windgas heute häufig erschweren.“



Quelle: Greenpeace Energy eG 2015

Angefertigt wurde diese von Greenpeace Energy eG in Auftrag gegebene Studie von der Forschungsstelle Energienetze und Energiespeicher der OTH Regensburg und Energy Brainpool. Die Energie-Genossenschaft wurde 1999 von Greenpeace Deutschland gegründet und arbeitet bis heute nach den ökologischen Vorgaben der Umweltschutzorganisation. ||

Greenpeace Energy, Bedeutung und Notwendigkeit von Windgas für die Energiewende in Deutschland, Berlin, Aug. 2015

AREVA H2Gen

JETZT NEU IN DEUTSCHLAND:
AREVA H2Gen GmbH • Maarweg 137 • 50825 Köln
info@arevah2gen.com • 0221 / 88 82 44-88

arevah2gen.com

UNSERE KOMPETENZ:
Wir speichern Ihre Energie

PEM Elektrolyseure für Ihre Energie
• Modular, bis zu Multi MW Systeme
• Zuverlässig, einfach, sauber und sicher

Lösungen aus einer Hand
• Projekt Engineering
• Ganzheitliches Projektmanagement

BESUCHEN SIE UNS! WIR FREUEN UNS AUF INTERESSANTE GESPRÄCHE MIT IHNEN!

WORLD OF ENERGY SOLUTIONS
12.–14. Oktober 2015
STUTTGART
Stand: C2D20

EUROPEAN UTILITY WEEK
3.–5. NOVEMBER 2015
WIEN
Stand: Bg. 08

AREVA
forward-looking energy

Thema: Energiespeicherung | **Autor:** Herbert Grab

IM ZENTRUM FÜR SPEICHER- UND WÄRME-TRANSFORMATIONS-TECHNOLOGIEN

Fraunhofer ISE nimmt neuen Standort in Betrieb

Abb. 1: Die neuen Testanlagen zur Prüfung von Elektrolyseur-Stacks liefern bis zu 4.000 Ampere.

Die Energiewende braucht effiziente Speichersysteme und Technologien zur Wärmetransformation. Zu den Einrichtungen, die die Transformation unseres Energiesystems maßgeblich mit vorantreiben, gehört das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg. Aufgrund des zunehmenden Interesses an Energiespeichertechnologien und effizienten Verfahren für die Wärme- und Kältebereitstellung erweiterte das ISE seine Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten und nahm am 2. Juli 2015 seinen neuen Standort in der Auerstraße offiziell in Betrieb.

Prof. Hans-Martin Henning vom Fraunhofer ISE erklärte anlässlich der Einweihungsfeierlichkeiten: „Jetzt kommt der nächste große Schritt – die Integration ‚grüner' Energien ins System." Bislang hat sich die Nutzung regenerativer Energiequellen weder signifikant auf das Gesamtsystem ausgewirkt noch hat sie die Produktion von Treibhausgasen in großem Maße verringert. In Sachen Netzausbau und Versorgungssicherheit ist vor allem das Kapazitätsmanagement von zentraler Bedeutung, da die erneuerbaren Energien hoch volatil sind. Diese Schwankungen auszugleichen zählt zu den Hauptaufgaben der nächsten Jahre.

Gelingt der Umbau des Gesamtsystems und die Integration der erneuerbaren Energien, dann lässt sich nach Einschätzung von Henning die CO_2-Belastung um mindestens 80 Prozent reduzieren.

RESIDUALLAST FLEXIBILISIEREN Dazu muss der Umgang mit der sogenannten Residuallast flexibler werden. Das ist, vereinfacht ausgedrückt, die nicht durch erneuerbare Energien abgedeckte elektrische Leistung in den Netzen. Je flexibler Verbraucher und Erzeuger sind, desto besser lassen sie sich mit den erneuerbaren Energien in Einklang bringen, desto einfacher ist die Systemintegration.

Wesentliche Elemente dabei sind laut Prof. Henning die Konvergenz des Wärme- und Stromsektors, ein intelligentes Management der Verbraucher (Demand Side Management) und der vermehrte Einsatz von Speichern. Energiespeichertechnologien und effiziente Verfahren für die Wärme- und Kältebereitstellung stehen deshalb beim Fraunhofer ISE besonders im Fokus.

NEUER STANDORT Seine Arbeiten an diesen Themen hat das Institut jetzt an einem neuen Standort in der Auerstraße in Freiburg gebündelt und zugleich seine Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen deutlich ausgeweitet. Anfang Juli wurde das neue Zentrum für Speicher- und Wärmetransformationstechnologien offiziell eingeweiht.

Zu den Grundlagen der dortigen Arbeiten gehört die „Modellierung einer kostenoptimalen Transformation des deutschen Energiesystems entlang der politischen Klimaschutzziele". Dieses Modell definiert unter anderem die Technologien, die für die Energiewende benötigt werden: Wärmepumpen, stationäre Batteriespeicher und Elektrolyseure.

WÄRMEPUMPENMARKT WÄCHST STARK Eine große Bedeutung kommt demnach in den nächsten Jahren der elektrischen Wärmepumpe zu. Derzeit sind in Deutschland rund eine Million Geräte installiert, für die nächsten Jahre erwarten die Forscher einen starken Anstieg dieser Zahl. Gleiches gilt für die stationären Batteriespeicher. Bereits in 2025 sollen die in Deutschland installierten Kapazitäten rund zehn Millionen Kilowattstunden betragen. Zugleich kommen voraussichtlich die ersten Elektrolyseursysteme zum Einsatz.

In Phase 3, die zwischen 2025 und 2030 beginnt, dürften nach dem ISE-Szenario zunehmend erneuerbare Energien genutzt werden, um synthetische Brenn- und Kraftstoffe zu produzieren. In dieser Phase rechnen die Experten bereits mit signifikanten negativen Residuallasten. Das heißt, die mit erneuerbaren Energiequellen erzeugte Strommenge übersteigt dann die Nachfrage auf Verbraucherseite.

Bis 2040 sollen nach dem Fraunhofer-Modell elektrische und Gaswärmepumpen in Deutschland einen Großteil der benötigten Raumwärme liefern. Die Kapazität stationärer Batteriespeicher kann zu diesem Zeitpunkt bei mehr als 25 GWh liegen, und Elektrolyseure können nach den Berechnungen bereits eine Anschlussleistung zwischen 30 und 45 GW haben.

SCHLÜSSELTECHNOLOGIE: ELEKTROLYSE Für die letzte Phase ab etwa 2040 stellen die Freiburger Forscher die

CO_2-ZIELE
Die von der Politik vorgegebenen Klimaziele sehen für Deutschland eine stufenweise Verringerung des CO_2-Ausstoßes gegenüber dem Referenzwert von 1990 vor. Dieser Wert soll bis 2020 um 40 Prozent unterschritten werden, bis 2030 um 55 Prozent, bis 2040 um 70 und bis 2050 um 80 bis 95 Prozent. „Wenn wir diese Klimaschutzziele ernst nehmen, werden wir eine signifikante Konvertierung von Strom in chemische Energieträger durch Elektrolyse brauchen", ist Hans-Martin Henning überzeugt. Welche chemischen Substanzen am Ende das Rennen machen werden, darauf mag sich der Wissenschaftler zum jetzigen Zeitpunkt jedoch nicht festlegen.

Abb. 2: Prof. Dr. Hans-Martin Henning [Quellen: Fraunhofer ISE]

vollständige Verdrängung fossiler Ressourcen in allen Nutzungsbereichen und damit die Reduktion des CO_2-Ausstoßes auf praktisch null in Aussicht. Außerdem gehen sie davon aus, dass dann auch der Import von Strom aus erneuerbaren Energiequellen (z. B. aus sonnenreichen Regionen) eine signifikante Größenordnung erreicht.

Massiv steigen könnte bis Mitte des Jahrhunderts vor allem der Einsatz von Elektrolyseuren. Sie werden dann möglicherweise eine Gesamtkapazität bis zu 70 GW erreichen. Entscheidende Voraussetzung ist allerdings, dass der Ausbau der erneuerbaren Energien und der Umbau des bestehenden Energiesystems wie geplant stattfinden.

GROSSES POTENZIAL: WASSERSTOFF Chemische Energieträger haben das Potenzial, sehr große Energiemengen auch über lange Zeiträume in chemischer Form zu speichern. Wasserstoff zum Beispiel kann als Kraftstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge dienen, aber auch für die Rückverstromung in stationären BZ-Systemen oder in Gasmotoren genutzt werden.

Stadtwerke oder Netzbetreiber werden nach Einschätzung der Wissenschaftler in Zukunft Wasserelektrolyseure einsetzen, um ihre Produktion flexibler zu gestalten. Denn mit ihnen lässt sich die Stromerzeugung zeitnah an den Verbrauch anpassen und damit die Netzfrequenz stabilisieren.

Prof. Henning geht davon aus, dass im Laufe der Jahre ein mehr oder minder engmaschiges Netz aus H_2-Tankstellen entstehen wird. „Auf fast 1.000 bar verdichtet ist Wasserstoff problemlos transportierbar. Und Tanksysteme für Autos sind zum Beispiel mit 700 bar durchaus praktikabel und bereits heute im Einsatz." Wie engmaschig das Netz wird und ob sich Wasserstoff als Ersatz für fossile Treibstoffe auf breiter Basis durchsetzt, hängt von mehreren Faktoren ab: von der Entwicklung des Marktes für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge, von den Gesamtkosten und davon, ob es künftig funktionierende Geschäftsmodelle gibt.

CHEMISCHE ALTERNATIVEN Zumindest der Schwerlast- und Luftverkehr der Zukunft wird nach Überzeugung des Wissenschaftlers nicht ohne andere synthetische Energieträger wie Methan, Methanol, Polymere oder Ester auskommen. Rein von den chemischen Abläufen her ist jedoch in jedem Fall der erste Schritt die Erzeugung von Wasserstoff. Beispielsweise benötigt man für die Herstellung von Methan (CH_4) Wasserstoff und Kohlendioxid (CO_2), das langfristig aus der Luft gewonnen werden könnte. „Für Methan können wir die bereits vorhandenen Strukturen wie etwa die Speicherung in Kavernen nutzen."

Auch Methanol (CH_3OH) als flüssiger Energieträger ist eine durchaus denkbare Alternative. Allerdings hat Methanol wie alle weiter synthetisierten Energieträger, die aus Wasserstoff mit CO_2 oder CO hergestellt werden, den Nachteil, dass ein zusätzlicher Produktionsschritt erforderlich ist, der Verluste generiert. Als nachhaltig hergestellter Basisstoff für die chemische Industrie jedenfalls sei Methanol bestens geeignet. „Im Bereich der synthetischen Energieträger wird es die Aufgabe der Forschung und Entwicklung sein, die verschiedenen Optionen zu prüfen und unter anderem die jeweiligen Kostensenkungspotenziale auszuloten. Wichtig ist, dass die Erzeugung stark dynamisch sein muss, um die Volatilität der erneuerbaren Energien auszugleichen und abzufedern."

Das neue Zentrum für Speicher- und Wärmetransformationstechnologien am Fraunhofer ISE wird künftig unter anderem die industrielle Wasserstofferzeugung in großen Mengen eingehend untersuchen. „Wenn man die Energiewende durchdekliniert, kommt man sehr schnell in Megawattbereiche. Bei unseren Untersuchungen hierfür geht es zum Beispiel darum, die Gasreinheit sicherzustellen und zu erforschen, wie der Alterungsprozess der Elektrolyte verläuft und welche Konsequenzen das für eine effiziente Produktion hat."

BATTERIESPEICHER KOMMEN Neben den Elektrolyseuren könnten auch Batteriesysteme künftig viele Einsatzgebiete für sich erobern – vom Individualverkehr über stationäre Speicher in Privathaushalten und Gewerbebetrieben bis hin zu Wind- und Solarkraftwerken sowie Batteriespeichern zur Netzstabilisierung. „Mittelfristig werden solche Kraftwerke große Batteriespeicher einsetzen. Außerdem werden künftig variable Stromtarife den Einsatz von Batterien fördern – man speichert Strom, wenn er günstig ist, und nutzt ihn, wenn der Strom aus dem Netz teurer ist."

Fazit: Die wissenschaftlich-technischen Problemstellungen der Energiewende sind weitgehend bekannt. Und, glaubt man den Fraunhofer-Experten, sie sind lösbar. Der gordische Knoten liegt offenbar in einem ganz anderen Feld: dem von Politik und Lobbyismus. Fragt sich nur, wann es dort zum durchschlagenden Erfolg kommt. ||

DEZENTRALE STRUKTUREN

Prof. Dr. Michael Weinhold, CTO Energy Management Division bei Siemens, sieht die Herausforderung beim „dramatischen Wandel der Energiewelt" vor allem darin, die Strukturen zu ändern. Statt der zentralisierten Bereitstellung von Energie entsteht eine „Mischung aus dezentralen, verteilten und konventionellen Energiesystemen, die sich bidirektional ausbalancieren." Als wesentliche Innovationsfelder nannte er:

- Wandel im Energiemix und Einbindung neuer Energiequellen: Die hohe Variabilität der Erneuerbaren erfordert Investitionen in Stabilität und Verfügbarkeit.
- Überbrückung der Lücke zwischen dezentralen Energiequellen und Verbrauchszentren: „Wir werden Gleichstromleitungen benötigen, die große Strommengen über weite Strecken mit möglichst niedrigen Verlusten transportieren. Und es wird flexiblere Wechselstrom-Übertragungssysteme geben müssen."
- Aufbau digitaler Smart-Grid-Technologien: Kleine, verteilte Energiesysteme (z. B. Batterieschwärme) werden künftig in intelligenten Strukturen an Flexibilitätsmärkten wie den Regelenergiemärkten teilnehmen.
- Power-to-X: Neben Power-to-Heat und Lithium-Ionen-Batterien wird künftig vor allem die Umwandlung in chemische Wertstoffe (Power-to-Value) Bedeutung erlangen.
- Weiterentwicklung: Vorhandene Strukturen und Technologien müssen ausgebaut werden, um die neuen Herausforderungen zu bewältigen, damit die Infrastrukturen bestmöglich und nachhaltig genutzt werden können.

Autor: Herbert Grab

Thema: Elektromobilität | **Fotos:** Sven Geitmann

IMPRESSIONEN DER IAA 2015

zero Emission™

FuelCell

ZE
[ui!]

eDrive

BMW i

THE ONLY
EMISSION
IS WATER

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

AUS ELEKTROMOBILER SICHT EIN FLOP

66. IAA Pkw in Frankfurt

Abb. 1: Das Augenmerk während der IAA lag auf Hybrid-Modellen

Konnektivität und Digitalisierung – das waren die Hauptthemen während der *Internationalen Automobil-Ausstellung*, die vom 17. bis 27. September 2015 in Frankfurt am Main stattfand. Sowohl die mediale Verknüpfung mit der ganzen Welt als auch digitale Zusatzangebote erschienen somit sehr viel wichtiger als saubere Antriebstechnologien. In den Ankündigungen war zwar auch viel von Elektromobilität zu hören gewesen, tatsächlich vor Ort waren allerdings im Wesentlichen Fahrzeuge mit Hybridantrieb; reine Batterieautos gab es kaum, Brennstoffzellenautos nur zwei.

Der Verband der Automobilindustrie (VDA) hatte zwar nicht ganz Unrecht, als er meldete, dass während der IAA auch Elektromobilität thematisiert würde. Bei genauerem Hinschauen wird jedoch schnell deutlich, dass hier bereitwillig Missverständnisse in Kauf genommen wurden, um der Automobilbranche ein grüneres Mäntelchen verpassen zu können. Klassische E-Mobile, die nur über einen Akku sowie einen Elektromotor verfügen, waren nur vereinzelt zu sehen.

Als einzige Ausnahmen können Audi und Porsche angesehen werden, die beide so genannte „Tesla-Fighter“ vorstellten. Michael Müller, Vorstandsvorsitzender der Zuffenhausener, präsentierte mit dem Porsche *Mission E* eine Konzeptstudie, die „ein Porsche-typisches Fahrgefühl“ und Elektromobilität miteinander verbinden soll. Die Reichweite dieses 440 kW starken Sportwagens soll auch bei sportlicher Fahrweise mindestens 500 Kilometer betragen. Die Aufladung soll nicht länger dauern als „ein Tankstopp plus Espresso und Händewaschen“ (ca. 15 Min.). Ermöglicht werden soll dies mit einer 800-Volt-Ladung, die angeboten werden soll, „sobald die Technologie so weit ist – in weniger als fünf Jahren“. Dem Tesla-Chef Elon Musk bleibt somit noch Zeit genug, seinen Vorsprung weiter auszubauen.

Audi zeigte den *e-tron quattro concept,* ebenfalls eine Studie, die in punkto Reichweite, Leistung (drei E-Motoren mit insg. 370 kW) und Sportlichkeit dem Tesla Konkurrenz machen soll, allerdings in Form eines SUVs. Als Gimmick verfügt dieser Viersitzer über ein Solardach. Er wird aber voraussichtlich frühestens 2018 als kommerzielle Version angeboten.

Weitere Neuheiten in Sachen Batterieauto waren nicht zu finden. Die meisten anderen Automobilisten schwiegen sich bei diesem Thema weitestgehend aus. Bei Opel hieß es auf die Frage nach E-Autos nur kurz: „In diesem Jahr nicht.“ Auch bei Honda gab es „gar nichts in diesem Jahr“. Außerdem wurde die bewährte Praxis, den Shuttle-Service auf dem Messegelände mit schadstofffreien Elektroautos abzudecken, in diesem Jahr nicht weitergeführt. Stattdessen kamen Verbrenner und ab und zu einmal ein Hybridfahrzeug zum Einsatz.

MANGELNDE MOTIVATION
Zum Übergang vom Verbrennungsmotor zum Elektrofahrzeug sagte Willi Diez vom Institut für Automobilwirtschaft (IFA): „Wenn die Ölpreise so niedrig bleiben wie im Moment, dann wird das eher 2030 oder 2040 der Fall sein. Jedes Unternehmen, das betroffen ist, hat also viel Zeit, sich anzupassen.“

NEW MOBILITY WORLD
Anstelle der Elektromobilität-Halle, die es noch 2013 gegeben hatte, organisierte der VDA dieses Mal die Sonderausstellung *New Mobility World,* bei der neben alternativen Antriebsformen auch Themen wie Vernetzung, Automatisierung sowie CarSharing dargestellt wurden.

E-MOBILITÄT IN DIE ECKE GESCHOBEN Immerhin ein kleines Plätzchen räumte Nissan seinem *e-NV200* sowie seinem *Leaf* ein, auch wenn das Show-Car auf der Bühne eine Hybrid-Studie war. Ähnlich war es bei Mitsubishi, die für ihren *i-MiEV* zumindest etwas Grün ins Blickfeld schoben. BMW hatte immerhin einige *i3*- und *i8*-Modelle draußen wie drinnen positioniert, allerdings schien dies ein bisschen so wie eine Alibi-Aktion, damit die Messebesucher zumindest in ein paar E-Autos probesitzen können.

Auch bei Daimler ist derzeit Elektromobilität nicht das Hauptthema, sondern eher das autonome Fahren. Wie Autos in Zukunft angetrieben werden, scheint momentan zweitrangig, auch wenn es offiziell während der Daimler-Pressekonferenz hieß: „Digitalisierung und Elektrifizierung werden unsere Sparte umkrempeln.“ Wichtiger als schadstoffarmes Fahren ist den Stuttgartern momentan, dass ihre Fahrzeuge vollautomatisch lenken und bremsen können und über das Internet mit der ganzen Welt verbunden sind.

Dementsprechend stand auch bei dem Forschungsfahrzeug *F 015,* das bereits im Januar 2015 auf der *Consumer Electronics Show* (*CES,* (s. Abb. 2), S. 20/21) in Las Vegas vorgestellt wurde, eher die Ausstattung im Vordergrund. Alles rankt sich darin um große Ultra-HD-Touchscreens, um 180 Grad drehbare Vordersessel und Lichtprojektionen. Dass die Luxuslimousine dann im Jahr 2030 eventuell mit einer Brennstoffzelle angetrieben werden könnte, erscheint einerseits selbstverständlich, andererseits aber nebensäch-

Abb. 2: Der F-015-Demonstrator stand im Eingangsbereich der Festhalle zur Ansicht bereit

lich. Derzeit ist der *F 015* allerdings noch Zukunftsmusik: In dem bisherigen Demonstrator versorgt momentan noch ein Akku den Elektromotor, der dann später mal 200 kW leisten soll.

BRENNSTOFFZELLEN UNTERREPRÄSENTIERT Brennstoffzellenseitig war die Frankfurter Autoshow eine einzige Enttäuschung. Nur Toyota warb offensiv mit seinem neuen BZ-Auto *Mirai* – sowohl auf der Homepage als auch auf dem Messestand sowie der Pressekonferenz. Der neue Toyota-Motor-Europe-Chef Dr. Johan van Zyl erwähnte gleich zu Beginn der Firmenpräsentation die kürzlich erfolgte Markteinführung des *Mirai* in Europa, und am Eröffnungstag kam auch Bundeskanzlerin Angela Merkel zum Toyota-Messestand, um sich anzuschauen, wie ein serienmäßiges Brennstoffzellenauto aussieht. Dirk Breuer, Pressesprecher von Toyota Deutschland, verlieh gegenüber *HZwei* seiner Hoffnung Ausdruck, dass dieser prominente Besuch andere Automobilhersteller zu etwas mehr Engagement in diesem Techniksegment bewegen möge. Weiter hieß es aus Japan: „Toyota ist der Überzeugung, dass verschiedene Technologien parallel existieren werden, von Elektroautos über Hybride bis zur vielleicht innovativsten Lösung, dem Brennstoffzellenfahrzeug."

Hyundai-Präsident Hyung Cheong Kim verwies beim IAA-Auftakt ebenfalls auf sein BZ-Auto *ix 35* und kündigte an, ab 2016 Hybrid-, Plug-in-Hybrid- sowie rein batteriebetriebene Modelle folgen zu lassen. Außerdem wurde die Konzeptstudie eines Rennwagens enthüllt, der – zumindest theoretisch – das Brennstoffzellen-Know-how der Koreaner und die Schnelligkeit eines Sportwagens vereint: der *Hyundai N 2025 Vision Gran Turismo*. Dieses Autokonzept ist allerdings nur für das PlayStation®-Spiel *Gran Turismo*® entwickelt worden. ||

Laut Ausstellerverzeichnis stellte lediglich Hyundai zum Thema „Wasserstoff" aus. Beim Thema „Brennstoffzelle" waren es – immerhin – noch drei weitere: CeramTech, ElringKlinger und Woco.

BATTERIETAG NRW
25.04.2016

KRAFTWERK Batterie
26.-27.04.2016

Veranstaltungsort
Münster

Ansprechpartner
Bernd Hömberg (Haus der Technik, Essen)
0201/1803-249 | b.hoemberg@hdt-essen.de

BATTERIETAGUNG 2016

Call for Papers – Jetzt einreichen!

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

BADEN-WÜRTTEMBERG IST EHER MITTELMASS

Studie: Internationaler Vergleich elektromobiler Regionen

Abb. 1: Franz Loogen mit Prof. Johann Tomforde, TransEnergyPartners (li.), und dem Parlamentarischen Staatssekretär Norbert Barthle (re.) auf der Hannover Messe

Wie macht sich die voranschreitende Elektrifizierung im Automobilsektor bemerkbar? Welche Technologiebereiche werden von dieser strukturellen Veränderung betroffen sein? Was muss getan werden, um hier nicht den Anschluss zu verlieren? Fragen wie diese bewegen zurzeit insbesondere die Regionen, die wesentlich vom Automobilbau abhängig sind. Um Antworten zu finden, hat die Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie, die e-mobil BW GmbH, die Studie „Elektromobilität weltweit – Baden-Württemberg im internationalen Vergleich" beim Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) in Auftrag gegeben. Die Ergebnisse wurden Mitte April 2015 während der Hannover Messe vorgestellt.

In Baden-Württemberg sind wichtige global agierende Automobilhersteller wie Daimler, Porsche und Audi zu Hause. Seit mehreren Jahren wird dort zwar schon an Elektrofahrzeugen (xEV) gearbeitet, das Hauptgeschäft wird aber voraussichtlich noch etliche Jahre über verbrennungsmotorisch betriebene Autos abgewickelt. Bei anderen Firmen in anderen Regionen sieht das anders aus. Dort wird das Thema Elektromobilität teils sehr viel stärker vorangetrieben. Aber wie weit genau ist man dort? Um dies zu analysieren, hat die e-mobil BW, die nach den Ausführungen des Geschäftsführers Frank Loogen bis Ende 2019 finanziert ist und auch noch darüber hinaus betrieben werden soll, diese Studie durchgeführt. Die ergab nun, dass Baden-Württemberg Gefahr läuft, den Anschluss zu verlieren.

„Baden-Württemberg ist heute im Bereich der nachhaltigen Mobilität, insbesondere der Elektromobilität, weder eine der weltweit führenden Angebots- oder Anwenderregionen, sondern bewegt sich im internationalen Maßstab im Mittelfeld."

VERGLEICH VON NEUN REGIONEN Der Automobilsektor steht vor grundlegenden strukturellen Veränderungen. Dies betrifft einerseits die Technik und andererseits den Markt. Gemäß der Fraunhofer-Studie ist weltweit „mit einer Stagnation des Automobilabsatzes zu rechnen". So wird erwartet, dass sich die Menge der in Deutschland hergestellten Fahrzeuge bei rund 6 Mio. Einheiten einpendeln wird. Neue Strukturen und verändertes Mobilitätsverhalten führen allerdings dazu, dass der klassische Verbrennungsmotor zugunsten elektrischer Antriebskonzepte und Energiespeicher zurückgedrängt wird.

Um vergleichen zu können, wie in den verschiedenen Regionen dieser Welt mit dieser Herausforderung umgegangen wird, haben die Studienautoren die für den Elektromobilitätsbereich wichtigsten Länder (China, Japan, Korea, USA, Frankreich) betrachtet und dort die wesentlichen Regionen identifiziert. Für den Vergleich wurden insgesamt neun Regionen, die in den Ländern jeweils führend sind, herausgearbeitet.

Anschließend haben die Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung eine vielschichtige Betrachtung mit Interviews und Patentanalysen sowie mit Vergleichen der Produktionszahlen und der Netzwerke durchgeführt. Sie kamen dabei nach den Worten von Loogen zu folgendem Ergebnis: „In dieser doch noch jungen Technologie gibt es keine Region, die eindeutig in allem vorne liegt. Das Rennen läuft und ist eigentlich offen." Weiter erklärte er im Gespräch mit *HZwei:* „Wir haben alle die Chance, uns nach vorne zu arbeiten."

„Vor dem Hintergrund der Spitzenposition im Bereich der konventionellen Fahrzeugtechnik, der sich abzeichnenden Veränderungen im Automobilmarkt und der bisweilen sehr hohen Abhängigkeit Baden-Württembergs von der Automobilindustrie ist diese Feststellung als besorgniserregend zu bewerten."

UNEINHOLBARER RÜCKSTAND DROHT
Die Studienautoren attestieren den verschiedenen Regionen jeweils spezifische Stärken. So verfügt Deutschlands Südwesten beispielsweise über besondere Kompetenzen im Bereich der Elektronik, der Elektromotoren

und auch der Hochvoltelektronik. Defizite gibt es hingegen in der Zellproduktion. Cornelius Moll, Projektmitarbeiter der Studie am Fraunhofer ISI, konstatierte: „Unsere Ergebnisse zeigen, dass Baden-Württemberg aktuell weder beim Angebot von Elektrofahrzeugen oder -technologien noch bei der Anwendung der Elektromobilität zur Führungsriege zählt.“ Insbesondere bei der Erforschung und der Produktion von Batterie- und Brennstoffzellentechnologien sieht Moll ausgeprägte Schwächen: „In Baden-Württemberg existieren keine großserientauglichen Fertigungskapazitäten zur Herstellung von Lithium-Ionen-Batteriezellen. Vor dem Hintergrund, dass gerade diese Komponenten das höchste Innovationspotenzial besitzen und auch die höchste Wertschöpfung versprechen, sind die Befunde als äußerst kritisch einzustufen.“

„Mittlerweile scheint – vor allem im Bereich der Batterie und Brennstoffzelle – sogar das Verfolgen einer Second-Mover-Strategie gefährdet. Gleichfalls besteht das Risiko, dass technologische Standards der nachhaltigen Mobilität von anderen Akteuren außerhalb von Baden-Württemberg ausgehandelt und gesetzt werden, was den Rückstand weiter vergrößert.“

Weiter heißt es seitens des Fraunhofer ISI: „Das abwartende Verhalten vieler Großunternehmen der Automobilindustrie schwächt die Entwicklung der Elektromobilität insgesamt. Auch die Technologieentwicklung durch wenige ‚Leuchtturm-Unternehmen‘ und deren eingeschränkte Kooperation mit kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) bei der Entwicklung wichtiger Schlüsselkomponenten könnte dazu führen, dass viele KMU international abgehängt werden.“ Baden-Württemberg drohe ein uneinholbarer Rückstand, so Moll.

GUTES NETWORKING Für Baden-Württemberg sprechen die gut etablierten Lieferanten- und Innovationsnetzwerke, zu denen auch exzellente Forschungseinrichtungen zählen. Weiterhin wurde eine solide Bildungsinfrastruktur festgestellt, die als Quelle für qualifizierte Mitarbeiter dienen könne, sowie eine hohe Kompetenz zur Systemintegration. Dazu stellte das Fraunhofer ISI fest: „Zwar besitzt das Land das notwendige Potenzial und die Voraussetzungen, um bei der Entwicklung, Herstellung und Anwendung von Elektrofahrzeugen erfolgreich zu sein – aktuell liegt Baden-Württemberg international jedoch lediglich im Mittelfeld. […] Ein Aufschluss zur Weltspitze kann aber nur gelingen, wenn umgehend tiefgreifende Veränderungen in der Automobilwirtschaft eingeleitet werden.“

„Die Stärken sind fast ausschließlich in konventionellen Technologiefeldern zu finden. In für alternative Antriebstechnologien relevanten Technologiefeldern ist Baden-Württemberg in keinem Bereich führend, sondern eher Mittelmaß.“

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer ISI empfehlen deswegen, „dass der eingeschlagene Pfad der Automobilindustrie in Baden-Württemberg hinsichtlich seines zukünftigen Erfolgspotentials hinterfragt werden sollte“. Sie raten weiterhin, durch Innovationsprojekte den Mittelstand stärker bei Forschung und Innovation einzubinden sowie den Technologie- und Wissenstransfer zwischen allen beteiligten Akteuren wie KMU, Großunternehmen und Forschungseinrichtungen zu verbessern. Außerdem sollten langfristige Strategien entwickelt und internationale Innovationsprojekte mit Technologieführern in anderen Weltregionen eingegangen werden, um Lernpotenziale freizusetzen. Es sind

aber auch erhebliche privatwirtschaftliche Investitionen am Automobilstandort Baden-Württemberg erforderlich, um für neue Technologien wie Batterien und Brennstoffzellen entsprechende Produktionskapazitäten zu schaffen. Und schließlich gelte es, die Akzeptanz für E-Mobilität in der Gesellschaft weiter zu erhöhen, beispielsweise über eine breit angelegte Medienkampagne.

Franz Loogen sieht die Ausgangsposition seines Bundeslandes trotz alledem als gut an. Er sagte: „Ziemlich unique sind wir in der Art der Zusammenarbeit, da wir in der Industrie ein gewachsenes Cluster haben. Wenn wir unser Netzwerk so weiter nutzen, haben wir eine valide Chance, dass wir einer der relevanten Industrialisierer der Welt sein werden.“

„Die Einbindung von KMU in kooperative Forschungsprojekte ist ausbaufähig. In der Konsequenz drohen viele Akteure nachgelagerter Wertschöpfungsstufen von der technologischen Spitze abgehängt zu werden. Damit geht die Gefahr einher, dass sie in dem Moment, in dem die Nachfrage für xEV deutlich ansteigt, nicht in der Lage sind, die Marktbedürfnisse zu erfüllen. Die heute so erfolgreichen Netzwerke drohen dann aufzubrechen.“

ANDERE LÄNDER, ANDERE PRIORITÄTEN In Zahlen ausgedrückt stellt die Studie fest, dass in Baden-Württemberg „im Jahr 2013 weniger als 700 xEV die Werkshallen der OEMs verlassen haben“. In Japan (Aichi) waren es im gleichen Zeitraum fast 630.000 Einheiten. Japan setzt zudem bei der Herstellung von Elektro- und Hybridfahrzeugen weltweit technologische Maßstäbe, während Seoul über ausgewiesene Kompetenzen bei der Batterieentwicklung und -fertigung verfügt. Kalifornien ist den anderen Regionen insbesondere bei der Anwendung der Elektromobilität (gute Ladeinfrastruktur, hohe Zulassungszahlen) weit voraus.

„Die Analysen deuten darauf hin, dass Beharrungskräfte derzeit noch weitaus stärker sind als die Wandlungs- und Erneuerungskräfte hin zu neuen Antriebstechnologien. […] Zögerndes Verhalten großer Akteure bremst Elektromobilität insgesamt.“
Zitate aus der Studie

Da das südwestliche Bundesland ein für die Automobilindustrie wichtiger Produktionsstandort ist, lag der Schwerpunkt der Studie auf einer detaillierten Betrachtung der Industrie und der Produktion. Selbstverständlich kann aber auch der Anwendungsbereich im Rahmen solch einer Studie nicht komplett ausgeblendet werden. Hier stellten die Wissenschaftler fest, dass Kalifornien mit fast einer Million Elektrofahrzeugen die führende Anwenderregion ist. Baden-Württemberg folgt zwar auf Platz 2, allerdings mit nur knapp 14.000 xEV vor Tokio mit knapp 10.000 xEV. Dementsprechend ist das Urteil über die Effektivität des Schaufensters Elektromobilität ernüchternd. Das Fazit der Detailanalyse lautet: „Die Anwender- und Infrastrukturseite sowie deren politische Rahmenbedingungen sind trotz verschiedener Demonstrations- und Pilotprojekte unterdurchschnittlich ausgeprägt.“ ||

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

TAUSCHE VERBRENNER GEGEN E-AUTO

100 Berliner machen mit beim eMO-Autotausch

Quelle: eMO

In Berlin läuft seit dem 1. Juni 2015 die Aktion „Autotausch". Insgesamt 100 Hörer des Senders *radioeins* sowie Prominente der Stadt lassen in diesem Rahmen ihr Benzin- oder Dieselfahrzeug stehen und steigen für jeweils zehn Tage um auf ein Elektrofahrzeug. Sie sammeln auf diese Weise Erfahrungen beim E-Autofahren und berichten darüber in Blogs sowie auf *radioeins* und im Berliner *Tagesspiegel*. Initiiert wurde dieses Projekt von der Berliner Agentur für Elektromobilität eMO.

Der Startschuss unter dem Motto „Sprit raus – Strom rein" fiel am 28. Mai im Ludwig-Erhard-Haus, als den 100 Berlinern symbolisch ihre neuen Schlüssel für die Autotauschaktion übergeben wurden. Seitdem tauschen an jedem zweiten Montag jeweils zehn Fahrerinnen und Fahrer kostenlos ihre Autos. Zur Verfügung stehen Modelle von BMW, Mercedes-Benz, Mitsubishi, Nissan, Renault und Volkswagen.

Das Hauptthema ist dabei natürlich die beschränkte Reichweite. Die meisten Testfahrer waren bisher allerdings gut vorbereitet und mussten sich „nur" an die teils etwas verwirrenden Kilometerangaben gewöhnen. So wie Radiomoderator Sven Oswald, der kurz erschrak, als die angezeigte Reichweite von 182 km nach nur 8 km Fahrstrecke auf 150 km absank. Nachdem er dann jedoch beruhigt feststellte, dass bei der Weiterfahrt die Angabe vertrauenswürdig war, konnte er sich auf etwas anderes konzentrieren: „Ich fahre jetzt *ohne* Radio, einfach nur um zu hören, wie man nichts hört, und das ist echt spooky!"

Antje Kapek, Berliner Fraktionsvorsitzende von *Bündnis 90/Die Grünen,* berichtete demgegenüber nach ihren Tauschtagen: „Ich fand, dass der Tank oder die Batterie gar nicht so schnell entladen, wie mir im Vorfeld angedroht wurde. Ich bin durchaus ein paar Tage damit hingekommen, obwohl ich viel durch die Stadt gefahren bin. Und ich habe angefangen, bewusster zu fahren." Weiterhin berichtete sie: „Innerhalb eines Umkreises von drei Kilometern gibt es bei uns keine Ladestation. Auch direkt am Berliner Abgeordnetenhaus gibt es keine Ladestation. Die nächsten sind am Potsdamer Platz und oft von Carsharing-Autos belegt."

GAMIFICATION DES AUTOFAHRENS Daniel Gläser sprach nach der Erprobung des *VW e-Golfs* über einen ganz anderen Aspekt: „Die vier manuell wählbaren Rekuperationsstufen machen in Verbindung mit dem Rekuperations-Chart des Infotainmentsystems richtig Spaß. Das nenne ich eine gelungene Gamification des Autofahrens." Ein weiterer Erkenntnisgewinn war, dass der zögerliche Verkauf der E-Modelle auch einen Grund im bisherigen Vertriebskonzept haben könnte. So berichtete der Vertriebler eines Autohauses, dass der Verkauf von E-Autos mit einem Mehraufwand beim Verkaufspersonal verbunden sei, weil ja die potentiellen Kunden erst ausführlich über diese neue Technik informiert werden müssen. Da aber die Verkäufer nach Stückzahl, also nach abgesetzten Fahrzeugen, bezahlt werden, preisen sie in der Regel Verbrenner an, weil dies sehr viel einfacher ist und schneller geht.

Insgesamt erhielten die meisten E-Fahrzeuge positive Attribute wie „extrem leise", „angenehm zu fahren", „umwerfend" oder einfach „leider geil". Peter G. stellte allerdings nach seinen Erprobungstagen eine sehr passende Frage: „Warum muss ein so tolles Auto sooo viel Geld kosten???" ||

KESSLER CONTRA LOBENBERG

Im Rahmen eines Streitgesprächs im Hörfunk zwischen dem *radioeins*-Moderator und „Autopapst" Andreas Keßler und Gernot Lobenberg, dem eMO-Geschäftsführer, startete Lobenberg mit dem Statement, dass eine Reichweite von 170 km mehr als ausreichend sei, da ja „der Deutsche im Durchschnitt am Tag 40 km fährt, er muss also nur alle vier Tage aufladen". Die immer wieder zitierte „Reichweitenangst" sei seiner Meinung nach daher unbegründet. Keßler wandte demgegenüber ein, dass er bei einem Servicepartner von BMW für 12,5 kWh über 10 Euro zahlen musste, weil in seinem Fall Zusatzkosten (Handling, Servicegebühren usw.) mitbezahlt werden mussten. Er kritisierte: „Wir haben Strom-Roaming, das die Sache künstlich verteuert. Das ist eine noch nicht ausgestandene Fehlentwicklung, [...] weil es in Deutschland 70 verschiedene Anbieter gibt, die ihre eigenen Stromsäulen aufstellen, und jeder hat eine eigene Karte." Dazu sagte Lobenberg, im günstigsten Fall sei Autostrom kostenlos oder läge für Gewerbekunden bei 2,50 Euro pro 100 km. Bei der Nutzung von öffentlichen Säulen würden allerdings in der Tat Serviceleistungen mitberechnet, die die Ladung teurer machen, weil die gesamte Infrastruktur und Wartung mitbezahlt werden müsse.

PIQUET ERSTER FORMEL-E-WELTMEISTER

Nachdem Nelson Piquet jr. nach einem packenden Finale im Juni 2015 als erster Formel-E-Weltmeister in die Rennfahrergeschichte eingegangen ist, laufen die Vorbereitungen für die zweite Saison schon wieder auf Hochtouren. Die erste Wett-

Quelle: Fia Formula e

Quelle: H2U, © Sergio Ferraris

fahrt der Saison 2015/2016 wird im Oktober in Beijing, China, stattfinden. Deutschland ist mit Berlin ebenfalls wieder im Rennkalender vertreten (21. Mai 2016), während Paris als neue Location anstelle von Monaco aufgenommen wurde. Ein Austragungsort ist derzeit noch offen.

Der deutsche Rennfahrer Nick Heidfeld fährt nach einer glücklosen ersten Saison jetzt im zweiten Jahr für ein neues Team. Er wechselte von Venturi zu Mahindra Racing, für das auch Bruno Senna unterwegs ist. Bei Venturi kommt mit Jacques Villeneuve der erste Formel-1-Champion zur Formel E. Für das deutsche Team Abt Schaeffler Audi Sport treten wieder Daniel Abt, mit 22 Jahren der jüngste Formel-E-Fahrer, und Lucas di Grassi an. Di Grassi erreichte bei den ersten Testläufen in Donington Park, Großbritannien, sogleich neue Streckenrekorde, die kurz darauf aber von Nico Prost eingestellt wurden. ||

MIT DEM H_2-INFO-MOBIL DURCH EUROPA

Seit diesem Frühjahr ist in Italien das *Wasserstoff-Info-Mobil H2M* unterwegs. Das Gespann bestehend aus Zugmaschine und Anhänger startete am 20. April 2015 seine Reise durch Europa. Startpunkt der Ländertournee war das italienische Abgeordnetenhaus, die finale Station wird Ende 2015 Paris sein, wo während der *Klimakonferenz der Vereinten Nationen (COP 21)* für eine nachhaltige Klimapolitik geworben werden soll.

Das Spezialfahrzeug soll dazu beitragen, über verschiedene Zukunftsthemen zu informieren. Es verfügt auf dem Dach sowie an den aufklappbaren Wänden über Solarpaneele (80 m^2), mit deren Strom an Bord Wasserstoff erzeugt wird. Dieser wird in dem Laboratorium verdichtet und in den 20 Druckflaschen à 50 l gespeichert, so dass er anschließend über Brennstoffzellen wieder verstromt oder auch für eine mobile Betankung genutzt werden kann. Im aufklappbaren Anhänger befindet sich ein Vortragsraum mit ausreichend Platz für etwa 50 Personen, dessen Strombedarf allein über die an Bord befindliche Energieanlage gedeckt wird. Angetrieben wird das insgesamt 15 m lange Gefährt von einem Verbrennungsmotor, der jedoch so modifiziert wurde, dass er neben Dieselkraftstoff auch Methan und Wasserstoff verwerten kann. Anvisiert ist bereits, diesen Motor zukünftig durch einen Elektromotor sowie eine Brennstoffzelle zu ersetzen.

Wie Volker Krück aus dem Vorstand der *Fondazione H2U* berichtete, wurde das Wasserstoff-Info-Mobil von der Stiftung *The Hydrogen University (H2U)* projektiert und soll rein didaktischen Zwecken dienen. Dabei ist die Ausstattung „nicht revolutionär“, wie Krück, der noch in der zweiten Jahreshälfte 2015 eine Zweigniederlassung in Berlin eröffnen möchte, selbst einräumt. Deswegen ist er stetig auf der Suche nach Partnern, die beispielsweise durch die Bereitstellung modernerer Hardware zum Erfolg der Europatour beitragen. Bislang sind mehrere italienische Universitäten unterstützend aktiv. Nutzer des *H2M* könnten dann Schulen und Universitäten, aber auch Firmen sein. ||

→ www.unihydrogen.eu

Quelle: RVK

15. Jahrestreffen des Netzwerks Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW
19. November 2015
Hilton Hotel, Düsseldorf

Programm und Anmeldung unter:
www.energieagentur.nrw.de/nbw-jahrestreffen

Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW
EnergieAgentur.NRW
klimaschutz made in nrw

Thema: Elektromobilität | **Autoren:** André Martin, Ludwig Jörissen

DER EUROPA-STACK

Entwicklung eines europäischen BZ-Stacks am ZSW

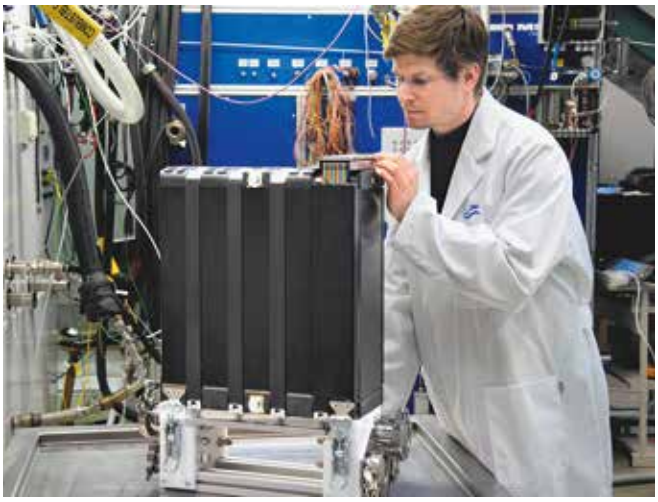


Abb. 1: Stack-3D-Ansicht (l.) und Stack auf einem speziellen Fluidanschluss- und -verteilerblock beim Einbau in einen Prüfstand (Evolution 1)

Das Kooperationsprojekt *AutoStack-Core* (Automotive Fuel Cell Stack Cluster Initiative for Europe II) ist ein Zusammenschluss von 14 europäischen Automobilherstellern, Zulieferern, Systemintegratoren und Forschungsinstituten. Gemeinsam verfolgen sie das Ziel, einen Brennstoffzellenstapel (BZ-Stack) für Fahrzeuganwendung zu entwickeln, der höchsten internationalen Ansprüchen in Bezug auf Leistung, Leistungsdichte, Lebensdauer und Wirkungsgrad genügt. Durch die Zusammenarbeit dieser verschiedenen Akteure sollen eine möglichst optimale Kombination des vorhandenen Know-hows erreicht und kritische Entwicklungsschnittstellen effizient koordiniert werden.

Das Vorläuferprojekt *Autostack*, das von 2010 bis 2012 durchgeführt wurde (FCH-JU GA 245142), diente dazu, gemeinsame Spezifikationsanforderungen der beteiligten OEMs und ein technisches Konzept für ihre Umsetzung zu entwickeln. Die Zielsetzung dieses Konzepts war, den Einbau in unterschiedliche Fahrzeuge und Fahrzeugkategorien verschiedener Hersteller zu ermöglichen, um auf diesem Wege bereits in der frühen Markteinführungsphase deutlich höhere Skaleneffekte erreichen zu können. Grundlage dafür bildete eine ausführliche Einbaustudie, in der die vorhandenen Bauräume in verschiedenen Fahrzeugen der beteiligten Hersteller untersucht wurden, um Volumen und Geometrie des Zieldesigns als Grundlage des gemeinsamen Plattformkonzepts festzulegen.

Weitere Rahmenbedingungen des Projektes bestehen darin, ausschließlich industriell herstellbare Komponenten mit dem erforderlichen Reifegrad für die Entwicklung des Stacks zu nutzen, um nach Abschluss der Entwicklung eine schnelle Überleitung der Ergebnisse in die industrielle Fertigung zu ermöglichen. Das Plattformkonzept in Verbindung mit höchster Leistungsdichte soll zudem die Voraussetzungen dafür schaffen, dass die Zielkosten für den Einsatz in Fahrzeugen möglichst schnell erreicht werden können. Die Skalierbarkeit der Stack-Leistung von 10 bis 95 kW soll außerdem die Voraussetzung für einen flexiblen Einsatz des Stacks auch in anderen Anwendungen schaffen.

Die Stack-Entwicklung im Rahmen des Projekts durchlief die folgenden drei Entwicklungsphasen, die dem Entwick-

Tab 1: Erreichungsgrad wichtiger Designziele in Evolution 1

ZIEL	SPEZIFIKATION	ERREICHT IN EVOLUTION 1
Leistung	95 kW (kontinuierlich), 118 kW (Spitzenlast für 30 sec)	94 kW (kontinuierlich), 99 kW (Spitzenlast für 30sec)
Stack-Leistungsdichte	2,8 kW/l (kontinuierlich), 3,4 kW/l (Spitzenlast)	2,7 kW/l (kontinuierlich), 2,9 kW/l (Spitzenlast)
Betriebspunkt	1 $W \cdot cm^{-2}$ @ 1,5 $A \cdot cm^{-2}$	0,947 $W \cdot cm^{-2}$ @ 1,5 $A \cdot cm^{-2}$
Maximale Betriebstemperatur	95 °C	95 °C
Kathodenbefeuchtung	‹ 50 % RH	50 % RH
Betriebsdruck	2,2 ... 2,4 bar (kontinuierlich) 2,7 bar (Spitzenlast)	2,2 bar (kontinuierlich) 3 bar (Spitzenlast)
Degradationsrate	‹ 12 $\mu V \cdot h^{-1}$	50 $\mu V \cdot h^{-1}$
Frostartfähigkeit	von -25 °C	demonstriert -20 °C
Spezifische Stack-Kosten aggregiert entsprechend DoE-Studie [1]	‹ 40,00 €/kW	47,83 €/kW

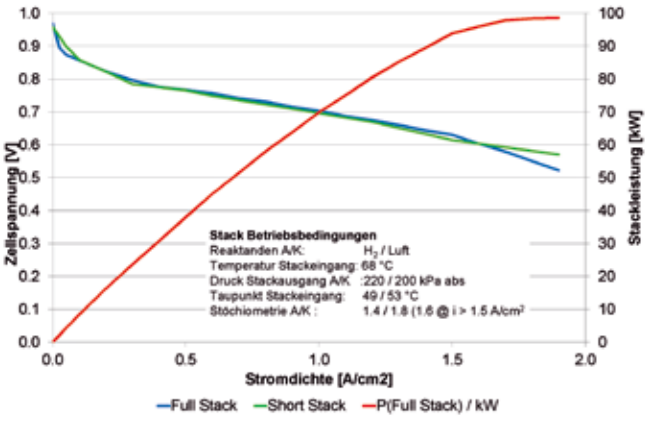


Abb. 2: Vergleich der Strom-Spannungs- und Leistungskurven von Kurz-Stack und Voll-Stack im Wasserstoff/Luft-Betrieb unter Druck, gemittelt über alle Zellen

lungszyklus im Automobilbau entlehnt sind: Prototyp = Evolution 1, A-Muster = Evolution 2 und B-Muster = Evolution 3.

PROTOTYPENBAU Die ersten beiden Phasen wurden von einem vollständigen Testprogramm begleitet, das alle typischen Funktions-, Leistungs-, Dauer- und Umwelttests beinhaltet, um die technische Zielerreichung nachzuweisen sowie Optimierungsbedarfe zu ermitteln. Begleitende Benchmark- und Fertigungskostenanalysen sollten außerdem sicherstellen, dass die Spezifikation mit dem internationalen Entwicklungsstand abgeglichen und gegebenenfalls angepasst wird und das Design geeignet ist, die Zielkosten zu erreichen.

Schon nach knapp eineinhalbjähriger Entwicklungszeit standen Ende 2014 insgesamt 20 Kurz-Stacks mit je zehn beziehungsweise 20 Zellen sowie ein Voll-Stack mit 331 Zellen zur Validierung der Ergebnisse zur Verfügung.

Im März dieses Jahres wurde das Testprogramm des Prototyps (Evolution 1) erfolgreich abgeschlossen. Die nachgewiesenen technischen Eigenschaften entsprechen in allen wichtigen Parametern den Entwicklungszielen für diese Phase (s. Tab. 1) und bestätigten das Designkonzept. Der Stack verhält sich robust innerhalb der spezifizierten Betriebsbedingungen, ist kaltstartfähig bei -20 °C und besitzt bereits jetzt eine sehr hohe Leistungsdichte mit weiterem Verbesserungspotential. Ganz besonders erfreulich ist die Tatsache, dass die zu erwartenden Kosten für eine spätere Serienfertigung, die durch externe Experten analysiert wurden, schon in dieser frühen Entwicklungsphase sehr nahe an der Zielmarke liegen.

Die Tests zeigten außerdem eine ausgezeichnete Übereinstimmung der Leistungsdaten im Betrieb von Kurz-Stacks und Voll-Stacks.

BAU EINES MUSTERS Der im Projekt eingeschlagene Weg intensiver Kooperation zwischen Fahrzeugherstellern, Komponentenlieferanten, Systemintegratoren und Forschungsinstituten erwies sich als erfolgreich. Der direkte Informationsaustausch und die gemeinsame Analyse kritischer Entwicklungsaufgaben ermöglichte eine Optimierung des Zell- und Stack-Designs sowie schnellere und effizientere Erreichung der technischen und wirtschaftlichen Ziele. Die laufende Konsultation mit den Fahrzeugherstellern sorgte für direkte Rückmeldung zu konstruktiven Anforderungen. Im Vergleich mit typischen Entwicklungsprogrammen der Autoproduzenten konnten die Entwicklungsergebnisse deshalb mit einem vergleichsweise bescheidenen Budget erreicht werden.

Das Konsortium nahm Anfang April 2015 eine Analyse des erreichten Entwicklungsstands vor und definierte und vereinbarte spezifische Schritte für die nächste Entwicklungsphase. Nach Abschluss der Designphase für Evolution 2 (A-Muster) und Absolvierung eines umfassenden Testprogramms ist ein weiteres Design Review geplant. Der erreichte Entwicklungsstand und das vorhandene Verbesserungspotential lassen jedoch bereits heute den Schluss zu, dass alle wesentlichen Projektziele erreicht werden können.

PRÄSENTATION AUF DER HMI Das Projekt hat eine Gesamtlaufzeit von 46 Monaten und wird voraussichtlich Ende 2016 abgeschlossen. Der dann erwartete Entwicklungsstand wird eine Überleitung in die industrielle Serienfertigung innerhalb von etwa zweieinhalb Jahren erlauben. Die Serienfertigung von BZ-Stacks für automobile Anwendung aus europäischer Entwicklung und Fertigung wird damit ab etwa 2018/2019 eine realistische Option. Das Projekt schließt somit eine kritische Lücke in der deutschen und europäischen Wertschöpfungskette und leistet einen substantiellen Beitrag zur Erhöhung der europäischen Wettbewerbsfähigkeit bei einer wichtigen Zukunftstechnologie.

Die Markteinführung von BZ-Fahrzeugen durch Toyota und Hyundai hat seit einiger Zeit begonnen. Mit diesen Fahrzeugen werden erste Erfahrungen im Kundenbetrieb gesammelt und die Marktreaktion getestet. Andere Hersteller werden in den nächsten Jahren folgen. Die Entwicklung der H_2-Betankungsinfrastruktur wird in wichtigen Hauptmärkten parallel vorangetrieben, benötigt jedoch noch einige Zeit, bevor größere Stückzahlen von BZ-Fahrzeugen verkauft und sinnvoll betrieben werden können.

Der Entwicklungsstand sowie ein Baumuster des Stack-Prototyps wurden während der Hannover Messe 2015 vorgestellt und stießen, wie gehofft, auf großes Interesse bei Fahrzeugherstellern und Systemintegratoren. Mit einigen Akteuren sind bereits Folgegespräche geplant. Ab Anfang kommenden Jahres können A-Muster für Test- und Demonstrationszwecke an Fahrzeughersteller oder Systemintegratoren geliefert werden. *AutoStack-Core* fügt sich daher sehr gut in den größeren Kontext der allgemeinen Technologieentwicklung ein. Das Konsortium steht bereit, die zukünftige Entwicklung von Brennstoffzellenantrieben voranzutreiben und potentielle Interessenten bei ihrer Entwicklung zu unterstützen. ||

AutoStack-Core wird im Rahmen des europäischen Brennstoffzellenprogramms *Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking* gefördert (FCH-JU GA 325335). Beteiligt sind die Automobilhersteller BMW, Volkswagen und Volvo sowie die Zulieferunternehmen Belenos, Dana, Freudenberg, PowerCell und Solvicore. Als Forschungsinstitute begleiten das Vorhaben CEA, Fraunhofer ISE, PSI und ZSW.

Literatur:

B. D. James, J. M. Moton, W. G. Colella, Mass Production Cost Estimation of Direct H_2 PEM Fuel Cell Systems for Transport Applications 2013 Update; Strategic Analysis Inc., Arlington VA (2014)

Autoren:
André Martin, André Martin Consulting, Idstein
→ andre.martin-nc@t-online.de (s. Foto)

Dr. Ludwig Jörissen
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Ulm
→ ludwig.joerissen@zsw-bw.de

Thema: Elektromobilität | **Autoren:** Laura Sutor, Nada Zamel, Ulf Groos

TREIBHAUSGASEMISSIONEN VON BZ-FAHRZEUGEN

CO_2-Fußabdruck in Abhängigkeit des Fahrprofils

Im Jahr 2012 betrug der Anteil des Transportsektors an den gesamten Treibhausgasemissionen der 28 Staaten der Europäischen Union 19,7 %. Damit war dieser Sektor nach der Energieindustrie der zweitgrößte Treibhausgasproduzent. Zur Einhaltung der von der Europäischen Kommission für den Transportsektor festgelegten Klimaschutzziele muss bis 2050 eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen von 70 % gegenüber dem Wert von 2008 erreicht werden. Nachfolgend wird vermittelt, welchen Beitrag Brennstoffzellenfahrzeuge zur Reduzierung der EU-Treibhausgasemissionen bis 2050 und damit zur Realisierung der europäischen Ziele leisten können. Das Hilfsmittel zur Ermittlung des Minderungspotentials der Treibhausgasemissionen stellt der CO_2-Fußabdruck dar. Er beschreibt die Treibhausgasemissionen in Kohlenstoffdioxidäquivalenten über den gesamten Produktlebenszyklus.

Die Berechnung der nutzungsabhängigen Treibhausgasemissionen basiert auf den Fahrprofilen der *REM-2030*-Datenbank vom Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung [1]. Die Datenbank umfasst Fahrprofildaten von 522 Fahrzeugen gewerblicher Halter. Die untersuchte Mercedes B-Klasse ist nach der Einteilung der REM-2030-Datenbank ein Mittelklassefahrzeug, weshalb ausschließlich Fahrprofile von Mittelklassefahrzeugen zur Untersuchung herangezogen werden. Mittelklassefahrzeuge waren 2012 mit 55 % die größte Gruppe der neu zugelassenen Pkw mit gewerblichen Haltern [2], weshalb die verwendeten Daten dieser Fahrzeugklasse einen guten Anhaltspunkt für einen Firmenfuhrpark darstellen.

VORGEHENSWEISE Zur Einordnung des Ergebnisses und zur Ermittlung des Minderungspotentials wird der CO_2-Fußabdruck ebenfalls für die Fahrzeuge Mercedes *B-Klasse Electric Drive* (batterieelektrisches Fahrzeug) sowie Mercedes *B 180 CDI BlueEFFICIENCY* Edition (Dieselfahrzeug) ermittelt. Für das Brennstoffzellenfahrzeug werden die H_2-Bereitstellungspfade Erdgasreformierung, Reformierung auf Basis

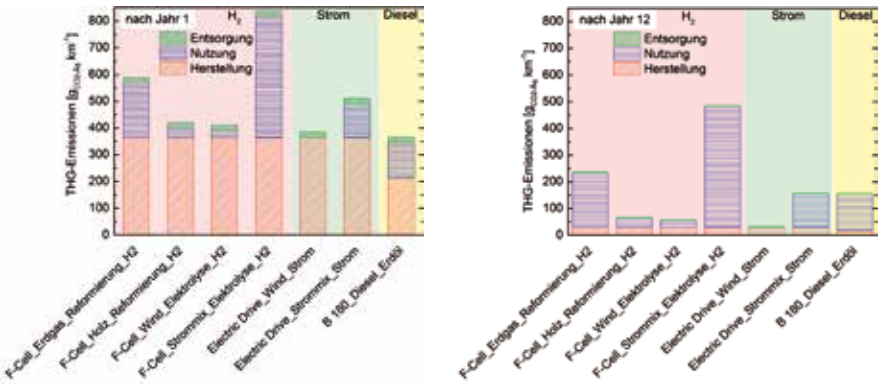


Abb. 1: Durch die Herstellung, Nutzung und Entsorgung verursachte Treibhausgasemission nach einem (a) und zwölf (b) Jahren Nutzung

von Holz sowie die Elektrolyse durch Windstrom und Strom aus EU-Strommix betrachtet. Windstrom und EU-Strommix stellen den Strom für das betrachtete Elektrofahrzeug bereit. Die Berechnung der durch die Nutzung der verschiedenen Fahrzeuge verursachten Treibhausgasemissionen erfolgt gemäß Ablaufplan.

Ergebnis dieser Berechnung sind die Treibhausgasemissionen pro gefahrenem Kilometer für jede einzelne Fahrt der untersuchten Fahrprofile. Als Datengrundlage für die Berechnung der Treibhausgasemissionen verschiedener Fahrprofile dienen die Fahrprofildaten von 203 Mittelklassefahrzeugen aus der Datenbank. Von diesen Daten werden die benötigte Leistung und, basierend auf dieser, die aufgewendete Leistung ermittelt. Daraus lassen sich dann Verbrauch und, abhängig vom Fahrzeugkonzept und der Energiebereitstellung, die Treibhausgasemissionen berechnen.

Zur Berechnung der benötigten Leistung werden sowohl der Rollwiderstand als auch der Luftwiderstand sowie Nebenverbraucher wie Klimaanlage und Heizung berücksichtigt. Vernachlässigt werden die durch Steigung und Beschleunigung verursachten Widerstände sowie die Lufttemperatur. Zur Berechnung der aufzuwendenden Leistung wird die benötigte Leistung durch den Wirkungsgrad des gesamten Fahrzeugs, der je nach Fahrzeug variiert, dividiert. Der Wirkungsgrad wird in diesem Modell vereinfachend als konstant betrachtet.

Einflussfaktoren wie Steigung, Beschleunigung, Temperatur und variabler Wirkungsgrad sind grau hinterlegt, da sie Einfluss auf die berechneten Größen haben, allerdings nicht betrachtet werden. Um den Verbrauch zu ermitteln, wird die aufzuwendende Leistung durch die gefahrene Geschwindigkeit geteilt. Daraus ergeben sich die Treibhausgasemissionen durch die Multiplikation mit den für die jeweilige Form der Energiebereitstellung verbundenen spezifischen Treibhausgasemissionen.

ERGEBNIS Auf Basis des beschriebenen Vorgehens können die CO_2-Fußabdrücke für verschiedene Fahrprofile ermittelt werden. Dazu werden die verfügbaren Daten auf ein beziehungsweise zwölf Jahre hochgerechnet. Für den Durchschnitt der untersuchten Fahrprofile ist durch die Lebensdauerbeschränkung von 8.000 Betriebsstunden, die auf dem von Veröffentlichung [3] beschriebenen Ziel bis 2015 beruhen, eine Nutzung der Mercedes *B-Klasse F-CELL* für knapp zwölf Jahre möglich. Die Treibhausgasemissionen über den Produktlebenszyklus der verschiedenen Fahrzeuge und Energiebereitstellungsmöglichkeiten, aufgeteilt in Herstellung, Nutzung und Entsorgung nach einem und nach zwölf Jahren, sind in Abbildung 1 dargestellt. Dabei werden für die Herstellung des F-CELL-Modells die gleichen Treibhausgasemissionen wie für die Herstellung der Mercedes *B-Klasse Electric Drive* angenommen, da sich laut der vom Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (IFEU) durchgeführten Studie UMBReLA die Emissionen der Herstellung für Brennstoffzellenfahrzeuge und batterieelektrische Fahrzeuge kaum unterscheiden. Eine weitere Annahme ist, dass eine ausgebaute H_2-Tankstelleninfrastruktur sowie ein ausreichendes Netz an Schnellladesäulen existieren und somit die unter-

suchten Fahrprofile von allen betrachteten Fahrzeugen realisiert werden können

Die durch die Nutzung verursachten Treibhausgasemissionen stellen einen Teil des CO_2-Fußabdrucks dar. Zusätzlich fallen bei der Herstellung und Entsorgung der Fahrzeuge Treibhausgasemissionen an und werden bei der Bilanzierung über den Produktlebenszyklus berücksichtigt. Die Ergebnisse beruhen darauf, dass für das BZ-Fahrzeug und die beiden Referenzfahrzeuge immer die gleiche Lebensdauer angenommen wird, unabhängig von der Antriebs- und Speichertechnologie.

Die Treibhausgasemissionen der Herstellung und Nutzung sind für das Dieselfahrzeug mit 5,9 $t_{CO2\text{-}Äq}$ deutlich geringer als die der beiden anderen Fahrzeuge mit 10,1 $t_{CO2\text{-}Äq}$ [4]. Die durch die Nutzung verursachten Treibhausgasemissionen ergeben sich aus dem Mittelwert der berechneten Treibhausgasemissionen pro Kilometer der Fahrprofile der 203 Mittelklassefahrzeuge. Nach einem Jahr trägt die Herstellung noch zu einem relativ großen Anteil zu den gesamten Treibhausgasemissionen bei. Nach zwölf Jahren macht die Herstellung noch ein Zwölftel der Herstellung nach einem Jahr aus. Mit zunehmender Nutzungsdauer verringern sich die Treibhausgasemissionen pro Kilometer aus Herstellung und Entsorgung, und anteilmäßig gewinnt die Nutzung über die Zeit an Bedeutung. Durch den hohen Einfluss der durch die Herstellung verursachten Treibhausgasemissionen nach einem Jahr der Nutzung ist das Dieselfahrzeug aufgrund der geringeren Treibhausgasemissionen bei Herstellung und Entsorgung nach diesem Zeitraum hinsichtlich des CO_2-Fußabdrucks vorteilhaft. Nach zwölf Jahren dagegen hat die Nutzung dominierenden Einfluss auf den CO_2-Fußabdruck, wodurch die Konzepte mit Treibstoff aus regenerativen Quellen hinsichtlich des CO_2-Fußabdrucks vorteilhaft sind. Die Treibhausgasemissionen der Nutzung sind beim Brennstoffzellenfahrzeug höher als bei dem batterieelektrischen Fahrzeug, da bei dem BZ-Fahrzeug die Umwandlung des Stroms in Wasserstoff notwendig ist und das BZ-Auto einen geringeren Wirkungsgrad aufweist.

SCHLUSSFOLGERUNG Die regenerativen Möglichkeiten der Wasserstofferzeugung hinsichtlich ihres Minderungspotentials für die 203 untersuchten Fahrprofile sind in Abhängigkeit der jährlich gefahrenen Distanz jedes einzelnen Fahrprofils dargestellt (s. Abb. 2). Dabei liegt jedem Fahrprofil die Annahme zugrunde, dass nach 8.000 Betriebsstunden oder nach 27.200 Start-Stopp-Zyklen die maximale Lebensdauer erreicht ist.

Für das Dieselfahrzeug als Referenzfahrzeug gelten für diesen Vergleich die gleichen Annahmen hinsichtlich der Lebensdauerbeschränkung wie für die Mercedes B-Klasse F-CELL. Entsprechend der Lebensdauer des Fahrzeugs für ein bestimmtes Fahrprofil berechnet sich die Lebensfahrleistung. Der Vergleich der Minderungspotentiale enthält jedes der 203 Fahrprofile und bezieht sich auf die jährlich zurückgelegte Distanz der untersuchten Fahrprofile. Der Mittelwert des Minderungspotentials wird für beide Varianten der H_2-Bereitstellung ab etwa 20.000 km überschritten. Zusätzlich sind in dem Diagramm die Mittelwerte des Minderungspotentials der 203 Fahrprofile für die beiden Varianten der Wasserstoffbereitstellung durch die gestrichelten Linien dargestellt.

Das Minderungspotential der Mercedes *B-Klasse F-CELL* mit Wasserstoff aus Windenergie ist etwas höher als das mit Wasserstoff aus Biogas. Für manche Fahrprofile kann ein Minderungspotential von knapp 80 % erreicht werden. Die Unterschiede verschiedener Fahrprofile für ähnliche Jahresfahrleistungen hinsichtlich der Minderungspotentiale sind durch unterschiedliche Fahrweisen zu erklären.

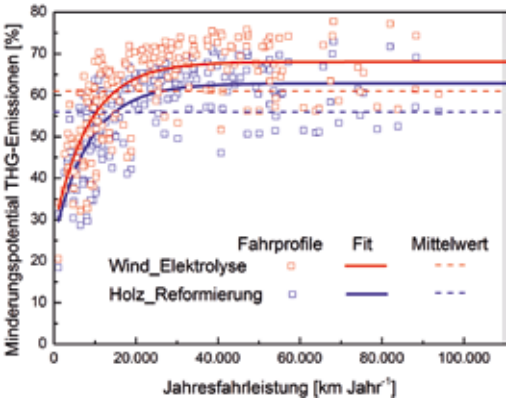


Abb. 2: Minderungspotential der Mercedes B-Klasse F-CELL mit Wassersoff aus den regenerativen Quellen Holz (blau) und Wind (rot) im Vergleich zum Diesel-Referenzfahrzeug für die 203 untersuchten Fahrprofile

Schlussfolgernd ist festzuhalten, dass für Wasserstofferzeugung aus regenerativen Energiequellen, insbesondere für die hier untersuchten Erzeugungspfade Elektrolyse mittels Windstrom und Wasserstoffreformierung auf Basis von Holz, ein großes Minderungspotential der Treibhausgasemissionen durch den Einsatz von Brennstoffzellenfahrzeugen besteht. Da gerade gewerblich genutzte Fahrzeuge in über 50 % der Fälle mehr als 20.000 km jährliche Fahrleistung aufweisen [5] und ein erheblicher Anteil von knapp 62 % der neu zugelassenen Pkw auf gewerbliche Halter zugelassen wird [6], bieten insbesondere Firmenfuhrparks ein erhöhtes Potential zur Minderung von Treibhausgasemissionen. ||

Literatur:
[1] REM 2030 Fahrprofile Datenbank, ed: Fraunhofer ISI, 2014
[2] Kraftfahrt-Bundesamt, Fahrzeugzulassungen 2013 nach Wirtschaftszweigen und Untergruppen und Fahrzeuggrößen, Kraftfahrt-Bundesamt, Flensburg, 2013
[3] B. Pollet, et al., Current status of hybrid, battery and fuel cell electric vehicles: From electrochemistry to market prospects, Electrochimica Acta, vol. 84, pp. 235-249, 2012
[4] Mercedes-Benz, Umweltzertifikat Mercedes-Benz B-Klasse Electric Drive, ed, 2014
[5] T. Gnann, et al., Elektromobilität im Personenwirtschaftsverkehr – eine Potenzialanalyse, Fraunhofer ISI, Karlsruhe, 2012
[6] Kraftfahrt-Bundesamt, Privat und gewerblich zugelassene Personenkraftwagen (Pkw) – der kleine Unterschied, 2012

Autoren:
Laura Sutor
→ laura.sutor@ise.fraunhofer.de

Nada Zamel, Ph.D.
→ nada.zamel@ise.fraunhofer.de

Ulf Groos
→ ulf.groos@ise.fraunhofer.de
alle vom Fraunhofer ISE, Freiburg

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

ZWEIGLEISIGE H_2-BETANKUNG IN MÜNCHEN

BMW hält an Kryogen-Wasserstoff fest

Abb. 1: Dicker Schlauch für kryogenen Wasserstoff

Die Entwicklungsarbeiten an tiefkaltem Wasserstoff wurden zusammen mit dem H_2-Verbrennungsmotor im Jahr 2006 beerdigt, so dachten alle. Nach Jahren der Unklarheit steht jetzt fest, dass BMW doch weiterhin an der Kryogentechnik festhält. Dies belegt die Inbetriebnahme der neuen Zapfsäulen an der Multi-Energie-Tankstelle in München, an denen neben Druckgas auch tiefkaltes H_2 getankt werden kann.

Am 16. Juni 2015 hat der bayerische Automobilbauer gemeinsam mit Total und Linde in der Detmoldstraße in München die neue Betankungsstation in Betrieb genommen. Sie ist Teil der Wasserstoffachse Stuttgart-München-Innsbruck-Bozen innerhalb des Cluster Süds des europäischen *HyFIVE*-Projektes (s. HZwei-Heft Jul. 2015). Nach eigener Aussage betreten die Firmen ebenso wie die ebenfalls beteiligte Clean Energy Partnership (CEP) mit der hier eingesetzten Tanktechnik Neuland, weil dort, direkt gegenüber dem Forschungs- und Innovationszentrum der BMW Group, neben einer 700-bar-Zapfsäule auch eine Zapfsäule für Kryogendruck-H_2-Betankungen installiert wurde.

Zur Anwendung kommt hier eine kryogene H_2-Hochdruckpumpe von Linde. Diese pumpt das tiefkalte Wasserstoffgas, das vor Ort bei -253 °C flüssig gelagert wird, in den mit bis zu 350 bar unter Druck stehenden Fahrzeugtank. Die Speichertemperatur im Auto beträgt laut BMW -210 bis -240 °C. Parallel dazu ermöglicht dieselbe an den ionischen Kompressor angeschlossene Kryopumpe die Versorgung der zweiten Zapfsäule, an der wie gewohnt verdichtetes Wasserstoffgas (GH_2, 700 bar, -40 °C) getankt werden kann.

ABDAMPFVERLUSTE REDUZIERT Problematisch bei dieser Technologie ist nach wie vor, dass der stets vorhandene Wärmeeintrag in den Tank zu einem Druckanstieg führt, trotz der sehr guten Isolation. Die dadurch zwangsläufig auftretenden Abdampfverluste, also das Abblasen von H_2-Gas, konnten allerdings im vergangenen Jahrzehnt reduziert werden. Konkret heißt es von der BMW Group: „Wir sind optimistisch, hier langfristig Erfolge zu erzielen." Angaben über den Namen des Entwicklungspartners wollten die Bayern jedoch nicht machen. In der Vergangenheit hatten sie sowohl mit Linde als auch mit Magna zusammen an Kryogentanks gearbeitet.

Die Entwicklungspartner erhoffen sich von der Kryogentechnik eine größere Reichweite von Brennstoffzellenfahrzeugen, da tiefkalter Wasserstoff eine höhere Speicherdichte als reines Druckgas aufweist. Nach Unternehmensangaben soll die Kryodruck-Tanktechnik verglichen mit der 700-bar-Technik eine um bis zu 50 % höhere H_2-Kapazität im Fahrzeugtank ermöglichen. Getestet wird dies in den neuen Testfahrzeugen von BMW (*5er Gran Turismo,* s. S. 34), die bislang als Einzige über einen entsprechenden Kryogentank verfügen. Matthias Klietz, Leiter Forschung Antrieb bei der BMW Group, erklärte: „Mit dieser neuen Wasserstoffmobilität können private wie geschäftliche Nutzer auch über weite Strecken elektrisch und lokal emissionsfrei unterwegs sein, ohne Abstriche bei Komfort, Platzangebot und Betankungszeiten machen zu müssen."

Auf die Frage seitens *HZwei,* warum BMW als einziger Automobilhersteller nach wie vor an kryogenem Wasserstoff festhält, antwortete ein Firmensprecher, dass dies eine langfristige Option im Vorentwicklungsstadium sei. Er sagte: „Mittelfristig ist der 700-bar-Standard richtig, aber langfristig arbeiten wir weiter an der Kryodrucktanktechnologie." ||

18 VON 50 H_2-STATIONEN
Die Station in der Detmoldstraße, die im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) mit 1,4 Mio. Euro gefördert wurde, ist Nummer 18 der insgesamt 50 Wasserstofftankstellen, die nach der ursprünglichen Planung bis Ende 2015 in Deutschland installiert sein sollten.

Q6 ALS BZ-CROSSOVER

Audi hat Ende Juni 2015 mitgeteilt, dass es seinen *Q6* auch als Brennstoffzellenversion entwickeln will. Die VW-Tochter hatte den neuen Crossover in der Verbrennerversion bereits Anfang des Jahres angekündigt, nachdem sie Ende 2014 in Los Angeles den *A7 Sportback h-tron Quattro* als weiteren Wasserstoff-Prototypen präsentiert hatte (s. HZwei-Heft Jan. 2015). Im Laufe dieses Jahres folgte dann die Konkretisierung der Ingolstädter, sowohl ein Plug-in-Hybrid- als auch ein Brennstoffzellen-Modell als reine Elektroautos bauen zu wollen. Außerdem hatte Volkswagen Anfang dieses Jahres vermeldet, dass Audi ein Paket mit Brennstoffzellenpatenten des kanadischen Unternehmens Ballard Power Systems für 44 Mio. Euro erworben hat und dieses dem gesamten Wolfsburger Konzern, der mittlerweile Toyota als weltweit größten Autoproduzenten abgelöst hat, mit all seinen Marken zur Verfügung stellt. Trotz alledem strebt Audi in diesem Jahrzehnt keine Kommerzialisierung von BZ-Autos an. ||

WEGBEREITER FÜR DIE H_2-MOBILITÄT IN EUROPA

Die Clean Energy Partnership (CEP)

Foto: CEP

Meine Tochter schickte mir von ihrer Klassenfahrt nach London ein Foto von einem Werbebanner am Picadilly Circus. Ein Hyundai *ix35 Fuel Cell* steht da auf einer knallgrünen Blumenwiese. Der Spruch darunter schlicht „ZERO CO_2 Emissions". Dazu schrieb sie: „OMG, unser autoooo! Cool." („Unser Auto" ist das CEP Eventfahrzeug).

Die SMS zeigt deutlich, man muss auch mal von außen gucken, um sehen zu können, wo man selbst steht: Deutschland war und ist die Keimzelle der Wasserstoffmobilität in Europa. Ihr Gesicht ist die *Clean Energy Partnership* mit ihren 19 starken, international operierenden Industriepartnern. Nach und nach wachsen in unseren europäischen Nachbarländern Projekte heran, die dem Wasserstoff im Verkehr ebenfalls den Weg ebnen wollen. Da Autofahrer in Europa an Ländergrenzen nicht Halt machen, wird es eine der wichtigsten Aufgaben sein, das Tankstellennetz länderübergreifend aufzubauen. Die FCH JU, TEN-T, H2ME und weitere Initiativen setzen hierfür wichtige Impulse. Bei ihren Aktivitäten greifen sie auf Ergebnisse und Erkenntnisse der CEP zurück.

In Deutschland sind derzeit etwa 100 Brennstoffzellen-Pkw und -busse im Testbetrieb. Sie haben auf über vier Millionen Kilometern ihre Alltagstauglichkeit bewiesen. Seit September 2015 wird das erste in einer Großserie gefertigte Brennstoffzellenfahrzeug in Deutschland zum Kauf angeboten: der Toyota *Mirai*. Ihm folgen 2016 ein Serienmodell von Honda und 2017 eines aus dem Hause Daimler. BMW hat im Sommer ein neues Modell vorgestellt, das mit Brennstoffzelle und einer neuartigen Kryodruck-Tanktechnologie ausgestattet ist (s. S. 34). Volkswagen präsentierte Ende 2014 neue Versuchsträger, die auf dem VW *US-Passat,* dem *Golf* und dem *Audi A7* aufbauen.

Auch im Busbetrieb kommt die Brennstoffzelle voran: In der CEP werden sie derzeit von der Hochbahn in Hamburg und den Stuttgarter Straßenbahnen im Linienbetrieb eingesetzt. Die Hamburger Hochbahn hat neuerdings neben den vier Citaro-FuelCell-Hybrid-Modellen von Daimler Buses zwei Batteriebusse von Solaris mit Brennstoffzelle als Range Extender auf die neu eingerichtete Innovationslinie geschickt. Dort fahren Busse mit unterschiedlichen Antriebstechnologien, um Vergleichswerte zu erzeugen.

Beim Tankstellenaufbau arbeiten im Rahmen der CEP die Unternehmen Air Liquide, Daimler, EnBW, Linde, OMV, Shell, Total und Westfalen mit Hochdruck am Aufbau weiterer Wasserstoffstationen. In Berlin, Hamburg, Stuttgart und München konnten dieses Jahr neue Stationen eröffnet werden. Besonders gut kam der Ausbau der Südachse voran mit der im unterfränkischen Geiselwind an der A3 gelegenen ersten Autobahntankstelle der CEP sowie der nach Umbau wiedereröffneten H_2-Station in der Münchener Detmoldstraße. Somit können nun Wasserstofffahrzeuge zwischen den süddeutschen Metropolen Stuttgart, Frankfurt und München verkehren.
Von strategischer Bedeutung für die Anbindung an das europäische Wasserstoffnetz ist der Beitritt der OMV zur CEP. Zusätzlich zu der bestehenden Stuttgarter H_2-Station plant die OMV drei weitere Wasserstofftankstellen im süddeutschen Raum. Im Fokus steht auch die Brenner-Autobahn als eine der wichtigsten Verbindungsachsen von Deutschland über Österreich bis nach Italien.

Sechs der CEP-Partner (Air Liquide, Daimler, Linde, OMV, Shell und Total) arbeiten mit der Gründung der H2 Mobility Deutschland GmbH & Co KG an der flächendeckenden Wasserstoffinfrastruktur mit mehr als 400 Tankstellen. Pläne, die auch im Ausland aufhorchen lassen.

Politische Unterstützung bekommt die Wasserstofftechnologie durch die Entscheidung des europäischen Parlamentes, dass Biokraftstoffe der zweiten und dritten Generation durch eine Mehrfachanrechnung gefördert werden. Bei Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen darf demnach das Zweifache seines Energieinhalts auf die Treibhausminderungsquote angerechnet werden. Aus dem Bundesverkehrsministerium mehren sich positive Signale für eine Fortführung des Nationalen Innovationsprogramms für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie nach 2016. Die Partner der CEP sind sich einig, dass das Projekt in jedem Fall weitergeführt werden muss. Die breite Wissensbasis, die über zehn Jahre aufgebaut wurde, sowie die etablierten Strukturen werden nicht nur national sondern zunehmend auch im internationalen Raum gebraucht, um Lösungen für noch offene Fragen zu finden. Diese betreffen in erster Linie Standardisierungen von Prozessen bei der Druckbetankung.

Es ist großartig, dass Wasserstofffahrzeuge in Europa zum Kauf angeboten werden und sich allmählich verbreiten. Die CEP darf sich als Wegbereiter verstehen und wird auch in Zukunft dafür Sorge tragen, dass die Technologie weiterentwickelt und ihre Kundenfreundlichkeit noch verbessert wird. ||

Autorin:
Claudia Fried
Head of Communications Clean Energy Partnership

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

BMW PRÄSENTIERT EINEN 5ER MIT BZ-ANTRIEB

Markteinführung könnte im Jahr 2025 erfolgen

Abb. 1: Einmal volltanken mit Kryogen-Wasserstoff, bitte!

Der Automobilproduzent BMW hat am 1. Juli 2015 in der Provence ein neues Brennstoffzellenauto präsentiert. In Miramar im Süden Frankreichs enthüllten die Bayern einen *5er Gran Turismo.* Hierbei handelt es sich um ein Demonstratorfahrzeug, das in Zusammenarbeit mit Toyota entwickelt wurde und bis zum Jahr 2020 Serienreife erlangen soll.

Der auf einem serienmäßigen *5er Gran Turismo (GT)* basierende Wagen ist das erste reine Brennstoffzellenfahrzeug der Münchener. Bis zum Jahr 2006 hatte sich BMW fast ausnahmslos mit H_2-Verbrennungsmotoren beschäftigt und insgesamt acht Pkw-Generationen mit Ottomotor und Flüssigwasserstofftank ausgestattet, bevor die Entwicklungsarbeiten daran eingestellt wurden. Im Jahr 2013 verkündeten BMW und Toyota dann eine Kooperation, im Rahmen derer die Bayern vom BZ-Know-how der Japaner profitieren, während sie selber Dieseltechnologie nach Asien weiterreichen.

Entwicklungs-Chef Klaus Fröhlich erklärte: „Wir entwickeln weiterhin in alle denkbaren Richtungen, aber die Kombination mit Brennstoffzelle und Wasserstoff scheint ab zirka 2020 eine weitere denkbare Antriebsform zu sein. […] Die Brennstoffzelle ist ein fester Bestandteil unserer Strategie für die Zukunft.“ Ziel der Entwicklungsarbeiten sei, die Brennstoffzelle so kompakt wie einen Verbrennungsmotor zu bauen, damit das gleiche Fahrzeug-Chassis sowohl für Verbrenner als auch für Elektrofahrzeuge verwendet werden kann. Außerdem sollen die Carbon-Drucktanks eine ähnliche Form wie die Akkupakete bekommen, um hier ebenfalls das eine durch das andere ersetzen zu können.

Auf *HZwei*-Nachfrage erklärte ein Pressesprecher: „Die im BMW *5er Gran Turismo* verbaute Brennstoffzelle stammt aus der Kooperation mit Toyota und ist im Wesentlichen gleich im Toyota *Mirai* verbaut. Ebenso sind einige Nebenaggregate baugleich. Das Fahrzeug ist allerdings komplett von BMW entwickelt worden. Beispielsweise basiert der elektrifizierte Antriebsstrang auf *BMW-i*-Technologie.“

NEUARTIGER KRYOGENTANK Der gasförmige Wasserstoff wird wahlweise in einem 700-bar-Drucktank oder in einem zwei Meter langen, von der BMW Group patentierten 350-bar-Tunneltank zwischen Vorder- und Hinterachse gespeichert. Um beide Speichertechnologien erproben zu können, wurden insgesamt zehn Demontrationsfahrzeuge gebaut – sowohl mit 700-bar-Technologie als auch mit Kryodruck-Tanktechnologie. Beide Technologien werden parallel weiterentwickelt, hieß es aus München.

Im zweiten Fall, der kryogenen Variante, wiegt der aus Aluminium und Carbon gefertigte Behälter 160 kg. Die Wärmeisolierung gewährleistet, dass im Inneren dauerhaft (für einige Wochen) Temperaturen von -210 bis -230 °C herrschen. Bei der Betankung kommt eine neue Kryogendruck-Technik (CCH2, s. S. 32) zum Einsatz, die erstmals an der neuen öffentlichen H_2-Betankungsstation in München erprobt wird. Die so gespeicherten 7,1 kg H_2-Gas (Kapazität: 237 kWh) ermöglichen eine Reichweite von 500 km. Wahlweise kann der Kryodrucktank allerdings auch mit 700 bar befüllt werden. Der Behälter fasst dann etwa 2,1 kg, was allerdings zu einer entsprechend reduzierten Reichweite führt.

„Da aus Sicht von BMW die Wasserstoff-Brennstoffzellentechnologie idealerweise in mittleren bis größeren Fahrzeugen verbaut wird – also üblicherweise langstreckentauglichen Fahrzeugen –, ergibt sich in der Regel ein entsprechender Bauraum im Bereich des heutigen Tunnels.“

Angetrieben wird der H_2-5er von einem Elektromotor, der über eine Leistung von 180 kW verfügt. Ergänzend zur Brennstoffzelle ist für die Stromzufuhr eine Hochvoltbatterie als Zwischenspeicher (1 kWh) installiert. Im Gegen-

Abb. 2: Neben dem 5er statteten die bayerischen Ingenieure auch einen i8 versuchsweise mit einer Brennstoffzelle aus [Quellen: BMW]

Über den Brennstoffzellen-*i8* hieß es: „Das mattschwarze Demonstrationsfahrzeug wurde von BMW bis zum Jahr 2012 eigenentwickelt. Es wurde somit vor der Kooperation mit Toyota, basierend auf anderer Technologie, von BMW entwickelt und gebaut. Zum heutigen Zeitpunkt wird dieses Fahrzeug nicht mehr verwendet.“

satz zu gängigen Elektroautos verfügt dieser Sportwagen über ein Zweigang-Automatikgetriebe, das bei 80 bis 90 km/h einmal schaltet. Basierend auf dieser Technologie könnte ab dem Jahr 2018 ein wasserstoffbetriebener BMW-Rennwagen am 24-Stunden-Rennen in Le Mans teilnehmen.

Gerüchte, denen zufolge ein *i5* mit Brennstoffzelle die bisherige BMW-Modellpalette des *i3* und *i8* ergänzen könnte, wollte BMW nicht bestätigen. Stattdessen hieß es: „Ziel der gemeinsamen Kooperation mit Toyota (TMC) ist, bis zum Jahr 2020 über serienreife Komponenten für zukünftige Wasserstoff-Brennstoffzellenfahrzeuge zu verfügen." Bezüglich des Markteintrittstermins zukünftiger H_2-Fahrzeuge hatte Entwicklungsleiter Klaus Fröhlich unlängst gegenüber der *Süddeutschen Zeitung* erklärt: „Ich denke da eher an 2025 als realistisches Zeitfenster." ||

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

BRENNSTOFFZELLEN GEHEN AN BORD

MFC und SOFC in maritimen Anwendungen

Brennstoffzellen gelten als Allround-Talente. Deswegen wird auch immer wieder der Einsatz im maritimen Sektor getestet. Bislang fehlte es hier jedoch an durchschlagenden Erfolgen. Trotzdem bemühen sich nach wie vor verschiedene Unternehmen darum, in diesem anspruchsvollen Anwendungsspektrum mit ihren Systemen Fuß zu fassen: Die Siqens GmbH erprobt beispielsweise derzeit ihre Hochtemperatur-Methanolbrennstoffzelle (HT-MFC) auf einem Segelschiff, während sunfire ihre bislang nur auf dem Land erprobte Festoxidbrennstoffzelle jetzt erstmals auch auf dem Wasser einsetzen möchte.

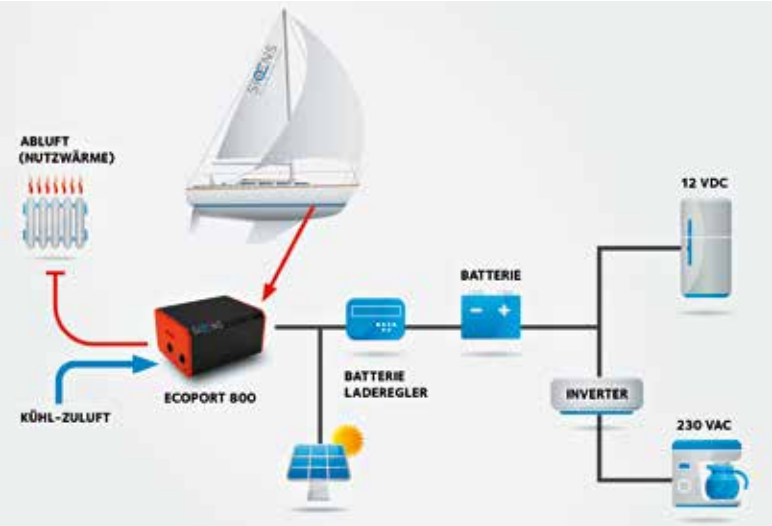


Abb. 1: Funktionsskizze des Versuchsschiffs [Quelle: Siqens]

Siqens ist ein noch junges Unternehmen. Es wurde im Jahr 2012 gegründet und verspricht, ab dem Jahr 2017 marktreife Brennstoffzellensysteme anbieten zu können. Im Mittelpunkt seiner Aktivitäten steht derzeit der Energiewandler *Ecoport 800,* eine methanolbetriebene Brennstoffzelle, die mit jeweils 20 l Kraftstoff für 48 Stunden eine Leistung von 800 W liefert. Konzipiert ist das System für verschiedenste Anwendungsmöglichkeiten – von wetterunabhängigen APU-Systemen in Wohnmobilen, Segelbooten und Freizeithütten über Range Extender bis hin zu unabhängigen Stromversorgungssystemen in der Industrie.

Während der *Sail 2015* präsentierte Siqens im August zusammen mit dem ttz Bremerhaven sowie dem dänischen Membranhersteller Danish Power Systems (DPS) ein Segelschiff, die *MHD Marleen,* auf der ein Vorserienmodell der *Ecoport 800* zusammen mit einem Akku als Zwischenspeicher installiert ist. Im Rahmen eines zweijährigen, mit 2,3 Mio. Euro von der EU geförderten Forschungsvorhabens wird dort das BZ-System erprobt.

Der Schiffseigentümer Hermann Behrens berichtete *HZwei,* sein Ziel sei, das unverdünnte Methanol zukünftig nicht nur für die Brennstoffzelle, sondern auch für den Verbrennungsmotor zu verwenden. Die Leitungen dafür lägen schon bereit und der Dieselmotor sei durchaus für Methanol geeignet, so Behrens. Parallel dazu bemüht er sich um den Kraftstoffnachschub. Dafür favorisiere er Methanolabfüllstationen, wie es sie seinen Ausführungen zufolge in China bereits gibt, da eine derartige Versorgung sehr viel günstiger sei als eine Befüllung mit Methanolkanistern. Entsprechende Gespräche mit Reedern und Yachtbesitzern werden bereits geführt.

Behrens zeigte sich zuversichtlich, dass sowohl die weitere Umrüstung seines Bootes als auch die noch kommenden Gespräche positiv verlaufen, so dass dann anschließend die eingesetzte Technik auch beispielsweise in Lkw Einzug halten könne. Da der Einsatz von Brennstoffzellen in Schiffen seinen Worten zufolge „die schwierigste Anwendung ist", könnten später auch andere Bereiche von dieser Entwicklung profitieren.

SUNFIRE LIEFERT SOFC-STACK AUS sunfire geht im Vergleich dazu mit deutlich leistungsstärkeren Systemen auf See. Das Dresdner Unternehmen lieferte jetzt im August wie geplant eines seiner SOFC-Aggregate an ThyssenKrupp Marine Systems aus (s. HZwei-Heft Okt. 2014). Das Hochtemperatur-Brennstoffzellenmodul, das jetzt 50 kW, und nicht wie ursprünglich vorgesehen 40 kW, aufweist, wird im Rahmen des Projekts *SchiffsIntegration BrennstoffZelle (SchIBZ)* innerhalb des NIP-Leuchtturmvorhabens *e4ships* zunächst an Land in Betrieb genommen und dann im Jahr 2016 auf See in dem Frachtschiff MS Forester der Reederei Braren erprobt. Dort soll es 25 bis 50 Prozent der Bordstromversorgung übernehmen. Als Brennstoff kommt schwefelarmer Dieselkraftstoff zum Einsatz. ||

Abb. 2: SOFC-System von sunfire [Quelle: sunfire]

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

PALLADIUM-INSELN ALS KATALYSATOR-HOTSPOTS

Die lange Suche nach dem Platinersatz

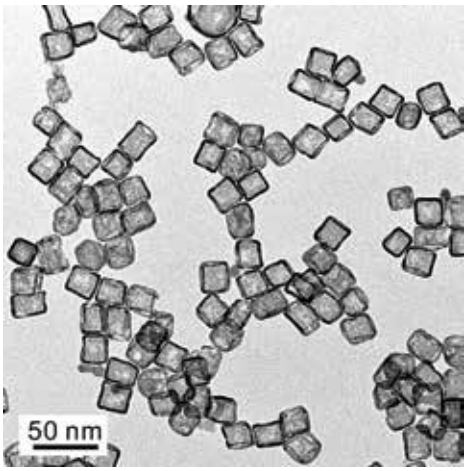


Abb. 1: Hohle Platinwürfel
[Quelle: Xia Laboratory, University of Washington]

Ein Knack- und Angelpunkt bei Brennstoffzellen sind immer noch die Katalysatoren. Sie bestimmen maßgeblich die Leistungsfähigkeit der Stacks und auch deren Preis. Momentan werden unterschiedlichste Nanopartikel in verschiedenster Verbindungsform untersucht. Das gilt ebenso für den Bereich der Wasserteilung, wo Katalysatoren in Elektrolyseuren eingesetzt werden. Welche Materialien in beiden Fällen letztlich Platin abzulösen vermögen, ist derzeit noch offen, weshalb parallel auch an der Reduzierung der benötigten Katalysatormenge gearbeitet wird.

Als potentieller Platinersatz bei der Sauerstoffreduktion wird unter anderem ein Nanopartikel-Gemisch gehandelt, das günstiger, aber ebenso effizient sein soll wie das Original. Bei dieser Verbindung handelt es sich um eine Palladium-Wolfram-Mischung im Verhältnis von eins zu acht, in die etwa ein Nanometer große Palladiuminseln eingebettet sind. Thomas Wågberg von der schwedischen Umeå University erklärte, das Gemisch sei aufgrund seiner einzigartigen Morphologie ähnlich effizient wie ein Platinkatalysator, „kostet aber etwa 40 Mal weniger“, da die Palladiuminseln als hocheffiziente Katalysator-Hotspots fungieren. Wågberg griff bei der Herstellung mit seinem schwedisch-chinesischen Forscher-Team auf eine einfache Synthesemethode zurück, die auch in einem gewöhnlichen Mikrowellenherd angewandt werden könnte. Er erläuterte: „Wenn wir nicht unser Argon als protektives inertes Gas verwendet hätten, hätten wir diesen tollen Katalysator auch in der eigenen Küche herstellen können.“

US-amerikanische Forscher haben derweil ein neues nicht-metallisches Katalysatorsystem entwickelt, das eine ähnlich hohe Effizienz bei der O_2-Reduktion aufweist wie Platin. Das Chemiker-Team der Universität Wisconsin-Madison berichtete in der Fachzeitschrift *ACS Central Science,* man habe eine Mischung aus Nitroxyl und Stickstoffoxid verwendet. Prof. Shannon Stahl erklärte: „Obwohl diese Katalysatorverbindung bisher verschiedentlich zur aeroben Oxidation eingesetzt wurde, wussten wir nicht, ob sie ein guter Brennstoffzellenkatalysator sein würde. Wie sich herausstellte, ist dies das effizienteste molekulare Katalysatorsystem, über das jemals berichtet wurde.“ [1]

Am Peter Grünberg Institut des Forschungszentrums Jülich versucht man demgegenüber, gewisse Platinteilmengen durch günstigere Metalle zu substituieren. Gemeinsam mit Kollegen der TU Berlin entwickelten die PGI-Wissenschaftler bereits 2013 Partikel, die nicht aus purem Platin bestehen, sondern im Inneren Nickel oder Kobalt enthalten. Diese Nanokristalle in Form von Oktaedern sollen lediglich ein Zehntel der ansonsten üblichen Platinmenge benötigen. Hergestellt werden derartige Oktaeder, indem zunächst ein kreuzförmiges Grundgerüst mit sechs Spitzen allein aus Platin aufgebaut wird. Daran lagern sich dann Nickel- oder Kobalt-Atome an, bis die Vertiefungen ausgefüllt sind und das Kristallwachstum automatisch stoppt.

RUB BAUT AUF KOHLENSTOFF Bereits im Sommer 2014 fanden Chemiker der Ruhr-Universität Bochum ein bifunktionales Katalysatormaterial, das gleichzeitig zwei gegensätzliche Reaktionen fördern kann: die kalte Verbrennung von Wasserstoff mit Sauerstoff in einer Brennstoffzelle und auch die Teilung von Wasser per Elektrolyse. Es handelt sich hierbei um ein Material auf Kohlenstoffbasis, in das Manganoxid- oder Cobaltoxid-Nanopartikel eingeschlossen sind. Das Team um Prof. Dr. Wolfgang Schuhmann und Prof. Dr. Martin Muhler „schnitt“ die Nanoröhren aus Kohlenstoff mithilfe von Wärme und Sauerstoff auf und machte somit die darin eingeschlossenen Katalysatorpartikel nutzbar.

GOLDENE NANOPARTIKEL An Katalysatoren für Elektrolyseure wird auch am A*STAR-Institut in Singapur geforscht. Die Mannschaft von Andy Hor fand beim Experimentieren mit wasserresistenten Lanthan-Strontium-Titan-Oxid-Verbindungen heraus, dass Nanopartikel aus Gold die Aktivität von Katalysatoren steigern können. Die Wissenschaftler gaben goldene Nanopartikel, die mit Elektronen angereichert waren, zu dieser Verbindung hinzu. Dies bewirkte eine bessere Lichtkonzentration, wodurch sich wiederum die katalytischen Reaktionen beschleunigten. Hinzu kam, dass die poröse Struktur des Katalysators die Oberfläche vergrößerte (ein Gramm besitzt eine Oberfläche von 100 m^2). Hor erläuterte: „Die große Oberfläche spielt eine bedeutende Rolle bei der Erhöhung der Photokatalyse-Aktivitäten.“

LANGSAME SYNTHESE In Deutschland setzt man demgegenüber auf weitaus günstigere Materialien, und zwar auf eine Eisen-Nickel-Oxid-Verbindung. Mit dieser sollen Nanopartikel synthetisiert worden sein, die zehnmal effizienter sind als alle bisher in der Literatur beschriebenen Versuche mit vergleichbaren Nickel-Eisen-basierten Verbindungen. Wie im Mai 2015 seitens der Ludwig-Maximilians-Universität München verlautbart wurde, setzt das Team von Prof. Thomas Bein und Prof. Dina Fattakhova-Rohlfing auf eine bewusst langsame Synthese. Ksenia Fominykh erklärte: „Mit den herkömmlichen Synthesemethoden entstehen Partikel grundsätzlich in dem thermodynamisch stabilsten Zustand. In unserer Methode spielt die bewusst langsame Reaktionsgeschwindigkeit die entscheidende Rolle. Denn sie ermöglicht, dass auch weni-

ger stabile, sogenannte metastabile Phasen entstehen und sich dadurch unter anderem außergewöhnliche Mischverhältnisse von Nickel und Eisen in unseren Nanopartikeln bilden können."

Gemeinsam mit Kollegen des MPI Düsseldorf sowie der FU Berlin gelang es den Münchnern, die außergewöhnlich kleine kristalline Struktur der Partikel (1,5 ŋm) vollständig aufzuklären. Die somit gefundene Kombination aus einer sehr großen katalytisch aktiven Oberfläche verbunden mit einer hohen Kristallinität der Nanoteilchen sei mitverantwortlich dafür, dass die Struktur auch nach dauerhafter Elektrolyse unter hohen Strömen intakt bleibt. Zudem sollen die Nanopartikel einfach herzustellen, günstig und vielfältig einsetzbar sein.

REDUKTION DER PLATINMENGE Eine weitere Variante für die Kosteneinsparung ist die Verringerung der benötigten Platinmenge. Auf diesem Gebiet hat Younan Xia vom US-amerikanischen Georgia Institute of Technology jüngst einen Durchbruch erzielt. Wie im Fachmagazin *Science* berichtet wurde, entwickelte Xia winzige Platinwürfel, deren Nanostruktur eine bis zu siebenfach effizientere Katalyse bei gleichbleibendem Materialverbrauch verspricht. Die nur 20 Nanometer großen Würfel (s. Abb. 1) sind innen hohl und haben ultradünne Wände aus wenigen Atomlagen, weisen also somit eine große Oberfläche trotz geringer Materialmenge auf.

Hergestellt werden die Nanowürfel, indem die Wissenschaftler einzelne atomare Lagen Platin auf Palladiumnanokristallen, die anschließend weggeätzt werden, wachsen lassen. Infolge der guten Regelbarkeit dieses Prozesses können eine, zwei oder drei atomare Lagen Platin erzeugt werden. Bislang verfügten ähnliche Würfel über rund 20 Lagen, wofür deutlich mehr Platin benötigt wurde. Ihre Motivation, hohle Platinwürfel zu kreieren, erklärte Xia folgendermaßen: „Wir wollen kein Material verschwenden, das im Innern sitzt und nicht zur Katalyseaktivität beiträgt." ||

Literatur:

[1] Gerken, J. B., Stahl, S. S., High-Potential Electrocatalytic O_2 Reduction with Nitroxyl/NO_x Mediators: Implications for Fuel Cells and Aerobic Oxidation Catalysis, *ACS Central Science* doi: 10.1021/acscentsci.5b00163 (2015)

PLUG POWER ÜBERNIMMT HYPULSION

Das Joint Venture HyPulsion gehört seit August 2015 komplett Plug Power. Wie das US-amerikanische Unternehmen am 27. Juli 2015 mitteilte, hat es die gesamten Anteile seines ehemaligen Partners Axane, einem Tochterunternehmen der Gasefirma Air Liquide, übernommen. 11,5 Mio. US-$ zahlte der New Yorker Brennstoffzellenhersteller für 80 % der Anteile. Im Jahr 2012 hatten Plug Power und Axane gemeinsam HyPulsion gegründet, um insbesondere den Markt für Brennstoffzellengabelstapler anzuschieben. Andy Marsh, Geschäftsführer von Plug Power, sagte: „Wir gehen jetzt optimistisch weiter voran, um unsere Präsenz im Europäischen Material-Handling-Markt auszuweiten. […] Ich freue mich, dass unsere Zusammenarbeit mit Air Liquide bei der Weiterentwicklung der Wasserstoffwirtschaft in Europa weitergeführt wird." ||

Energiewende 3.0
Mit Wasserstoff und Brennstoffzellen
von Sven Geitmann

→ Die Energiewende 2.0 kommt in Deutschland nur schleppend voran. Die Ablösung der Atomenergie durch erneuerbare Energien gestaltet sich schwieriger als erwartet, weil Solar- und Windstrom bisher noch nicht effizient gespeichert werden können. Deswegen muss genau an dieser Schnittstelle, bei der Energiespeicherung von „grünem Strom", angesetzt werden. Und dieses Buch zeigt, wie dies gehen könnte: Mit Wasserstoff und Brennstoffzellen kann die Umorientierung von der gestrigen zu einer zukunftsfähigen Energieversorgung gelingen.

HyWeb: „leicht lesbar und gut strukturiert"

Vorwort von Dr. Klaus Bonhoff, NOW GmbH
236 S., 54 Abb., 10 Tab., 3. Auflage, Okt. 2012
Hydrogeit Verlag, Oberkrämer
ISBN 978-3-937863-16-0, Preis: 19,90 Euro

Erneuerbare Energien
Mit neuer Energie in die Zukunft
von Sven Geitmann

→ Noch nie wurde so viel Strom mit Hilfe erneuerbarer Energien erzeugt wie heute. Diese rasante Entwicklung in der Solar-, Wind- und Bioenergie hat Sven Geitmann dazu veranlasst, sein Buch über diese aktuelle und hoch interessante Thematik zu überarbeiten. Es liefert jetzt noch mehr technische Details leicht verständlich aufbereitet.

Sonnenzeitung: „Ein Muss für Technikinteressierte!"

Vorwort: Prof. Ernst Ulrich v. Weizsäcker
212 S., 63 Abb., 22 Tab., Juli 2014
Hydrogeit Verlag, Oberkrämer
ISBN 978-3-937863-41-2
Preis: 19,90 Euro

H2YDROGEIT Verlag | Gartenweg 5, 16727 Oberkrämer | Tel.: 033055 – 213-22, Fax: 033055 – 213-20 | kontakt@hydrogeit.de, www.hydrogeit-verlag.de

h2herten
Wasserstoff-Kompetenz-Zentrum

ANWENDERZENTRUM H2HERTEN

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

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

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

SAUBERER POLIZEIFUNK

116 Funkmasten werden mit BZ-Systemen ausgestattet

Quelle: Clean Power Net, Zentraldienst der Polizei – IT 5

Der Bereich der USV-Anlagen bietet Brennstoffzellen – neben dem Mobilitätssektor sowie der Hausenergieversorgung – ein weites Anwendungsspektrum. Seit 2010 kümmert sich das Branchennetzwerk *Clean Power Net (CPN)* um Firmen, die auf den Gebieten der unterbrechungsfreien sowie der netzfernen Stromversorgung oder der Smart Grids tätig sind. Eines der bedeutendsten Vorhaben in diesem Bereich ist derzeit der 6,6 Mio. Euro schwere Großauftrag, mehr als 100 Funkmasten in Brandenburg mit Brennstoffzellensystemen für die Notstromversorgung auszustatten.

Im Rahmen von Modernisierungsmaßnahmen wurde in den vergangenen Jahren der Funkbetrieb bei Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS: das sind Polizei, Feuerwehr, THW usw.) von analoger auf digitale Funktechnik umgestellt. Dieses neue deutsche BOS-Digitalfunknetz ist mit 500.000 Nutzerinnen und Nutzern das weltweit größte seiner Art. Im Rahmen der Umbaumaßnahmen sollen im Land Brandenburg insgesamt 116 Brennstoffzellen als Netzersatzanlagen an Basisstationen des BOS-Digitalfunks eingesetzt werden, um so eine sichere Stromversorgung zu gewährleisten. Anstelle der Dieselgeneratoren, die bislang in den meisten Fällen zum Einsatz kamen, sollen hier Brennstoffzellen als USV-Systeme fungieren.

ERPROBUNG IM FELD Beim deutschen Digitalfunk kommt der weltweit stark verbreitete TETRA-Standard (Terrestrial Trunked Radio – Terrestrischer Bündelfunk) zum Einsatz. Vierzehn europäische Staaten verfügen bereits über solch ein Netz. Neben Deutschland bauen derzeit acht weitere eines auf, zwei weitere planen es. Für Henrik Colell, CPN-Sprecher und Geschäftsführer des Berliner Brennstoffzellenherstellers Heliocentris, ist diese große Verbreitung ein wesentlicher Vorteil. Er sieht darin ein großes Potenzial, zahlreiche neue Standorte mit Brennstoffzellentechnik auszustatten, sollte der aktuelle Feldtest erfolgreich verlaufen. Denn dann würde der potenzielle Markt nicht nur die 4.500 Basisstationen umfassen, die derzeit im deutschen BOS-Digitalfunknetz zur Verfügung stehen, sondern noch Tausende weitere – europa- und weltweit.

Zunächst werden die BZ-Netzersatzanlagen jedoch innerhalb des BOS-Feldversuchs parallel zum realen Betrieb über etwa zwei Jahre untersucht (bis März 2016). Bewährt sich ihr Einsatz, kann über eine weitere Verbreitung nachgedacht werden. Colell erklärte bereits bei der Auftragserteilung im Februar 2014: „Der Auftrag verdeutlicht das enorme Vertrauen und Potenzial, das Behörden in der Brennstoffzellentechnologie sehen. Denn käme es zu einem Ausfall oder zu Beeinträchtigungen, hätte dies Versorgungsengpässe und erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit zur Folge."

TEST MIT DREI WETTBEWERBERN Eingesetzt werden bei diesem Feldtest in Brandenburg PEM-Systeme von zwei verschiedenen Herstellern, die von insgesamt drei im Wettbewerb stehenden Firmenkonsortien installiert werden. Die damals noch eigenständige Firma FutureE Fuel Cell Solutions erhielt den Zuschlag für 53 Basisstationen, um diese gemeinsam mit ihrem Servicepartner, der adKor GmbH, mit USV-Systemen des Typs *Jupiter* auszustatten. Je zwei Einheiten dieser 48-V-Brennstoffzellen-Module liefern eine Leistung von 4 kW und sind entsprechend den Anforderungen in einem widerstandsfähigen Gehäuse (Widerstandsklasse 4) gut geschützt für den Outdoor-Einsatz installiert. Mark-Uwe Oßwald, Gründer von FutureE, erklärte: „Wir sind davon überzeugt, dass Brennstoffzellensysteme in Zukunft als umweltfreundliche Alternative zu herkömmlichen

LANGER VORLAUF

Nachdem die Bundesregierung 2003 die Schaffung der Voraussetzungen für die schrittweise Einführung des bundeseinheitlichen Digitalfunks zur Ablösung des Analogfunks beschlossen hatte, dauerte die Umsetzung über zehn Jahre. Am 31. Dezember 2014 fand das Projekt *Digitalfunk BOS Brandenburg* seinen Abschluss. Am 1. Januar 2015 nahm die *Autorisierte Stelle Digitalfunk des Landes Brandenburg (AS DF)* ihren Betrieb auf und dient seitdem als zentrale Betriebsstelle für alle Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben des Landes. Die Übergabe des Fördermittelbescheids in Höhe von 3,17 Mio. Euro für das Projekt „Wasserstoff-Netzersatzanlagen der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben des Landes Brandenburg" erfolgte am 26. November 2012.

Lösungen in der Notstromversorgung eine immer wichtigere Rolle spielen werden. Gemeinsam mit adkor planen wir deutschlandweit weitere Projekte."

Weitere 25 Standorte wurden Heliocentris und FutureE gemeinsam mit deren Dienstleister telent zugesprochen. Deren Brennstoffzellenlösung wurde bei diesem zweiten Lösungsansatz um das Energiemanagementsystem von Heliocentris erweitert und zusammen mit der Wasserstoffeinheit für eine einfache Installation in einen Container integriert. Ayad Abul-Ella, CEO Heliocentris Energy Solutions AG, erklärte: „Mit dem Einsatz unseres modularen und flexiblen Energiemanagementsystems erzielen wir durch die Überwachung der Netzersatzanlage höchste Transparenz und ermöglichen einen reibungslosen und vor allem unterbrechungsfreien Betrieb der Standorte."

Im Juni 2014 übernahm die Heliocentris Energy Solutions AG die FutureE Fuel Cell Solutions GmbH, woraufhin Ayad Abul-Ella sagte: „Damit haben wir uns als ein führender Anbieter für brennstoffzellenbasierte Energielösungen zur Absicherung von Funkmasten im Behördenfunk in Deutschland etabliert."

Das dritte Los erhielt der Firmenzusammenschluss von Mastbau Gärtner (MBG), Hoppecke/ReliOn, Generex und AdPos. Die Berliner Firma MBG greift auf die Brennstoffzellenmodule *E-2500* und *E-1100* von Plug Power zurück. Die US-amerikanische Firma verfügt neben ihren BZ-Aggregaten für Niederflurzeuge *(GenDrive)* auch über eine eigene Marke für stationäre Back-up-Module *(ReliOn)*, die hier zum Einsatz kommen.

Kurze Stromausfälle, die weniger als 15 Minuten dauern, werden bei allen drei Anbietern von den jeweils zusätzlich installierten Akkumulatoren überbrückt. Bei längeren Stromausfällen übernimmt dann die Brennstoffzelle die Versorgung der Standorte. Die ersten Anlagen gingen im Sommer 2014 in den Testbetrieb.

TH WILDAU BEGLEITET FELDTEST Nach Auskunft von Prof. Siegfried Rolle von der Technischen Hochschule Wildau müssen die Netzersatzanlagen für eine Überbrückungszeit von insgesamt 72 Stunden ausgelegt sein. Rolle ist Leiter des Labors für Regenerative Energietechnik an der Technischen Hochschule Wildau (THWi) und begleitet das Vorhaben von wissenschaftlicher Seite. Für seine Untersuchungen wurde an der THWi ein Demonstrationscontainer errichtet, in dem eine BZ-Netzersatzanlage mit einer Nennleistung von 2,5 kW installiert ist.

Als Gründe, warum Brennstoffzellen gegenüber Dieselaggregaten vorgezogen werden, nannte Prof. Rolle: „Der Dieselgenerator ist wartungsintensiv, umweltschädlich, und langfristig sind Preissteigerungen des Dieseltreibstoffs aufgrund der global begrenzten Verfügbarkeit zu erwarten. Eine umweltfreundliche Alternative stellt die BZ-Netzersatzanlage dar, welche unter anderem wartungsarm, zuverlässig, nahezu geräuschlos im Betrieb und durch einfache Erweiterung des Brennstofflagers flexibel in der Überbrückungszeitdauer ist. Bei der Verwendung von Wasserstoff wird zudem bei einem größeren Treibstoffleck die Umwelt nicht belastet." ||

Thema: Markt | **Autor:** Sven Jösting

TIPPING-POINT IN DER BZ-ENTWICKLUNG ERREICHT

Neuer Megatrend – BZ-Aktien stehen kurz vor der Entdeckung

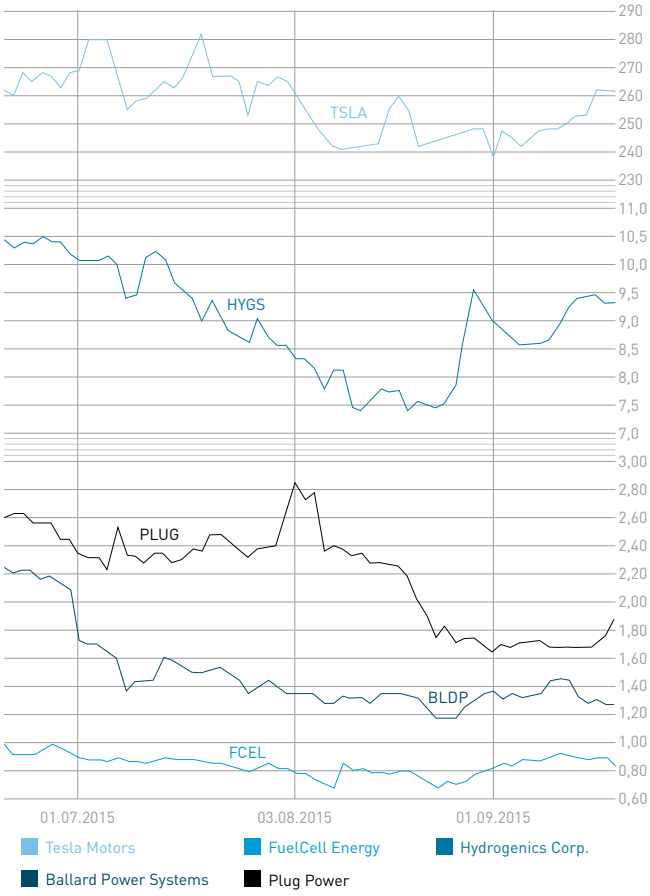


Abb. 1: Verlauf der Aktienkurse der fünf börsennotierten Unternehmen [Quelle: www.wallstreet-online.de] *: Kurse vom 11. September 2015

Die derzeit an der Börse gehandelten Aktien von Brennstoffzellenunternehmen befinden sich alle auf einem Kursniveau, als wenn bereits ein Crash eingetreten sei. Es wirkt, als wenn die technologischen Durchbrüche bei der Weiterentwicklung der Brennstoffzelle überhaupt nicht stattgefunden hätten, als wenn die Erzeugung, die Speicherung und die Nutzung von Wasserstoff keine Chancen auf Erfolg hätten. Aber mitnichten – das Gegenteil ist der Fall. Wir befinden uns am Anfang eines neuen Megatrends, und viele BZ-Produkte sind heute im Jahr 2015 marktreif. Etliche langjährige Testreihen konnten sehr erfolgreich abgeschlossen werden, und nach der Bedienung der Testmärkte geht es nun um den flächendeckenden Einsatz, um weltweit saubere Energie (Wärme & Strom) zu generieren.

Wie bei jedem neuen Trend ist die Skepsis zunächst groß, was sich zum Beispiel auch in der bisher noch mangelhaften Abdeckung durch Wasserstofftankstellen zeigt. Toyota ist davon allerdings völlig unbeeindruckt, denn „der Weg ist das Ziel“, und je mehr wasserstoffbetriebene Fahrzeuge, auch BZ-Hybride, im Markt sind, umso mehr H_2-Tankstellen wird es geben, so das Kalkül. Und das BZ-Auto ist es dann auch, das die „imaginäre“ Angst vor Wasserstoff nehmen wird.

Dass die hier vorgestellten BZ-Unternehmen und ihre Aktien so tief notieren, hat auch seine Grundlage in dem stark gedrückten Ölpreis, der alternative Antriebsarten rein psychologisch natürlich mit beeinflusst, auch wenn hier gar kein direkter Bezug zu erkennen ist. Die hier betrachteten Unternehmen verfügen über gesunde Bilanzverhältnisse (schuldenlos/wenig Schulden/hoher Bargeldbestand), besitzen Schlüssel-Know-how (IP/Patente), langjährige Erfahrungen, hohe Auftragsbestände und starke Partnerschaften/Kooperationen.

Kurzum: Krise – welche? Eher ein produktiver Zustand. Wer hier warten kann, sollte eine hohe Rendite erwirtschaften, wenn der Markt – über steigende Kurse – die tatsächlichen Potentiale und Perspektiven zu erkennen beginnt bzw. erkennt. Und dann werden die hohen Kursverluste Vergangenheit sein und das Engagement in den Gewinn führen. Man braucht aber Zeit.

PLUG POWER (PLUG, US-$ 1,69*)

Plug Power hat womöglich den Kursrückgang seiner Aktie in den vergangenen Wochen selbst ausgelöst, wie ein Report (*Seeking Alpha* vom 2.9.2015) detailliert beschreibt und auch belegt. Im Einzelnen:

1. Die Übernahme von HyPulsion, dem europäischen Joint-Venture mit Air Liquide, für US-$ 11,5 Mio. wurde in Aktien (6,4 Mio. Stück wegen des Kursrückgangs anstelle der ursprünglich geplanten 4,8 Mio. Aktien) beglichen, wobei wohl schon feststand, dass die Air-Liquide-Tochter Axane SA diese Aktien registrieren lassen und an d er Börse verkaufen wird. Plug hätte besser die US-$ 11,5 Mio. in bar bezahlt – mit über US-$ 100 Mio. in der Bank wäre dies völlig problemlos gewesen – als Aktien auszugeben, die den Kurs unter Druck gebracht haben. Dies war ein perfektes Argument der Short-Seller, also der Anleger, die auf fallende Kurse bei Plug setzen: über 34 Mio. Aktien sind leer verkauft worden. Air Liquide hält weiterhin etwa 5,6 Mio. Aktien an Plug und wird als „strategischer Partner“ daran auch festhalten, so die vorherrschende Meinung. Interessant am Rande: Man arbeitet in Europa bereits mit Jungheinrich zusammen.
2. Bargeldbestand: Das letzte Quartalsergebnis brachte einen Bargeldabfluss von rund US-$ 22 Mio. auf ca. US-$ 109 Mio. Hierin sind aber wohl über US-$ 10 Mio. enthalten, die man als Sicherheitsleistung für Finanzierungen (u. a. Leasinggeschäft) benötigt. Damit hat Plug rein rechnerisch immer noch etwa US-$ 120 Mio. auf der „Kante“. US-$ 10 Mio. gelten als realistischer quartalsmäßiger Geldabfluss, um das Wachstum des Unternehmens aus eigener Kraft zu finanzieren (Aufbau der Produktionsanlagen, Personal u. v. a.). Kapitalerhöhungen via sogenannter Secondaries/Offerings sind auf absehbare Zeit nicht notwendig. Auch hier haben die Short-Seller den quartalsmäßigen Kapitalabfluss als Argumentationsgrundlage dafür genommen, dass Plug das Geld ausgehen könnte und eine weitere Verwässerung durch die Ausgabe neuer Aktien eintreten würde – mitnichten!
3. Großaufträge, u. a. Walmart & Home Depot: Beide Unternehmen besitzen über 100 Logistikzentren, die etappenweise umgerüstet werden, also vom Batteriebetrieb zum Brennstoffzellenbetrieb. Die Börse erwartete die

Bekanntgabe von Großaufträgen und übersah/übersieht, dass beide Unternehmen step-by-step alle Logistikzentren umstellen, also wohl den Grundsatzentschluss getroffen haben, voll auf die Brennstoffzelle zu setzen, da sich der Wasserstoffbetrieb bereits nach einem Jahr amortisiert (Umbau) und erhebliche Kostensenkungen ermöglicht, zudem Umweltaspekte umgesetzt werden. So gesehen kann man unterstellen, dass Plug allein mit diesen beiden Großunternehmen (viele andere folgen, z. T. schon in den Büchern mit Erstaufträgen) schon ein Auftragspotential besitzt, welches im dreistelligen Millionenbereich liegt. Aktuell hat Plug nach eigener Aussage für dieses Jahr Auftragseingänge (Bestand) von wertmäßig US-$ 206 Mio. und wird über US-$ 100 Mio. umsetzen. Plug konvertiert für verschiedene Großkunden die Logistikzentren, teilt dies aber insofern auf, dass man nicht zu abhängig von einem Kunden ist. Das Engagement wird also proportional aufgeteilt: x Zentren für Kunde X, y Zentren für Kunde Y (also z. B. 6 Logistikzentren p.a. für Walmart, 4 für Home Depot, 3 für Kroger etc.). So wächst man an verschiedenen Stellen mit unterschiedlichen Kunden, ohne die Kapazitäten auf eine einzige Adresse zu konzentrieren. Die Börse wird diese o. g. Argumente in die Bewertung einfließen lassen.

Fazit: alles im grünen Bereich. Plug wird sein Wachstum von 40 % plus p. a. sowie die permanente Erhöhung der Gewinnmarge weiter umsetzen. Für 2016 wird der Break-even erwartet, also der Sprung in die Gewinnzone. Die über 34 Mio. leer verkauften Aktien könnten über kurz oder lang sogar der Turbo für wesentlich höhere Notierungen sein (Squeeze bei guten Nachrichten).

FUELCELL ENERGY (FCEL, US-$ 0,96*)

FuelCell Energy arbeitet an der Realisierung von Großprojekten mittels Brennstoffzellentechnologie, also an der Generierung von sauberer Energie (Strom & Wärme). Daneben ist das Unternehmen aber auch als Technologieführer u. a. im Bereich von Systemen für die CO_2-Abscheidung & -Speicherung tätig. Das amerikanische Energieministerium DOE hat FuelCell Energy kürzlich für ein Projekt mit einem potentiellen Auftragswert von circa 24 US-$ Mio. ausgewählt, wo es um die skalierbare CO_2-Abscheidung geht (u. a. bei Kohlekraftwerken); ein System basierend auf der Brennstoffzelle, genannt *DFC 3000-BZ-Power-Plant*. Von solchen Projekten als Prototyp lassen sich sehr hohe zukünftige Potentiale ableiten.

Fazit: die Aktie notiert mit circa US-$ 0,90 unter der für das Aufrechterhalten eines Nasdaq-Listings notwendigen US-$ 1,00-Barriere. Handelt die Aktie längere Zeit unter US-$ 1,00, so kann ein Delisting stattfinden, d. h. das Börsensegment muss gewechselt werden. Meines Erachtens haben die Short-Seller (ca. 43 Mio. Aktien sind leer verkauft) natürlich daran großes Interesse, da ein weiterer Kursrückgang im Fall des Segment-Wechsels wahrscheinlich ist. Indes: FuelCell Energy hat weiterhin eine hohen Bargeldbestand von über US-$ 80 Mio., eine Kreditlinie eines Großaktionärs (NRG) in Höhe von US-$ 40 Mio., Auftragsbestände von über US-$ 300 Mio. und gilt als ein klarer Marktführer in seinem Segment. Man muss dabei allerdings wissen, dass Großprojekte wie das in Südkorea großen quartalsmäßigen Schwankungen (Abrechnungen u. a.) unterworfen sind, dass fertiggestellte Projekte, bis sie abgewickelt/verkauft sind, einen hohen eigenen Kapitaleinsatz erfordern. Meines Erachtens wird – was den Börsenkurs betrifft – ein Weg gefunden

Abb. 2: 59-MW-Energiepark von Gyeonggi Green Energy [Quelle: FuelCell Energy]

werden, das Segment NASDAQ nicht verlassen zu müssen. Entweder steigt also der Kurs über US-$ 1,00 oder aber es folgt ein Reversal-Split (Senkung der Aktienanzahl). Das Potential des Unternehmens gilt als sehr hoch, da man sich weltweit in großen Wachstumsmärkten bewegt, über ein sehr gutes Standing verfügt (laufende und abgeschlossene Projekte) und sich selbst als Technologieleader (s. Website) betrachtet.

HYDROGENICS (HYGS, US-$ 8,90*)

Mit über 60 Jahren Erfahrung zählt Hydrogenics zu den Pionieren dieser Technologie, die via Elektrolyseur Wasser in H_2 und O_2 aufsplittet. Zudem stellt es die leistungsfähigsten Geräte (Durchsatz) her. Boston Consulting schätzt, dass bis

Kann die Energiewende ohne Elektromobilität und Speicher überhaupt gelingen?

Neue Geschäftsmodelle braucht das Land!
Lassen Sie sich auf dem
16. Forum Solarpraxis – Wege in die Neue Energiewelt
am **26. und 27. November 2015** in Berlin inspirieren.
Melden Sie sich jetzt an und lassen Sie uns gemeinsam die neue Energiewelt gestalten!

FORUM SOLARPRAXIS 2015
WEGE IN DIE NEUE ENERGIEWELT

forum.solarpraxis.de

Abb. 3: Inspektion des PEM-Elektrolyseur (Quelle: Hydrogenics)

zum Jahr 2030 über Euro 150 Mrd. an Investitionen in großindustrielle Speicheranlagen wie Elektrolyseure fließen – dagegen nur circa 70 Mrd. Euro in Batterietechnologie. Hydrogenics liegt dabei auf der Höhe von Siemens, die vor allem auf die PEM-Elektrolyse (u. a. für Power-to-Gas-Systeme) setzt. Regenerativer Strom (Wind + Solar) kann dadurch schnell zur Wandlung in H_2 als Speichermedium zum Einsatz kommen und via Zugabe von CO_2 (Methanisierung) dann ins Gasnetz eingespeist werden.

Die Aktie notiert recht schwach – indes wie alle anderen Werte der Branche. Die letzten Quartalszahlen waren nicht gut (Verlustausweis), trotz großer quartalsmäßiger Veränderungen (Abrechnung von Aufträgen). Man sollte die Aktie als BZ-Beimischung betrachten, denn wenn die Brennstoffzelle entdeckt wird, werden alle Unternehmen, die als technologisch führend angesehen werden, in den Fokus der Börse gelangen. Die Unternehmenskennzahlen geraten dabei in den Hintergrund, wobei hohes Wachstum dann auch in die Gewinnzone führt.

BALLARD POWER TECHNOLOGIES (BLDP, US-$ 1,44*)

Die Zahlen für das zweite Quartal waren ernüchternd. In allen Bereichen kam es zu Rückgängen im Umsatz. Aber: Das zweite Halbjahr 2015 soll, so Vorstandschef MacEwen, in vielen Bereichen des Unternehmens sehr positive Entwicklungen bringen – man sei „extremly busy“. Im Einzelnen:

Die Übernahme von protonex wird m. E. in Kürze umgesetzt, da diesem Schritt bereits über 50 % der Stimmrechte auf Seiten von protonex im Vorwege zugestimmt haben. Der zwischenzeitlich stark gedrückte Aktienkurs von Ballard hätte hier eventuell eine Nachverhandlung ausgelöst. Ich gehe davon aus, dass man aus dem Bereich der protonex-Aktionäre bereits im Vorwege der Übernahme Aktien von Ballard leer verkauft hat, um sich abzusichern. Dies könnte sogar ein erheblicher Grund für die Kursschwäche von Ballard sein.

Protonex wird in 2015 nach Firmenangabe bereits einen Umsatz von US-$ 5 Mio. und in 2016 von über US-$ 15 Mio. anteilig zum Ballard-Umsatz beisteuern. Das Unternehmen gilt als sehr wachstumsstark und verbreitert das Produktportfolio von Ballard um diverse Märkte und Produkte, u. a. im militärischen Einsatz wie Drohnen u. v. a. Parallel kam es zu einer Kapitalerhöhung bei Ballard, die dem Unternehmen weitere etwa US-$ 15 Mio. in die Kasse spülte. Über die Umsetzung dieser Kapitalerhöhung kann man indes nur den Kopf schütteln, da diese zu US-$ 1,60/Aktie durchgeführt wurde, während der damalige Aktienkurs über US-$ 2,20 lag. Auch hier kann vermutet werden, dass angesichts des Kursabschlages bereits im Vorwege die Position gehedget wurde, d. h. dass man eventuell seitens der Underwriter Aktien leer verkaufte, um sich dann zu US-$ 1,60 wieder einzudecken (nicht unüblich, auch wenn es keiner zugeben würde). Das verlief recht „unglücklich“ und hätte nur parallel bei guten Nachrichten (Aufträge, Kooperationen, China-Projekte) zu anderen für Ballard wesentlich besseren Konditionen umgesetzt werden können. Nun ist’s aber Vergangenheit.

In China ist Ballard in vielfältiger Weise unterwegs: Man verhandelt wohl mit diversen Busherstellern über Kooperationen in verschiedener Form, angefangen von der Zulieferung von BZ-Stacks, F&E-Kooperationen, BZ-Produktion auf Lizenzbasis u. a. Hier sind noch im Jahr 2015 Durchbrüche (Verträge, Vorauszahlungen, Aufträge) zu erwarten. Auch das Projekt, bei dem 48 chinesische Städte jeweils 1.000 eBusse (Batterie, BZ-Hybrid u. a.) erwerben wollen, könnte manchen Folgeauftrag für Ballard bringen. Bislang liegen ja schon Aufträge für 33 BZ-Busse in zwei Städten vor (US-$ 10 Mio. Auftrag). Es könnten – so meine Erwartung – auch 1.000+ Busse werden, die Ballard zuliefert und/oder für die Ballard-Partner eine BZ-Stackproduktion auf Lizenzbasis aufbauen.

Im Bereich der Schienenfahrzeuge (Straßenbahnen, Züge) ist Ballard mit den zwei größten Firmen bereits im Geschäft: Mit TRC (Fusion von CNR & CSR zum weltgrößten Schienenfahrzeugkonzern) läuft ein Projekt für einen Prototypen eines wasserstoffbetriebenen Zuges (Umsetzung 2016), während Ballard schon für CSR eine H_2-betriebene Straßenbahn als Prototyp abgeliefert hat (s. HZwei-Heft Jul. 2015). Hier ist zu erwarten, dass neben dem bereits geschlossenen Framework-Agreement klar definierte Verträge folgen, die Front Payments ebenso beinhalten wie eine F&E-Partnerschaft und Aufträge für BZ-Stacks. Allein ein solcher Deal lässt große Kursfantasie in Ballard entwickeln.

In China sieht man „rapid progress“ (O-Ton) und kann sich seitens Ballards auch gut vorstellen, dass das Land in Sachen BZ & H_2 massiv Gas gibt und sogar Japan, Deutschland und die USA (hier vor allem Kalifornien) in der Umsetzung in den Schatten stellt. Meine Erwartung/Idee: Eventuell könnten 10.000 H_2-Tankstellen in drei bis fünf Jahren via Gesetz/Verordnung/KP-Vorlage umgesetzt werden, alles denkbar! Deutsche Kfz-Hersteller wie BMW, Daimler & VW könnten dann genötigt sein, der Brennstoffzelle wesentlich mehr und schneller Aufmerksamkeit zu geben, da China ja zum weltgrößten Kfz-Markt avancierte.

Fazit: Ballard ist weltweit in BZ-Sachen perfekt positioniert. Das Unternehmen ist kerngesund, hat auf der Bank etwa US-$ 60 Mio. (inklusive einer Zahlung in 2016, keine Schulden = 1/3 der Börsenbewertung!), lässt diverse Aufträge erwarten (Backup-Power-Systeme, BZ-Stacks für Busse, u. a.), generiert Umsätze über den Rahmenvertrag mit VW (ca. US-$ 20 Mio. Auftragspotential p. a. bis 2019/20) und dürfte an weiteren Akquisitionen interessiert sein, die das IP-Portfolio von Ballard perfekt ergänzen.

Des Weiteren gelten weitere OEM-Deals (u. a. mit Kfz-Zulieferunternehmen) als wahrscheinlich. Last but not least wird m. E. die Kooperation und BZ-Zulieferung mit Plug Power im zweiten Halbjahr wieder zunehmen. Einerseits strebt zwar Plug eine eigene BZ-Stack-Produktion an, andererseits ist aber Ballard auch geneigt, mit anderen Unternehmen aus dem Bereich Material Handling zusammenzuarbeiten, weltweit, um von Plug unabhängiger zu werden. Die Kursschwäche ist in gewisser Weise selbst initiiert (KE, protonex-Finanzierung) und beruht auch „psychologisch“ auf dem stark

Abb. 4: Das neue Tesla Modell X [Quelle: Tesla]

gedrückten Ölpreis. Wer hier Zeit hat, sollte die arg gedrückten Kurse nutzen, denn BZ & H_2 sind eindeutig Zukunftstechnologien, die gar einen neuen Megatrend auslösen werden, zumal das Thema sauberer Energie ein Weltthema ist.

TESLA (TSLA, US-$ 248,33*)

Mal wieder eine Kapitalerhöhung: etwa US-$ 750 Mio. flossen Tesla daraus zu. Ob damit der enorme Kapitalbedarf für den Bau der Gigafactory für Batterien – man spricht von bis zu US-$ 5 Mrd. – abgedeckt wird, kann m. E. bezweifelt werden. Ein Geschmäckle hatte diese „spontane" Kapitalerhöhung zudem, da Morgan Stanley als Underwriter auftrat (Platzierung der Aktien) und gleichzeitig eine neue Studie des hauseigenen Analysten das Kursziel auf US-$ 445/Aktie erhöhte. Interessant ist dabei am Rande, dass die Aktie zwischenzeitlich von über US-$ 280 bis auf US-$ 195 (intraday) im Rahmen allgemein schwacher Börsenentwicklungen fiel, dass man also eventuell im Vorwege der Kapitalerhöhung „short" ging, um sich dann wieder mit Aktien einzudecken (eine Vermutung – ohne Obligo).

UBS-Analyst Colin Laghan hat zwischenzeitlich die Aktie auf Verkauf gestellt – mit Kursrückgang auf US-$ 210. Ihm kommt es – wie mir – merkwürdig vor, dass Interessenbekundungen für die Batterien als „konkrete Aufträge" benannt werden. O-Ton: „Missleading". Und: Viele Analysten würden ihre oft sehr positive Einschätzung auf das Jahr 2020 projizieren – aber wer weiß schon, was 2020 ist.

Zudem gibt es immer mehr Konkurrenz. Und: Daimler hat den Liefervertrag für Batterien beendet und kauft nun direkt bei Tesla-Partner Panasonic.

Neue Produkte wie ein SUV „Modell X" (Preis: US-$ 132.000 bis 144.000) sollen das Wachstumstempo beschleunigen. Erste Verkäufe sind wohl im vierten Quartal zu erwarten, so dass man gespannt sein kann, wie der Verlust für das dritte Quartal und der Bargeldbestand (aktuell per Ende Juni bei ca. US-$ 1,15 Mrd. nach ca. US-$ 1,9 Mrd. zum Jahresanfang) zum Ende des Quartals ausfällt. Um den 7.11.2015 kommen die Zahlen.

Fazit: Mit einer Bewertung über US-$ 32 Mrd. ist m. E. jede noch so positive Entwicklung bereits vorweggenommen. Bei den Absatzzahlen auch gerade der neuen E-Kfz-Modelle (2016 kommt ja auch eine US-$ 35.000-Version auf den Markt) sollte man weniger auf die Absatzmenge an sich achten, als vielmehr auf den Verlust pro Kfz-Einheit. Bislang wurden anstelle der Verlustausweise eher die Mengen als relevant seitens der Analysten bewertet (2. Quartal: ca. 500 Einheiten mehr Kfz abgesetzt als erwartet und parallel US-$ 4 Mrd. erhöhter Börsenwert!?). Und: Ein sehr positiver Consumer-Report hievte die Aktie kürzlich mal eben um über US-$ 4 Mrd. nach oben, was zeigt, wie „manipulierbar" die Kursentwicklung ist und die Fundamentalfaktoren – selbst von Analysten – zurückstecken müssen. Das kann m. E. nicht gesund sein.

Der Bezug zur Brennstoffzelle und zum Wasserstoff ist auch gegeben, da angetrieben durch Toyota, Honda und Hyundai immer mehr Hersteller (Daimler in 2017) auf BZ-Hybrid-Kfz mittels Wasserstoff setzen. Dies ist ernstzunehmende Konkurrenz für Tesla wie auch diverse Ankündigungen (zuletzt Audi) für direkte e-Car-Konkurrenzmodelle, die es Tesla schwer machen können, die gesteckten Wachstumsziele zu erreichen.

Mein Urteil: Verkauf/Verkaufsoptionen in der Erwartung, dass die Aktie in den kommenden Jahren – auch gerade bei weiterer Verwässerung durch Kapitalerhöhungen – hohes Abwärtspotential besitzt. ||

Autor: Sven Jösting

RISIKOHINWEIS
Jeder Anleger muss sich immer seiner eigenen Risikoeinschätzung bei der Anlage in Aktien bewusst sein und auch eine sinnvolle Risikostreuung bedenken. Die hier genannten BZ-Unternehmen bzw. Aktien sind aus dem Bereich der Small- und MidCaps, d. h. es handelt sich nicht um Standardwerte und auch deren Volatilität ist wesentlich höher. Es handelt sich bei diesem Bericht nicht um Kaufempfehlungen – ohne Obligo. Alle Angaben beruhen auf öffentlich zugänglichen Quellen und stellen, was die Einschätzung angeht, ausschließlich die persönliche Meinung des Autors dar.

Thema: International | **Autorin:** Alexandra Huss

SÜDAFRIKA FÖRDERT H_2- UND BZ-TECHNOLOGIEN

HySA: Stärkung der Platinindustrie & Aufbau eines Stromnetzes

Auf dem afrikanischen Kontinent ist Südafrika die größte Volkswirtschaft und gilt seit dem Ende der Apartheid vor mehr als 20 Jahren für viele seiner Nachbarn als Vorbild. Das Land am Kap der Guten Hoffnung wird aufgrund seiner starken wirtschaftlichen Entwicklung der BRICS-Ländergruppe zugerechnet. Die instabile Energieversorgung sowie der ungleich verteilte Wohlstand in der Bevölkerung hemmen allerdings inzwischen die positive Entwicklung im Land und stellen die Regierung vor große Herausforderungen. Im Einsatz von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien sieht Südafrika deshalb nicht nur wirtschaftliche, sondern vor allem auch energiepolitische Chancen.

Beim Einsatz von H_2- und BZ-Technik gibt es in Südafrika heute zwei wesentliche Treiber: Zum einen den Bergbau, der Südafrikas wichtigster Industriesektor ist. Neben Chrom, Vanadium und Mangan lagern in Südafrikas Boden große Mengen Platin (bzw. Platin-Gruppen-Elemente, engl. Platinum Group Metals, PGM). Seine Verwendung in Brennstoffzellen eröffnet neue Möglichkeiten, die Wertschöpfungskette von Platin um eine weitere Sparte zu ergänzen und einen neuen Wirtschaftszweig aufzubauen.

Zum anderen hat das Land große Probleme mit der Stromversorgung. Südafrikas Stromnetz ist veraltet und marode. Es kommt zu häufigen Stromausfällen und -abschaltungen, was auch zu Lasten der Wirtschaft geht. Darüber hinaus erstreckt sich das Stromnetz bei weitem nicht über das ganze Land. Noch immer haben bis zu 600.000 Haushalte, vor allem in den unterentwickelten, ländlichen Regionen, keinen Zugang zum elektrischen Netz. Wachstum und Wohlstand bleiben für viele Südafrikaner somit unerreichbar, was zu steigender Unzufriedenheit in weiten Teilen der Bevölkerung führt.

Die südafrikanische Regierung hat bereits 2008 im Rahmen ihrer Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsstrategie das Programm *Hydrogen South Africa (HySA)* mit einer Laufzeit von 15 Jahren aufgelegt. Ursprünglich zur Stärkung der Platinindustrie angedacht, sieht die Regierung inzwischen vor allem die Chance, mit Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie die Energieversorgung insbesondere im Bereich der Telekommunikation sowie der netzunabhängigen Stromversorgung zu verbessern. Darüber hinaus soll die Technologie dazu beitragen, die CO_2-Ziele des Nationalen Entwicklungsplans zu erfüllen sowie die Klimastrategie der Regierung zu unterstützen.

AUFBAU EINER STROMVERSORGUNG Lag der Schwerpunkt in den ersten Jahren des Programms vor allem darin, das Wissen über die Technologie auf- und auszubauen, so wurden in den vergangenen drei Jahren verschiedene Demonstrationsprojekte realisiert, die den Nutzen für das Land verdeutlichen sollen:

Seit 2014 testet Anglo American Platinum, eine der größten Bergbaugesellschaften in Südafrika, im Rahmen eines Pilotprojekts Brennstoffzellensysteme in der ländlichen Gemeinde Naledi Trust nahe Kroonstad. In einem kleinen, unabhängigen Stromnetz wurden dort vorerst 34 Haushalte angeschlossen. Nach einem erfolgreichen Abschluss der ersten Testphase soll das Netz auf 200 bis 300 Haushalte erweitert werden.

Im Naturreservat der University of the Western Cape (UWC) in Kapstadt wird seit Ende 2014 ein Brennstoffzellen-Aggregat getestet, das Strom für die Beleuchtung des Verwaltungsgebäudes liefert. Seit Anfang dieses Jahres wird der Strom für das Gebäude der Chamber of Mines in Johannesburg mit einer 100-kW-Brennstoffzellenanlage erzeugt. Die phosphorsaure Brennstoffzelle (PAFC) von Fuji Electronics wird mit Erdgas betrieben und deckt die Grundlast für das Gebäude ab (s. HZwei-Heft Apr. 2015).

Ein 5-kW-Notstromversorgungssystem von Intelligent Energy wurde kürzlich in Bhisho, der Hauptstadt der Provinz Eastern Cape, installiert. Es kühlt Impfvorräte, die bisher immer wieder aufgrund der Stromausfälle unbrauchbar wurden. Darüber hinaus gibt es Überlegungen, in den nächsten zwei bis drei Jahren bis zu 20 sogenannte Agricultural Parks in entlegenen ländlichen Gebieten in Südafrika aufzubauen und mit Brennstoffzellenanlagen auszustatten. Als Pilotprojekte wurden drei Schulen in Cofimvaba in der östlichen Kapprovinz ausgewählt. Dort sollen Ladestationen für Computer und Faxgeräte mit dem Strom aus Brennstoffzellen betrieben werden.

BETRIEB VON MINENLOKS Die südafrikanischen Bergbaugesellschaften sehen in Wasserstoff- und Brennstoffzellenanwendungen nicht nur die Möglichkeit, die Nachfrage nach Platin anzukurbeln, sondern auch ihre eigenen Produktionsabläufe in den Bergwerken und Raffinieren zu verbessern. In den Untertageminen von Anglo American Platinum sind bereits fünf BZ-Lokomotiven mit Erdgas im Einsatz. Ein Kostenvergleich von Diesel- und Brennstoffzellen-Loks ergab, dass die Kosten für den Dieselbetrieb zwischen 4 und 6 Rand (30 bis 45 Cent) pro Kilowattstunde liegen, während sich – abhängig vom Erdgaspreis – die Kosten bei Brennstoffzellen etwa zwischen 2,70 und 3 Rand pro Kilowattstunde (20 bis 30 Cent) bewegen.

Der Platingigant Impala hat angekündigt, dass er für seine Raffinerie in Springs (Provinz Gauteng) eine Stromversorgung auf Brennstoffzellenbasis installieren wird. Die Anlage soll mit Überschusswasserstoff aus dem Metallreinigungsprozess der Raffinerie betrieben werden und so dazu beitragen, dass die Anlage unabhängig vom nationalen Stromnetz betrieben werden kann.

POLITISCHE UNTERSTÜTZUNG Die Regierung hat kürzlich für das HySA-Programm eine Halbzeitbilanz gezogen: Noch immer sind Wasserstoff und Brennstoffzellen und ihre Möglichkeiten für das Land viel zu wenig bekannt. Deshalb will die Regierung das Thema grundsätzlich vorantreiben und weiterhin Fördermittel bereitstellen. Dies gilt einmal mehr, wenn es um den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur geht. Als erste H_2BZ-Märkte für Südafrika hat die Regierung die Elektrifizierung ländlicher Gebiete, die Verwendung in der Bergbauindustrie sowie die Nutzung in der Telekommunikation herausgestellt. Kleine und mittelständische Unternehmen sollen verstärkt eingebunden werden. Außerdem wird in Betracht gezogen, Sonderwirtschaftszonen für die Entwicklung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien einzurichten, in denen ein niedriger Steuersatz gilt, um so die Markteinführung zu beschleunigen. ||

Autorin: Alexandra Huss

Thema: International | **Autor:** Robert Rose

JAPAN FÜHREND BEIM BAU VON H_2-STATIONEN

Bob Rose berichtet aus Asien

Quelle: JX Nippon Oil & Energy Corp./Kyodo

In dem gutartigen internationalen Wettkampf um den Aufbau von Wasserstofftankstellen für Brennstoffzellenfahrzeuge hat Japan die klare Führung übernommen: Die Asiaten verfügen bis heute über 74 H_2-Stationen – ein deutlicher Sprung von ehemals 45 Stationen, die Ende 2014 in Betrieb oder im Bau waren. Zum Vergleich: Kalifornien und Deutschland verfügen über ungefähr 50 Wasserstofftankstellen (D: 18; Anm. d. Red.).

Japans Beschleunigung ist eindeutig die Folge des Drucks von Seiten der japanischen Regierung, die Wasserstoff zum Kernstück ihrer Post-Fukushima-Energiepolitik gemacht hat und die sehr publikumswirksam versprochen hatte, dass 100 Stationen bis Ende 2015 in Betrieb sein würden. Über die Unterschreitung dieser Vorgabe drückte die Regierung kürzlich ihre Enttäuschung aus, unternahm aber auch sogleich Schritte, um die Unterstützung für Tankstellenbetreiber zu verbessern. Jetzt verspricht sie 100 Stationen noch „vor der Markteinführung", womit 2016 (Kommerzialisierungsziel Honda) beziehungsweise 2017 (Nissan) gemeint ist. Toyota verkauft bereits sein Brennstoffzellenauto *Mirai* in Japan.

NOCH MEHR STATIONEN IN 2016 Währenddessen sind die drei Autoproduzenten vorausgeeilt und haben eine neue Vereinbarung getroffen, um die Tankstellenentwicklung weiter voranzutreiben, indem sie bis 2020 eigene Mittel bereitstellen werden. In einem gemeinsamen Statement ließen sie am 1. Juli 2015 zudem mitteilen, dass sie Stationsbetreibern den „bestmöglichen Kundenservice zuteilwerden lassen und ein einfaches Betankungsnetzwerk ohne Hemmnisse aufbauen werden". Diese Hilfe wird beispielsweise in Form von frei zugänglichen Kunden-Umfrageergebnissen und technischen Informationen gewährleistet, über Weiterbildungsmaßnahmen sowie eine verbesserte Erreichbarkeit über längere Betriebszeiten und einfache Anfahrtsbeschreibungen für Kunden.

Die Regierung sicherte zu, die Hälfte der Investitionskosten und zwei Drittel der Betriebskosten zu übernehmen, wobei die Stationsbetreiber allerdings auch ihre eigenen Anteile erhöhen müssen, solange die Standorte nicht profitabel sind, so lautet die Vereinbarung. Von öffentlicher Seite bewilligte die Regierung im Finanzjahr 2015 US-$ 80 Mio., vorausgesetzt, dass der private Sektor genauso viel beisteuert. Derweil laufen bereits Gespräche über die Finanzierung einer neuen Auflage von Wasserstofftankstellen im Finanzjahr 2016.

Die Standorte befinden sich vornehmlich in den vier großen Metropolregionen im bevölkerungsreichen Süden des Landes, wobei die Hälfte der Tankstellen in Tokio steht sowie weitere in Chukyo, Kansai und Nord-Kyushu. Jede zweite Station wird von Japan Oil errichtet. ||

Nissan veröffentlichte passend zum Infrastrukturausbau eine Meldung, gemäß der geplant ist, ein Brennstoffzellenfahrzeug in 2017 anbieten zu wollen, was einer Vorverlegung gegenüber vorherigen Zeitangaben gleichkommt, wobei sich das Unternehmen jedoch immer noch ausreichend Spielraum gelassen hat.

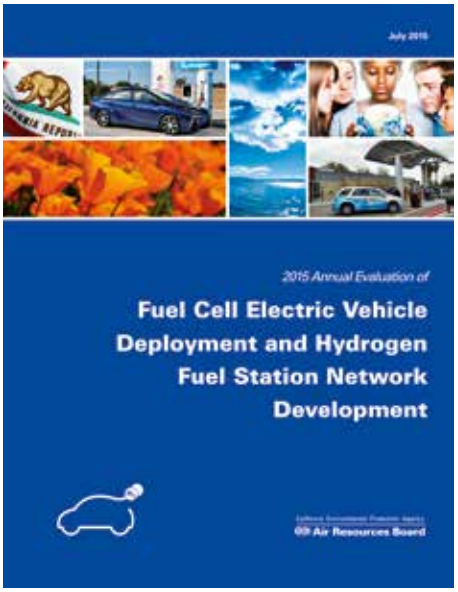
Autor: Robert Rose
Übersetzt von Sven Geitmann

Thema: International | **Autor:** Robert Rose

H_2-INFRASTRUKTUR BLEIBT HINTER FCEV-WACHSTUM ZURÜCK

Bob Rose berichtet aus den USA

Der Bundesstaat Kalifornien ist gemäß einer Studie von Automobilherstellern zusehends optimistisch hinsichtlich der frühzeitigen Verkäufe von Brennstoffzellenfahrzeugen. Demnach soll die Flotte von BZ-Autos bis Ende 2021 bis auf 34.300 Fahrzeuge anwachsen. Diese Aussichten lassen erwarten, dass das derzeitige Ausbauprogramm für Wasserstofftankstellen in Kalifornien bald hinter den Bedarf zurückfallen wird.



Die kalifornische Legislative hat den jährlichen Bedarf an BZ-Autos, H_2-Stationen sowie weiteren zukünftigen Erfordernissen ermitteln lassen und die Ergebnisse an das *California Air Resources Board (CARB)* übergeben. Das CARB veröffentlichte daraufhin 2015 seine Einschätzungen, die Folgendes ergaben:

- 179 Brennstoffzellenfahrzeuge (Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV) sind in Kalifornien auf der Straße, in 2014 waren es 125.
- 44 Betankungsstationen werden bis Ende 2015 in Betrieb gegangen sein, sechs weitere kommen in 2016.
- Die Bereitstellung weiterer H_2-Stationen wird trotz der staatlichen Förderung in Höhe von US-$ 20 Mio. jährlich ab dem Jahr 2018 hinter den Bedarf zurückfallen.
- Die erklärte Zielmarke liegt nach wie vor bei 100 Stationen. Um aber den operativen Betrieb bei den bereits bestehenden Stationen aufrechterhalten zu können, steht für neue Stationen nicht mehr ausreichend Geld zur Verfügung. Demzufolge werden bis 2021 voraussichtlich nur 86 H_2-Tankstellen bereitstehen.

FLOTTENGRÖSSE VERDOPPELT Ein direkter Vergleich hinsichtlich der erwarteten Flottengrößen gestaltet sich kompliziert, da im Bericht von 2014 eine Erwartungsgröße für 2020 angegeben ist, während in diesem Jahr (2015) Angaben über das Jahr 2021 gemacht werden. Das CARB schlussfolgerte daraus, „die Autohersteller erwarten gemäß dieser Studie, dass der Brennstoffzellenautomarkt schneller als ursprünglich erwartet wachsen wird“, wobei sich die Flottenzahlen zwischen 2020 und 2021 nahezu verdoppeln werden.

Anfang dieser Dekade lagen die vorausgegangenen Schätzungen noch sehr viel höher, allerdings verfügte die California Fuel Cell Partnership damals nur über wenig Zahlenmaterial, das aus Befragungen ihrer Mitglieder stammte. Im Bericht von 2012 wurde beispielsweise davon ausgegangen, dass bis 2017 mehr als 50.000 FCEV auf den Straßen sein würden. Diese Zahl ist sehr viel höher als die aktuelle Einschätzung, und zwar um den Faktor acht. Die übersteigerten Erwartungen rührten damals vornehmlich aus den Annahmen von Daimler und General Motors, dass bei ihnen die Kommerzialisierung von BZ-Autos im Jahr 2015 starten würde.

MEHR KRAFTSTOFF BENÖTIGT Das CARB verlieh zudem seinen Befürchtungen hinsichtlich mehrerer Aspekte bei der Infrastrukturentwicklung Ausdruck: „Wir erwarten, dass die ab dem Jahr 2018 auf den Straßen befindlichen Fahrzeuge mehr Kraftstoff benötigen, als von der Menge der Tankstellen, die bis dahin mit den derzeit bereitstehenden Fördermitteln gebaut werden, zur Verfügung gestellt werden kann, wenn das Förderlevel und die Tankstellenkapazität unverändert bleiben.“

Das CARB ging allerdings nicht so weit, sich öffentlich für zusätzliche Staatsgelder einzusetzen: „Hinsichtlich der erwarteten Lücken in der Wasserstoffkapazität und -abdeckung müssen eventuell innovative Aktionen entwickelt werden, um die Effektivität der eingesetzten öffentlichen Gelder zu maximieren und die Eigendynamik auf Industrieseite zu beschleunigen, damit die Infrastruktur ausgebaut wird.“ Diese Zurückhaltung zeigt, dass das Thema der staatlichen Unterstützung für H_2-Stationen nach wie vor politisch äußerst vorsichtig zu handhaben ist. Hinzu kommt, dass kürzlich veröffentlichte Berichte über Probleme an bestehenden Betankungsstationen diese Frage weiter verkomplizieren.

Das CARB schlussfolgerte somit: „Die technische Ausstattung der Stationen muss sich weiter verbessern, um die Erwartungen der Endkunden befriedigen zu können sowie gleichzeitig die gängigen Betankungsprotokolle zu erfüllen und wachsende Absatzmengen zu gewährleisten.“ Die Agentur stellte aber auch fest, dass einige Standorte inzwischen schon kommerziell mit bewährten Wasserstoffmesssystemen, die eine transparente Abwicklung auf der Kundenseite ermöglichen, arbeiten. In den meisten Fällen decken allerdings derzeit die Autohersteller die Kraftstoffkosten ab, um so die Messtechnik im Betrieb weiterentwickeln und testen zu können. ||

2015 Annual Evaluation of Fuel Cell Electric Vehicle Deployment and Hydrogen Fuel Station Network Development. California Air Resources Board, Juli 2015. S. 6, www.arb.ca.gov/msprog/zevprog/ab8/ab8_report_2015.pdf

Autor: Robert Rose
Übersetzt von Sven Geitmann

TERMINKALENDER

OKTOBER

02.-04.10. eRUDA
Rundfahrt, Fürstenfeldbruck, ePROJEKT, Tel. 08143-99-7979, Fax -9607, *www.eruda.de*

08.10 Speichermöglichkeiten für elektrische Energie
Seminar, Ulm, WBZU, Tel. 0731-17589-21, Fax -10, *www.wbzu.de*

11.-14.10. World Hydrogen Technologies Convention
Konferenz & Messe, Sydney/Australien, WHTC2015 Secretary, Tel. +86-13611110284, *www.whtc2015.com*

12.10. green2market
Kongress, Stuttgart, Peter Sauber Agentur Messe & Kongresse, Tel. 0711-656960-52, Fax -99, *www.green2market.de*

12.-14.10. World of Energy Solutions
Kongress & Messe, Stuttgart, Peter Sauber Agentur Messe & Kongresse, Tel. 0711-656960-52, Fax -99, *www.world-of-energy-solutions.de*

19.-21.10. International Conference on Hydrogen Safety (ICHS)
Konferenz, Yokohama/Japan, IPHE, *www.ichs2015.com*

20.-21.10. Auslegung von elektrischen Maschinen
Seminar, München, Haus der Technik, Tel. 0201-1803-211, Fax -280, *www.hdt-essen.de*

20.-22.10. eCarTec
Kongress & Messe, München, Munich-Expo, Tel. 089-3229911-2, Fax -9, *www.ecartec.de*

26.-28.10. gat & wat
Kongress & Messe, Essen, DVGW, Tel. 0228-9188-611, Fax -990, *www.gat-dvgw.de*

NOVEMBER

06.-07.11. Sicherheit von Batterien
Seminar, München, Haus der Technik, Tel. 0201-1803-211, Fax -280, *www.hdt-essen.de*

05.-07.11. Nutzung erneuerbarer Energiequellen & Wasserstofftechnik
Symposium, Stralsund, FH Stralsund, Tel. 03831-45-6713, Fax -711713, *www.fh-stralsund.de*

10.-12.11. Lithium-Ionen-Batterietechnologie
Seminar, Ulm, WBZU, Tel. 0731-17589-21, Fax -10, *www.wbzu.de*

11.11. Biologische Methanisierung
Konferenz, Regensburg, OTTI, Tel. 0941-29688-37, Fax -17, *www.otti.de*

16.-19.11. Fuel Cell Seminar & Energy Exposition
Konferenz & Messe, Los Angeles/USA, Headquarter, Tel. +1-803-54501-89, Fax -90, *www.fuelcellseminar.com*

17.-19.11. Battery Safety & Lithium Battery Power
Konferenz, Baltimore MD/USA, The Knowledge Foundation, Tel. +1-617-232-7400, Fax -9171, *www.knowledgefoundation.com*

17.-20.11. Zing Hydrogen and Fuel Cells Conference
Konferenz, Cancun/Mexiko, Zing, Tel. +44-1223-750020, Fax -280270, *www.zingconferences.com*

19.11. Jahrestreffen Netzwerk Brennstoffzelle & Wasserstoff NRW
Kongress, Düsseldorf, Energieregion NRW, Tel. 0211-86642-16, Fax -22, *www.brennstoffzelle-nrw.de*

25.11. Stationäre Brennstoffzellensysteme
Seminar, Ulm, WBZU, Tel. 0731-17589-21, Fax -10, *www.wbzu.de*

26.-27.11. Forum Solarpraxis
Konferenz, Berlin, Solarpraxis, Tel. 030-726296-305, *www.solarpraxis.de*

26.-27.11. Renexpo Austria
Konferenz & Messe, Salzburg/Österreich, Reeco GmbH, Tel. 07121-3016-0, Fax -100, *www.renexpo-austria.at*

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

30.11.-01.12. Erneuerbare Energien
Kongress, Berlin, mcc, Tel. 02421-12177-0, Fax -27, *www.mcc-seminare.de*

DEZEMBER

01.-02.12. Reaktionen von Wasserstoff mit Metallen
Seminar, Essen, Haus der Technik, Tel. 0201-1803-211, Fax -280, *www.hdt-essen.de*

01.-04.12. European Electric Vehicles Congress
Konferenz, Brüssel/Belgien, Electri-city.mobi, Tel. +32-477-3648-16, *www.eevc.eu*

02.12. Brennstoffzellen in Fahrzeugen & Hausenergieversorgung
Seminar, Ulm, WBZU, Tel. 0731-17589-21, Fax -10, *www.wbzu.de*

03.12. IRES-Symposium
Konferenz, Berlin, Eurosolar, Tel. 0228-36-2373, Fax -1279, *www.eurosolar.org*

16.-18.12. European Fuel Cell Conference & Exhibition
Konferenz & Messe, Neapel/Italien, ENEA, Tel. +39-857672529, Fax -755853736, *www.europeanfuelcell.it*

JANUAR 2016

18.-19.01. Kraftstoffe der Zukunft
Kongress, Berlin, BBE & UFOP, Tel. 0228-81002-22, Fax -58, *www.kraftstoffe-der-zukunft.com*

21.-26.01. Symposium Hydrogen & Energy
Konferenz & Messe, Nanokahara/Japan, EMPA, Tel. +41-58-7654038, *www.hesymposium.ch*

27.-29.01. enertec & terratec
Messe, Leipzig, Leipziger Messe GmbH, Tel. 0341-678829-3, Fax -2, *www.enertec-leipzig.de*

FEBRUAR

4.-5.02. HyVolution
Konferenz, Paris/Frankreich, AFHYPAC, Tel. +33-1-535902-11, Fax -29, *www.hyvolution.fr*

11.02. CAR-Symposium
Konferenz, Bochum, Center Automotive Research, Tel. 0203-379-1111, Fax -4157, *www.car-symposium.de*

16.-18.02. E-world energy & water
Messe, Essen, E-world energy & water GmbH, Tel. 0201-1022-210, Fax -333, *www.e-world-essen.com*

FIRMENVERZEICHNIS

BERATUNG & PLANUNG

EMCEL GmbH – Ingenieurbüro für Brennstoffzellen, Wasserstofftechnologie und Elektromobilität. Engineering, Machbarkeitsstudien, Projektplanung, Normen und Zulassung. Brüsseler Str. 85, 50672 Köln, Tel. 0221-299319-29, Fax -30, *willkommen@emcel.com, www.emcel.com*

www.expertology.de, Ihre Expertendatenbank zu den Themen Wasserstoff- und Brennstoffzellen, Batterietechnologien und Elektromobilität

H2Gate, Katharinenstr. 30a, 20457 Hamburg, Tel. 040-43218899, *www.h2gate.de*

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

BETANKUNGSTECHNIK

WEH GmbH Gas Technology, Josef-Henle-Str. 1, 89257 Illertissen, Tel. 07303-95190-0, Fax -9999, *h2sales@weh.com, www.weh.com*

Wenger Engineering GmbH, Ingenieurbüro für Thermodynamik, CFD-Simulation & H_2-Technik, Einsteinstr. 55, 89077 Ulm, Tel. 0731-15937-500, Fax -501, *mail@wenger-engineering.de, www.wenger-engineering.com*

BRENNSTOFF- UND LUFTVERSORGUNG

Busch Clean Air S.A., Chemin des Grandes-Vies 54, 2900 Porrentruy / Schweiz, Tel. +41 (0)32-46589-60, Fax -79, *info@buschcleanair.com, www.buschcleanair.com*

Gardner Denver Thomas, OEM Pumpen zur Förderung von Brennstoff und Luft, speziell entwickelte Linearkompressoren, Flüssigkeitspumpen und Motormembranpumpen, *www.gd-thomas.com*

BRENNSTOFFZELLEN

ECG GmbH ElektroChemischeGeneratoren, Benzstr. 23-25, 51381 Leverkusen, Tel. 0221-6777-3530, *kontakt@ecg-online.com, www.ecg-online.com*

Heliocentris Industry GmbH, Tel. 030-340601-500, 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*

Proton Motor Fuel Cell GmbH, Benzstrasse 7, 82178 Puchheim, Tel. 089-1276265-0, Fax -99, *www.proton-motor.de*

Siqens GmbH, Landsberger Str. 318d, 80687 München, Tel. 089 4524463-0, *info@siqens.de, www.siqens.de*

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

ELEKTROLYSEURE

AREVA H2Gen GmbH, Maarweg 137, 50825 Köln, Tel. 0221-888244-88, Fax -67, *www.arevah2gen.com*

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*

Heliocentris Industry GmbH, Tel. 030-340601-500, Fax -599, *sales@heliocentris.com, www.heliocentris.com*

H-Tec Systems GmbH, PEM-Elektrolyseure für industrielle Anwendungen, Maria-Goeppert-Str. 9a, 23562 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*

ITM Power GmbH, Energy Storage – Clean Fuel, Hegewiese 4C, 61389 Schmitten, Tel. 06084-950012, *www.itm-power.com*

McPhy Energy Deutschland GmbH, Oberer Mainkai 1, 97070 Würzburg, Tel. 0931-35987-244, *www.mcphy.com*

ENERGIESPEICHERUNG

BeBa H_2 Speichersysteme GmbH & Co. KG,
Werner-von-Siemens-Str. 6, 25770 Hemmingstedt,
Tel. 0481-82866-0, Fax -109, *www.beba-energie.de*

MicrobEnergy GmbH,
Spezialist für biologische Methanisierung,
Bayernwerk 8, 92421 Schwandorf,
Tel. 09431-751-400, Fax -5400,
info@microbenergy.com, www.microbenergy.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

Fraunhofer ICT-IMM, Reformer und Wärmetauscher,
Carl-Zeiss-Str. 18-20, 55129 Mainz, Tel. 06131-9900,
info@imm.fraunhofer.de, www.imm.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

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*

MESSDATENMANAGEMENT UND MONITORING

DiLiCo engineering GmbH, Moldenstr. 4, 39106 Magdeburg, Tel. 0391-505859-86, *info@dilico.de, www.dilico.de*

SMART Testsolutions GmbH,
Rötestraße 17, 70197 Stuttgart,
Tel. 0711-25521-10, Fax -12,
www.smart-testsolutions.de,
sales@smart-ts.de

MESS- UND REGELUNGSTECHNIK

Labom Mess- und Regeltechnik GmbH,
Im Gewerbepark 13, 27798 Hude, Tel. 04408-804-0, Fax -100,
info@labom.com, www.labom.com organisation

neo hydrogen sensors GmbH, Hersteller von Wasserstoffsensoren, Bussardweg 12, 41468 Neuss, Tel. 02131-1332409, Fax -6629600, *www.neohysens.de*

ORGANISATION

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

PRÜFTECHNIK

Greenlight Innovation Corp. Canada,
Europäische Vertretung:
Dr. Lutz Consulting GmbH, Kahlenbergstr. 44,
66849 Landstuhl, Tel. 06371-914914,
tlutz@greenlighteurope.com, www.greenlightinnovation.com

BESTELL-FORMULAR

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

Das Abonnement gilt für 1 Jahr und kostet 30,00 Euro inkl. MwSt. zzgl. 6,50 Euro Versand innerhalb Deutschlands.

Firma/Name Vorname

Straße

PLZ, Ort

Ort, Datum 1. Unterschrift

Diese Bestellung kann innerhalb von 10 Tagen schriftlich beim Verlag widerrufen werden. Zur Fristwahrung genügt die Rückmeldung innerhalb dieser 10 Tage.

Ich habe von meinem Rücktrittsrecht Kenntnis genommen und bestätige dies mit meiner 2. Unterschrift.

Ort, Datum 2. Unterschrift

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

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

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

TesTneT Engineering GmbH,
Schleißheimer Str. 95,
85748 Garching bei München,
Tel. 089-23710939,
infoh2-test.net, www.h2-test.net

SERVICE & INSTANDHALTUNG

EMCEL GmbH – Service und Instandhaltung für Brennstoffzellensysteme.
Wir betreuen Ihre Systeme z.B. im Feldtest oder bei Ihren Kunden vor Ort. Brüsseler Str. 85, 50672 Köln, Tel. 0221-299319-29, Fax -30,
willkommen@emcel.com, www.emcel.com

SPEICHERTECHNIK

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

McPhy Energy Deutschland GmbH,
Oberer Mainkai 1, 97070 Würzburg,
Tel. 0931-35987-244, *www.mcphy.com*

SYSTEMINTEGRATION

FLEXIVA automation & Robotik GmbH,
Leistungselektronik – Kopplung mit reg. Quellen,
Speicher & Netz, Weißbacher Str. 3, 09439 Amtsberg,
Tel. 037209-671-0, Fax -30, *www.flexiva.eu*

McPhy Energy Deutschland GmbH,
Oberer Mainkai 1, 97070 Würzburg,
Tel. 0931-35987-244, *www.mcphy.com*

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

22th Group Exhibit Hydrogen + Fuel Cells + Batteries,
HANNOVER MESSE 2016, 25.-29. April, Tobias Renz FAIR
Tobias Renz, *tobias@h2fc-fair.com, www.h2fc-fair.com*

Peter Sauber Agentur Messen und Kongresse GmbH,
World of Energy Solutions,
Wankelstr. 1, 70563 Stuttgart, Tel. 0711-656960-55,
Fax -9055, *www.world-of-energy-solutions.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.,
Invalidenstraße 91, 10115 Berlin,
Tel. 030-84710697-0, Fax -9, *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.,
Konradinerallee 9, 65189 Wiesbaden, Tel. 0611-95017-8959,
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,
Maria-Goeppert-Str. 9a, 23562 Lübeck, Tel. 0451-39941-0,
Fax -799, *info@h-tec-education.com, www.h-tec.com*

Handwerkskammer Osnabrück-Emsland-Grafschaft Bentheim, Bramscher Str. 134-136, 49088 Osnabrück,
Tel. 0541-6929762, Fax -4091381,
a.lange@hwk-osnabrueck.de, www.hwk-osnabrueck.de

Heliocentris Academia GmbH, Erneuerbare Energietechnik für Schulen, Berufsschulen und Universitäten,
Rudower Chaussee 29, 12489 Berlin, Tel. 030-340601-500,
Academia@Heliocentris.com, www.heliocentris.com

Weiterbildungszentrum für innovative Energietechnologien der Handwerkskammer Ulm (WBZU),
Helmholtzstr. 6, 89081 Ulm,
Tel. 0731-1 75 89-0, Fax -10,
info@wbzu.de, www.wbzu.de

ZULIEFERER

Anleg GmbH,
MSR, Anlagenbau, H_2- & Ventiltechnik,
Am Schornacker 59, 46485 Wesel,
Tel. 0281-206526-0, Fax -29,
www.anleg.de

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
Magnetventile,
Mass Flow Controllers,
Fluidtechnische Systemlösungen,
Christian-Bürkert-Str. 13-17, 74653 Ingelfingen,
Tel.: 07940-10-0, Fax: -91204, *www.burkert.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

FuMA-Tech Gesellschaft für funktionelle Membranen und Anlagentechnologie mbH,
Carl-Benz-Str. 4, 74321 Bietigheim-Bissingen,
Tel. 07142-3737-900, Fax -999,
www.fumatech.de

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

Heraeus Precious Metals GmbH & Co. KG,
Electronic Materials Division, Business Unit Circuits & Components, Heraeusstr. 12-14, 63450 Hanau, Tel. 06181-35-5466, Fax -7850, *www.heraeus-circuits-components.com*

MeliCon GmbH, GDL-Komponenten in Titan und Edelstahl, metallische Filtermedien,
Porschestr. 6, 41836 Hückelhoven,
Tel. 02433-44674-0, Fax -22,
www.melicon.de

NOVUM engineerING,
Schnorrstr. 70, 01069 Dresden,
Tel. 0351-3232700-3, Fax -2,
info@novum-engineering.biz, www.novum-engineering.biz

Theisen GmbH & Co. KG, GH_2 & LH_2 Rohrleitungs- und Regelsysteme, H_2-Verdampfer und Kühler, Druckbehälter, Abfüll- und Betankungsanlagen, Anlagenwartung,
www.theisen-gmbh.de, info@theisen-gmbh.de

WEKA AG, Schuerlistr. 8, Kryogen-Komponenten und Spezialventile,
CH-8344 Baeretswil, Schweiz,
Tel. +41 (0)43-833434-3, Fax -9,
info@weka-ag.ch, www.weka-ag.ch

FIRMEN-EINTRAG

Eintrag ins HZwei-Firmenverzeichnis. Unser Eintrag (ca. 150 Zeichen) soll in den 4 jährlichen Print-Ausgaben und online unter www.hzwei.info/firmen.phtml erscheinen. Die Kosten von 120 Euro (zzgl. MwSt.) pro Rubrik beinhalten als Beleg ein HZwei-Abonnement. Ein Premium-Eintrag mit Logo kostet zusätzlich 100 Euro pro Ausgabe.

Firma

Adresse

Tel., Fax, Internet

Rubrik:

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

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

Wir sehen pure Energie. Und was sehen Sie?

Mit übersprudelnden Ideen in die Zukunft der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Die Energiewende stellt uns alle vor große Herausforderungen. Dank Wasserstoff steht uns regenerative Energie auch dann zur Verfügung, wenn die Sonne nicht scheint und der Wind nicht weht. Im Cluster Brennstoffzelle BW bündeln wir die Kompetenzen und das Know-how der Akteure in Baden-Württemberg zu einem starken Netzwerk. Gemeinsam tragen wir dazu bei, diese Schlüsseltechnologie in den Markt für erneuerbare Energien einzuführen. Und? Sehen Sie auch, was wir sehen?

www.e-mobilbw.de

brennstoffzelle BW
competence in hydrogen and fuel cell solutions

Baden-Württemberg
Where ideas work.