Hydrogeit Verlag / www.hzwei.info / 14. Jahrgang / April 2014 / 8 €

HZwei

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN

→ PLATIN ENTSCHEIDET (MIT) ÜBER DIE BZ-MARKTEINFÜHRUNG

→ BUNDESVERKEHRSMINISTER A. DOBRINDT NIMMT STELLUNG

04014
9 771862 393005

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.

INHALTSVERZEICHNIS

3 Impressum

4 Editorial

5 Meldungen
Gosztonyi verlässt Heliocentris
Online-Plattform zur Expertenvermittlung
Erdgasreformer für Dormagen & Hamburg

8 Messe
20. Jubiläum auf der Hannover Messe

10 Hausenergie
Viessmann präsentiert BZ-Heizgerät
Stefener ist neuer VDMA-Sprecher
IBZ fordert Technologieeinführungsprogramm

12 Weiterbildung
Weiterbildungsangebote für die Heiztechnikbranche
Neues Batterie- und BZ-Lehrmaterial

14 Förderung
DWV fordert Förderung von Power-to-Hydrogen
Appell an Energieminister Sigmar Gabriel
Werner Diwald: Rettung der Energiewende
Interview mit Bundesverkehrsminister A. Dobrindt

20 Energiespeicherung
Thüga-Studie über die Potentiale von Power-to-Gas
Was heißt eigentlich PtG?
Alles Bio: Von Ameisensäure bis Urin
Biologische Methanerzeugung aus H_2 & CO_2

26 International

28 Entwicklung
Langzeitstabile und kostengünstige Bipolarplatten
Wie es gelingen könnte, Platin zu ersetzen
Platinkosten: Eine Antwort auf die Roland-Berger-Studie

40 Elektromobilität
Testfahrt mit dem BMW *i3*
Fahrbericht über den Renault *Zoe*
Toyota setzt voll auf die Brennstoffzelle

46 Jobbörse

47 Terminkalender

48 Firmenverzeichnis

16 Werner Diwald: Rettung der Energiewende

30 Bremsen steigende Platinkosten die Brennstoffzelle?

40 Testfahrten mit BMW i3 und Renault Zoe

IMPRESSUM HZwei

ISSN: 1862-393X
Jahrgang: 14. (2014) / Heft 2, April 2014

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

Sitz: Oberkrämer
USt!D.: DE 221143829

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

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

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

Druckauflage: 4.500 Stück (plus 10.000 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.

H_2YDROGEIT Verlag

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

Titelbild:
Titelbild: Platinbarren – Ihr Preis ist mitentscheidend für die BZ-Markteinführung. [Foto: Tim, fotolia.com]

MEHR BILDEN

Liebe Leserinnen und Leser!

Im Januar-Heft ist bereits angeklungen, dass der Aus- und Weiterbildungssektor ein ganz wichtiger Bereich ist – sowohl für die Weiterentwicklung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnik als auch für die gesamte Elektromobilitätsbranche. Wegen der großen Relevanz dieses Themas greifen wir in dieser Ausgabe den Faden erneut auf und stellen fest, dass insbesondere bei der H_2- und BZ-Technik noch immenser Nachholbedarf besteht.

Beim Thema „Elektromobilität" waren Wirtschaft und Weiterbildungseinrichtungen ziemlich schnell: Innerhalb weniger Monate ist es gelungen, ein umfangreiches Angebot an Qualifizierungsmaßnahmen ins Leben zu rufen. Mittlerweile gibt es mehrere Hochschulen, an denen man – zumindest als Nebenfach – E-Mobilität studieren kann. Es gibt die *Drive-E-Akademie,* die seit 2010 jährlich im Namen des Bundesbildungsministeriums eine Nachwuchsförderung anbietet. Und auch für Fachkräfte gibt es nach und nach mehr Qualifizierungsangebote (s. HZwei-Heft Jan. 2014).

Nicht so im H_2- und BZ-Sektor: Hier gab es zwar mal einen eigenen Hochschulstudiengang „Wasserstofftechnik", der von Prof. Hans Quack an der Dresden International University (DIU, s. HZwei-Heft Okt. 2008) angeboten wurde. Ich hatte selber das Vergnügen, dort als Gastdozent mitwirken zu dürfen, und im April 2010 schlossen hier die ersten Studenten ihre Ausbildung mit dem „Master of Science in Hydrogen Technology" erfolgreich ab (s. HZwei-Heft Jul. 2010). Aber leider folgten zu wenig neue. Der zweijährige Studiengang wurde eingestellt, weil kaum Werbung dafür gemacht wurde und er für viele potentielle Interessierte mit 17.000 Euro schlichtweg zu teuer war. Weder die DIU noch der DWV oder ein weitsichtiger Förderer fanden damals ein geeignetes Finanzierungsmodell.

Das heutige Angebot im Weiterbildungssektor beschränkt sich vornehmlich auf einige Experimentierkästen von verschiedenen Anbietern sowie auf die Arbeiten von Prof. Manfred Hoppe (s. S. 12), der sich bereits vor Jahren im Rahmen des *Callux*-Programms um die Qualifizierung von Fachkräften kümmerte und dies auch heute noch tut.

Die Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellen (NOW) GmbH hat diesen Mangel erkannt und vergangenes Jahr beim Hydrogeit Verlag die Erarbeitung von Unterrichtsmaterial für die Sekundarstufe I in Auftrag gegeben (s. S. 13). Außerdem gibt es im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms (NIP) ein zentrales Aus- und Weiterbildungsprojekt *(ETUDE),* das derzeit Angebote für die Sekundarstufe II, Berufsschulen und Hochschulen erarbeitet. Immerhin!

Aber das reicht bei weitem noch nicht aus!

Wenn jetzt über die etwaige weitere Förderung von Wasserstoff und Brennstoffzellen diskutiert wird, dann darf neben Forschung und Entwicklung und neben der unbedingt notwendigen Markteinführung auf keinen Fall die Aus- und Weiterbildung vernachlässigt werden.

Wer soll sonst zukünftig die geplanten Power-to-Gas-Anlagen in Betrieb nehmen? Wer soll die geplanten Brennstoffzellenheizgeräte installieren und warten? Wer soll die geplanten Wasserstoffautos reparieren? Und wer soll die benötigte Infrastruktur aufbauen und einen sicheren Transport von Wasserstoff gewährleisten?

Wo sollen die Ingenieure und Fachkräfte, die das dafür notwendige Know-how erworben haben, herkommen?

In Zukunft wird es nicht mehr ausreichen, einfach nur Maschinenbau zu studieren. Ich habe das selbst getan und weiß, dass der Lehrplan viel zu allgemein gehalten ist und keine passenden Antworten auf fachspezifische Fragen liefert.

Die Fragen, die uns heute und morgen bewegen, drehen sich um die Reduzierung der Platinbelegung an den Elektroden von Brennstoffzellen-Stacks (s. S. 30 bis 34) oder um den Vergleich von heißgepressten Bipolarplatten mit Phenolharz- beziehungsweise mit PPS-Binder (s. S. 28).

Konventionelle Breitbandstudiengänge eignen sich hier nur bedingt und können maximal das Basiswissen vermitteln. Deswegen ist es allerhöchste Zeit, fachspezifizische Hochschulangebote auszuarbeiten, qualifizierte Dozenten ausfindig zu machen und geeignetes Lehrmaterial – sowohl für die Schule als auch die Hochschule – zu erstellen. Es gilt zu prüfen, ob dies eingebettet werden kann in ein NIP 2.0 oder ob das Bundesbildungsministerium hier nicht der besser geeignete Ansprechpartner ist.

Unabhängig von einem derartigen politischen Rahmen, der eventuell erst 2016 greifen würde, sollten alle Bundesländer und Hochschulen, die sich bereits heute in diesem Sektor engagieren, überprüfen, ob sie ihr Lehrangebot schon jetzt in diese Richtung ausbauen können. ||

Herzlichst

Sven Geitmann
HZwei Herausgeber

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

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

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

DWV
Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband

Deutsch-französischer Parlmentarischer Abend des DWV in Berlin ... DWV formuliert Forderungen an die neue Bundesregierung ... Koalitionsvertrag: NIP und NOW gehen 2016 in neue Phase ...

VERMITTLUNG VON H_2-, BZ- UND BATTERIEEXPERTEN

Christian Machens beabsichtigt die Einrichtung einer internationalen Expertenplattform für die Sektoren Wasserstoff und Brennstoffzellen sowie Batterietechnik und Elektromobilität. Der Leipziger Diplom-Ingenieur, der parallel zu seiner über zehnjährigen selbständigen Beratertätigkeit auch für den TÜV Süd aktiv ist, erklärte gegenüber *HZwei*, er sehe hier eine Marktlücke, die er gerne mit seinem „Experten-Sourcing-Service" schließen möchte. Sein Dienstleistungsangebot beschrieb er folgendermaßen: „Firmen können an *Expertology* gezielte Suchanfragen stellen und bekommen sehr kurzfristig mehrere anonymisierte Vorschläge, suchen sich daraus den am besten passenden Experten aus und setzen sich direkt mit diesem in Kontakt. Für Großkunden ist über einen Rahmenvertrag auch die Vermittlung mehrerer Fachleute möglich." Anders als konventionelle Arbeitsvermittler oder Branchenverzeichnisse will Machens jede Suche aktiv vorantreiben und damit quasi eine Headhunter-Funktion einnehmen. Außerdem plant er ergänzende Maßnahmen wie zum Beispiel Experten-Speed-Dating sowie weitere Networking-Aktivitäten. Bisher war Christian Machens unter anderem als Projektmanager im *HyFacts*-Vorhaben aktiv (s. HZwei-Heft Jul. 2011) und erstellte mehrfach Brandschutzkonzepte für verschiedene H_2-Betankungsstandorte (u. a. Ride&Drive-Area Hannover Messe). Im Jahr 2000 baute er das erste Brennstoffzellenboot, die *Hydra*, die der aktuelle Besitzer derzeit veräußern möchte. Der offizielle Start von www.expertology.de wird anlässlich der Hannover Messe im April 2014 sein. ||

GOSZTONYI VERLÄSST HELIOCENTRIS

Dr. András Gosztonyi [Quelle: Heliocentris Energy Solutions]

Dr. András Gosztonyi, ehemaliges Mitglied des Vorstandes und bisheriger kaufmännischer Geschäftsführer der Heliocentris Energy Solutions AG, hat Anfang des Jahres das Berliner Unternehmen verlassen. Gosztonyi, der seit 2006 gemeinsam mit CTO Henrik Colell die Geschicke des 1995 gegründeten Energieanlagenentwicklers leitete, verließ Heliocentris mit Auslaufen seines Vertrages auf eigenen Wunsch. Wie es hieß, wolle er sich neuen beruflichen Herausforderungen stellen. Kurz zuvor hatte die Firma aus Berlin-Adlershof eine Wandelschuldverschreibung im Gesamtnennwert von über 3,9 Mio. Euro platziert, die unter anderem zum Ausgleich der Umsätze verwendet werden soll, die 2013 aufgrund längerer Verkaufszyklen geringer als erwartet ausgefallen waren. Ayad Abul-Ella, der Geschäftsführer von Heliocentris, bestätigte, dass der Umsatz im vergangenen Jahr unterhalb des Vorjahresumsatzes von 7,8 Mio. Euro lag, zeigte sich jedoch zuversichtlich. Er sagte: „Wir können für das Jahr 2014 einen Umsatzausblick von über 20 Mio. Euro bestätigen, sowie die Chance, während der zweiten Jahreshälfte den Break-Even zu erreichen." ||

20th ANNIVERSARY of the GROUP EXHIBIT

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

H2FC-FAIR.com

HANNOVER MESSE

HANNOVER MESSE 2014

April 7-11, Hall 27, B 66

hannovermesse.de

GROUPEXHIBIT
HYDROGEN
FUEL CELLS
BATTERIES

UMBRUCH IN HESSEN

Dr. Joachim Wolf

Prof. Dr. Birgit Scheppat

In Hessen bahnen sich neue Zeiten mit einem neuen Führungsteam in der H2BZ-Initative Hessen e.V. an: Seit der Landtagswahl am 22. September 2013 hat Wiesbaden eine andere Regierung. Die Zuständigkeiten sind zwar noch nicht endgültig geklärt, aber im Koalitionsvertrag zwischen CDU und Grünen steht: „Die Landesregierung wird weiterhin Konzepte, Modelle und Projekte zur Weiterentwicklung der Elektromobilität unterstützen. Ergänzend wird die Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Initiative Hessen e. V. (H2BZ) weitergeführt."

Trotz der Weiterführung standen während der Mitgliederversammlung der H2BZ-Initiative am 6. März 2014 im Industriepark Höchst weitgreifende Veränderung an: Der ehemalige Vorsitzende Dr. Joachim Wolf hatte bereits Ende Oktober 2013 seinen Rückzug aus der Initiative angemeldet. Gegenüber *HZwei* erklärte er, er wolle seine ehrenamtlichen Tätigkeiten aus gesundheitlichen Gründen auf nahezu null herunterfahren. Bei den dadurch notwendig gewordenen Vorstandsneuwahlen wurde Prof. Dr. Birgit Scheppat von der Hochschule Rhein-Main zur Vorsitzenden gewählt. Neuer Stellvertreter ist Dr. Heinrich Lienkamp von Infraserv GmbH & Co. Höchst KG. Da Wolf zudem sein Wiesbadener flow-advice-Büro schloss und Anna-Kristin Kippels, die ehemalige Schriftführerin der H2BZ-Initiative, nicht wieder für den Vorstand kandidierte, wurden Dr. Helmut Löhn (privat) und Dr. Holger Dziallas von SolviCore GmbH & Co. KG als ihre Nachfolger bestimmt. Hintergrund für diese Vorstandsumbildung ist, dass seit November 2013 keine Gelder mehr für eine kontinuierlich gestaltete „Projektanbahnung", mit der bisher flow-advice beauftragt war, zur Verfügung stehen, weshalb auch der Betrieb der H2BZ Projekt GmbH beendet wurde. Die Landesregierung setzt fortan ganz auf die ehrenamtliche Arbeit des Vereins mit Einzelausschreibungen für die von der H2BZ-Initiative vorgeschlagenen Projekte. ||

→ H2BZ-Initiative Hessen auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand B65

IMM IST FRAUNHOFER-INSTITUT

Das Institut für Mikrotechnik Mainz GmbH (IMM) soll bis zum Jahr 2018 ein eigenständiges Fraunhofer Institut werden. Darauf einigten sich bereits im vergangenen Jahr das Land Rheinland-Pfalz und die Fraunhofer-Gesellschaft (FhG). Von der Einbindung des IMM in die FhG sollen zukünftig alle Partner profitieren, indem der Technologieaustausch intensiviert, neue Kooperationsmöglichkeiten erschlossen und Modernisierungsmaßnahmen vorangetrieben werden. Prof. Dieter Prätzel-Wolters, der Leiter des Fraunhofer-Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik, erklärte: „Mit der Integration des IMM erweitert die Fraunhofer Gesellschaft ihre Kernkompetenzen und ihr Angebotsportfolio für eine Reihe von Kundenbranchen." IMM-Geschäftsführer Prof. Michael Maskos bewertete diese Zusammenführung als Bestätigung, „dass wir in den vergangenen Jahren einen exzellenten Job gemacht haben" und „dass wir hochqualifizierte Arbeitsplätze sichern und mittelfristig neue hinzu gewinnen können". Das 1990 gegründete Mainzer Forschungs- und Entwicklungsinstitut wird auch in Zukunft in den Bereichen dezentrale und mobile Energietechnik, chemische Verfahrenstechnik, mikrofluidische Analysesysteme sowie medizinische Sonden aktiv bleiben. Zusätzlich wird jedoch auch die Mikrostrukturtechnik für Nanopartikel *(Micro4Nano)* ins Forschungsportfolio aufgenommen. Während der bis 2018 dauernden Übergangszeit wird das Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie den Integrationsprozess begleiten. ||

→ Fraunhofer ICT-IMM auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand B72

ERDGASREFORMER FÜR DORMAGEN UND HAMBURG

Blick auf den Reformerofen der neuen Anlage im Chempark [Quelle: Air Liquide]

Im Chempark Dormagen soll in diesem Herbst ein neuer Steamreformer seinen Betrieb aufnehmen. Dafür ist am 7. Februar 2014 mit Lkw und Binnenschiff das Herzstück dieser neuen Anlage angeliefert worden. Per Schwertransport wurde das 120 Tonnen schwere und 40 Meter lange Prozessanlagenteil zum Industriegebiet transportiert, wo es zukünftig Synthesegase verflüssigen und in seine Bestandteile zerlegen soll. Der Erdgasreformer kommt von Air Liquide aus Frankreich und wird von Bayer MaterialScience zur Herstellung von jährlich 22.000 t Wasserstoff und 120.000 t Kohlenmonoxid für deren neue TDI-Anlage (Vorprodukt zur Herstellung von Weichschäumen) benötigt. Dr. Ernst Grigat, Leiter des Chemparks, erklärte: „Die neue Produktionsanlage von Air Liquide ergänzt sehr gut das bestehende Produktportfolio des Standorts." Die Grundsteinlegung für den rund 100 Mio. Euro teuren Reformer erfolgte am 19. Juli 2013.

Auch in Hamburg entsteht ein neuer Dampfreformer: In der Hansestadt errichtet die Linde Engineering Division eine entsprechende Anlage zur Wasserstofferzeugung für

Nynas AB. Nynas produziert an seinem Raffineriestandort in Hamburg-Harburg naphthenische Spezialöle und Bitumen, wofür große Mengen Wasserstoff benötigt werden. Linde investiert rund 30 Mio. Euro in die Errichtung dieser Anlage, die bis Ende 2015 betriebsbereit sein soll. ||

→ Air Liquide auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand B59
→ Linde auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand B77

TOTAL UNTERSTÜTZT SUNFIRE

Die sunfire GmbH hat neue Investoren für die Entwicklung ihrer Hochtemperatur-Brennstoffzellen und Elektrolyseure gefunden: Total Energy Ventures und Electranova Capital. Am 25. Februar 2014 vermeldete das Dresdner Unternehmen die erfolgreiche Durchführung seiner Serie-B-Finanzierungsrunde mit einem hohen einstelligen Millionenbetrag. Die beiden neuen Industriepartner, die fortan neben Bilfinger Venture Capital den sächsischen Pionier im Power-to-Liquids- und Power-to-Gas-Bereich unterstützen werden, beabsichtigen eine weitere Beschleunigung des Entwicklungsprozesses. Total Energy Ventures ist der Venture-Capital-Arm des französischen Energiekonzerns Total Group. Electranova Capital ist ein Venture Capital Fonds, der von Idinvest Partners geführt und vom Energiekonzern EDF sowie der Allianz finanziert wird. sunfire-Geschäftsführer Carl Berninghausen erklärte: „Die Beteiligung stellt eine Bestätigung der hervorragenden Leistungen unserer Mitarbeiter dar." Im Dezember 2013 war sunfire mit dem *STEP-Award*-2013 in der Kategorie Prozesse & Nachhaltigkeit ausgezeichnet worden. ||

→ sunfire auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand B50

HAMBURG ERHÄLT ENERGIE-CAMPUS

Am 24. Februar hat die Grundsteinlegung für den *Energie-Campus Hamburg Bergedorf* stattgefunden. Die neue Forschungseinrichtung in den Bergedorfer Schleusengärten soll jeweils ein Labor für Windkraft sowie für intelligente Stromnetze bekommen und wird der Hochschule für Angewandte Wissenschaft Hamburg (HAW Hamburg) zur Ausbildung und Qualifizierung dienen. Geplant ist, dass sich hier Unternehmen der Erneuerbaren-Energien-Branche ansiedeln. Ein Sprecher des Competence Center für Erneuerbare Energien und EnergieEffizienz (CC4E) der HAW berichtete *HZwei:* „Die Themen Brennstoffzellen beziehungsweise Wasserstoff und Elektromobilität werden zwei wichtige Elemente in unserem geplanten Smart-Grid-Labor werden. Hierzu wird eine PEM-Elektrolyse mit nachgeschalteter Methanisierung sowie ein BHKW installiert, welches eine hohe Wasserstoffbeimischung erlaubt. Für den Bereich Elektromobilität ist ein kommerzielles Elektrofahrzeug, mehrere e-bikes und ein stationärer Li-Ion-Batteriespeicher geplant." Hamburgs Erster Bürgermeister Olaf Scholz bezeichnet das neue Technologiezentrum als ein „Silicon Valley für Erneuerbare Energien". Die Hansestadt unterstütz das 7,5-Mio.-Euro-Projekt mit rund 3,9 Mio. Euro, der Rest kommt aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung. ||

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

20. JUBILÄUM AUF DER HANNOVER MESSE

Energiespeicherung wird Schwerpunktthema

Abb. 1: Dr. Köckler während der Preview in Berlin [Quelle: Deutsche Messe]

Während der diesjährigen Hannover Messe, die vom 7. bis 11. April 2014 stattfindet, dreht sich auf den Leitmessen *Energy* und *MobiliTec* alles rund um die Mobilität von morgen. „In der Halle 27 präsentieren alle an der Weiterentwicklung beteiligten Akteure neue Produkte und aktuelle Trends und Entwicklungen", erklärte Marc Siemering, Leiter der Hannover Messe, im Vorfeld. Zum neuen Schwerpunktthema avanciert dort die Energiespeicherung, auch auf dem Gemeinschaftsstand von Tobias Renz, der anlässlich des 20-jährigen Jubiläums sein Themenspektrum um die Batterietechnik erweitert.

Während der Vorab-Pressekonferenz teilte Dr. Jochen Köckler, Mitglied des Vorstandes der Deutschen Messe AG, die weltweit größte Industriemesse in vier große Themenbereiche: Industrieautomation und Informationstechnologie, Energie- und Umwelttechnik, Industrielle Zulieferer und Forschung und Entwicklung. Während im Industriesektor nach wie vor das Thema *Industrie 4.0* für Schlagzeilen sorgt (Köckler: „Der Weg zur Fabrik der Zukunft führt über Hannover."), werden in den Energiehallen wieder insbesondere *Elektromobilität* und *Smart Grids* für Gesprächsstoff sorgen.

TREFFPUNKT IN HALLE 27 In den *Energy*-Hallen 12, 13 und 27 ist nunmehr seit mehreren Jahren Halle 27 der Anlaufpunkt für die Besucher, die sich für erneuerbare Energien und effiziente Energietechnik interessieren. Hier stellt die Windkraftbranche direkt neben der Wasserstoffbranche aus. Angesichts der aktuellen Diskussion um Energiespeicherung und Power-to-Gas-Anlagen ein interessantes Spannungsfeld, weshalb Köckler feststellte: „Künftig werden intelligente Stromnetze und Endgeräte miteinander kommunizieren und so ein gewaltiges Energiesparpotenzial heben. Dazu müssen verschiedenste Branchen ihre Kompetenzen bündeln."

In diesem Sinne wird auf dem Gemeinschaftsstand von Tobias Renz in seinem 20. Jahr auch das Thema Energiespeicherung (Batterietechnik) thematisiert. Dementsprechend heißt er fortan „Group Exhibit Hydrogen – Fuel Cells – Batteries" (Halle 27, Stand B66) und wird in diesem Jahr erstmalig über 150 Aussteller umfassen. Neben der Stromspeicherung bleibt aber auch die Wasserstoffspeicherung ein zentrales Thema. So erklärte Stephan Möller, Geschäftsführer von balticFuelCells, der seit Jahren auf dem Gemeinschaftsstand ausstellt: „Eine Brennstoffzelle scheint derzeit weniger das Problem zu sein. Was uns Sorgen bereitet, ist der Wasserstoff, den es für ‚Nomalsterbliche' nirgendwo gibt. Das kann man als Kleinigkeit verbuchen, jedoch sehen wir das sehr ernst."

MOBILITÄT VON HEUTE UND MORGEN Gleich angrenzend an den Gemeinschaftsstand befindet sich dieses Mal innerhalb der gleichen Halle die *MobiliTec*. Hier gibt es im Zentrum wieder ein großes Forum für Podiumsdiskussionen und Expertenvorträge, auf dem gleich am ersten Messetag die offizielle Eröffnung erfolgt. Hartmut Rauen, Mitglied der Hauptgeschäftsführung des VDMA, eines der ideellen Träger der *MobiliTec*, erklärte: „Der Maschinen- und Anlagenbau ist in diesem Umfeld genau richtig mit seinem Know-how im Bereich der Produktionstechnologie und als Lösungsgeber für die Mobilität von heute und morgen."

Ein aktuelles Stimmungsbild von der neuen Bundesregierung sowie der Nationalen Plattform Elektromobilität wird der Vorsitzende Henning Kagermann liefern. Er sagte im Vorfeld: „Wir sind auf einem guten Weg zu einem Leitmarkt und Leitanbieter der Elektromobilität. Ende 2014 schließen wir die Phase der Marktvorbereitung ab und treten in den Markthochlauf ein. Deshalb wird die Nationale Plattform Elektromobilität im kommenden Herbst bilanzieren, wo wir gut aufgestellt sind und Deutschland noch Handlungsoptionen offen stehen."

BEST-PRACTICE-BEISPIELE Insgesamt werden auf dem Hannoveraner Messegelände in diesem Jahr sieben Leitmessen zu finden sein. Zeitlich parallel und auf dem gleichen Gelände im Ostbereich der Halle 16 wird zudem die *Metropolitan Solutions* abgehalten, die Technologien und Dienstleistungen für Städte thematisiert: Dabei geht es unter anderem um die Notwendigkeit, angesichts der steigenden Anzahl von Elektroautos ein neues branchenübergreifendes Systemdenken zu forcieren. Neben einer effizienten Energieerzeugung und -verteilung gewinnt zukünftig immer mehr eine gute Verknüpfung der Energiebranche mit der Kommunikations- und Informationsbranche sowie dem Mobilitätssektor an Bedeutung. Input dazu wird in Hannover auch von Holland erwartet, das in diesem Jahr Partnerland der Industriemesse sein wird.

Zu diesem Themenbereich wird es speziell eine Konferenz geben: *Energiewende – Made by Cities*. Am 9. und 10. April wird dort darüber gesprochen, wie bis 2050 eine kohlenstoffarme Wirtschaft und Gesellschaft auf den Weg gebracht werden kann. Anhand von Best-Practice-Beispielen aus den Städten Kopenhagen und Bristol, zwei *European Green Capitals*, soll gezeigt werden, wie die Energiewende erfolgreich angegangen werden kann. Unter anderem werden auch „herausragende Start-ups" wie die etogas GmbH und die ubitricity Gesellschaft für verteilte Energiesysteme mbH über ihre Konzepte berichten. ||

→ balticFuelCells auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand D70
→ ubitricity auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand G56

POWER-to-GAS

Store the Power of Nature

Worlds Largest Single PEM Electrolyser Stack - 1MW
Booth #C59

We're Ready.

HYDROG(E)NICS

SHIFT POWER | ENERGIZE YOUR WORLD

www.hydrogenics.com

HANNOVER MESSE 2014
April 7 – 11, Hall 27, B 66

GROUPEXHIBIT
HYDROGEN
FUEL CELLS
BATTERIES

H2FC-FAIR.com Tobias Renz FAIR

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

„TECHNOLOGIE IST NACH VIELEN JAHREN MARKTREIF“

Viessmann präsentiert neues BZ-Heizgerät

Abb. 1: Bundesumweltministerin B. Henricks mit F. Voßloh, Geschäftsführer von Viessmann Deutschland, und dem Berliner Umweltsenator M. Müller (v.l.) vor der Vitovalor 300-P (links hinten) auf der bautec [Quelle: Viessmann]

Wie bereits 2013 angekündigt bringt die Viessmann Group, Hersteller von Heiztechniksystemen, im April 2014 sein Brennstoffzellenheizgerät *Vitovalor 300-P* auf den Markt. Zunächst präsentierte das Allendorfer Familienunternehmen die Serienausführung dieses neuen Mikro-KWK-Systems Mitte Februar auf der *bautec* in Berlin sowie auf der *E-world* in Essen. Dem Fachpublikum der Heizungsbranche zeigte Viessmann das Gerät Mitte März auf der *SHK* in Essen, bevor es im April auch auf der Industriemesse in Hannover sowie auf der *IFH Intherm* in Nürnberg zu sehen sein wird.

Dr. Barbara Hendricks, seit Ende 2013 neue Bundesministerin für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, stattete am 18. Februar 2014 dem Viessmann-Stand auf der *bautec* einen Besuch ab, um sich dort über innovative Heiztechniksysteme zu informieren. Zu sehen bekam sie unter anderem die *Vitovalor 300-P,* die von der Panasonic Corp. für Ein- und Zweifamilienhäuser entwickelt wurde und in Japan seit 2009 in ähnlicher Bauweise unter dem Namen *Ene-Farm* bereits 34.000-mal verkauft wurde.

Abb. 2: Flächendeckende Markteinführung ab 2016, [Quelle: Viessmann]

Das erdgasbetriebene Mikro-KWK-Gerät besteht aus zwei Modulen: Dem Brennstoffzellenmodul (750 W_{el}, 1.000 W_{therm}), das neben der PEM-Brennstoffzelle außerdem den Reformer beinhaltet, sowie dem angegliederten Speichermodul, das sowohl den Warmwasserpuffer- (170 l) als auch den Trinkwasserspeicher (46 l) und außerdem einen Gas-Brennwertkessel (19 kW_{therm}) beherbergt. Das BZ-Modul wird in Japan gefertigt und erst in Deutschland mit dem Speichermodul von Viessmann verheiratet.

Zusammen nehmen beide Module eine Fläche von 0,65 m^2 ein und wiegen rund 300 kg. Die Standzeit beträgt laut Viessmann etwa 60.000 Stunden, die Stack-Lebensdauer zehn Jahre. Der Gesamtsystemwirkungsgrad liegt bei 90 Prozent. Die CO_2-Emissionen des neuen Geräts sind verglichen mit denen der getrennten Erzeugung von Wärme und Strom nach Herstellerangaben „um die Hälfte niedriger, ihr Gesamtwirkungsgrad ist mehr als doppelt so hoch wie der der konventionellen Stromerzeugung“.

Die Bedienung kann per App über Tablet-PCs oder Smartphones erfolgen. Alle erforderlichen Informationen über den Systemstatus, über Wirtschaftlichkeit, Umweltnutzen und Wartungsbedarf können somit auch aus der Ferne abgefragt werden.

10.000 EINHEITEN BIS 2020 Gemeinsam beabsichtigen Panasonic und Viessmann bis zum Jahr 2020 in Europa eine fünfstellige Zahl von Systemen zu installieren– insbesondere im Neubausektor. Ein Unternehmenssprecher erklärte dazu: „Für das Unternehmen Viessmann steht zunächst im Fokus, mit der Markteinführung einem breiteren Publikum zu zeigen, dass diese Technologie nun nach vielen Jahren der Forschung und Entwicklung marktreif ist.“ ||

→ Viessmann auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand B65 & E51

STEFENER IST NEUER VDMA-SPRECHER

Dr. Manfred Stefener ist am 6. Februar 2014 zum neuen Vorsitzenden der Arbeitsgemeinschaft Brennstoffzellen des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer e.V. (VDMA) gewählt worden. Nachdem Guido Gummert vergangenes Jahr Baxi Innotech verlassen hatte, kandidierte der Hamburger nicht erneut für den Vorsitz. Stattdessen trat der Geschäftsführer der Elcore GmbH bei der Mitgliederversammlung im Dresdener Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS) an. Stefener ist alleiniger Chef des Münchener Unternehmens, seit sein ehemaliger Kompagnon Dr. Marc Bednarz im Sommer 2013 als Venture Consultant zum IKTS wechselte. Bei der Neuwahl der AG Brennstoffzellen, die zusammenfiel mit dem zehnjährigen Jubiläum des Industrieverbundes, wurden zudem Dr. Peter Podesser von SFC Energy, Andreas Frömmel von FuelCell Energy Solutions und Dr. Volker Banhardt von Freudenberg FCCT neu in den Vorstand gewählt. ||

→ Elcore & Baxi Innotech auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand E51
→ FuelCell Energy Solutions & IKTS auf der Messe: Halle 27, Stand B50
→ VDMA AG Brennstoffzelle auf der Messe: Halle 27, Stand D60

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

WAS IST EINE BAGATELLE?

IBZ fordert Technologieeinführungsprogramm

Der Koalitionsplan der Bundesregierung steht zwar seit Januar 2014 fest, aber die konkreten Inhalte des zukünftigen Regierungsprogramms befinden sich noch in der Abstimmung. Derzeit wird landauf, landab nicht nur über die Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) gestritten, auch bei der Kraft-Wärme-Kopplung gibt es noch viele offene Fragen. Insbesondere die Festlegung der sogenannten „Bagatellgrenze" erregt viele Gemüter, weshalb sich momentan zahlreiche Wirtschafts- und Verbandsvertreter emsig darum bemühen, ihre Interessen gegenüber der Politik deutlich zu formulieren.

Im aktuell diskutierten Vorschlag zur Neugestaltung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes ist eine Grenze für alte und neue KWK-Anlagen vorgesehen, die bei einer maximalen Leistung von 10 kW liegt. Geräte mit geringerer Leistung bräuchten keine EEG-Umlage zu zahlen, solange ihre jährliche Stromerzeugung die Marke von 10 MWh nicht überschreitet, so sehen es jedenfalls die Pläne des neuen Bundeswirtschafts- und -energieministers Sigmar Gabriel vor.

ANHEBUNG DER BAGATELLGRENZE GEFORDERT Nach Meinung des VDMA sollte diese Bagatellgrenze angehoben werden, da kleine Brennstoffzellenanlagen mit einer Leistung von lediglich 1,5 kW mehr Strom erzeugen und somit nicht von dieser Umlagenbefreiung profitieren könnten, obwohl sie das Netz entlasten. Der neu gewählte Vorsitzende der VDMA AG Brennstoffzellen, Dr. Manfred Stefener, kritisierte in diesem Zusammenhang, dass mit derartigen Maßnahmen potenzielle Investoren verunsichert würden, was zu einer massiven Verschlechterung der Wirtschaftlichkeit von hocheffizienten Anlagen führen würde und in klarem Widerspruch zum Koalitionsvertrag stünde.

Andreas Ballhausen, Sprecher der Initiative Brennstoffzelle (IBZ), ergänzte, dass mit den bislang vorgesehenen Änderungen am EEG nicht nur die geplante Erhöhung des KWK-Anteils an der deutschen Stromproduktion auf 25 Prozent im Jahr 2020 gefährdet wäre, sondern auch die im KWK-Gesetz formulierte Verpflichtung verletzt würde, die Markteinführung von leistungsstärkeren Brennstoffzellen zu unterstützen. Ballhausen forderte deswegen: „Die innovative Technologie, die schwerpunktmäßig von der international starken deutschen Heizungsindustrie angeboten wird, benötigt dringend ein Technologieeinführungsprogramm, da ansonsten der Markteintritt nicht gelingen kann." Die ASUE (Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch) schlug dementsprechend vor, die maximale Gesamtstrommenge von KWK-Anlagen auf jährlich 300 MWh als sinnvollen Wert für die Bagatellgrenze anzuheben.

POSITIONSPAPIER IN ARBEIT Um bei diesem Thema mit möglichst geeinter Stimme auftreten zu können, trafen sich zahlreiche Verbandsvertreter (von ASUE, BDH, dena, IBZ, VDMA AG, BZ, Zukunft Erdgas) Mitte Februar 2014 in Berlin zum Dialog. Neben der Festlegung der Bagatellgrenze ging es dort unter anderem um die Bewertung des europäischen Energielabels. Dazu stellte Johannes Schiel, Geschäftsführer der VDMA AG Brennstoffzellen, fest: „KWK-Anlagen und Brennstoffzellen schneiden hier beim Labeling aufgrund einer unfairen Berechnungsmethodik schlechter ab als wesentlich weniger effiziente Technologien."

Weitere Themen, über die derzeit gestritten wird, sind die 300-l-Speicherpflicht im Rahmen des Impulsprogramms für Mikro-KWK-Anlagen sowie die Aufforderung einiger Verteilnetzbetreiber, zusätzlich zum integrierten Zähler einen externen Zähler anzubringen. Zusammen versuchen hier die Verbände mögliche Hemmnisse abzubauen und Lösungsansätze zu finden. Dazu werden derzeit gemeinsame Punkte zusammengetragen, um demnächst ein Positionspapier vorstellen zu können. ||

→ IBZ auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand E51
→ CFC auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand E51

GUMMERT HAT BAXI INNOTECH VERLASSEN

Quelle: Baxi Innotech

Guido Gummert hat Baxi Innotech verlassen. Bereits im September 2013 beendete der ehemalige Geschäftsführer seine Tätigkeit bei dem Entwicklungsunternehmen von Brennstoffzellenheizgeräten. Sein Nachfolger ist der Diplom-Kaufmann Sten Daugaard-Hansen, der auch Geschäftsführer der August Brötje GmbH, eines Unternehmens der Baxi Group, ist. Gummert hatte 1999 die european fuel cell gmbh gegründet und seitdem engagiert die Entwicklung der BZ-Heizgerätetechnik vorangetrieben. Dazu zählte insbesondere auch die Weiterbildung des Handwerks. Nachdem er die grundlegenden Entwicklungsarbeiten am *Gamma Premio* 1.0 weitestgehend habe abschließen können, habe er sich nun von dem Hamburger Unternehmen „im gegenseitigen Einvernehmen" getrennt, erklärte Gummert gegenüber *HZwei*. Es werde jetzt ein enger Schulterschluss mit der BDR-Thermea-Gruppe, die sich derzeit in einem Umstrukturierungsprozess befindet, angestrebt, erklärte Gummert. Die Baxi Group, ein führender britischer Heizgerätehersteller aus Derby, hatte 2002 die damalige european fuel cell gmbh übernommen und 2007 in Baxi Innotech umbenannt. Die Baxi sowie die De Dietrich Remeha Group bilden seit 2009 BDR Thermea. Der neue Geschäftsführer Daugaard-Hansen stand bis zum Redaktionsschluss nicht für eine Stellungnahme bereit. ||

→ Baxi Innotech auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand E51

Thema: Weiterbildung | **Autor:** Sven Geitmann

INTEGRIERTES LERNEN IM BZ-SEKTOR

Weiterbildungsangebote für die Heiztechnikbranche

Abb. 1: A. Lange, M. Hoppe und A. Johnsen von H-TEC (v.l.) mit ihrem Lehrmodell [Quelle: uptodate]

Der Hausenergiesektor ist einer der ersten Bereiche, in dem Brennstoffzellen bereits in der Praxis eingesetzt werden. Deswegen ist insbesondere hier die frühzeitige Aus- und Weiterbildung von Fachkräften von elementarer Bedeutung, denn die Hersteller der Brennstoffzellenheizgeräte allein können die Installation sowie die erforderlichen Reparatur- und Wartungsarbeiten nicht übernehmen. Ohne eine frühzeitige Einbeziehung der Installationsfirmen und eine angemessene Qualifizierung der Monteure ist die breite Markteinführung im Hausenergiesektor nicht zu meistern.

Prof. Dr. Manfred Hoppe von der Forschungsgruppe Praxisnahe Berufsbildung (FPB) der Universität Bremen hat sich schon seit Jahren dem Thema verschrieben und kümmert sich insbesondere um die Qualifizierung der Installateure in der Kraft-Wärme-Kopplungstechnik. Um diese Arbeit weiter voranzutreiben, hat er gemeinsam mit der Handwerkskammer Osnabrück-Emsland-Grafschaft Bentheim (HWK OS) mehrere Weiterbildungsangebote für Lehrkräfte und Ausbilder ersonnen.

Ein Teil dieser Qualifizierungspalette ist das „Informations- und Demonstrationsmodell Brennstoffzellen in der Haustechnik", das er ganz aktuell bei den *6. UPTODATE-Unternehmertagen* in Düsseldorf am 14. Februar 2014 vor rund 300 Teilnehmern vorstellte. Bei diesem Modell handelt es sich um einen vorinstallierten Versuchsaufbau, der zusammen mit der H-TEC Education GmbH konzipiert wurde und beispielsweise Handwerkerschulungen und Verkaufsgespräche unterstützen kann. Das Tischmodell wird nun nach Auskunft von Prof. Hoppe „zügig weiter entwickelt" und voraussichtlich am 10. April auf der Hannover Messe im technischen Forum des Gemeinschaftstandes Wasserstoff und Brennstoffzellen (Halle 27, Stand B66) vorgestellt.

ONLINE- & PRÄSENZ-SEMINARE Eingesetzt werden soll dieses Modell unter anderem in Blended-Learning-Seminaren zu Brennstoffzellenheizgeräten, die ab April 2014 von der Handwerkskammer Osnabrück angeboten werden. Integriertes Lernen (blended learning) meint in diesem Zusammenhang, dass diese Weiterbildungsangebote in Form von Präsenz- und Online-Teilen durchgeführt werden. Die Präsenzteile finden direkt im Bildungs- und Technologiezentrum der Handwerkskammer statt und richten sich an Personen, die BZ-Heizgeräte ins Portfolio ihres Betriebes aufnehmen wollen. Dementsprechend wird das gesamte dafür notwendige Know-how vermittelt, um die Mitarbeiter fachlich auf den Umgang mit dieser neuen Technik einzustellen. Ebenso wird das Thema der Kundenakquise angesprochen. Dabei wird allerdings keine Produktschulung an einzelnen Heizgeräten durchgeführt. Dies bleibt bis auf absehbare Zeit den Herstellern vorbehalten.

Bestandteil des Online-Moduls ist unter anderem die Bearbeitung des Callux-Informationsprogramms „Zukunftsfähige Energieversorgung mit Brennstoffzellen-Heizgeräten" (s. HZwei-Heft Jan. 2011), das unter Leitung der FPB entwickelt wurde. Ergänzend dazu gibt es Aufgabensätze zu den einzelnen Kapiteln dieses Informationsprogramms, die inhaltlich auf das Präsenzseminar vorbereiten. Das Präsenzseminar erstreckt sich über zwei Tage (10 Stunden) und ist in drei Blöcke geteilt: Zunächst geht es bei „Kundenaufträge und Absatzstrategien" um das Pro und Kontra bei Brennstoffzellen-Heizgeräten, was also für und was gegen diese Technik sprechen könnte. Im zweiten Block geht es dann im KWK-Schulungszentrum der Handwerkskammer in Osnabrück an die Geräte. Hierbei werden Aufbau und Funktion von zwei beispielhaften BZ-Heizgeräten (*Vitovalor* von Viessmann und *BlueGEN* von CFC) besprochen sowie die Einbindung in die Haustechnik, die Wartung und der Markt. Zu guter Letzt werden im dritten Block wirtschaftliche Aspekte, Fördermöglichkeiten und Contracting thematisiert.

Die erste Veranstaltung für Fachkräfte aus der Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (SHK) sowie aus der Elektrotechnik (ET) findet am 25. und 26. April statt, eine zweite folgt im Juni. Weitere Seminare für SHK- und ET-Berufsschullehrer sowie Ausbilder folgen im Juni sowie September 2014. Projektleiter Axel Lange vom Berufsbildungs- und TechnologieZentrum Osnabrück erklärte gegenüber *HZwei:* „Die Seminare finden in den eigens dafür ausgestatteten Räumen der HWK OS statt." Hoppe ergänzte: „Im Zentrum stehen didaktische und berufspädagogische Fragen der Umsetzung der Brennstoffzellentechnologie."

Parallel dazu planen die Macher auch den Aufbau eines Aus- und Weiterbildungsnetzwerks für den BZ-Heizgeräte-Sektor. So soll auf der Website der Handwerkskammer ein Diskussionsforum zur Beantwortung von Fragen eingerichtet werden. Außerdem werden regelmäßig „Infos für Lehrkräfte zu Brennstoffzellen-Heizgeräten" verschickt.

Prof. Hoppe beabsichtigt, derartige Aus- und Weiterbildungsseminare für den Heiztechnikbereich zukünftig regelmäßig an verschiedenen Standorten in ganz Deutschland anzubieten. Auf Nachfrage der *HZwei,* ob denn ausreichender Bedarf da sei, schließlich musste das EAZ-Aalen 2008 sein Angebot einstellen, erklärte er: „Das EAZ in Aalen war leider etwas zu früh dran. Jetzt ist aber genau die richtige Zeit für Weiterbildungsmaßnahmen im Hausenergiesektor, so dass ich denke, dass die Seminare gut besucht sein werden."

LERNPROGRAMM VON CHRISTIANI Auszubildende dieser Branchen können sich seit neuestem auch deutlich kostengünstiger mit Hilfe des Lernprogramms „Brennstoffzellen-Heizgeräte – Strom und Wärme gekoppelt und dezentral erzeugen“, informieren. Das multimediale Lernmaterial, das Anfang 2014 im Christiani Verlag erschienen ist (Nettopreis: 39,80 Euro) wurde zwischen 2010 und 2012 im europäischen Bildungsprogramm *Leonardo da Vinci* von Prof. Manfred Hoppe und Reinhold Frenz von Modern-Learning entwickelt. Es umfasst eine Broschüre mit Begleitmaterial und eine CD-ROM und simuliert für Fachhandwerker einen fiktiven Kundenauftrag zum Einbau und zur Inbetriebnahme eines Brennstoffzellen-Heizgerätes. Ab Mai 2014 wird es davon auch eine englisch- und eine spanischsprachige Ausgabe geben. ||

[Quelle: Christiani]

WBZU IN HANDELSKAMMER INTEGRIERT

Das Weiterbildungszentrum für innovative Energietechnologien (WBZU) ist Anfang dieses Jahres in die Handelskammer Ulm integriert worden. Dr. Tobias Mehlich, Hauptgeschäftsführer der Handwerkskammer Ulm, zeigte sich erfreut: „Das Handwerk kann ab sofort selbst den Transfer aus der Wissenschaft und Forschung in die betriebliche Praxis leisten.“ Auch Prof. Dr. Werner Tillmetz, Leiter des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg und bisheriger WBZU-Vorstandsvorsitzender, betonte die Vorteile dieses Zusammenschlusses: „Die frühzeitige Einbindung der Praxis ist für den Markterfolg neuer Technologien entscheidend. Dies war die Kernaussage bei der Gründung des WBZU vor zehn Jahren.“ Die bislang als Verein geführte süddeutsche Weiterbildungseinrichtung war im Jahr 2002 mit Unterstützung des Landes Baden-Württemberg und des Bundes gegründet und erst kürzlich umbenannt worden. Bis 2013 hieß sie „Weiterbildungszentrum Brennstoffzelle Ulm“. Seit dem 14. Januar 2014 ist sie nun Teil der bestehenden Ulmer Bildungsakademie. Auf den Alltagsbetrieb soll sich dieser Wechsel allerdings nicht merklich auswirken, beruhigte Mehlich: „Die bisherigen Aktivitäten des WBZU und die Nähe zum ZSW bleiben bestehen. Wir führen den Auftrag des bisherigen Vereins weiter. An der Grundausrichtung ändert sich nichts.“ ||

NEUES BATTERIE- UND BZ-LEHRMATERIAL

Rechtzeitig vor dem Schuljahr 2014/15 präsentiert die Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie (NOW) GmbH anlässlich der Hannover Messe neues Unterrichtsmaterial, das sich speziell den Themen Batterie und Elektromobilität sowie Wasserstoff und Brennstoffzellen widmet. Das jahrgangsübergreifende Lehrmaterial, das mit Unterstützung des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) entstanden ist und im Hydrogeit Verlag erscheint, ermöglicht Lehrerinnen und Lehrern verschiedenster Fachrichtungen einen einfachen Einstieg in die Thematik. Es ist für die Sekundarstufe I konzipiert und kann sowohl in Chemie und Physik als auch in Biologie, Politischer Bildung und Geographie oder bei Projekttagen eingesetzt werden. Die Lehrmappe im DIN-A4-Format enthält ein 20-seitiges farbiges Lehrerheft mit ausführlichen Hintergrundinformationen sowie einen kompletten Klassensatz mit insgesamt 30 vierseitigen Arbeitsblättern, durch die die Schülerinnen und Schüler nicht nur informiert, sondern auch zum Mitmachen angeregt werden. Zusätzlich bietet die angefügte CD-ROM weiterführende Hilfsmittel für Lehrer (Powerpoint-Präsentation, Bild- und Filmmaterial, Schüler-Sonderseiten, Literaturverweise, Linkliste usw.). Das Schulmaterial kann ab sofort für eine Versandkostenpauschale von nur 5,00 Euro direkt beim Hydrogeit Verlag sowie online unter www.hydrogeit-verlag.de/shop angefordert werden. ||

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

Unterrichtsmaterial über Batterien und Brennstoffzellen
Herausgegeben von der NOW GmbH
ISBN 978-3-937863-40-5
Hydrogeit Verlag, Oberkrämer, April 2014
Preis: 5,00 Euro

Thema: Förderung | **Autor:** Sven Geitmann

DWV FORDERT FÖRDERUNG VON „POWER-TO-HYDROGEN“

BMVI „bleibt ein verlässlicher Partner für Wirtschaft und Wissenschaft“

Zum Jahresauftakt haben der Deutsche Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband e.V. (DWV) und die Clean Energy Partnership (CEP) gemeinsam einen parlamentarischen Abend in Berlin abgehalten. Über 120 Teilnehmer aus Politik, Wirtschaft und Forschung waren am 16. Januar 2014 in die französische Botschaft ins Zentrum Berlins gekommen, um zu erfahren, warum und wie Wasserstoff einen Beitrag zur Energiewende leisten kann und welche Rahmenbedingungen dafür notwendig sind.

Das Anliegen des DWV ist klar: Wasserstoff soll der Energiespeicher der Zukunft werden. Um diesem Anliegen Nachdruck zu verleihen, hatte der Verband zur Jahreswende den Begriff „Power-to-Hydrogen“ kreiert. Abgeleitet vom Terminus „Power-to-Gas“, der recht allgemein die Umwandlung von nachhaltig erzeugtem Strom in Wasserstoff- oder Methangas bezeichnet, soll der neue Begriff deutlich machen, dass Wasserstoff aus Verbandssicht das am besten geeignete Medium ist, um Ökostrom zu speichern.

Anlässlich des parlamentarischen Abends gingen DWV und CEP allerdings noch einen Schritt weiter: Gemeinsam betonten sie, dass die Wasserstoff- und die Brennstoffzellentechnik eine „kosteneffiziente Umsetzung des Energiekonzepts der Bundesregierung ermöglichen“ und zu einer finanziellen Entlastung der Bürger sowie der Industrie beitragen könnten. Ihre Forderung lautet daher, endlich ein Marktanreizprogramm für *Power-to-Hydrogen* ins Leben zu rufen.

Der DWV-Vorsitzende Dr. Johannes Töpler sagte: „Wasserstoff, der mit erneuerbarem Strom erzeugt wurde, muss eine Sonderstellung bei der Anrechnung auf die Biokraftstoffquote einnehmen. Ebenso müssen die Wasserstofferzeugungsanlagen, so wie im Koalitionsvertrag der Bundesregierung vorgesehen, von den Letztverbraucherabgaben befreit werden. Und schließlich muss das Nationale Innovationsprogramm Brennstoffzelle und Wasserstoff (NIP) im Sinne einer ganzheitlichen Energiestrategie fortgeführt werden.“ (Details dazu: s. S. 16)

REICHE STELLT SICH VOR Die frisch gekürte parlamentarische Staatssekretärin beim Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) Katherina Reiche stand erstmalig in ihrer neuen Rolle vor der H_2- und BZ-Branche. Sie betonte in ihrer Rede, dass sie aus ihrer Arbeit im ehemaligen Bundesumweltministerium durchaus über Erfahrungen im H_2- und BZ-Sektor verfüge, und wusste sogleich zu berichten, dass der Franzose Rivaz 1807 das erste Wasserstoffauto baute: „25 Zündungen, alle per Hand, brachten ihn einige hundert Meter weit.“ Bezug nehmend auf die vom DWV erhobenen Forderungen erklärte sie: „Mit Blick auf die Versorgungssicherheit und auf den Klimaschutz ist für jeden einsichtig, dass wir Alternativen zu den herkömmlichen Kraftstoffen entwickeln und markttauglich machen müssen. Hierzu ist es notwendig, Forschung und Entwicklung sowie die Marktaktivierung alternativer Antriebe zu unterstützen und zu fördern. [...] Wasserstoff ist so eine echte Alternative zum Erdöl.“

Abb.1: Parl. Staatssekretärin Katherina Reiche

Im weiteren Verlauf ihrer Rede sprach die Diplom-Chemikerin direkt die anwesenden Industrievertreter an und lobte deren bisheriges Engagement: „Deutschland hat im internationalen Vergleich eine hervorragende Position erarbeitet.“ Sie stellte zudem klar, dass das BMVI die Industrie bei ihren Aktivitäten weiter unterstützen werde und erklärte: „Für die Bundesregierung stehen die Förderung der batteriebetriebenen Elektromobilität und die Förderung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie ganz oben auf der Agenda.“ Abschließend sagte Reiche: „Das BMVI bleibt ein verlässlicher Partner für Wirtschaft und Wissenschaft.“

FRANKREICH

Als Tagungsort war die französische Botschaft ausgewählt worden, so dass das offizielle Thema ganz schlicht „Energiewende beiderseits des Rheins“ lautete. Konsens der Redner aus Deutschland und Frankreich war, dass in beiden Ländern die erneuerbaren Energien zukünftig eine weiter wachsende Rolle einnehmen werden. Jean-Claude Perraudin, verantwortlich für nukleare und alternative Energien in der französischen Botschaft, erklärte: „Der Anteil fossiler Anteile wird sinken und durch erneuerbare Energien ersetzt. Frankreich wird seinen Atomenergieanteil von 75 % auf 50 % in 2025 reduzieren.“ (s. HZwei-Heft Jan. 2013) Weiter hob Perraudin hervor, dass der französische Staatspräsident François Hollande die Energiespeicherung bereits Ende 2013 neben den Stromnetzen zu einem zentralen Thema seiner Industriepolitik erklärt habe. Am 5. November war dazu eine Studie der französischen Agentur für Umweltschutz und Energie (ADEME) erschienen, die die Potentiale der Energiespeicherung sowie das große Arbeitsplatzpotential in Frankreich beleuchtet hatte.

Der CEP-Vorsitzende Patrick Schnell zeigte daraufhin in einem kurzen Durchlauf die Entwicklung im Bereich der H_2- und BZ-Technologie der vergangenen Jahre auf und erinnerte an den Sprung von der 350- auf die 700-bar-Technik. Dabei räumte er ein, dass „wir den etwas unterschätzt haben". Er forderte deswegen die Bundesregierung auf, die Unterstützung weiterzuführen und sprach die anwesenden Abgeordneten an: „Sie haben es in der Hand!" Auch Töpler appellierte abschließend nochmals an die Politik: „Wer die Energiewende will, kommt an der Nutzung von Wasserstoff nicht vorbei. Energiespeicherung und Wasserstoff gehören deshalb auf die politische Agenda für die Energiewende."

POLITISCHER DISKURS Im weiteren Verlauf der Veranstaltung diskutierten Vertreter aus der Politik mit Vertretern der Industrie auf dem Podium. Auch hier machten die Wirtschaftsleute deutlich, dass die Weiterführung des Nationalen Innovationsprogramms für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) quasi ohne Alternative ist. Hans-Christian Gützkow, Geschäftsführer von Total Deutschland, erklärte: „Wir müssen das Programm fortschreiben. Da gehört ein Commitment von Wirtschaft, Politik, Verbänden und Gesellschaft dazu. Wir brauchen ein klares Programm, um die nächsten zehn Jahre planen zu können." Annegret Agricola von der Deutschen Energie-Agentur (dena) kritisierte, dass Strom für Elektrolyseure immer noch mit der Letztverbrauchersteuer belegt sei, und wünschte sich hier sehnlich eine Überarbeitung. Dr. Nina Scheer von der SPD zeigte sich zwar grundlegend gesprächsbereit, wollte aber angesichts der aktuellen kontrovers geführten Debatte um EEG-Umlagebefreiungen keine Versprechungen machen. ||

Thema: Förderung | **Autor:** Sven Geitmann

„WIR KÖNNEN NICHT LÄNGER WARTEN"

DWV appelliert an Energieminister Sigmar Gabriel

Noch nie hat der Deutsche Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband e.V. (DWV) so klar sein Anliegen artikuliert: Auf der Jahrespressekonferenz am 11. Februar 2014 in Berlin forderte der Vorstandsvorsitzende Dr. Johannes Töpler eine stärkere politische Unterstützung für eine breite Markteinführung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Während des parlamentarischen Abends drei Wochen zuvor war dieses Thema zwar bereits ein erstes Mal angeschnitten worden (s. S. 14), aber im Haus der Bundespressekonferenz konkretisierte der Verband nochmals sein Anliegen: Da Wasserstoff und Brennstoffzellen Schlüsseltechnologien für die Energiewirtschaft der Zukunft und Garanten für Umweltschutz, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit seien, so hieß es, forderte der Verband „den längst überfälligen Markteintritt".

Abb. 1: Die Sitzordnung deutete an, wie sich zukünftig die Rollen im DWV-Vorstand ändern könnten.

Töpler sagte: „Die Energiewende ist politisch gewollt, was immer noch fehlt, ist ein strategisches Konzept zur Umsetzung." Solch ein Konzept werde aber dringend benötigt, um der Wirtschaft und der Industrie Planungssicherheit und Motivation zu geben, weiter in diese Technologie zu investieren, so der DWV-Vorsitzende. Zudem erklärte er: „Wenn die Energiewende gelingen soll, brauchen wir Energiespeicher. Große Energiemengen in der Größenordnung von Terrawattstunden lassen sich nur durch chemische Energiespeicher realisieren." Wasserstoff ist nach Töplers Meinung solch ein Speicher, „der erneuerbare Energien mobil und Mobilität CO_2-frei macht". Und weiter: „Wasserstoff hilft, die Energiewende bezahlbar zu machen." Er resümierte daher: „Eine erfolgreiche Energiewende braucht den Wasserstoff."

Werner Diwald, Mitglied im DWV-Vorstand, gab anschließend Empfehlungen für eine konkrete Umsetzung sowie eine innovationsfreundliche Gesetzgebung. Details dazu finden Sie auf Seite 16. Im Anschluss an diese Ausführungen betonte er: „Unsere Forderung ist, dass Herr Gabriel sein Programm um diese Punkte erweitert."

Der ENCON.Europe-Geschäftsführer berichtete weiterhin über die geforderte Neuauflage des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP 2.0, s. HZwei-Heft Okt. 2013), dass der erste Entwurf dieses Papiers der Bundesregierung vorliege, der Bundestag ihm aber in der ersten Lesung nicht zugestimmt habe. Es würden daher weitere Gespräche geführt.

Johannes Töpler betonte hierzu, dass das NIP „unbedingt weitergeführt beziehungsweise intensiviert werden" müsse und erklärte: „Wir können nicht länger warten. Die politischen Rahmenbedingungen zum schnellen Aufbau der Infrastruktur und zur Einführung der Fahrzeuge müssen endlich geschaffen werden." Nur so sei aus Verbandssicht eine breite Einführung der Wasserstofftechnologie umsetzbar, und nur so könne Deutschland sich die globale technologische Marktführerschaft sichern.

Auf Nachfrage der *HZwei*-Redaktion, ob zu erwarten sei, dass die deutschen Autokonzerne ihren Ankündigungen, 2015 beziehungsweise 2017 Brennstoffzellenautos auf den Markt zu bringen, Taten folgen lassen, antwortete Diwald, dass dafür seinem Ermessen nach „regulatorischer Druck notwendig" sei (z.B. Absenkung des Grenzwerts auf 65 g CO_2 pro km), und er verwies darauf, dass dies börsennotierte Unternehmen sind, die wirtschaftlich arbeiten müssen. ||

→ DWV auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand E63

Thema: Förderung | **Autor:** Werner Diwald

RETTUNG DER ENERGIEWENDE

Kommentar: Werner Diwald über Power-to-Hydrogen

Die Energiewende kann nur in Verbindung mit Wasserstoff, der mit erneuerbaren Energien gewonnen wird (Power-to-Gas, oder korrekter definiert: *Power-to-Hydrogen*), zum Erfolg geführt werden. Die Hintergründe hierzu wurden Anfang des Jahres auf dem Parlamentarischen Abend und der Jahrespressekonferenz des Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verbandes der Öffentlichkeit vorgestellt: Der DWV forderte dort ein längst überfälliges Markteinführungsprogramm für Power-to-Hydrogen (s. S. 14 u. 15). Speziell die bereits im Entwurf der europäischen Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energien aus erneuerbaren Quellen aufgeführte Vierfachanrechnung von Wasserstoff (aus erneuerbaren flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen) bedarf der sofortigen Einführung ins nationale Recht.

Abb. 1: Werner Diwald formulierte die DWV-Forderungen

Wasserstoff ist der Energieträger, der Strom und Mobilität zu einem kommunizierenden System zusammenführt. Power-to-Hydrogen überführt zweifelsfrei die erneuerbaren Energien in ein versorgungssicheres, wirtschaftliches und emissionsfreies vollwertiges Energiesystem und trägt somit zum Erhalt des Wirtschaftsstandortes Deutschland bei. Die Technologien zur nachhaltigen Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff sind entgegen vielen Behauptungen allesamt verfügbar. Die Unternehmen warten nur auf entsprechende Regulierungen, die es ihnen erlauben, die erforderlichen Investitionen zu tätigen.

Power-to-Hydrogen kann als Systemlösung in erheblichem Umfang dazu beitragen, die energiepolitischen Zielstellungen der Bundesregierung für die Nutzungsbereiche Mobilität, Industrie, Wärmeversorgung und Stromerzeugung in dem gewünschten Maß zu erreichen, ohne die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands zu gefährden. Zweifelsfrei bietet Power-to-Hydrogen einen langfristigen, sektorenübergreifenden Lösungsansatz zur Systemintegration regenerativer Energieerzeugung unter den Maßgaben des energiepolitischen Zieldreiecks: Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit.

Die zukünftige Sicherung der wirtschaftlichen Energieversorgung in Deutschland und Europa ist maßgeblich von der erfolgreichen Umsetzung der Energiewende abhängig. Die Experten sind sich darüber einig, dass trotz aller Effizienzmaßnahmen global 2050 im Vergleich zum heutigen Verbrauch mindestens doppelt so viel Energie nachgefragt werden wird. Es ist also trotz aller technologischen Fortschritte in der Exploration fossiler Brennstoffe unzweifelhaft mit einer enormen Kostensteigerung der konventionellen Energieträger zu rechnen. Die Energiewende und der Übergang zu einer Energieversorgung auf Basis erneuerbarer Energien tragen somit mittelfristig zur Sicherung der Energieversorgung und zur wirtschaftlichen Stabilität bei. Der Energiewende mangelt es jedoch an einem gesamtheitlichen Konzept, welches alle Energiebereiche integrativ betrachtet. Nur eine integrative Betrachtung des Netzausbaus sowie des Erzeugungs- und Lastmanagements, eine zentrale und dezentrale Energieerzeugung mit Energiespeicherung sowie die Nutzung des Wasserstoffs im Verkehr werden die Kostenentwicklung der Energiewende dämpfen.

Die technologische Herausforderung der Energiewende hin zu einer überwiegend erneuerbaren Energieversorgung besteht – da sind sich ebenfalls alle Marktteilnehmer einig – in der wirtschaftlichen und zu jeder Zeit gesicherten Befriedigung der Energienachfrage. Branchenexperten sind sich einig, diese in Power-to-Hydrogen gefunden zu haben. Wasserstoff kann einfach und effektiv aus regenerativ erzeugtem Strom produziert werden, wobei dem Wasserstoff dabei nicht nur eine Stromspeicherfunktion zukommt. Er wird vielmehr eine wesentliche Rolle bei einer nachhaltigen und versorgungssicheren Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie einnehmen. Durch die Vollintegration der Mobilität in das Erneuerbare-Energien-System sind Onshore-Windkraftanlagen in der Lage, an nahezu 6.000 Jahresstunden Energie für die Stromversorgung für unter 8 Euro-Cent zur Verfügung zu stellen. Für die restlichen Jahresstunden stehen Wasserkraft-, PV- und Biogasanlagen zur Verfügung, und erst dann kommen teure Speichersystem zum Einsatz.

Power-to-Hydrogen kommt daher in einem nachhaltigen Energiekonzept eine Schlüsselfunktion zu. Im bestehenden Rechtsrahmen (EEG, EnWG, BImSchG, EEWärmeG) sind Anreize zu schaffen, um fluktuierende Einspeisungen von Strom aus erneuerbaren Energien bestmöglich in das Stromversorgungssystem zu integrieren und nicht bedarfsgerecht erzeugten erneuerbaren Strom einer volkswirtschaftlichen Nutzung im Mobilitäts- und Wärmesektor zuzuführen.

ZEITLICH BEGRENZTES PROGRAMM Ein Markteinführungsprogramm für Power-to-Hydrogen muss aus diesem Grunde kurzfristig die erforderlichen Rahmenbedingungen schaffen. Der Vorschlag der Experten sieht ein an den technologischen Entwicklungsstand gekoppeltes, zeitlich und im Volumen begrenztes Markteinführungsprogramm vor, welches einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb für Power-to-Hydrogen-Anlagen während der Erprobungs- und Markteinführungsphase (Deckelung des Marktanreizprogramms) ermöglicht.

Konkret unterstützt der DWV folgende Eckpunkte für ein Markteinführungsprogramm:

1. Wasserstoff, der mit erneuerbarem Strom erzeugt wurde, ist auf die Biokraftstoffquote und ab 2015 auf die Treibhausgasminderungsquote anzurechnen: Bei der Berechnung der Biokraftstoffquote sollte der Beitrag von Wasserstoff, der mit Wind- oder PV-Strom erzeugt worden ist, mit dem Vierfachen seines Energiegehalts (4fach-Counting) bewertet werden. Dadurch wird die Marktverbreitung von erneuerbarem Gas sowohl in einem reinen Wasserstoffpfad als Beimischung zu Erdgaskraftstoffen als auch der Einsatz im Produktionsprozess für konventionelle Kraftstoffe ermöglicht.

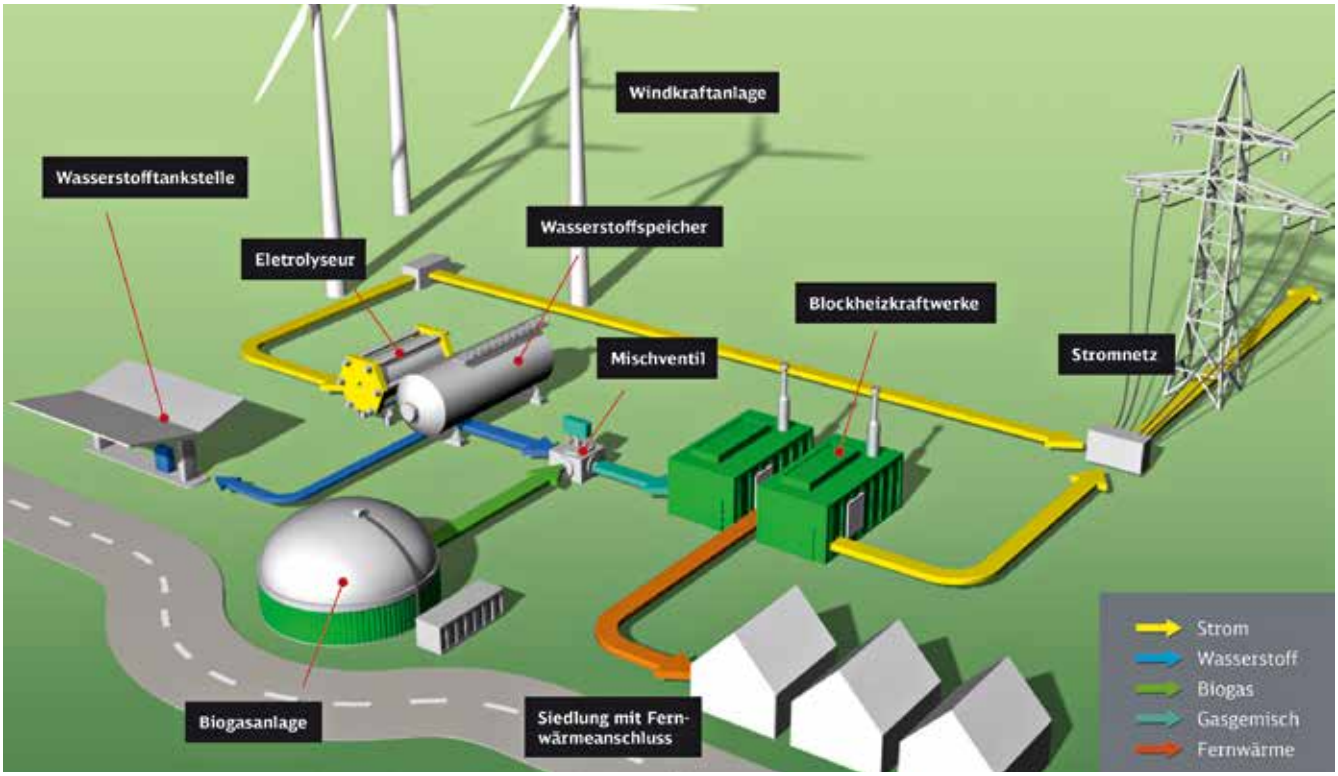


Abb. 2: So sollen die Kraftwerke von morgen aussehen. [Quelle: Enertrag AG]

2. Betreiber einer Anlage zur Erzeugung von im Verkehr zum Einsatz kommendem Wasserstoff, welche ausschließlich Strom aus nicht biologischen, jedoch erneuerbaren Wind- oder Solar-Quellen nutzen, sollen einen Systemintegrationsbonus erhalten, wenn sie den Strom gemäß EEG (Abschaltung) direkt vom Erzeuger erwerben und sich dem Systemintegrationsregime unterwerfen.
3. Für die Markteinführungsphase wäre zudem eine technologieorientierte Anschubfinanzierung im Rahmen der Fortsetzung des Nationalen Innovationsprogramms Brennstoffzelle und Wasserstoff (NIP) wünschenswert. Diese sollte zeitlich und im Volumen begrenzt sein und als anteiliger, degressiv ausgestalteter Investitionskostenzuschuss gewährt werden.
4. Power-to-Hydrogen ist in bestehende technische Regelungen für die Erdgasinfrastruktur zu integrieren, zusätzlich zu den Anpassungen, welche durch den Dachverband Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) und die BNetzA erbracht werden. Dabei ist insbesondere auf eine gesonderte Regelung für die Beimischung von Wasserstoff zu achten.
5. Damit Investitionen in diese innovative Systemlösung getätigt werden und die Markteinführung gelingt, ist eine rechtliche Klarstellung der Eigenschaft von Power-to-Hydrogen als Nicht-Letztverbraucher zwingend notwendig. Power-to-Hydrogen-Anlagen sind selbst keine Letztverbraucher. Sie nehmen vielmehr die nicht in das Stromsystem integrierbaren Strommengen auf und wandeln diese in einen speicherbaren chemischen Energieträger um. Es ist nicht nachvollziehbar, warum Anlagen, die das EEG-System entlasten und damit einen Beitrag zur Kostendämpfung der Energiewende leisten, nun auch noch dafür Abgaben zahlen sollen.
6. Eine Aufnahme der H_2-Anlagen in ein KfW-Sonderkreditprogramm mit vergünstigten Fremdkapitalzinsen und entsprechenden Laufzeiten von mindestens 15 Jahren ist erforderlich, um entsprechende Hemmnisse auf der Kapitalmarktseite für Power-to-Hydrogen abzubauen.

Im Einzelnen bietet Power-to-Hydrogen neben den bereits erläuterten Aspekten folgende konkrete Vorteile:

NETZE Power-to-Hydrogen nutzt vorhandene Infrastrukturen (Gasnetze sowie -speicher). Dies gilt für Methan und bis zu einzuhaltenden Konzentrationen auch für Wasserstoff. Darüber hinaus existieren auch heute bereits Wasserstoffinfrastrukturen, die weiter genutzt beziehungsweise erweitert werden können. Der Betrieb von Anlagen zur H_2-Produktion aus erneuerbarem Strom reduziert den Bedarf an Stromnetzerweiterungen, erlaubt zeitliche Verschiebungen von Netzausbaumaßnahmen und leistet einen Beitrag zur Netzstabilität. Durch die Nutzung der Gasinfrastruktur wäre bereits unter den heutigen Gegebenheiten ein weiterer Ausbau der Windenergie bis zu 10.000 MW ohne einen größeren Ausbau der elektrischen Infrastruktur möglich. Somit können trotz aktuell fehlender Netzkapazitäten durch die Systemintegration der Elektrolyseure weitere Windenergieanlagen – insbesondere Offshore – errichtet und in Betrieb genommen werden.

SPEICHER Eine sichere Stromversorgung, unabhängig von der aktuellen Sonneneinstrahlung oder dem Windangebot, benötigt die Möglichkeit, Energie zu speichern. (Dies galt übrigens auch für die konventionellen Energieträger.) Der zukünftige Stromspeicherbedarf liegt bei etwa 40 TWh und damit um ein Vielfaches über den bestehenden Stromspeicherkapazitäten. Nur eine chemische Speicherung der erneuerbaren Energien kann nach heutigem Kenntnisstand die benötigten Speicherkapazitäten und die Notwendigkeit einer saisonalen Speicherung abdecken. Power-to-Hydrogen ermöglicht die Mitnutzung der vorhandenen Erdgasinfrastruktur mit einer aktuellen Speicherkapazität von weit über 100 TWh ohne nennenswerte zusätzliche Kosten.

MOBILITÄT Eine weitere Herausforderung für die Industriestaaten besteht im Verkehrssektor: Die Ausgaben für Mobilität hatten 2010 einen Anteil von 14 Prozent an den Konsumausgaben privater Haushalte. Im Vergleich dazu wurden für >>

den Stromsektor nur etwa 2 Prozent aufgewendet. Die Preise für Rohöl zeigen seit dem Jahrtausendwechsel einen deutlich steigenden Trend. Die künftige Entwicklung der Preise für Mineralölprodukte und andere Energieträger, aber auch die für neue Antriebstechnologien können nicht seriös vorhergesagt werden. Power-to-Hydrogen stärkt die Unabhängigkeit von Öl- und Gasimporten durch die Energieproduktion aus heimischen Ressourcen. Der Importanteil zur Deckung des gesamten Primärenergieverbrauchs von Deutschland beträgt rund 60 %, bei Mineralöl etwa 97 % und bei Erdgas rund 86 % (EU: 84 % Ölimporte bzw. 370 Mrd. EUR). Die Systemlösung Power-to-Hydrogen stellt einen inländisch erzeugten, CO_2-neutralen Energieträger bereit, der für ein breites Einsatzgebiet zur Verfügung steht und hierbei zur Erreichung der energiepolitischen Ziele beiträgt. Wasserstoff ermöglicht sowohl eine nachhaltige und wirtschaftliche Kurz- als auch Langstreckenmobilität zu Energiekosten pro Kilometer, die mit heutigen konventionellen Treibstoffpreisen vergleichbar sind. Neben weiteren Effizienzmaßnahmen bei Fahrzeugen spielen hierbei moderne Kraftstoffe eine entscheidende Rolle. Diese können in den benötigten Größenordnungen nur durch Wasserstoff aus erneuerbaren Energiequellen bereitgestellt werden.

Eher unauffällig bereiteten die Autohersteller der Welt die Markteinführung der Brennstoffzelle vor. Dazu haben sich Allianzen wie die von Daimler, Ford und Nissan formiert, die ab 2017 „vernünftige“ Stückzahlen produzieren wollten. Ebenso haben BMW und Toyota ihre Pläne für die Entwicklung von Brennstoffzellenantriebe konkretisiert. Die industrielle Initiative *H2Mobility* wird bis 2023 in Deutschland rund 400 Tankstellen errichten, wobei bis 2017 die ersten 100 Stationen in Betrieb gehen sollen. Ziel sei es, zwischen den Ballungsgebieten mindestens alle 90 Autobahnkilometer eine H_2-Tankstelle und innerhalb der Metropolregionen jeweils mindestens zehn zur Verfügung zu stellen. Damit diese Tankstellen und Fahrzeuge nachhaltig versorgt werden können, ist eine parallele Errichtung ausreichender Wasserstofferzeugungssysteme auf Basis erneuerbarer Energien erforderlich. Auch aus diesem Grund muss die Markteinführung von Power-to-Hydrogen kurzfristig beginnen.

EEG-KOSTEN Ein weiterer positiver Nebeneffekt des vorgeschlagenen Markteinführungsprogramms für Power-to-Hydrogen wäre, dass die EEG-Umlage um die Strommengen, welche zur Wasserstoffproduktion benötigt werden, aufgrund der Direktvermarktung das EEG-Umlagesystem entlasten würde. Zusätzlich reduzieren sich die EEG-Umlagekosten durch die wirtschaftliche Nutzung des erneuerbaren Stroms, der aufgrund von Netzengpässen nicht in das Stromnetz eingespeist werden kann, aber dennoch vergütet werden muss.

INDUSTRIESTANDORT DEUTSCHLAND Der sofortige Einstig in die Power-to-Hydrogen-Technologie sichert Deutschland eine technologische Vorreiterrolle und eröffnet umfangreiche Exportchancen. So kommt die Studie der Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie Baden-Württemberg aus dem Jahr 2012 zu dem Ergebnis, dass sich alleine für den Raum Baden-Württemberg im Jahr 2030 ein jährliches Umsatzpotential von mehr als 4,5 Mrd. Euro mit über 20.000 Arbeitsplätzen ergibt. Für das Jahr 2050 ergab die Studie bereits ein Potential von 25 Mrd. Euro und 100.000 Beschäftigte. Es wäre unverantwortlich, dieses Potential nicht zu nutzen.

FAZIT Die Nutzung von EE-Wasserstoff in Industrie und Verkehr bietet deutliche Klimaschutzvorteile gegenüber konventionellen Technologien. Sie verringert die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern und trägt zur Sicherung der Lebensqualität bei, insbesondere beim Umstieg auf schadstoffarme Antriebstechnologien. Power-to-Hydrogen eröffnet die Chancen einer nachhaltigen Integration von erneuerbaren Energien in unser Energiesystem und reduziert die volkswirtschaftlichen Kosten durch die Nutzung des nicht bedarfsgerecht erzeugten erneuerbaren Stroms.

Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen schafft die Voraussetzungen für einen großflächigen und nachhaltigen Durchbruch einer nachhaltigen und klimaschonenden Mobilität in Deutschland, bei gleichzeitig maximaler Systemintegration der erneuerbaren Energien in den Stromsektor. Wasserstoff als Energieträger eröffnet bessere Wirtschaftlichkeitsperspektiven als alle anderen Energieträger. Bereits heute ist Deutschland Technologieführer bei Wind-Wasserstoff-Systemen (Elektrolyse) und bietet ausgezeichnete Voraussetzungen für die Großspeicherung von Wasserstoff in Kavernen. Wasserstoff wird damit zu einem der wesentlichen Erfolgsfaktoren für die Aufrechterhaltung und die nachhaltige Entwicklung des Industriestandortes Deutschland.

Power-to-Hydrogen gehört deshalb auf jede ernst zu nehmende politische Agenda einer EEG-Reform. ||

Autor:

Werner Diwald
Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband e.V.
→ werner.diwald@encon-europe.de

PRIVILEGIEN FÜR ELEKTROAUTOS ALLER ART

Interview mit Bundesverkehrsminister Alexander Dobrindt

Seit dem 17. Dezember 2013 ist die neue Bundesregierung im Amt. Neuer Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur ist Alexander Dobrindt. Als ehemaliger Generalsekretär der CSU (2009 bis 2013) ist der Oberbayer weit über die Landesgrenzen des Freistaates hinaus bekannt. Der 1970 in Peißenberg geborene Dobrindt ist seit 1990 Mitglied der CSU und war drei Jahre lang wirtschaftspolitischer Sprecher seiner Landesgruppe, bevor er im November 2008 Vorsitzender der AG Bildung und Forschung der CDU/CSU-Bundestagsfraktion wurde. Nachdem sein Vorgänger Peter Ramsauer im Anschluss an die Bundestagswahl aus dem Kabinett ausgeschieden ist, wird nun Dobrindt in der „GroKo", der schwarz-roten großen Koalition, über die Weiterführung des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie sowie der Nationalen Plattform Elektromobilität mitbestimmen. Dazu beantwortete er der *HZwei* einige Fragen.

Bundesverkehrsminister Alexander Dobrindt mit seinen Parlamentarischen StaatssekretärInnen Katherina Reiche (l.), Dorothee Bär, Enak Ferlemann (r.) [Quelle: BMVI]

HZwei: Sehr geehrter Herr Bundesverkehrsminister, in Ihren bisherigen politischen Ämtern hatten Sie sicherlich im weitesten Sinne auch mit Energiepolitik zu tun, aber hatten Sie auch schon mal die Gelegenheit, selbst ein Elektroauto zu fahren?
Dobrindt: Na klar. Elektromobilität ist faszinierend. Deshalb habe ich als Dienstwagen in Berlin einen BMW *i3*.

HZwei: Ist denn inzwischen schon geklärt, wer zukünftig in der Bundesregierung vorrangig für die Bereiche Wasserstoff und Brennstoffzellen und wer für den Elektromobilitätssektor zuständig sein wird? Sie oder Ihr Kollege vom neu geschaffenen Wirtschafts- und Energieministerium Siegmar Gabriel?
Dobrindt: Für die Elektromobilität im Verkehrsbereich – ob mit Batterie oder mit Wasserstoff und Brennstoffzelle – ist das Verkehrsministerium zuständig. Bei Querschnittsthemen arbeiten wir innerhalb der Bundesregierung weiterhin gut zusammen.

HZwei: Werden Sie denn die Marschrichtung Ihres Vorgängers Peter Ramsauer weiterführen oder planen Sie grundlegende Änderungen, und wenn ja, welche wären das?
Dobrindt: Ich werde ein Elektromobilitätsgesetz auf den Weg bringen. Mit Privilegien für E-Autos: zum Beispiel bei Parkplätzen oder bei der Benutzung von Busspuren. Meine Fachleute arbeiten bereits an einem Entwurf. Die Marschrichtung bleibt also, wir geben aber den zusätzlichen Schub.

HZwei: Bleibt es dabei, dass es keine Verkaufsförderung beim Erwerb eines E-Autos geben wird?
Dobrindt: Ja, es bleibt dabei: Mit mir wird es keine reinen Kaufprämien geben. Ich halte sie weder für sinnvoll noch für finanzierbar. Die Frage ist nun: Was können wir tun, um diese gute Entwicklung zu unterstützen und die letzten Hürden auf dem Weg zum Markthochlauf zu nehmen? Wo sind die Stellschrauben, die die Elektromobilität attraktiver machen? Seitens der Politik setzen wir auf nutzerorientierte Anreize, die wir über das Elektromobilitätsgesetz gewähren wollen.

HZwei: Im Koalitionsplan steht, die Bundesregierung halte an ihrem bisherigen Ziel fest, bis 2020 rund 1 Mio. Elektrofahrzeuge auf die Straße bringen zu wollen. Bitte erläutern Sie kurz, wie Sie „Elektrofahrzeug" definieren, ob Brennstoffzellenautos und Plug-in-Hybride oder Pedelecs auch dazu zählen und warum Sie so zuversichtlich sind, dass diese Zielmarke noch erreichbar ist.
Dobrindt: Am Ziel halten wir weiter fest: Wir wollen bis 2020 eine Million Elektroautos in allen unterschiedlichen Varianten auf Deutschlands Straßen bringen. Deutsche Autobauer wollen bis Ende dieses Jahres 16 E-Modelle auf den Markt bringen. Deutschland als Europas wichtigster Industriestandort und Sitz technologisch führender Unternehmen hat die besten Ausgangsvoraussetzungen, um dieser Technologie den entscheidenden Impuls zu geben. ||

bdew
Energie. Wasser. Leben.

UNTERNEHMEN ZUKUNFT
Neue Geschäftsmodelle für die Energie- und Wasserwirtschaft

BDEW Kongress 2014
2014 stehen die liberalisierten Energiemärkte vor großen Umbrüchen. In Deutschland greift die Politik immer tiefer in die unternehmerischen Spielräume ein. Die europäische Ebene gewinnt an Gewicht und fordert selbstbewusst Gestaltungsmacht ein. Aber diese Herausforderungen bieten auch neue Chancen. Neue Geschäftsmodelle werden möglich. Neue Finanzierungsoptionen für die Infrastruktur werden gesucht und entwickelt. Die Versorgungssicherheit braucht neue Marktlösungen. Energieeffizienz und intelligente Netze werden zum Geschäft. Neue Märkte entstehen.

BDEW Kongress vom 24. – 26. Juni 2014, InterContinental Berlin
BDEW Kongress Infoline +49. 30. 28 44 94 - 176 · www.bdew.de/kongress · kongress@bdew.de

Drei große Themenblöcke stehen im Mittelpunkt des BDEW Kongresses 2014:
- Die Märkte verändern sich nicht nur in Deutschland, sondern international. Blicken Sie mit uns über die Grenzen. Welche globalen Trends bestimmen die Realitäten der Energie- und Wasserwirtschaft von morgen?
- Der Wandel bietet Chancen – welche konkreten Geschäftsmodelle haben in den verschiedenen Wertschöpfungsstufen eine Zukunft? Seien Sie mit dabei, wenn Ideen geboren werden!
- Global denken, lokal handeln: Die kommunale Energie- und Wasserwirtschaft stellt sich neu auf. Städte und Gemeinden sind heute selbstbewusste energiepolitische Akteure. Was braucht es, um lokal und regional Nachhaltigkeit zu organisieren?

e·on ABB EY
Studentenpatenschaften CTG
Medienpartner Frankfurter Allgemeine Zeitung für Deutschland

Thema: Energiespeicherung | **Autor:** Edgar Lange

GASNETZ ALS AUSREICHEND GROSSER PUFFERSPEICHER

Thüga-Studie über die Potentiale von Power-to-Gas

In Zeiten von hohem Windaufkommen und starker Sonneneinstrahlung übersteigt das Angebot an Strom bereits heute bisweilen die Nachfrage, so dass zeitweise Anlagen vom Netz genommen werden müssen. Die Speicher- und Übertragungsmöglichkeiten für die neuen regenerativen Energien sind begrenzt. Ein großräumiger Ausbau der Stromtrassen, mit denen überschüssiger Wind- und Sonnenstrom in Bedarfsregionen transportiert wird, kann die Netze zwar entlasten, ist jedoch teuer. Die Power-to-Gas-Technologie, also die Umwandlung von Strom in Gas, scheint hier vielversprechend. So könnte Gas über das hierzulande bestehende weitverzweigte Gasnetz transportiert und gespeichert werden. Eine Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die prognostizierte Aufnahmefähigkeit des deutschen Erdgasnetzes den bis 2020 zu erwartenden Speicher- und Transportbedarf gut decken kann.

Power-to-Gas wird künftig eine große Rolle bei der Speicherung der schwankenden Energieausbeute erneuerbarer Energiequellen spielen – darin waren sich die Referenten und Teilnehmer des Symposiums der TÜV Nord Group Ende 2013 einig. Doch bis zum wirtschaftlichen Einsatz der PtG-Technologie müssen Forschung und Entwicklung noch den Wirkungsgrad verbessern und die Kosten senken.

Guido Rettig, Vorsitzender des Vorstands von TÜV Nord, betonte zur Veranstaltungseröffnung, dass Power-to-Gas eine vielversprechende Technologie sei, die vor allem auf das existierende Gasnetz zurückgreifen kann. Michael Neiser, ebenfalls vom TÜV Nord, ergänzte, dass Power-to-Gas mit der Einspeisung ins existierende Erdgasnetz gerade auch das Problem lösen kann, dass viel regenerative Energie vom Erzeuger zum Verbraucher transportiert werden müsse. Losgelöst davon ergab die Thüga-Studie mit dem Titel „Speicherung von Wind- und Sonnenenergie in der Gasinfrastruktur als eine Basis der Energiewende", dass die Speicherkapazität des Gasverteilnetzes in Deutschland ausreicht, um den künftig anfallenden Speicherbedarf an Überschussstrom zu decken.

WASSERSTOFF WIRD MOBIL Im Rahmen dieser Studie untersuchten Experten der Münchener Hochschule für angewandte Wissenschaften zusammen mit dem Energiedienstleister Thüga aus München die Speicherkapazität der deutschen Gasinfrastruktur im Jahr 2020. Zunächst wurde eine Speicherbedarfsanalyse für das Jahr 2020 mit dem Vergleich möglicher Speichertechniken für Wind- und Sonnenstrom durchgeführt. Ausgehend von den Ergebnissen dieser Analyse betrachtete das Team um Prof. Johann Glas, welche Mengen an Wasserstoff und Methan in sechs Jahren durch die Umwandlung der zu speichernden Elektroenergie produziert werden können. Diese Werte wurden am Ende den Gasverbrauchswerten von ganz Deutschland gegenübergestellt.

Bei diesem Szenario wurde vorausgesetzt, dass bei einem regenerativen Energieüberschuss zunächst vorrangig Pumpspeicher gefüllt werden, da sie bereits innerhalb von einer Minute ihre volle Leistung bereitstellen können. Deshalb sei eine Speicherung im Gasnetz erst dann nötig, wenn die Wasserspeicher voll sind, so die Experten. Zudem wurde davon ausgegangen, dass im Jahr 2020 ein möglicher Wasserstoffanteil von zehn Volumenprozent bei der Einspeisung ins Erdgasnetz akzeptierbar ist. Als potentielle Einspeisepunkte für die regenerativ erzeugten Gase wurden die dem Gasverteilnetz vorgelagerten Übernahmestationen identifiziert.

KAPAZITÄTSGRENZEN NICHT AUSGESCHÖPFT Als Jahresspeicherbedarf an elektrischer Energie ging die Thüga-Studie von rund 17 TWh in Deutschland im Jahr 2020 aus. Jakob Brendli, Studienautor und Teilprojektleiter im Thüga-Vorhaben *Strom zu Gas,* sagte: „Aufgrund unserer Berechnungen haben wir festgestellt, dass die Speicherkapazität des Gasnetzes bei Weitem ausreicht, dass dieser gesamte Speicherbedarf gedeckt werden kann, wenn die deutsche Gasinfrastruktur neben den Pumpspeichern als zusätzliches Speichersystem genutzt wird, und dies, ohne auch nur annähernd an die Kapazitätsgrenzen des Gasnetzes zu stoßen." In Zahlen ausgedrückt: 75 Prozent des Speicherbedarfs würden auf die Gasinfrastruktur entfallen, die restlichen 25 Prozent auf maximal ausgelastete Pumpspeicher. „Deswegen gehen wir davon aus, dass die zukünftige Stromversorgung ohne dieses zusätzliche Speichersystem kaum möglich ist", konstatierte Brendli. Die vorhandene Gasinfrastruktur könnte zwar

als einziges Speichersystem auch den gesamten Speicherbedarf alleine decken, doch Pumpspeicher wären aus ökonomischen Gründen vorrangig zu füllen.

Weiteres Ergebnis: Reiner Wasserstoff könnte 30 Prozent der in der Gasinfrastruktur zu speichernden Energie decken. Durch eine zusätzliche Methanisierung können auch die restlichen 45 Prozent gespeichert werden, was zusammen die oben genannten 75 Prozent ausmacht.

Ein Teil des Speicherbedarfs kann nicht in Wasserstoff umgewandelt und eingespeist werden, da sonst der Grenzwert der Zumischung von zehn Volumenprozent überschritten würde. Die Berechnungen Brendlis ergaben aber auch, dass in Sommermonaten – etwa im Juli – die aus regenerativen Energien produzierbare Wasserstoffmenge zeitweise über der in ganz Deutschland abgesetzten Menge an Erdgas liegen würde. Dann würde der Grenzwert gemäß Prognose an wenigen Tagen in diesem Zeitraum überschritten. Der Grund: In den Sommermonaten wird zum einen mehr regenerativer Strom produziert, zum anderen ist aber auch der Gasabsatz viel geringer ist als in den Wintermonaten.

Brendli sieht zwei Möglichkeiten, dieses nur kurzzeitig auftretende Problem zu lösen: Erstens käme die Pufferung des überschüssigen Wasserstoffs in Gasspeichern infrage, um ihn bei geringerer beziehungsweise ausbleibender Wasserstoffproduktion in das Gasnetz einzuspeisen, ohne den Grenzwert zu überschreiten. Und als Zweites bliebe die Umwandlung des zu viel produzierten Wasserstoffs mittels Methanisierung in synthetisches Methan und die nachfolgende Einspeisung. Das Problem dabei sei aber der heute noch vergleichsweise niedrige Gesamtwirkungsgrad von etwa 58 Prozent bei der Methanerzeugung.

Die betrachtete Technologie könnte laut Thüga-Studie einen gewaltigen Beitrag beim Energiewandel Deutschlands leisten. Da die Speicherung in der bereits vorhandenen Gasinfrastruktur stattfindet, fallen hier große Neubauten weg, wie sie beispielsweise bei Pumpspeichern mit erheblichen Auswirkungen auf die Umwelt nötig wären, meinte Experte Brendli. Dies betrifft auch den geplanten Stromnetzausbau, für den in den kommenden Jahren ein Investitionsvolumen zwischen 20 und 30 Milliarden Euro im Gespräch ist.

HOHE QUALITÄTSANFORDERUNGEN

Zu diesem Thema haben sich aktuell auch die Experten der Deutsche Bank Research Anfang dieses Jahres geäußert. Auch sie sehen Power-to-Gas als einen intelligenten Beitrag zur Energiewende. Nach ihrer Einschätzung könne Deutschland dank seiner fortschrittlichen Gasinfrastruktur (Netze, Speicher) auf den Zubau traditioneller Stromspeicher völlig verzichten. Dies mindere die örtlichen Empfindlichkeiten und damit auch Widerstände in der Bevölkerung. Die Fachwelt fordert jedoch bis 2022 zunächst die Installation von Power-to-Gas-Systemen mit einer elektrischen Leistung von insgesamt 1.000 MW, um einen Anfangsmarkt zu etablieren, heißt es bei DB Research. Unter dem Strich muss das neue Gasgemisch aus Wasserstoff und Methan in der Praxis dann aber den höheren Qualitätsanforderungen zum Beispiel von BHKW-Motoren, Porenspeichern und Gasturbinen genügen. Überdies hat die H_2-Beimischung die Anforderungen der bestehenden (ca. 900) Erdgastankstellen und (ca. 96.000) Erdgasfahrzeuge an die Gasqualität zu berücksichtigen, fordern die Researcher der Deutschen Bank. ||

→ TÜV Nord auf der Hannover Messe: Halle 27, Stand H41

WAS HEISST EIGENTLICH PTG?

Anfang des Jahres startete im Internet eine Diskussion, was denn eigentlich „Power-to-Gas“ (PtG) bedeutet. Seit etwa einem Jahr wird dieser Begriff fast schon inflationär in Verbindung mit dem Thema Energiespeicherung verwendet, allerdings ist bisher noch nicht eindeutig definiert, was konkret damit gemeint ist. Dementsprechend vielfältig sind die Interpretationen: Manchmal ist nur die Wasserstofferzeugung mit Hilfe von Ökostrom gemeint, ein anderes Mal beinhaltet PtG auch die Methanisierung oder sogar die Einspeisung ins Erdgasnetz – wahlweise von Wasserstoff oder von synthetischem Methan.

Die Bundesnetzagentur bezeichnet mit Power-to-Gas die Einspeisung von aus erneuerbaren Energien erzeugtem Wasserstoff und synthetischem Methan in das Erdgasnetz. Konkret heißt es in einer Pressemeldung vom 10. Dezember 2013 dazu: „Bei Power-to-Gas handelt es sich um eine neuartige Technologie, mit der Strom in Wasserstoff oder synthetisches Methan umgewandelt wird.“ Bei dieser Definition bleibt allerdings offen, ob jeder wie auch immer erzeugte Strom oder nur der aus erneuerbaren Energien erzeugte Strom für Power-to-Gas geeignet ist und ob dies auch die Einspeisung beinhaltet.

Der DWV schrieb zu dieser Frage noch Ende 2013, dass mit Power-to-Gas die Herstellung von Wasserstoff über die Elektrolyse insgesamt gemeint sei und die Einspeisung in das Erdgasnetz nur ein Teilgebiet von PtG ist. Eine zweite DWV-Auslegung lautete: „Unter Power-to-Gas versteht man grundsätzlich die Umwandlung von Strom in Methan. Allerdings geht das immer nur über den Zwischenschritt Wasserstoff.“ Der Verband entschied sich daher, einen eindeutigeren Begriff zu wählen, um mehr Klarheit zu schaffen, und verwendet seit Anfang 2014 die selbst kreierte Bezeichnung „Power-to-Hydrogen“: „Wasserstoff, der mit erneuerbarem Strom erzeugt wurde“. (s. S. 14 bis 18) ||

→ Weitere Meinungen: s. www.hzwei.info/blog/

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

TOTAL BIO

Von A wie Ameisensäure bis U wie Urin

Die Natur macht es uns vor: In vielen Bereichen, in denen der Mensch nach technischen Lösungen sucht, gibt es Pflanzen oder Tiere, die vergleichbare Herausforderungen bereits auf ganz natürliche Weise gemeistert haben. Diese Erkenntnis gilt auch für den Wasserstoff- und Brennstoffzellensektor: Sowohl bei der Wasserstoffherstellung als auch bei der Stromerzeugung lohnt daher ein Blick in die Flora und Fauna als Inspiration.

Auf der ganzen Welt wird seit Jahren an innovativen Technologien geforscht, die es möglich machen, sowohl die Energiespeicherung als auch die -wandlung nachhaltig und effizient zu gestalten. Eine wesentliche Rolle nehmen hierbei Einzeller ein: Mikroorganismen könnten in Zukunft nicht nur bei einer biologischen Wasserstofferzeugung behilflich sein, sie könnten auch bei einer ökologischen Stromerzeugung mitwirken.

Abb. 1: Die Uni Bielefeld beim europäischen Vorentscheid in Lyon im Oktober 2013 [Quelle: iGEM]

H_2-ERZEUGUNG MIT ENZYMEN Im Bereich der Wasserstoffherstellung liegt nach wie vor die Hoffnung auf einzelligen Lebewesen. So arbeiten Biologen und Chemiker mittlerweile schon seit Jahren daran, in diesem Bereich Enzyme industriell nutzbar zu machen. In den USA fanden Forscher der Technischen Universität von Virginia Anfang 2013 einen Weg, Wasserstoff mikrobiologisch aus Bioabfällen herzustellen. Gegenüber anderen biologischen Techniken war die Ergiebigkeit dreimal höher. Dafür veränderte Prof. Percival Zhang mit seinem Entwicklerteam Mikroorganismen gentechnisch so, dass sie Appetit auf Xylose bekamen. Normalerweise bevorzugen sie Glukose, eine Zuckerart, die in Lebensmitteln enthalten ist. Xylose, eine Pentose (Zuckermolekül aus fünf Kohlenstoffatomen), ist hingegen in Bioabfällen, Stroh sowie Grünschnitt enthalten und wird daher auch als Holzzucker bezeichnet. Zusätzlich entwickelte Zhang aus 13 katalytisch wirkenden Enzymen ein Gemisch, das die Wasserstoffproduktion dauerhaft hoch hielt, gleichzeitig aber die ungewollte Vermehrung der Mikroorganismen einschränkte. Mit Hilfe dieses Enzymgemisches sind moderate Temperaturen von 50 °C und gleichzeitig eine Ausbeute von über 95 % möglich. Percival Zhang erklärte: „Wir denken, dass diese Entdeckung ein Impulsgeber in der Welt der alternativen Energien ist."

Kurz darauf glückte auch Wissenschaftlern des Max-Planck-Instituts für Chemische Energiekonversion (MPI CEC) und der Ruhr-Universität Bochum (RUB, s. auch HZwei-Heft Apr. 2012) ein Durchbruch: Ihnen gelang es im Herbst 2013, durch die Kombination von Biologie und Chemie halbsynthetische Eisen-Eisen-Hydrogenasen herzustellen. Ein einziges dieser Hydrogenase-Enzyme kann in einer Sekunde rund 9.000 H_2-Moleküle erzeugen. Die Forscher um MPI-Gruppenleiter Edward J. Reijerse nahmen dafür eine biologische Vorstufe des Enzyms und gaben ein chemisches Imitat seines aktiven Zentrums hinzu, woraufhin nach wenigen Minuten eine starke H_2-Bildung einsetzte.

H_2-SPEICHERUNG IN AMEISENSÄURE Fortschritte gibt es auch bei der Wasserstoffspeicherung zu verzeichnen: Hier trat Ameisensäure Ende 2013 zum wiederholten Male in den Fokus der Betrachtung. Der Hintergrund ist, dass Ameisensäure relativ viel Wasserstoff aufnehmen und vergleichsweise effizient wieder abgeben kann. Dies funktioniert über das Enzym eines Bakteriums, das gasförmigen Wasserstoff und gasförmiges Kohlendioxid zu flüssiger Ameisensäure umsetzt, wodurch die gravimetrische Energiedichte deutlich höher ist als die von reinem Wasserstoffgas. Der wesentliche Vorteil dabei ist, dass anders als bei bisherigen chemischen Katalysatoren die Reaktionsgeschwindigkeit trotz geringer Drücke und niedriger Temperaturen relativ hoch ist. Diese biologische H_2-Herstellungsalternative ermöglicht nun die Reaktion mit hoher Geschwindigkeit unter milden Bedingungen. Kai Schuchmann, Biowissenschaftler an der Frankfurter Goethe-Universität, rechnet vor: „Ein Auto mit Brennstoffzelle benötigt circa 45.000 Liter Wasserstoff für 400 Kilometer. Diese Menge ließe sich in circa 75 l flüssiger Ameisensäure speichern." Prof. Volker Müller, Leiter der Abteilung für Molekulare Mikrobiologie, erklärte: „Attraktiv ist das Enzym nicht nur deshalb, weil es sowohl die Speicherung als auch die Freisetzung von Wasserstoff mit hoher Effizienz ermöglicht. Sogar die Verwertung von Kohlenmonoxid ist über einen alternativen Weg möglich."

MIKROBIELLE BRENNSTOFFZELLE ALS UMWELTSENSOR In den Niederlanden haben Wissenschaftler eine mikrobielle Brennstoffzelle gebaut, die Pflanzen und Mikroorganismen im Boden zur Stromerzeugung nutzt. Marjolein Helder von der Universität in Wageningen konstruierte eine Versuchsanlage, die mit Pflanzenausscheidungen und Bakterien funktioniert: Dabei gibt eine Pflanze über ihre Wurzeln Kohlendioxid in Form von Kohlenhydraten ab, die dann von Mikroorganismen aufgenommen werden. Letztere setzen wiederum Elektronen, Kohlendioxid und Protonen frei. Die Elektronen wandern anschließend zu einer Anode im Erdreich und gelangen von dort durch einen Stromkreis zur Kathode. Gleichzeitig wandern Protonen durch eine Membran zur Kathode, wo sie mit Sauerstoff und Elektronen reagieren und Wasser erzeugen. Bisher konnte auf diese Weise eine

Leistung von 0,44 Watt pro Quadratmeter erreicht werden. Durch die Optimierung der Anlage könnten nach Meinung der Forscher aber bis zu 3 Watt pro Quadratmeter erzielt werden. Potentielle Einsatzgebiete könnten Sensoren in der Umwelttechnik sein. Außerdem erlaubt die Spannungshöhe aber auch Rückschlüsse über die Zustandsänderungen von Pflanzen und Böden.

Weiterhin gelang es in Großbritannien vergangenen Sommer, Urin als Energieträger für mikrobielle Brennstoffzellen nutzbar zu machen. Forscher des Bristol Robotics Laboratory erzeugten aus natürlichen Ausscheidungsprodukten ausreichend Elektrizität, um ein Mobiltelefon zu betreiben, also Textnachrichten zu verschicken und ein Telefonat zu führen. Projektleiter Ioannis Ieropoulos von der University of the West of England erklärte gegenüber dem britischen *Telegraph:* „Wir sind begeistert. Noch nie hat jemand Energie aus Urin gewonnen, um damit ein Handy zu betreiben. Das ist eine unglaublich aufregende Entdeckung. Die Verwendung des ultimativen Abfallprodukts als Energiequelle zur Produktion von Elektrizität ist das Ökologischste, das es gibt."

Auch in Deutschland wird an der mikrobiellen Brennstoffzelle geforscht. Studenten der Universität Bielefeld griffen dafür auf das Bakterium *Escherichia coli* zurück. Dabei kümmerte sich das Forscherteam im Rahmen des Projekts „Ecolectricity – currently available" sowohl um den Aufbau einer geeigneten Brennstoffzelle als auch um die genetische Optimierung des Bakterienstammes. So verbesserten die Studierenden den Elektronentransport zwischen Bakterien und Anode, indem sie Mediatoren einsetzten, die als „Elektronenshuttle" dienten. Bei der *International Genetically Engineered Machine competition* (iGEM) am Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Boston belegten sie damit den zweiten Platz.

Allen diesen Forschungsarbeiten gemeinsam ist, dass hier von Laborversuchen die Rede ist, die noch einige Jahre optimiert und weiterentwickelt werden müssen, bevor sie zu marktreifen Produkten führen. ||

Thema: Energiespeicherung | **Autor:** Frank Grotelüschen

ASCHE ZU WASSERSTOFF

Schwedische Forscher tüfteln an neuer Methode zur Müllverwertung

Müll landet oft nicht mehr auf Deponien, sondern in Müllverbrennungsanlagen. Doch was ist mit der Asche, die beim Verbrennen des Abfalls zwangsläufig übrigbleibt? Schwedische Forscher präsentieren ein neues Verfahren, mit dem sich diese Asche gewinnbringend nutzen lassen soll: Sie könnte zur Produktion von Wasserstoff dienen.

Abb. 1: Aamir Ilyas beim Experimentieren in seinem Labor [Quelle: Universität Lund]

Appetitlich sieht es nicht gerade aus: Der Bagger hat mitten in den Müllberg gelangt und hievt eine halbe Wagenladung an stinkendem Abfall auf ein Förderband. Das Band transportiert den Abfall in den Ofen einer Müllverbrennungsanlage. Dort wird er bei großer Hitze verfeuert. Die Abgase werden gereinigt und verflüchtigen sich durch den Schornstein. Was bleibt, ist die Asche im Brennkessel, eine schotterartige Substanz. Diese Asche hat man sich nun an der Universität Lund in Schweden vorgenommen. „Heute wird sie vor allem genutzt, um Mülldeponien abzudichten und Straßen zu bauen", sagt Lund-Ingenieur Aamir Ilyas. „Wir haben uns gefragt, ob man daraus nicht noch etwas herausholen kann, zum Beispiel Wasserstoff."

Ilyas überlegte sich folgendes Prinzip: Die Asche ist reich an Metallen wie zum Beispiel Aluminium. Feuchtet man die Asche an, sollte dieses Aluminium mit dem Wasser reagieren und Wasserstoff produzieren – vorausgesetzt, der Prozess spielt sich in einer sauerstoffarmen Umgebung ab und man gibt ihm ausreichend Zeit, etwa zwei bis drei Tage. „Um den Prozess zu beschleunigen, kann man noch ein wenig Natronlauge hinzugeben", erläutert Ilyas. „Natronlauge ist chemisch aggressiv und begünstigt die Reaktion zwischen Aluminium und Wasser." Außerdem wird bei der Reaktion Wärme frei, so dass man keinerlei Energie von außen in den Prozess stecken muss.

Um herauszufinden, ob das Verfahren wie geplant funktioniert, baute der schwedische Ingenieur in seinem Labor eine kleine Testapparatur. Das Ergebnis war ermutigend: Aus einem Kilogramm Müllasche konnte Ilyas bis zu 20 Liter Wasserstoff gewinnen. Jetzt peilt er den nächsten Schritt an: „Ich habe schon mit Leuten aus der Industrie gesprochen, und wir sind auf die Idee gekommen, eine etwas größere Laboranlage zu konstruieren", sagt Ilyas. „Sollte auch die funktionieren, kann sich die Industrie den Bau einer richtige Pilotanlage vorstellen."

Das Asche-zu-Wasserstoff-Verfahren hat durchaus Potential: Würde man zum Beispiel sämtliche Müllverbrennungsanlagen Schwedens damit ausrüsten, kämen pro Jahr 20 Millionen Kubikmeter Wasserstoff zusammen. Damit ließen sich immerhin 11.000 Haushalte mit Strom versorgen oder 20.000 Brennstoffzellenautos antreiben.

Ein Problem aber ist noch offen: „Wir haben noch nicht richtig analysiert, in welchem Zustand die Asche nach der Behandlung ist", sagt Aamir Ilyas. „Bislang sieht es so aus, dass die Ascheteilchen verklumpen, was eine gute Sache wäre, denn dann droht kein feiner Aschestaub in die Umwelt zu gelangen. Aber das müssen wir noch genauer untersuchen." Im besten Fall könnte der Rest – sozusagen die Asche der Asche – immerhin noch als Baumaterial für Straßen oder Parkplätze dienen. ||

Thema: Energiespeicherung | **Autorin:** Doris Schmack

BIOGAS UND PTG WACHSEN ZUSAMMEN

Biologische Methanerzeugung aus H_2 und CO_2

Der zunehmende Ausbau von Wind- und Solarenergie bringt eine stark fluktuierende Stromerzeugung mit sich: In wind- und sonnenreichen Zeiten fallen immer größer werdende Mengen an Überschussstrom an, die nicht ins Netz eingespeist werden können. Auf der anderen Seite gehen mit der Energiewende die Erzeugungskapazitäten aus fossilen Brennstoffen zunehmend zurück, so dass sich je nach Witterung Lücken in der Energieversorgung ergeben können. Die Schaffung von Speicherkapazitäten, die Energie dann aufnehmen können, wenn sie anfällt, und auch wieder abgeben können, wenn Bedarf auftritt, ist eine wichtige Voraussetzung für die Energiewende.

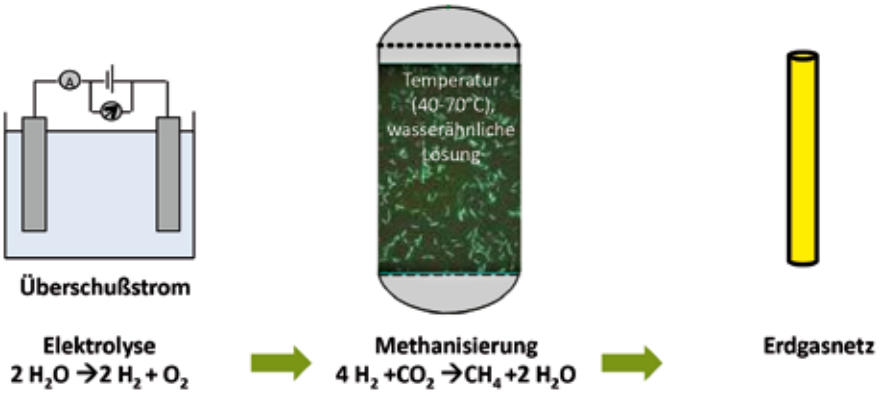


Abb. 1: Biologische Methanisierung

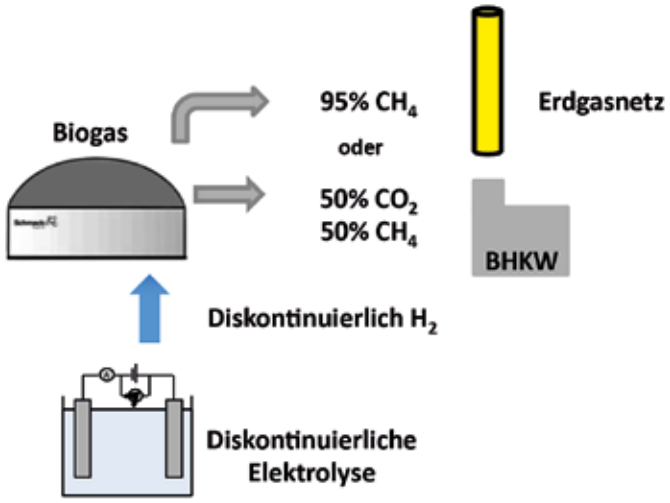


Abb. 2: Diskontinuierliche Methanisierung direkt in der Biogasanlage

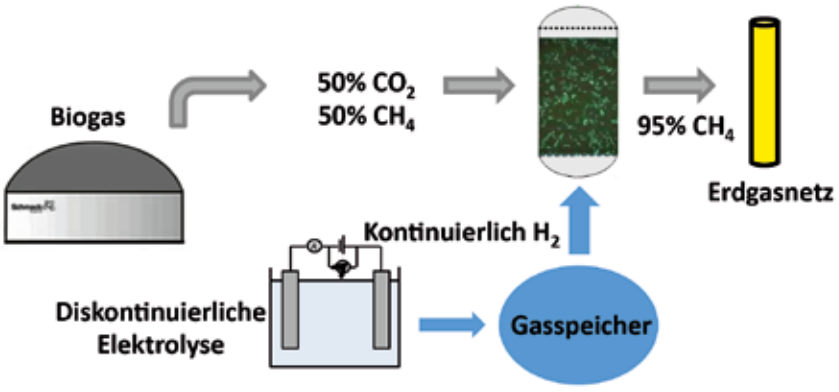


Abb. 3: Methanisierung des Abgas-CO_2 nach der Biogasaufreinigung in einer separaten Einheit [Quellen: MicrobEnergy]

Eine interessante Möglichkeit zur Speicherung von elektrischer Überschussenergie aus regenerativen Energiequellen ist die Erzeugung von gasförmigen Brennstoffen. Als geeigneter chemischer Energieträger mit hoher Energiedichte bietet sich aufgrund der fast 100%igen Kompatibilität zu Erdgas und der deutschlandweit vorhandenen Verteil- und Speicherinfrastruktur vor allem Methan an.

BIOLOGISCHE METHANISIERUNG Zur Erzeugung von Methan wird zunächst Überschussstrom in einer Elektrolyse verwendet, um Wasserstoff aus Wasser herzustellen, welcher dann in einem zweiten Schritt in einem biologischen Verfahren in Methan umgewandelt wird (s. Abb. 1). Die Elektrolyse kann extern in einem vorgeschalteten Prozess ablaufen oder unter geeigneten Bedingungen direkt dort Wasserstoff produzieren, wo er in einem anschließenden Schritt zu Methan umgewandelt werden kann (z.B. in einer Biogasanlage oder dem Faulturm einer Kläranlage).

Das Kohlendioxid kann beliebigen Ursprungs sein (z.B. aus technischen und chemischen Produktionsprozessen, Erdgasreinigung, Ethanolproduktion). Aus energiewirtschaftlichen Gründen bietet sich als effizienteste CO_2-Quelle mit den größten Synergien der bundesdeutsche Biogaspark an. Gemäß der veröffentlichten Branchenzahlen des Fachverbands Biogas produzierten im Jahr 2012 etwa 7.500 Biogasanlagen mit einer installierten Gesamtleistung von rund 3.200 MW in Summe etwa 23 TWh elektrische Energie. Im Durchschnitt verfügen diese Anlagen heute über ein Gasspeichervolumen für die Gasproduktion von rund vier Stunden, was einem elektrischen Energiespeicher von 12.800 MWh deutschlandweit entspricht.

KOPPELUNG VON BIOGAS- UND PTG-TECHNIK Durch die angedachte Kopplung von Biogasanlagen mit der Power-to-Gas-Technologie könnte dieses dezentrale

Speichervolumen verdoppelt werden, indem das im Biogas enthaltene CO_2 mit elektrolytisch aus Überschussstrom erzeugtem H_2 von Methanbakterien methanisiert wird. Der benötigte Wasserstoff wird entweder extern in einem Elektrolyseur produziert und in den Fermenter eingebracht oder über ein im Projekt „Biocharge“ entwickeltes Verfahren direkt im Fermenter erzeugt.

Der Methangehalt im Biogas würde durch die biologische Methanisierung von durchschnittlich 53 Prozent auf annähernd 100 Prozent gesteigert und der Energiegehalt dementsprechend etwa verdoppelt. Bei Biogasanlagen, die Strom ins öffentliche Netz einspeisen, kann dieses angereicherte Gas zunächst zwischengespeichert und dann – in Zeiten höheren Strombedarfs – verwertet und zum Ausgleich tagesrhythmischer Schwankungen genutzt werden (s. Abb. 2). Da sich die Anforderungen an Biogasanlagen derzeit in Richtung bedarfsgerechter Stromerzeugung entwickeln, muss der deutsche Biogaspark ohnehin entsprechend umgebaut werden. Die oben beschriebene Kurzzeitverschiebung stellt diesbezüglich einen möglichen ersten Schritt dar.

Eine längerfristige, saisonale Verschiebung stellt dann den zweiten Schritt dar. Zur Langzeitspeicherung von elektrischer Energie über Wochen und Monate bietet sich die Einspeisung des aus Strom erzeugten Methans als SNG (Synthetic Natural Gas) in das Erdgasnetz an. Hierzu kann entweder (ähnlich dem oben genannten Fall) das Rohbiogas methanisiert werden oder es kann ein CO_2-reiches Gas eingesetzt werden. Besonders vielversprechend für das biologische Verfahren ist die Verwendung des Abgases aus der CO_2-Abtrennung bei Biogaseinspeiseanlagen (s. Abb. 3).

HOHES POTENTIAL Etwa 880.000 Tonnen CO_2 werden heute in rund 110 Gaseinspeiseanlagen erzeugt. Im Jahr 2020 dürfte diese Zahl auf etwa 2,5 Mio. Tonnen (bei ca. 250 Einspeiseanlagen) anwachsen. Damit könnten dann etwa 30 bis 35 TWh Strom methanisiert werden, was in etwa 15 bis 17 % der gesamten Stromproduktion aus Sonne und Wind im Jahr 2020 entsprechen dürfte.

Aus ökonomischer Sicht müssen bei allen Power-to-Gas-Verfahren zwei Aspekte betrachtet werden: Zunächst ist es wichtig, sowohl die Wasserelektrolyse als auch die Methanisierung mit jeweils hohem Wirkungsgrad durchzuführen. Von noch größerer Bedeutung ist es jedoch, die Investitionskosten für das komplette System gering zu halten. Abschätzungen zufolge wird in der Zukunft mit etwa 1.000 bis 2.000 Stunden pro Jahr gerechnet, in denen Überschussstrom für eine Methanisierung zur Verfügung steht. Sowohl auf Seiten der Elektrolyseure als auch bei den ersten Laboransätzen zur biologischen Methanisierung sind die hochskalierten Kosten noch weit entfernt von wirtschaftlicher Rentabilität. Weitere Entwicklungen an beiden Systemen versprechen jedoch künftige Kosteneinsparung: So waren beispielsweise die bisherigen Anforderungen an Elektrolyseure sehr hoch hinsichtlich der Reinheit des Produktwasserstoffes. Beim biologischen Methanisierungsverfahren ist diese Reinheit von untergeordneter Bedeutung, so dass für die neuen Anforderungen aus Power-to-Gas eine neue Generation Elektrolyseure entwickelt werden muss. ||

Autorin:

Dr. Doris Schmack
MicrobEnergy GmbH, Schwandorf
→ doris.schmack@microbenergy.com

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

BERICHTE AUS ÜBERSEE

FUEL CELL TODAY BEENDET BERICHTERSTATTUNG

Der britische Online-Newsletter *Fuel Cell Today* hat seinen Berichterstattungsservice Mitte Januar 2014 eingestellt. In einer Abschiedsbotschaft teilte der Herausgeber Dr. Dan Carter mit, dass die Homepage weiterhin online bleibe, aber in ein Informationsarchiv überführt werde, so dass die jährlichen Industry Reviews, Berichte, Analysen, Fallstudien und Meldungen als freie Downloads unter www.fuelcelltoday.com verfügbar sein würden. Mit Carters letztem Bericht „The last Analyst View from *Fuel Cell Today*" enden dreizehn Jahre der Berichterstattung und Unterstützung im Bereich der Kommerzialisierung von Brennstoffzellentechnik. *Fuel Cell Today Ltd.* wurde im September 2001 von der Johnson Matthey plc Group ins Leben gerufen. Die Vision des Unternehmens, für das zuletzt zwei Analysten arbeiteten, war, dazu beizutragen, dass Brennstoffzellen ihr Potential als wesentliche Energietechnik zum Nutzen der Menschen auf der ganzen Welt ausschöpfen können. Carter schrieb: „Ich würde sagen, dass es nach wie vor einen Bedarf in der Öffentlichkeit gibt, besser informiert zu werden, aber dies ist kein Bereich, in dem Johnson Matthey und *Fuel Cell Today* gut genug positioniert wären, um mithelfen zu können." Andere Unternehmen seien dafür besser geeignet, erklärte er und fügte an: „Für *Fuel Cell Today* ist die Zeit gekommen, um beiseitezutreten." ||

ZUSATZGESCHÄFT DURCH MEHR KUNDEN

John Hofmeister, ehemaliger Präsident von Shell Oil Co. und Chairman des DoE Hydrogen and Fuel Cell Advisory Committee, erklärte gegenüber *H&FCL,* dass der Preis für eine Tankstelle in den USA „sehr unterschiedlich" ist, abhängig vom jeweiligen Quadratmeterpreis, von der Anzahl der Pumpen, der Größe des Ladens usw. Aber höhere Kosten für alternative Kraftstoffstationen (so wie beispielsweise Wasserstoffpumpen) sind nicht notwendigerweise abschreckend, da diese Technik auch mehr Kunden anziehen kann. Vergleicht man beispielsweise „eine Standardtankstelle mit einem Laden, wie er in den 1980ern und 1990ern die Norm war, dann ist man bei einem Preis, der heute ungefähr bei $ 1,6 Mio. liegt". So wird heute allerdings nicht mehr gebaut. Neue Stationen sind meist „super-sized". Sie verfügen häufig über 16 oder mehr Zapfsäulen, einen Gemischtwarenladen mittlerer Größe mit frischen Sandwiches, Pizza und Fast Food. Derartige Stationen kosten nach Aussage Hofmeisters $ 3 bis 5 Mio. und mehr. Fügt man hier alternative Kraftstoffe zum Angebot hinzu, ändert sich seiner Meinung nach komplett die Kalkulation: „Der Dreh- und Angelpunkt sind Steuervergünstigungen für den Ausbau der Stationen, damit sie auch alternative Kraftstoffe mitberücksichtigen." Hofmeister, der 2008 *Citizens for Affordable Energy* gründete, erklärte: „Da wird es einen Herdentrieb geben unter denen, die Land haben und Erster in der Gegend sein möchten." Er berief sich auf Wawa Inc., einen Tankstellenbetreiber an der Ostküste, der berichtete, dass „die sich nicht von den Kosten einer neuen Infrastruktur abschrecken lassen, wenn dies bedeutet, dass mehr Umsatz an der Tankstelle generiert wird". ||

MARY BARRA IST DER NEUE BOSS BEI GM

Bisher wurde noch nichts Offizielles über ihre Haltung zur Brennstoffzelle bekannt, aber eines ist sicher: Mary Barra ist mit all ihrem technischen Verständnis und ihrer Erfahrung eine exzellente Wahl als Geschäftsführerin des großen Autoherstellers General Motors. Byron McCormick, Direktor der GM-Brennstoffzellenaktivitäten bis zu seiner Berentung vor drei Jahren, erklärte gegenüber dem *Hydrogen & Fuel Cell Letter (H&FCL):* „Während meiner Zeit bei GM war sie immer hilfsbereit und unterstützend in Bezug auf das BZ-Programm." Weiter schrieb er: „Sie wird sicherlich so manche Herausforderung bei GM zu meistern haben, aber sie ist mit der Technik sehr vertraut, da sie innerhalb der vergangenen Jahre persönlich mehrfach damit zu tun hatte." ||

BRITISH COLUMBIA SCHLIESST DIE BZ-BUS-FLOTTE

Jetzt ist es amtlich: Wie bereits erwartet, wurden im März 2014 die 20 Brennstoffzellenbusse, die vor vier Jahren anlässlich der Winterolympiade in British Columbia in Betrieb gegangen sind, von BC Transit aus dem Verkehr gezogen und durch konventionelle Dieselbusse ersetzt (s. HZwei-Heft Jan. 2014). Unbeeindruckt von diesen schlechten Nachrichten aus der eigenen Heimat hat Ballard Power Systems zum Jahreswechsel ein Memorandum of Understanding unterzeichnet, um mehr Zero-Emission-BZ-Busse zu bauen und zu liefern – die meisten davon voraussichtlich für Europa. Van Hool, der viertgrößte europäische Bushersteller, bestätigte gemäß einer Ankündigung, sich gemeinsam mit Ballard an Ausschreibungen im europäischen *Horizon-2020*-Programm beteiligen zu wollen. Derzeit sind 27 Van Hool/Ballard-Busse im öffentlichen Verkehr im Einsatz (z. B. Amsterdam, London). Die neuen Busse, die in diesem Jahr ausgeliefert werden sollen, werden das *FCvelocity®-HD7-System* der nächsten Generation beinhalten. ||

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

HOFER TKH

DER TANKSTELLENVERDICHTER

Hofer
KOMPRESSOREN

ÖLFREIE H_2-VERDICHTUNG
BIS 1.000 BAR

MINIMALER FLÄCHENBEDARF
DURCH WANDMONTAGE

SICHER, ROBUST UND
WARTUNGSFREUNDLICH

WWW.ANDREAS-HOFER.DE

BESUCHEN SIE UNS AUF DER
HANNOVER MESSE IN HALLE 27, B59.

Thema: Entwicklung | **Autoren:** Thorsten Derieth, Marco Grundler

SPRITZGIESSEN ALS AUSWEG AUS DER ZWICKMÜHLE

Langzeitstabile und kostengünstige Bipolarplatten für die HT-PEM

Bipolarplatten in Hochtemperatur-PEM-Brennstoffzellen sind harschen Umgebungsbedingungen ausgesetzt: Sie müssen während des Betriebs Temperaturen von mehr als 160 °C aushalten und das in einem phosphorsauren Medium sowie unter Anliegen eines elektrochemischen Potenzials. Das stellt extreme Anforderungen an die im Stack verwendeten Komponenten dar. Die Bipolarplatten müssen die Reaktionsgase und Kühlmedien sicher voneinander trennen und sie zudem kontrolliert über die Reaktionsbereiche leiten. Außerdem sollen sie auch bei einer langen Lebensdauer keine signifikanten Änderungen der Eigenschaften (Degradation) aufweisen. Sie müssen für diese Aufgabe elektrisch und thermisch gut leitfähig und gleichzeitig äußerst widerstandsfähig gegen chemische, mechanische und thermische Belastungen sein.

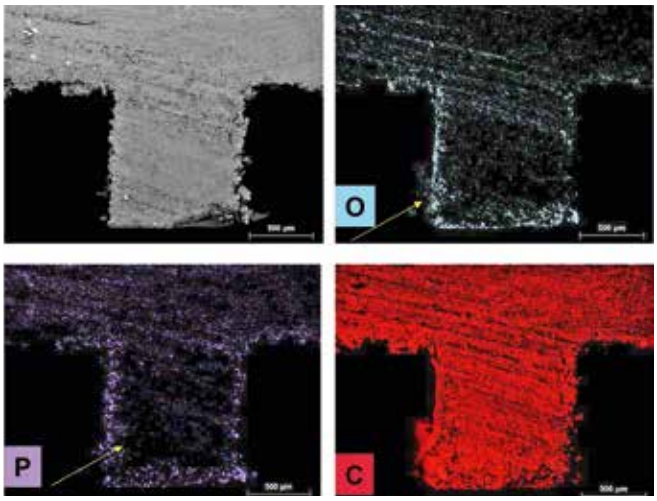


Abb. 1: EDX-Mapping einer phenolharz-basierten HT-Bipolarplatte [1]

Um all diesen Anforderungen bei gleichzeitiger Einhaltung der ambitionierten Kostenziele gerecht zu werden, bietet sich die Verwendung maßgeschneiderter thermoplastischer Compounds, eine Mischung aus Füllstoffen und Kunststoff, an. Durch die richtige Auswahl der Ausgangsmaterialien und einer speziell konzipierten Prozesskette können Bipolarplatten in Serie dauerhaft kostengünstig zum Beispiel im Spritzgießverfahren hergestellt werden. Eine kostengünstige Bipolarplatte, die als massen- und volumenanteilig größtes Wiederholelement einer PEM-BZ signifikant zu den Kosten eines Stacks beiträgt, spielt somit eine Schlüsselrolle zur Markterschließung.

Die Herausforderung besteht darin, die gewünschten Eigenschaften von Bipolarplatten mit den absolut konträr gehenden Wunscheigenschaften für die Verarbeitung auf einen Nenner zu bringen. So erfordert das Bedürfnis nach guten elektrischen und thermischen Leitwerten extrem hohe Füllstoffanteile, welche in ein kleines Volumen an polymeren Binder eingearbeitet werden müssen. Die hohen Füllstoffanteile binden die fließfähige Matrix und erhöhen die Viskosität der Schmelze um mehrere Größenordnungen: Mit jedem Prozentpunkt, um den der Füllstoffanteil erhöht wird, gestaltet sich die Verarbeitung ungleich schwieriger. Einfach zu verarbeitenden Compounds erzielen hingegen nicht die gewünschten Leitfähigkeiten.

Im Rahmen der langjährigen Entwicklung von Compounds und Bipolarplatten am Zentrum für BrennstoffzellenTechnik in Duisburg fiel die Wahl eines geeigneten polymeren Binders auf den Hochtemperatur-Thermoplasten Polyphenylensulfid (PPS). Dieser ist sowohl hinsichtlich seiner chemischen Beständigkeit als auch bezüglich der Temperaturstabilität den Anforderungen im Betrieb einer HT-PEM-BZ am besten gewachsen. Aber auch für einen Kunststoff wie PPS stellen die dauerhaften Betriebsbedingungen in der HT-PEM eine Herausforderung dar, die einer langen Lebensdauer entgegenstehen. So darf es zu keiner Abgabe von Stoffen aus den Bipolarplatten während des Zellbetriebs oder – wie beim derzeit viel diskutierten Thema – zu einer Phosphorsäureaufnahme durch die Bipolarplatte kommen.

PPS als thermoplastischer Binder bietet nicht nur das Potenzial zur Serienfertigung, sondern scheint auch hinsichtlich seiner chemischen Beständigkeit und der Phosphorsäure-Aufnahme im Vorteil gegenüber duroplastischen Bipolarplatten zu liegen, was durch zahlreiche Kundenbemusterungen bestätigt wird. Die Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme (s. Abb. 1) zeigt einen Schnitt durch eine phenolharz-basierte Bipolarplatte: In der unteren linken Ecke ist zu erkennen, dass die Bipolarplatten-Oberfläche durch den Betrieb in einer HT-PEM-Brennstoffzelle bei hoher Temperatur Phosphorsäure aufgenommen hat (violette Fragmente).

Dieser Umstand kann sich im Zellbetrieb negativ auswirken, wie der direkte Vergleich von heißgepressten Bipolarplatten mit Phenolharz- bzw. PPS-Binder in einem autark reformatgas-betriebenen sogenannten „Mixed Stack“ im folgenden Diagramm (s. Abb. 2) zeigt.

In diesem Diagramm sind Spannungskurven über eine Betriebszeit von etwa 5.000 Stunden sowohl für phenolharzbasierte Bipolarplatten als auch für PPS-Bipolarplatten dargestellt. Die extrapolierten Kurvenverläufe unterscheiden sich signifikant, was zumindest partiell mit einer besseren Alterungsbeständigkeit der PPS-Platten begründet werden kann. Auch durch Ex-situ-Untersuchungen, sogenannten „Beschleunigten Alterungstests“ unter härtesten chemischen Bedingungen, konnte die prinzipielle Eignung des neuen

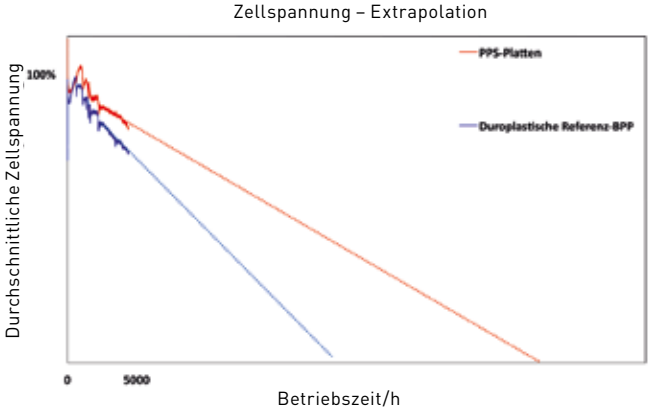


Abb. 2: In-Cell-Test mit duroplastischen und heißgepressten PPS-Platten [2]

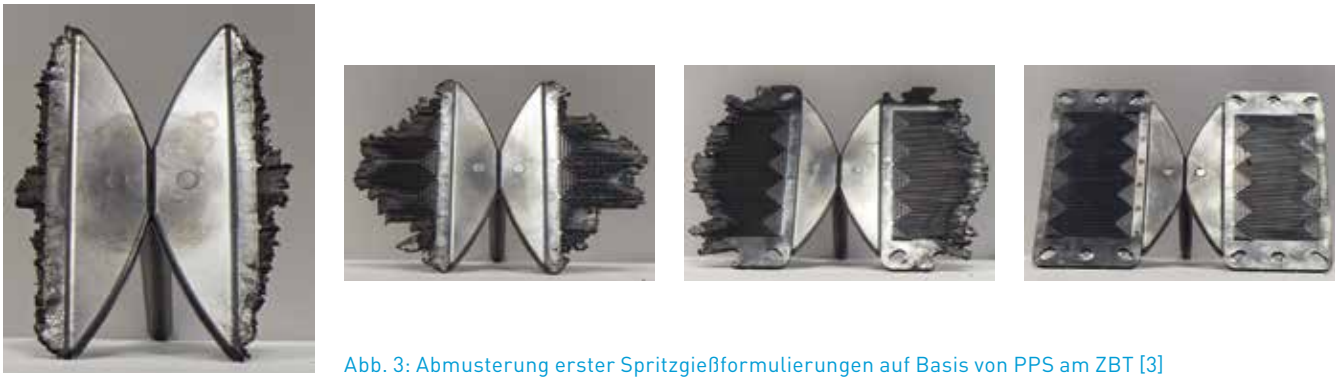


Abb. 3: Abmusterung erster Spritzgießformulierungen auf Basis von PPS am ZBT [3]

Bipolarplattenmaterials für den Einsatz in der HT-PEM-BZ durch intensive vorher/nachher-Untersuchungen nachgewiesen werden.

PPS stellt allerdings extreme Ansprüche an die Prozesstechnik, was bei Bipolarplatten in besonderem Maße für extrem hochgefüllte Compoundmischung gilt. Die verschiedenen Herausforderungen, die es auf dem Weg zu ersten mittlerweile auch kommerziell verfügbaren PPS-Compounds und PPS-Platten zu meistern galt, sollen im Folgenden kurz geschildert werden:

EXTRUSION HOCHGEFÜLLTER COMPOUNDS Bei der Compoundierung dieser Materialien müssen hohe Füllstoffanteile in die Polymerschmelze eingebracht und homogen verteilt werden, die – wegen der geringen Dichte von Graphit – beachtliche Volumenanteile (bis zu 75 %) einnehmen: Es müssen etwa 180 Volumenanteile Graphit in ein Teil Polymer eingearbeitet werden. Dadurch kommt es zu extrem hohen Schmelzeviskositäten (sehr zäh und schlecht fließend) und einer hohen Dissipation von Energie im Prozess. Hinzu kommt, dass die Schmelze die Wärme schlecht speichern kann, da sie eine im Vergleich zu reinen Polymeren niedrigere Wärmekapazität aufweist. Diese beiden Kriterien sind letztlich die großen Unterscheidungsmerkmale zu anderen Verarbeitungsaufgaben am Doppelschneckenextruder und spielen im Verlauf der weiteren Prozesskette eine wesentliche Rolle.

WEITERVERARBEITUNG DER COMPOUNDS Bipolarplatten für HT-PEM-Brennstoffzellen werden heutzutage mehrheitlich auf duroplastischer Basis in einem Heißpressverfahren hergestellt. Aufgrund der langen Produktionszeiten (pro Platte) ist dieses Verfahren nur bedingt geeignet, das Bauteil „Bipolarplatte“ dauerhaft markt- und wettbewerbsfähig herzustellen. Größere Chancen für eine Markterschließung von HT-PEM-Brennstoffzellen eröffnen sich erst durch die spritzgießtechnische Herstellung von HT-Bipolarplatten, die deutlich kostengünstiger ist.

Wie beim Compoundieren erschwert die Kombination mit Füllstoffen die an sich schon schwierige Verarbeitung von PPS im Spritzguss. Zusätzlich zu den erschwerenden Faktoren bei der Aufbereitung am Doppelschneckenextruder (z. B. Viskosität, geringe Wärmekapazität) wirkt sich beim isothermen Spritzgießen die sehr gute Wärmeleitfähigkeit des Materials durch schlagartiges Einfrieren im Moment der Formfüllung nachteilig aus. So können bereits wenige Zehntelsekunden nach der Formfüllung Einspritzdrücke bis zu 3.500 bar auftreten.

Trotzdem konnte durch die Variation verschiedenartigster kohlenstoffhaltiger Füllstoffe und PPS-Sorten sowie der Verwendung weiterer Zuschlagstoffe und Additive eine Compoundmischung entwickelt werden, die sich in einem isothermen Spritzgießprozess zu Hochtemperatur-Bipolarplatten verarbeiten lässt. Ein wesentlicher Nachteil der isothermen Verarbeitung ist jedoch die Begrenzung der Plattengrößen und -Dicken sowie dem nach wie vor hohen Anspruch an die Maschinentechnik. Die folgende Abbildung stellt die Abmusterung erster PPS-Compounds in einem Zweikavitäten-Spritzgießwerkzeug dar (s. Abb. 3): Von anfänglich nur teilweise gefüllten Angüssen konnten im Zuge der Prozessoptimierung zwei PPS-Platten gleichzeitig in einem isothermen Spritzgießvorgang mit extrem kurzen Zykluszeiten realisiert werden (ca. 10 Sek. pro Platte).

Zurzeit werden neue Materialformulierungen entwickelt, welche durch Einsatz der variothermen Spritzgießtechnik eine deutlich gesteigerte Performance und zudem sichtlich größere und dünnere Bipolarplatten ermöglich sollen [4].

SPRITZGEGOSSENE HT-BIPOLARPLATTEN Zum Nachweis der Langzeitstabilität der spritzgegossenen HT-Bipolarplatten wurden diese zunächst über 900 Stunden in einem Einzeller-Brennstoffzellenstack betrieben. Dabei konnte keine signifikante Degradation dieses Testsystems beobachtet werden (s. Abb. 4). In dem Diagramm ist der membranbedingte >>

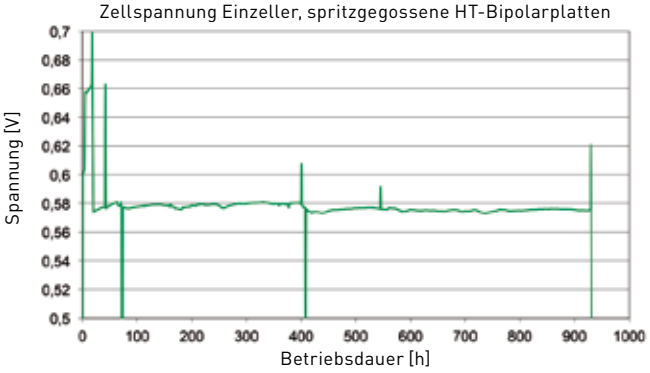


Abb. 4: In-Cell-Test mit ersten spritzgegossenen PPS-Platten [3], Einzeller

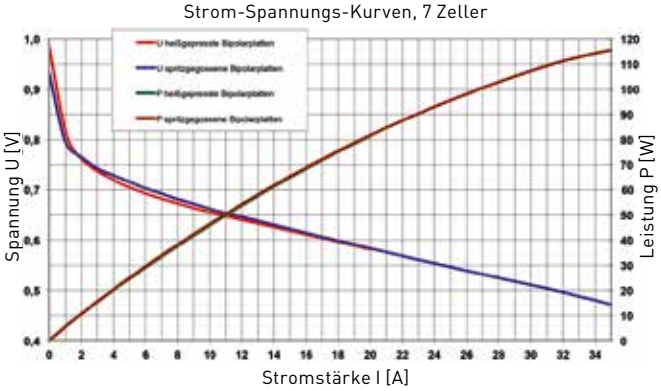


Abb. 5: In-Cell-Test mit ersten spritzgegossenen PPS-Platten [3], Short-Stack

Abb. 6: Massenproduktion von Compound bei der Ensinger Compounds GmbH in Nufringen

Leistungsanstieg bis etwa 80 Betriebsstunden sowie einige durch Laborausfälle erzeugte Spannungsspitzen und Einbrüche sichtbar. Insbesondere im Bereich des Einfahrens der Zelle (bis ca. 40 h) ist es aufgrund eines defekten Netzteils zu Betrieb mit einem zeitweisen OCV (open circuit voltage) gekommen. Deutlich sichtbar ist auch ein durch einen Laborausfall resultierender teilweise reversibler Spannungsabfall (~ bei 410 h).

Parallel dazu wurde ein siebenzelliger HT-PEM-Stack aus den spritzgegossenen PPS-Bipolarplatten aufgebaut und im Teststand vermessen. Im folgenden Diagramm sind die ermittelten Strom-Spannungskurven vergleichend zu den Messwerten eines Stacks mit kommerziellen Phenolharz-Bipolarplatten aufgetragen (s. Abb. 5). Die U-I-Kennlinien liegen auf einem nahezu identischen Niveau und es zeigte sich auch bei hohen Stromdichten von bis zu 680 mA/cm² keine unzulässige Systemserwärmung. Das entwickelte PPS-Spritzgieß-Compound konnte somit auch innerhalb dieses Tests seine Leistungsfähigkeit als Bipolarplattenmaterial für die HT-PEM gegenüber etablierten Phenolharz-Bipolarplatten beweisen.

Abschließend lässt sich festhalten, dass es zwar anspruchsvoll ist, PPS-Compounds herzustellen und spritzgießtechnisch zu Bipolarplatten zu verarbeiten. Es ist aber generell möglich und wird mittlerweile auch kommerziell umgesetzt. So können Compounds zum Beispiel über die Ensinger Compounds GmbH und Bipolarplatten über namhafte Hersteller in Deutschland bezogen werden. Die Vorteile der Serienfertigung liegen auf der Hand und bieten das Potenzial einer erheblichen Kostensenkung für den Wiederholartikel „Bipolarplatte“. Aber gerade die neueren Erkenntnisse hinsichtlich der chemischen Stabilität und der guten Beständigkeit gegenüber Phosphorsäure auch bei hohen Temperaturen prädestiniert den Werkstoff PPS-Compound für die zukünftige Verwendung in Hochtemperatur-PEM-Brennstoffzellen-Stacks. ||

Die Autoren danken den Firmen Wilhelm Eisenhuth GmbH und Elcore GmbH für die Unterstützung mit Ergebnissen für diesen Beitrag.

- [1] Mit freundlicher Genehmigung der Fa. Wilhelm Eisenhuth GmbH
- [2] Mit freundlicher Genehmigung der Fa. Elcore GmbH
- [3] BMWi, IGF-Vorhaben 16041 N
- [4] BMWi, IGF-Vorhaben 455 ZN

Autoren:

Dr.-Ing. Thorsten Derieth
→ t.derieth@zbt-duisburg.de

Marco Grundler
→ M.Grundler@zbt-duisburg.de

beide Zentrum für BrennstoffzellenTechnik ZBT GmbH, Duisburg

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

HEM STATT PEM

Wie es gelingen könnte, Platin zu ersetzen

Platin ist ein edles Metall. Wegen seiner besonderen Eigenschaften ist es in der Elektrochemie sehr beliebt: Es wirkt katalytisch, ist aber gleichzeitig resistent gegenüber aggressiven Medien. Allein diese Vorzüge rechtfertigen schon einen entsprechend hohen Materialpreis, insbesondere da es nicht allzu viel Platin auf der Erde gibt. Welche Rolle spielt Platin aber nun in der Brennstoffzelle? Ist dieses Edelmetall allein dafür verantwortlich, dass BZ-Autos auch nach etlichen Jahren Entwicklungszeit immer noch nicht bezahlbar sind? Seit Anfang 2014 eine Studie von Roland Berger Strategy Consulting veröffentlicht wurde, ist darüber eine heiße Debatte losgebrochen. Gleichzeitig bringen sich mögliche Alternativtechniken in Stellung.

Kaum war die neue Studie erschienen, wimmelte es in den Medien von Negativschlagzeilen in Bezug auf die Brennstoffzellentechnik. Meist wurden jedoch leicht verkürzt lediglich die Hauptthesen dieser Betrachtung wiederholt. Sehr viel ausführlicher haben sich Prof. Dr. K. Andreas Friedrich und Dr. Jens Mitzel für die *HZwei* dieses Themas angenommen (s. S. 32).

Der Deutsche Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband (DWV) betonte in diesem Zusammenhang, Platin sei „nicht schuldig im Sinne der Anklage“. Konkret hieß es in einer Pressemeldung vom 23. Januar 2014: „Da dieses Edelmetall teuer ist (aktuell ca. 34 €/g), steht es im Verdacht, maßgeblich zum derzeit noch hohen Preis von Brennstoffzellenautos beizutragen.“ Diese Kritik von Roland Berger will der DWV jedoch so nicht gelten lassen. Der Verband sieht die Hauptschuld nicht allein beim Platin und erklärte: „In einer Brennstoffzelle stecken noch zahlreiche andere High-Tech-Materialien, angefangen bei den Membranen bis zu den Bipolarplatten. Alle diese Komponenten werden erst

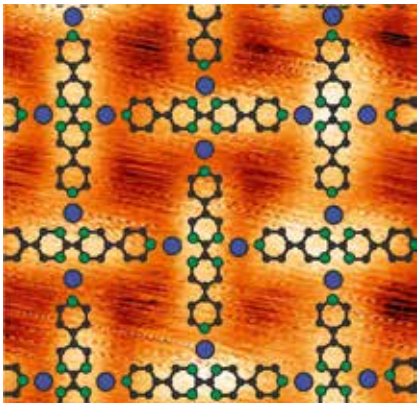


Abb. 1: Eisenatome (blau) und organische Moleküle (grün, schwarz) auf der Goldunterlage [© Grumelli et al., Nat. Comm. 2013]

durch die Massenfertigung deutlich billiger werden." Weiter heißt es von Verbandsseite, dass die Kosten zwar tatsächlich noch weiter sinken müssten, was kein einfacher Prozess sei, „aber am Platin wird er gewiss nicht scheitern".

HYDROXIDE EXCHANGE MEMBRANE Die Liste der Aspiranten, die gerne die katalytische Aufgabe von Platin in der Brennstoffzelle übernehmen möchten, ist lang. Im Juli 2013 hieß es beispielsweise, Wissenschaftler der University of Wisconsin-Madison hätten eine Alternative gefunden, bei der kommerziell erhältliches Molybdändisulfid anstelle von Platin eingesetzt wird. Nur einen Monat später hieß es auch aus Chemnitz, dass das Ziel einer platinfreien Brennstoffzelle näher gerückt sei. Dort vermeldeten Wissenschaftler von OH Energy, dem Fraunhofer ICT, dem Leibniz-Institut für Polymerforschung sowie der University of Delaware erstmals Zahlen zu ihrem deutsch-amerikanischen Kooperationsprojekt, bei dem es darum geht, die Kosten für Brennstoffzellen um bis zu 75 Prozent zu senken. Prof. Yushan Yan von der University of Delaware erklärte: „Durch unsere ermutigenden ersten Ergebnisse bei den Brennstoffzellen und unsere Erfahrung mit platinfreien Katalysatoren können wir mit ziemlicher Exaktheit voraussagen, dass unsere Bestrebungen zu einer Höchstleistungsdichte von 600 mW/cm² führen, und zwar ohne die Verwendung von Platin." Das Kernelement dieser Forschungsarbeit ist eine sogenannte Hydroxid-Austausch-Membran (engl. hydroxide exchange membrane, HEM). Diese dünne, ionenleitende Polymerfolie ermöglicht die Verwendung von allgemein verfügbaren Katalysatoren wie Silber und Nickel.

Weitere Arbeiten zur Kostenreduktion erfolgen im Rahmen eines groß angelegten EU-Forschungsprojektes, an dem sich neben Johnson Matthey und Solvay auch die Hochschule Esslingen sowie zehn weitere europäische Partner beteiligen. Wie Renate Hiesgen, Expertin für Rasterkraftmikroskopie in Esslingen, erklärte, geht es bei *IMPACT* (Improved Lifetime of Automotive Application Fuel Cells with Ultra-Low Pt Loading) allerdings nicht um die Substitution von Platin, sondern um die Reduzierung des eingesetzten Katalysatormaterials.

NATÜRLICHE REDUKTION Kurz vor dem Jahresende, am 12. Dezember 2013, meldete das Max-Planck-Institut für Festkörperforschung in Stuttgart, ein Forschungs-Team habe sich „von der Natur inspirieren lassen und einen alternativen Katalysator entwickelt", der aus organischen Molekülen sowie Eisen beziehungsweise Mangan auf einer Metallunterlage besteht. Konkret betrachten Klaus Kern und Doris Grumelli hierbei die Kathodenseite, auf der Sauerstoff zwei Elektronen aufnimmt (Reduktion) und mit dem H-Ion zu Wasser reagiert. In der Natur findet solch eine Sauerstoffreduktion beispielsweise bei Enzymen statt, die Metalle wie Eisen und Mangan enthalten. Organische Moleküle, die mit solch einem Enzym verbunden sind, halten dann die Eisen- und Manganatome fest, so dass Sauerstoff daran andocken und reduziert werden kann. Sich dies als Vorbild nehmend, brachten die Wissenschaftler Eisen- und Manganatome zusammen mit organischen Molekülen auf eine Goldunterlage auf und stellten dabei fest, dass sich ein Netzwerkmuster bildete (s. Abb. 1), das über eine starke katalytische Wirkung verfügt.

Im Februar 2014 kamen noch neue Meldungen aus den USA hinzu, dass Forscher der University of Arkansas eine Besonderheit von Platin entdeckt haben: Das von Peng Xu geleitete Team fand heraus, dass Nanopartikel dieses Edelmetalls automatisch ihre eigene Größe verringern und sich in bestimmten Mustern anordnen, wenn sie an freies Graphen gebunden werden, dass ihre katalytische Wirkung dadurch aber nicht eingeschränkt wird. Normalerweise lagert sich Platin in diffuser Ordnung an einer festen Oberfläche an, wodurch seine Reaktivität reduziert wird. Bei freistehendem Graphen hingegen beobachteten die Wissenschaftler ein gänzlich unübliches Verhalten. Physik-Professor Paul Thibado sagte: „Was wir fanden, war sehr überraschend, sehr speziell. [...] Normalerweise umschließt Graphen das Material, mit dem es sich verbindet. In diesem Fall, bei der Verbindung mit Platin, war es völlig anders, mehr pyramidenförmig." Diese andersartige Anordnung bewirkte, dass für die gleiche katalytische Wirkung 80 % weniger Material benötigt wurde.

Potentielle Alternativen gibt es also genug, aber egal, wo man auch hinschaut, all diese Arbeiten stecken noch im Forschungsstadium. ||

Foto: Tim, fotolia.com

Thema: Entwicklung | **Autoren:** Jens Mitzel, Andreas Friedrich

KEINE ZUKUNFT FÜR BRENNSTOFFZELLEN-FAHRZEUGE?

Eine Antwort auf die Roland-Berger-Studie

Die Studie von Roland Berger Strategy Consulting „Fuel Cells – A realistic alternative for zero emission?“ hat im Dezember 2013 die Wirtschaftlichkeit von brennstoffzellenbasierten Elektrofahrzeugen (FCEVs) im Hinblick auf die Markteinführung in den kommenden Jahren im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor (CEVs) untersucht. In dieser Studie wurde die Zukunftsfähigkeit von Systemen mit Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzelle (PEMFC) in den Jahren 2020 und 2025 untersucht und bewertet. In dieser Studie wird postuliert, dass die Kosten der Membranelektrodeneinheit (MEA) ein Schlüsselfaktor für deren Wirtschaftlichkeit sind, wobei eben diese Kosten im Wesentlichen von dem hohen Materialpreis für die Ionomermembran und den Katalysator Platin bestimmt werden. Aufgrund dieser hohen Materialpreise stellt die Studie die Wirtschaftlichkeit und somit die Erfolgsaussichten einer zukünftigen Markteinführung von FCEVs grundsätzlich in Frage. In der Studie wurden jedoch einige wichtige Aspekte, vor allem in Bezug auf die Platinmenge pro Fahrzeug, die Recyclingfähigkeit der Materialien sowie alternative PEMFC-Materialien, nicht ausreichend beachtet. Diese sind aber für eine Bewertung mitentscheidend und sollen in diesem Artikel näher erläutert werden.

PLANTINBEDARF VERSCHIEDENER ANTRIEBSSYSTEME

Ein großer Vorteil von Brennstoffzellensystemen als Antriebselement in Fahrzeugen ist ihre emissionsfreie Betriebsweise, die nicht nur die globale Kohlenstoffdioxidemission (CO_2) senkt, sondern auch in Ballungszentren die Entstehung von Smog vermeidet und somit die Gesundheit und Lebensqualität der Bewohner beeinflusst. Eine Vermeidung von CO_2-Emissionen ist bei der Verwendung von Verbrennungsmotoren nie zu erreichen, und es muss ein hoher Aufwand betrieben werden, um andere schädliche Emissionen wie Stickoxide, nicht umgesetzte Kohlenwasserstoffe und Kohlenstoffmonoxid zu verringern. Um dies zu erreichen, wird in den Abgaskatalysatoren ein hoher Gehalt an Edelmetallen (PGMs) benötigt. Hierbei kommen abhängig vom Motorentyp Platin (45 €/g), Palladium (24 €/g) und Rhodium (35 €/g) zum Einsatz[1]. Deren Verwendung in Abgaskatalysatoren deckt dabei 56 Prozent des gesamten weltweiten Bedarfs an diesen PGMs[2]. Während es bei Katalysatoren von benzinbetriebenen Fahrzeugen gelungen ist, einen großen Teil des Platins durch das günstigere Palladium zu ersetzen, bestehen die heute üblichen Katalysatoren in Dieselfahrzeugen noch immer zum größten Teil aus Platin.

In benzinbetriebenen Fahrzeugen beträgt die mittlere Zusammensetzung[2] ungefähr $Pt_1Pd_8Rh_1$. Die PGM-Menge in einem Fahrzeug ist hierbei sehr stark vom Hubraum abhängig und reicht von 1 g in Kleinstfahrzeugen bis hin zu 15 g in sehr stark motorisierten Fahrzeugen. Der weltweite Mittelwert liegt bei ungefähr 4 bis 5 g pro Fahrzeug[3]. Hingegen beträgt die Zusammensetzung[2] in Dieselfahrzeugen ungefähr Pt_4Pd_1 bei einer Katalysatormenge von 5 bis 10 g und einem weltweiten Mittel von 5,5 g pro Fahrzeug[3-5]. Bei Dieselfahrzeugen, die die Euro-6-Norm erfüllen, wird dieser Wert bei etwa 10 g liegen. Gerade hierbei ist zu erkennen, dass die benötigte Katalysatormenge zur Abgasreinigung dem Katalysatorbedarf in FCEVs, wie sie in der Studie von Roland Berger bestimmt wurde (abhängig vom Szenario 10 bzw. 16 g pro Fahrzeug), nahe kommt.

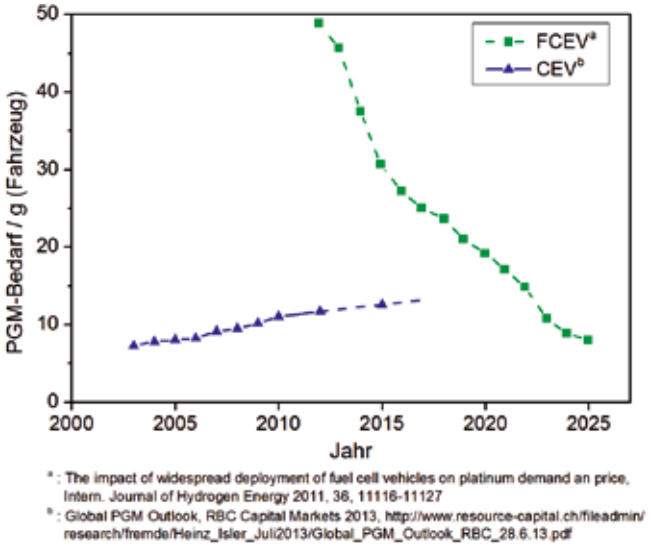


Abb. 1: Erwartete Entwicklung im PGM-Bedarf pro Fahrzeug für CEV und FCEV

Bei der Betrachtung der Kosten für die jeweiligen Katalysatoren betragen diese im Mittel für Benzinfahrzeuge 120 bis 130 €/Fahrzeug, für Dieselfahrzeuge 220 bis 260 €/Fahrzeug und für FCEVs ungefähr 400 bis 460 €/Fahrzeug. Aufgrund der weltweit immer strenger werdenden Abgasrichtlinien ist hierbei zu erwarten, dass der Bedarf in CEVs tendenziell weiter zunimmt (Abb. 1). So werden die Richtlinien in Europa durch Euro 6 in 2014, in China durch Euro 5 in 2015 und in Indien durch BS-IV in 2015 weltweit noch einmal deutlich verschärft[6,7]. Ein solcher Anstieg im PGM-Bedarf ist aufgrund des emissionsfreien Antriebs bei FCEVs nicht vorhanden. Stattdessen sinkt die PGM-Beladung hier sukzessive. Es ist also zu erwarten, dass sich der PGM-Bedarf in FCEVs und CEVs weiter annähert. Die Argumentation, FCEVs hätten aufgrund der hohen Platinkosten geringe Zukunftsaussichten, erscheint somit nicht gerechtfertigt.

Untersuchungen zur PGM-Verfügbarkeit und Umweltverträglichkeit der PGM-Förderung kommen zu dem Schluss, dass ausreichende Lagerstätten im Bereich des Bush-veld-Komplexes in Südafrika, in Zimbabwe, in Russland, in den USA und in Kanada vorhanden sind und eine weitere Erhöhung der Förderrate, die historisch kontinuierlich ansteigend war, mit der zunehmenden Nachfrage höchst wahrscheinlich ist. Als größter Umweltfaktor wird die Wassernutzung in ariden Gegenden angegeben[8].

RECYCLING VON PEMFC-KOMPONENTEN Das in PEMFCs verwendete Platin wird im Betrieb – wie bei Katalysatoren üblich – nicht verbraucht, und es kommt über die Lebensdauer eines Stacks nur zu einem sehr geringen Verlust die-

Abkürzungsverzeichnis:

CEV:	Fahrzeug mit Verbrennungsmotor (combustion engine vehicle)
FCEV:	Brennstoffzellenbasiertes Elektrofahrzeug (fuel cell electric vehicle)
KW:	Kohlenwasserstoff
MEA:	Membranelektrodeneinheit (membrane electrode assembly)
PEM:	Polymerelektrolytmembran (polymer electrolyte membrane)
PEMFC:	Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzelle (polymer electrolyte membrane fuel cell)
PFSA:	Perfluorsulfonsäure (perfluorsulfonic acid)
PGM:	Edelmetall (platinum group metal)
SPEEK:	sulfoniertes Poly(Ether-Ether-Keton)
SPI:	sulfoniertes Polyimid
SPP:	sulfoniertes Polyphenylen
SPSf:	sulfoniertes Polysulfon

ses aktiven Materials. Im Gegensatz zu Abgaskatalysatoren kommt es hier nicht zu einem massiven Gewichtsverlust des Katalysators, indem dieser mit den heißen Abgasen aus dem System ausgetragen wird. Zwar kommt es auch hier zu einer Verringerung der katalytischen Aktivität über die Zeit, diese ist aber im Wesentlichen durch die Verringerung der Katalysatoroberfläche durch Partikelwachstum, Partikelagglomeration und Wanderung von Pt-Ionen zu inaktiven Stellen in der Membran bedingt[9]. Somit ist es nach Beendigung des Lebenszyklus eines PEMFC-Stacks möglich, das eingesetzte Platin nahezu vollständig zu recyceln. Hierbei werden beispielsweise von der BASF durch neue Verfahren Recyclingraten von über 98 % erreicht[10].

Neben den verwendeten PGM-Katalysatoren ist es auch möglich, das PEM-Material, das ebenfalls einen deutlichen Anteil am PEMFC-Preis einnimmt, zu recyceln. So wurde von Ion Power ein Verfahren vorgestellt, durch das eine nahezu vollständige Wiederverwertung des Ionomermaterials erreicht werden kann. Des Weiteren wurde hier gezeigt, dass bei MEAs aus diesem recycelten Material die gleiche MEA-Leistungsfähigkeit erreicht werden kann, wie dies bei neuen Membranen der Fall ist[11].

Hingegen kommt es in Abgasreinigungskatalysatoren von CEVs zu einem deutlichen Verlust des teuren Katalysatormaterials mit den ausströmenden, heißen Abgasen und somit zu einer Freisetzung von feinverteilten Katalysatorpartikeln in die Umwelt. Die Recyclingrate ist regional sehr verschieden und lag global in den Jahren 2011 und 2012 bei 50 bis 60 %[3,12]. Dies wird zum einen durch den erwähnten Katalysatorverlust und zum anderen durch eine nicht effiziente Rückführung von gebrauchten Katalysatoreinheiten sowie den Export von Gebrauchtwagen in Länder mit einem unzureichenden Recyclingsystem verursacht. Die geringe Rückführung solcher Einheiten ist auf deren geringen Preis zurückzuführen, während dies bei hochpreisigen Komponenten, wie Antriebseinheiten auf PEMFC-Basis, nicht zu erwarten ist.

Neben dem rein wirtschaftlichen Aspekt des Katalysatorverlustes wird in den letzten Jahren auch die Auswirkung auf Mensch und Umwelt diskutiert, da die Emission von feinsten PGM-Partikeln, vor allem aus Dieselfahrzeugen, deutlich zugenommen hat. Die ökologischen Auswirkungen dieser Emissionen sind weitestgehend ungeklärt[13]. Auch dieser Ausstoß wird mit zunehmendem PGM-Gehalt in Abgaskatalysatoren steigen.

Die Aspekte des Platinrecyclings und dessen Auswirkungen auf die Verfügbarkeit und den Preis des Katalysatormaterials in PEMFCs werden in der vorgestellten Studie nicht beachtet. Sie haben aber, neben der Vermeidung von PGM- und Abgas-Emissionen, ebenfalls einen deutlichen Einfluss auf die Zukunftsfähigkeit von FCEVs.

ALTERNATIVE PEMFC-MATERIALIEN In der von Roland Berger vorgestellten Studie beschränken sich die Autoren ausschließlich auf die Kostenanalyse von MEAs auf Basis von Perfluorsulfonsäuren (PFSA). Dieses perfluorierte Membranmaterial ist heute das Standardmaterial in Brennstoffzellensystemen, es ist jedoch nicht alternativlos. Wie in der Studie gezeigt wurde, ist die Synthese dieses Materials mit erheblichem Aufwand und hohen Kosten verbunden und wird nur von sehr wenigen Herstellern durchgeführt. Gerade dieser hohe Preis ist seit Jahren die Triebkraft für die intensive Entwicklung von sogenannten Hydrocarbon-Membranen.

Im Gegensatz zu PFSA bestehen Hydrocarbons nicht aus einem perfluorierten Backbone und können so ohne die Verwendung von fluorhaltigen Precursoren hergestellt werden. Um dennoch eine ausreichende chemische und elektrochemische Beständigkeit im Brennstoffzellenbetrieb zu gewährleisten, besitzen diese alternativen Membranmaterialien ein aromatisches Backbone. Analog zu PFSA-Membranen wird auch hier die Protonenleitung durch die Verwendung sulfonierter Seitenketten oder auch einer Sulfonierung der Backbones selbst gewährleistet. Einige dieser Materialien werden in reiner Form, als Copolymere oder Polymerblends bereits von verschiedenen MEA-Herstellern sowie in Demonstrationsfahrzeugen verwendet (Honda)[14]. Die Hydrocarbon-Materialien mit den höchsten resultierenden >>

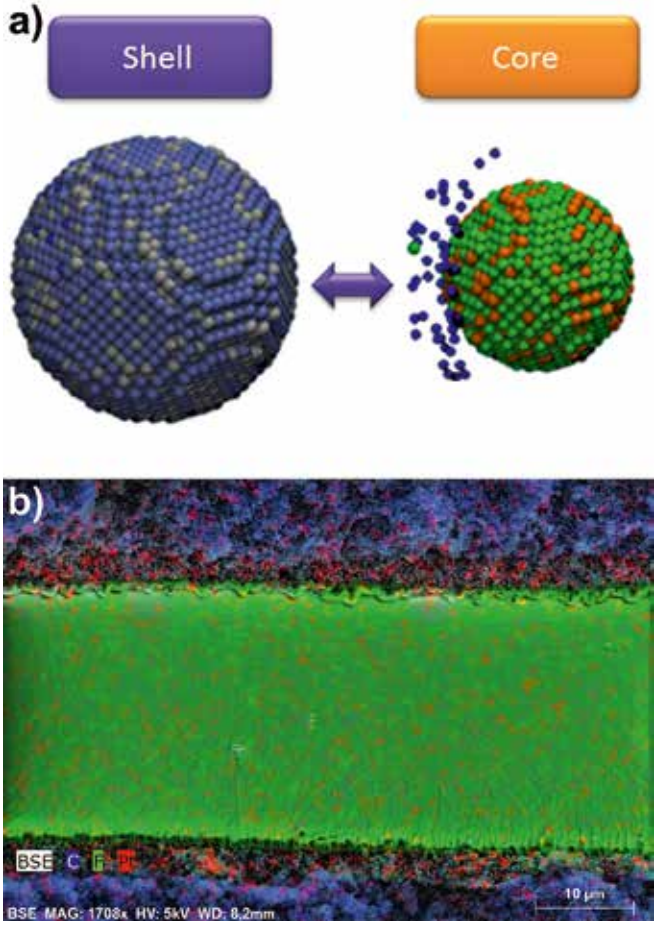


Abb. 2: (a) Aufbau eines Core-Shell-Partikels (Reprinted from [20] with permission from Elsevier) und b) Ultra-Low-Loading-MEA von UNED/DLR[21] (0,02 mg-Pt/cm²)

Leistungsfähigkeiten in der PEMFC stellen dabei die sulfonierten Formen von Polyphenylen (SPP), Polyetheretherketon (SPEEK), Polyimid (SPI) und Polysulfon (SPSf) dar[15,16].

Bezüglich der eingesetzten Katalysatormaterialien beschränkt sich die Studie auf die Verwendung von rußgeträgertem Platin. Für eine ausreichende Leistungsfähigkeit kann Platin voraussichtlich nicht vollständig vermieden werden, aber durch die Verwendung neuer Katalysatorstrukturen sowie Legierungskatalysatoren ist eine weitere Kostenverringerung durch gesteigerte Aktivität und verringerte PGM-Beladung zu erwarten. Bezüglich der Katalysatorstrukturen zeigen beispielsweise Core-Shell-Partikel und nanostrukturierte Dünnschichtkatalysatoren eine deutlich verbesserte spezifische Aktivität bezüglich der Sauerstoffreduktion, welche die benötigte Katalysatorbeladung in PEMFCs wesentlich bestimmt[17]. Bei der Verwendung von Legierungskatalysatoren kann ähnlich wie bei der Entwicklung von Abgaskatalysatoren in CEVs ein Teil des Platins durch kostengünstigere Elemente ersetzt werden. Hierbei zeigen beispielsweise binäre, ternäre und quaternäre Legierungen aus Platin, Palladium, Cobalt und Eisen eine verbesserte Aktivität und eine deutliche Verringerung der Kosten, was vor allem bei Verwendung der unedlen Metalle Cobalt und Eisen leicht ersichtlich ist[18,19].

Durch die Verwendung dieser Materialien für Membran und Katalysator ist es somit möglich, die Kosten unter Gewährleistung der MEA-Leistungsfähigkeit weiter zu verringern, was die Zukunftsaussichten von FCEVs weiter verbessert und daher ebenfalls beachtet werden muss.

ZUSAMMENFASSUNG Nach unserer Meinung werden in der Studie von Roland Berger Strategy Consulting einige wichtige Aspekte bei der Betrachtung der Zukunftsfähigkeit von FCEVs nicht ausreichend beachtet. So wird zwar die benötigte Platinmenge pro FCEV herausgestellt. Es wird jedoch nicht beachtet, dass auch in CEVs ein hoher PGM-Gehalt für die Abgasreinigung notwendig ist. Dieser wird in den kommenden Jahren aufgrund strengerer Abgasnormen voraussichtlich weiter steigen, was zu einer weiteren Annäherung des PGM-Bedarfs in FCEVs und CEVs führen wird. Des Weiteren sind die zu erwartenden Recyclingraten für die verwendeten Membran- sowie Katalysatormaterialien in PEMFC-Systemen deutlich höher als im Falle von Abgasreinigungskatalysatoren von CEVs.

Ebenfalls findet sich die Entwicklung von kostengünstigen Hydrocarbon-Membranen als PEM-Material nicht in der Studie wieder. Auch die Einführung neuer Katalysatorstrukturen wie Core-Shell-Partikel und nanostrukturierte Dünnschichtkatalysatoren sowie die Entwicklung von platinarmen Legierungskatalysatoren bleiben in der Studie unbeachtet.

Alle diese Aspekte müssen nach unserer Meinung zwingend bei einer Bewertung von FCEVs berücksichtigt werden, da sie zum einen zu einer weiteren Kostenverringerung von PEMFC-Systemen führen und zum anderen den geführten Vergleich zwischen FCEVs und CEVs deutlich beeinflussen. Bezieht man diese Aspekte in die Beurteilung der Zukunftsfähigkeit von FCEVs mit ein, fällt diese deutlich positiver aus, als dies in der Studie dargestellt wird. Zweifellos sind für eine Markteinführung von FCEVs mit ökonomischer Konkurrenzfähigkeit zu CEVs noch viele Hindernisse zu überwinden und es bedarf einer Vielzahl an Weiterentwicklungen. Aber diese Systeme stellen noch immer eine der vielversprechendsten Möglichkeiten zur emissionsfreien Elektromobilität mit ausreichender Fahrzeugreichweite dar. ||

[1] Edelmetallpreise nach www.boerse.de am 24.02.2014
[2] Platinum 2013 – The components of autocatalyst demand, Johnson Matthey, Platinum Metals Review 2013, 57, (3), 215 www.platinum.matthey.com
[3] PGM loading and recycling rates in autocatalysts, www. platinummetalreview.com
[4] Exhaustive demand for emission catalysts, Fidelity Worldwide Investment 2011
[5] Cheaper catalyst cleans diesel-car fumes, Nature, doi:10.1038/news.2010.151
[6] Palladium Fundamentals, Stillwater Mining Company 2012
[7] Trends in Automotive Exhaust Aftertreatment and their Impact on Future PGM Demand, F. Rohr, Umicore, Precious Metals Conference 2012
[8] The environmental costs of PGM mining and sustainability, B.J. Glaister et al., Minerals Engineering 2010, 23, 438-450
[9] A review of PEM fuel cell durability, J. Wu et al., Journal of Power Sources 184 (2008) 104-119
[10] PGM Recycling Technology Development, L. Shore, BASF Catalyst LLC, DoE Hydrogen Program Review 2008
[11] Platinum Recycling Technology Development, S. Grot, W. Grot, Ion Power Inc., DoE Hydrogen Program Review 2008
[12] Recycling the PGM: A European Perspective, C. Hagelüken, Umicore AG, Platinum Metals Review 2012, 56, (1), 29-35
[13] Katalysatoren in Kraftfahrzeugen – Freund oder Feind für Umwelt und Gesundheit, U. Koller, GSF, 2004
[14] Development of Aromatic PEM with High Conductivity and Durability for Fuel Cell, K. Goto et al., Polymer Journal 2009, 41, 2, 95-104
[15] Cost effective cation exchange membranes, R.S.L. Yee et al., Chemical Engineering Research and Design, 2012, 90, (7), 950-959
[16] US DOE Progress Towards Developing Low-Cost, High Performance, Durable PEMs, C. Houchins et al., Membranes 2012, 2, 855-878
[17] Electrocatalyst approach and challenges for automotive fuel cells, K. Debe, Nature 2012, 486, 43-51
[18] Activity benchmarks and requirements for Pt, Pt-alloy, and non-Pt oxygen reduction catalysts for PEMFCs, H.A. Gasteiger et al., Applied Catalysis 2005, 56, (1–2), 9-35
[19] Low-platinum and platinum-free catalysts for the oxygen reduction reaction at fuel cell cathodes, A. Morozan, Energy Environ. Sci. 2011, 4, 1238-1254
[20] Dealloying of platinum-based alloy catalysts, R. Callejas-Tovar et al., Electrochimica Acta 2013, 101, 326-333
[21] Peak utilization of catalyst with ultra-low loaded PEMFC electrodes prepared by the electrospray method, S. Martin et al., Journal of Power Sources 2013, 229, 179-184

Autoren:

Dr. Jens Mitzel
→ Jens.Mitzel@dlr.de

Prof. Dr. K. Andreas Friedrich
→ Andreas.Friedrich@dlr.de

beide vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Institut für Technische Thermodynamik
Elektrochemische Energietechnik

Thema: Entwicklung | **Autoren:** Mark Andreas Bader, Thomas Hübert

SICHERE NUTZUNG VON WASSERSTOFF

H2Sense – Kostengünstige und zuverlässige Sensoren

Abb. 1: Beispiel 1 eines H_2-Sensors

Wasserstoff ist ein farb- und geruchloses, für Mensch und Umwelt ungiftiges Gas, das heute in großen Mengen industriell hergestellt und genutzt wird. Es ist allerdings brennbar und kann ab einer Konzentration von mehr als 4 Vol.-% in der Luft leicht entzündet werden. Bereiche und Prozesse, in denen Wasserstoff hergestellt, transportiert oder verwendet wird, müssen somit überwacht und kontrolliert werden, um die Sicherheit zu gewährleisten und Gefahren zu minimieren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine Odorierung zur Anzeige von Leckagen wie bei Erd- oder Flüssiggas für viele Anwendungen, wie zum Beispiel in Brennstoffzellen, wegen der Reinheitsanforderungen kaum möglich ist. Umso mehr ist der Einsatz von Sensoren von Bedeutung, die beim Umgang mit Wasserstoff entscheidend zur Sicherheit beitragen können. Sensoren werden daher bei der Raumluftüberwachung, der Lecksuche oder direkt in der Prozesssteuerung eingesetzt.

Mit dem Begriff „Sensor“ werden in der Praxis unterschiedliche elektrische Bauteile bezeichnet: Diese Bauteile bestehen in der Regel aus dem Sensorelement, das auf die Änderung chemischer oder physikalischer Eigenschaften in der Umgebung reagiert, und einer sensornahen Elektronik, welche das gewonnene elektrische Signal weiterverarbeitet und ausgibt. Sensoren können aber auch Apparate, Geräte und Messsysteme mit komplexer Signalverarbeitung und Ergebnisanzeige darstellen. Allen gemeinsam sollte sein, dass sie letztlich mindestens ein elektrisches Signal liefern, eine miniaturisierte Bauform besitzen und kostengünstig hergestellt werden können.

Sensoren zur Bestimmung der Wasserstoffkonzentration in Gasen machen sich unterschiedliche Technologien zunutze [1]. Sie basieren wahlweise auf der katalytischen Verbrennung von Wasserstoff, auf elektrochemischen Reaktionen oder der unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeit von Gasen. Sensoren nutzen die Änderung der elektrischen Eigenschaften von Halbleiter-Bauelementen und Feldeffekttransistoren oder der optischen Eigenschaften in Wechselwirkung mit Wasserstoff. Sie werden durch zahlreiche Hersteller und Lieferanten kommerziell angeboten und in vielen Bereichen, zum Beispiel in der chemischen Industrie oder der Energieerzeugung bei der Herstellung, dem Transport, der Speicherung und Verwendung von Wasserstoff, eingesetzt. In zunehmendem Maße werden zukünftig Anwendungen bei stationären, transportablen und mobilen Brennstoffzellen hinzukommen. Wasserstoffsensoren können bei entsprechender Zertifizierung im Rahmen von ATEX und SIL-Normen auch in explosionsgefährdeten Atmosphären zuverlässig eingesetzt werden.

Mit dem verstärkten Einsatz von Wasserstoff als Energieträger und Brennstoff auch für die individuelle Nutzung in Verkehr und Haushalt steigen die Anforderungen an die Gewährleistung der Sicherheit. Sensoren können hierbei einen starken Beitrag zur technischen Sicherheit leisten, indem sie gefährliche Situationen zuverlässig anzeigen, verhindern beziehungsweise sogar ausschließen. Allerdings müssen die Wasserstoffsensoren hierfür geeignet sein, die entsprechenden Anforderungen an ihre Leistungsfähigkeit in hoher Qualität erfüllen und zum Beispiel schnell und >>

H2SENSE

Zum Projektkonsortium *H2Sense* haben sich zusammengeschlossen: die BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung als Koordinator, das Joint Research Center der Europäischen Kommission, das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg sowie die Unternehmen AppliedSensor, Reutlingen, UST Umweltsensortechnik, Geschwenda und Sensitron, Cornaredo, Italien. Das Projekt wird finanziell unterstützt durch das Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU), eine öffentlich-private Partnerschaft unter Beteiligung der Europäischen Kommission. Um den Austausch von Wissen, Erfahrungen und Know-how zu erweitern, arbeitet man erstmals bei einem FCH-JU-geförderten Projekt auch mit dem amerikanischen National Renewable Energy Laboratory (NREL) zusammen.

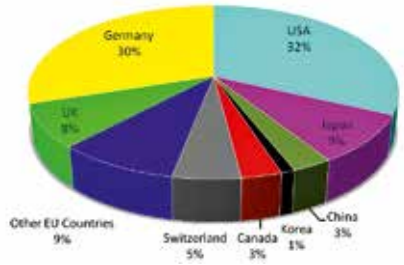


Abb. 2: Herkunftsländer der analysierten Sensoren ...

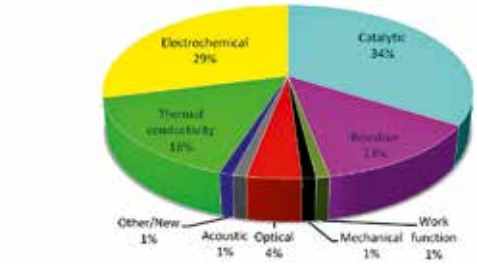


Abb. 3: ... und deren eingesetzte Technologie

sensibel reagieren. Dafür ist es nötig, die Leistungsparameter kommerzieller Sensoren zu kennen und gegebenenfalls neue Anforderungen für neue spezifische Anwendungen zu definieren.

EUROPÄISCH-AMERIKANISCHE KOOPERATION Diesem Anliegen widmet sich das europäische Forschungsverbundprojekt mit dem Titel „H2Sense – Kostengünstige und zuverlässige Sensoren zur Unterstützung der sicheren Nutzung von Wasserstoff“ [2]. Die Ziele dieses Projekts sind:

- Marktanalyse kommerzieller und sich für den Einsatz in naher Zukunft abzeichnender Sensortechnologien
- Validierung der Leistungsmerkmale kommerzieller Wasserstoffsensoren in unabhängigen Labortests
- Identifikation neuer Einsatzbereiche von Wasserstoffsensoren
- Bestimmung der Anforderungen an Wasserstoffsensoren in neuen Anwendungen
- Analyse des Standes der Normung und Standardisierung und des Bedarfes an Ergänzungen
- Erstellen eines Leitfadens zur effektiven und sicheren Anwendung von Wasserstoffsensoren
- Abbau von Hindernissen der Kommerzialisierung von Wasserstoffsensoren

Im ersten Schritt legte das Projektkonsortium erste Ergebnisse einer Marktanalyse zu Sensorherstellern und den angebotenen Sensoren vor. Darin wurden weltweit mehr als 90 Produzenten identifiziert, die insgesamt rund 400 Produkte aus dem Bereich Wasserstoffsensorik anbieten. Die Übersicht gibt Auskunft über die Herkunftsländer der Hersteller und die Technologien, auf denen die Sensoren basieren (s. Abb. 2 & 3). So wurde beispielsweise aufgezeigt, dass katalytische und elektrochemische Sensoren sowie wärmeleitfähigkeits- und widerstandsbasierte Sensoren derzeit am weitesten verbreitet sind. Außerdem werden die Detektionsbereiche angegeben und es wird auf die vorhandenen Zulassungen und Zertifikate hingewiesen.

Dabei bleibt die Entwicklung neuer Wasserstoffsensoren nicht stehen. Es werden zum Beispiel neue Sensoren mit verbesserten Leistungsparametern angeboten, in denen zwei Sensortechnologien fusionieren. Dadurch wird nicht nur ein größerer Messbereich der Wasserstoffkonzentration erfasst, sondern es werden auch durch eine gewisse Redundanz der Messung die Genauigkeit, Selektivität und Zuverlässigkeit erhöht [3]. Die Sensoren liefern ein elektrisches Standardsignal, haben eine Bus-Schnittstelle oder eine Ergebnisanzeige. Beispiele dieser Sensoren, die auch für den Einsatz in explosionsgefährdeten Atmosphären zertifiziert sind, zeigen die Abbildungen 1 und 4.

Die umfangreiche Forschung für neue Wasserstoffsensoren, welche sich unter anderem in etwa 400 Publikationen in referierten Zeitschriften in den letzten drei Jahren niederschlägt, sucht nach neuen, meist nanoskalierten Sensormaterialien und optimiert elektronische und optische Bauelemente sowie Fertigungstechnologien, um unter anderem die Empfindlichkeit und Selektivität von Sensoren zu erhöhen oder den Energieverbrauch zum Beispiel durch Betrieb bei Raumtemperatur noch weiter abzusenken.

VON DER RADIOLYSE BIS ZUR ELEKTROLYSE Die Evaluierung der Einsatzbereiche von Wasserstoffsensoren zeigt, dass diese vor allem in der Petrochemie Anwendung finden, gefolgt von der Überwachung von Leistungstransformatoren und Generatoren mit Wasserstoffkühlung, von Batterieräumen für die Notstromversorgung (z. B. in Krankenhäusern) und der Sicherheit in Kernkraftwerken (z. B. Radiolyse und Thermolyse von Wasser). Weiterhin sind die Biogasanalyse und die Lecksuche bei Rohrleitungen und Anlagen sowie die allgemeine Sicherheit in der Industrie und die Überwachung von Laboren und Arbeitsräumen von Bedeutung. Als zukünftige Anwendungen wurden der Automobilsektor, speziell die automobile Sicherheit und Überwachung bei brennstoffzellengetriebenen Fahrzeugen, stationäre Brennstoffzellen und die Wasserelektrolyse identifiziert.

Die erforderlichen Leistungsmerkmale für Wasserstoffsensoren ergeben sich in erster Linie aus den vorgesehenen Einsatzbereichen: Sie können die generellen Anforderungen an Detektoren für den Nachweis brennbarer Gase übersteigen und sollten in spezifischen Richtlinien niedergelegt werden. Eine Zusammenstellung der erforderlichen Leistungsmerkmale für Wasserstoffsensoren bezogen auf die typischen Anwendungen ist ebenfalls Ziel des H2Sense-Projekts.

BREITES ANWENDUNGSSPEKTRUM Prinzipiell muss in erster Linie die Wasserstoffkonzentration bestimmt werden. Diese liegt beispielsweise für die Lecksuche meist im Bereich von 0,01 Vol.-% bis 1 Vol.-%, bei der Raumüberwachung im Bereich von 0,4 Vol.-% bis 4 Vol.-%, bei Brennstoffzellenanwendungen hingegen im Bereich von 0,01 Vol.-% bis 10 Vol.-%, und gegebenenfalls bis zu 100 Vol.-%. Bei jeder Anwendung müssen eine hinreichende Genauigkeit der Messung und eine entsprechende Empfindlichkeit gewährleistet sein. Hinzu kommen Anforderungen bezüglich der Umgebung, in der die Sensoren eingesetzt werden. So muss der Sensor in der Regel stabil und zuverlässig über einen großen Temperaturbereich arbeiten. Dieser liegt im Bereich von -25 °C bis +55 °C für Sicherheitsanwendungen, bei der Überwachung von Brennstoffzellen muss sogar ein Bereich von -40 °C bis +90 °C abgedeckt werden.

Auch der Umgebungsdruck (80 kPa bis 110 kPa) und die relative Luftfeuchte (10 % bis 98 %) sowie eine mögliche Betauung und eine hohe Strömungsgeschwindigkeit der Gase

Abb. 4: für H_2-Sensoren

(30 m/s) stellen große Herausforderungen dar. Darüber hinaus muss die Querempfindlichkeit gegenüber anderen Gasen gering sein, das Sensorsignal sollte unabhängig vom Gasstrom sein, und der Sensor soll eine kurze Ansprech- und Erholungszeit im Sekundenmaßstab aufweisen. Grundsätzlich wird immer eine lange Lebensdauer von mehr als fünf Jahren verlangt, im Automobilsektor sogar bis zu zehn Jahren, eine geringe Leistung von unter 100 mW sowie geringe Kosten von unter 100 Euro pro System.

Hinzu können Anforderungen an das Design wie eine kleine Größe oder spezielle Sicherheitsanforderungen wie Explosionsschutz durch ein spezielles Schutzgehäuse kommen. Auch die Möglichkeit einer Validierung und Zertifizierung gemäß internationaler Standards sowie eine einfache Systemintegration, verbunden mit geringem Wartungsaufwand und langen Wartungsintervallen, sind wichtige Merkmale. Diese meist hohen Anforderungen sollten jedoch funktional begründet und vergleichbar sein mit denen an ähnliche Komponenten.

AUSBLICK Wenn auch die Wasserstoffsensoren als portable oder stationäre Detektoren in den letzten Jahren eine beachtliche Qualität hinsichtlich Genauigkeit, Leistungsfähigkeit und Robustheit erreicht haben [4], sind für die Zukunft weitere Anstrengungen der Sensorentwickler notwendig, um den spezifischen Anforderungsprofilen an Sensoren noch besser zu entsprechen und damit weitere Anwendungen zu erschließen. Dabei wird es notwendig sein, auch standardisierte Test- und Prüfmethoden für die neuen Anforderungen zu entwickeln. Ebenso muss ingenieurtechnisches Wissen bei der Anwendung einfließen, um die Sensoren in die Sicherheitskonzepte und die Prozesssteuerung von wasserstoffnutzenden Anlagen besser einzubeziehen. Potentielle Nutzer sollten dabei den Beratungsservice der Sensorhersteller nutzen. Dann wird die durch die Wasserstoffsensoren erzielte erhöhte Sicherheit die Kosten rechtfertigen.

Alle Partner des Konsortiums stehen mit ihrer Expertise Anwendern als Ansprechpartner zum Thema Wasserstoffsensorik zur Verfügung. Sie verfügen über langjährige Erfahrung mit der entwicklungsbegleitenden Prüfung von Sensoren. Darüber hinaus werden an der BAM auch Wasserstoffwarngeräte einschließlich der Sensoren auf ihre Zuverlässigkeit geprüft und zertifiziert. ||

Literatur:

[1] T. Hübert, L. Boon-Brett, G. Black and U. Banach, Hydrogen sensors – A review, Sensors and Actuators B: Chemical 157 (2011) 329-352

[2] www.h2sense.bam.de/en/home/

[3] T. Hübert, L. Boon-Brett, V. Palmisano, G. Frigo, Å. Hellstrand, O. Kiesewetter, and M. May, Trends in gas sensor developments for hydrogen safety, ICHS Proceedings 2013, Ed. by M.N. Carcassi, ID 123, pp. 1-13

[4] V. Palmisano, L. Boon-Brett, C. Bonato, F. Harskamp, W.J. Buttner, M.B. Post, R. Burgess, C. Rivkin, Evaluation of selectivity of commercial hydrogen sensors, ICHS Proceedings 2013, Ed. by M.N. Carcassi, ID 134, pp. 1-13

Autoren:

Dr. Mark Andreas Bader
→ Mark-Andreas.Bader@bam.de

Dr. Thomas Hübert
→ Thomas.huebert@bam.de

beide BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

Excellence in Fluid Technology

sera®

Membrankompressoren bis 1.000 bar

Der Kompressoren-Standard für die Industrie

ATEX-Baumustergeprüfte Komplettsysteme zur öl- und leckagefreien Verdichtung vieler Industriegase wie zum Beispiel: H_2, Cl_2, HCL, F_2, O_2, SiF_4, BF_3, Edelgase, Ethylene und viele weitere.

Besuchen Sie uns auf unserem Messestand auf der

Hannover Messe
07. – 11.04.2014, Halle 27 Stand B65
F-Cell Stuttgart
06. – 08.010.2014

sera ComPress GmbH
sera-Straße 1
34376 Immenhausen
Deutschland
Tel.: +49 5673 999-04
Fax +49 5673 999-05
www.sera-web.com

Thema: Sicherheit | **Autoren:** Albert Seemann, Björn Poga

NEUE TECHNIKEN ERFORDERN NEUE REGELN

EX-Zonen bei Elektrolyseanlagen

Als Folge der Energiewende werden derzeit unter dem Stichwort „Power-to-Gas“ Wasserstoff-Elektrolyseanlagen als Schlüsseltechnologie weiterentwickelt, um überschüssigen Wind- und Sonnenstrom per Elektrolyse in Wasserstoff umzuwandeln. Dieser kann dann beispielsweise in einem Gasnetz gespeichert, unter Einsatz von Kohlendioxyd zu Methan synthetisiert oder bei Bedarf wieder rückverstromt werden. An einigen Standorten werden derartige Anlagen bereits in technischem Maßstab getestet. Das Kernstück bildet hierbei die Wasserelektrolyse, die seit über 100 Jahren ein etabliertes Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff ist. Da sich beim Betrieb derartiger Anlagen gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden kann, muss der Anlagenbetreiber die verschiedenen Bereiche vor Ort in Zonen einteilen und darauf basierend technische und organisatorische Maßnahmen ergreifen, um einen sicheren Betrieb der Anlage gewährleisten zu können. Die EX-RL – Beispielsammlung der BGR 104 Explosionsschutz-Regeln wurde nun im Hinblick auf diese weiterentwickelte Technologie überarbeitet.

An der Erarbeitung des Abschnitts 1.2.7 „Anlagen zur Herstellung und Verwendung von Wasserstoff“ der Explosionsschutz-Regeln haben verschiedene Betreiber, Hersteller und Forschungsinstitute, die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), die Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) sowie die Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM) mitgewirkt. Anschließend wurden die Beispiele von weiteren Experten und anderen benannten Stellen und Vertretern von Behörden geprüft und Ende 2013 vom Sachgebiet „Explosionsschutz“ des Fachbereichs Rohstoffe und chemische Industrie der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) verabschiedet.

In die blaue EX-RL – Beispielsammlung ist der Punkt 1.2.7 „Anlagen zur Herstellung und Verwendung von Wasserstoff“ aufgenommen worden. Die darin enthaltene Tabelle bietet Anlagenbetreibern eine Hilfestellung zur Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen an seinem Standort. Die verschiedenen Zonen charakterisieren explosionsgefährdete Bereiche in Abhängigkeit von der Häufigkeit und Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre.

AUFBAU BEISPIELSAMMLUNG Für jeden in der EX-RL – Beispielsammlung betrachteten Fall werden mit Bezug auf TRBS 2152 Teil 2 die Bedingungen und Merkmale beschrieben, die für das Auftreten von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre beziehungsweise zu deren Vermeidung relevant sind. In der danebenstehenden Spalte werden dann Vorschläge für Zonen aufgeführt, die der Betreiber übernehmen kann, sofern die angeführten Voraussetzungen und Merkmale erfüllt sind. Es finden sich auch Beispiele, die zu keiner Zone führen. In der Regel werden für eine Anlagenkomponente unterschiedliche Konzepte angeführt. Hierdurch kann der Betreiber zwischen verschiedenen Schutzkonzepten wählen.

Hilfreich kann dies sein, wenn bestimmte Geräte zum Beispiel nur für den Einsatz in Zone 2 oder außerhalb von Ex-Zonen beschafft und eingesetzt werden können. Die Zonenreduzierung ist aber in der Regel mit einem höheren technischen Aufwand verbunden (z.B. Gaswarnanlage mit Auslösung von Notfunktionen, technische Be- und Entlüftung des Aufstellungsraumes). Weicht die tatsächliche Situation von der beschriebenen ab, sind die Maßnahmen entsprechend anzupassen.

Die Gliederung und der Aufbau der EX-RL – Beispielsammlung im Punkt 1.2.7 orientiert sich am Verfahrensablauf einer Elektrolyseanlage. Dabei werden folgende Prozessschritte und Anlagenkomponenten betrachtet:

- Elektrolyseur
- Gasaufbereitung
- Niederdruckspeicher
- Verdichter
- Hochdruckspeicher
- unter Druck stehende Rohrleitungen
- Druckgasflaschen für Wasserstoff
- Entnahmearmaturen
- geführte Auslässe, über die durch betriebsmäßige Entspannungsvorgänge Wasserstoff freigesetzt wird

Abb. 1: Elektrolyseanlage in Altentreptow

VIELE BEISPIELE FÜR ZONENEINTEILUNG Bei atmosphärischen Elektrolyseanlagen (bis 50 mbar Betriebsdruck) kann auf eine Zone verzichtet werden, sofern freiwerdender Wasserstoff in so geringer Menge austritt, dass an der Austrittsstelle mit der Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre nicht zu rechnen ist. In drei Beispielen werden die hierzu notwendigen Bedingungen beschrieben.

Wichtige Kriterien sind dabei:

- Die Ansammlung von Wasserstoff im Deckenbereich von Räumen wird durch geeignete Öffnungen an höchster Stelle ins Freie vermieden.

- Regelmäßige Begehung der Anlage
- Qualifizierter Austausch von Komponenten, Verbindungselementen, Dichtungen und dergleichen

Ergänzende Maßnahmen für das Schutzkonzept können sein:

- Einsatz von auf Dauer technisch dichten Anlagen in Verbindung mit organisatorischen Maßnahmen zur Dichtheitskontrolle
- Technische Lüftung
- Maßnahmen zur Leckerkennung oder Überwachung der Raumatmosphäre mit Gaswarneinrichtungen, die automatische Schaltfunktionen auslösen, um einen Gasaustritt zu minimieren

Für Druckelektrolyseanlagen (bis 100 bar Betriebsdruck) werden vier Beispiele angeführt, wovon zwei ohne eine Zonenfestlegung auskommen. Voraussetzung ist, dass geeignete Lüftungsöffnungen an höchster Stelle mit bodennahen Zuluftöffnungen vorhanden sind. Weitere ergänzende Maßnahmen, die die Freisetzung von Wasserstoff vermeiden beziehungsweise minimieren, sind:

- Einsatz von Anlagen, die auf Dauer technisch dicht oder technisch dicht sind, mit Festlegung von Maßnahmen zur Kontrolle der Dichtheit
- Überwachung relevanter Prozessparameter
- Deckennahe Gaswarneinrichtungen, die die Anlage frühzeitig abschalten

Fehlt eine Gaswarneinrichtung, muss im Deckenbereich eine Zone 2 festgelegt werden. Werden außerdem die Begehungen der Anlage ohne Lecksuchgerät durchgeführt (die Erkennung von Leckagen ist nicht rechtzeitig möglich), reicht die Zone 2 jeweils seitlich vom Zellenblock 0,5 m und oberhalb des Zellenblocks bis zur Decke. Auch für in Containern untergebrachte Anlagen werden zwei Beispiele angeführt, die je nach Maßnahmen zur Zone 2 im Container führen oder ohne Zone auskommen.

VIELE LÖSUNGSMÖGLICHKEITEN Sowohl für Gasverdichter in Räumen als auch für die Gasaufbereitung (Gasreinigung, Trocknung und Kondensatabscheidung) werden jeweils zwei Beispiele aufgeführt. Es folgen zudem noch Beispiele für Niederdruck-, Hochdruckgasbehälter und Druckgasflaschen für Wasserstoff, die jeweils mehrere Lösungsmöglichkeiten aufzeigen. Abschließend werden Abblase- und Entspannungsöffnungen ins Freie betrachtet. Die Zonenausdehnung hierbei ist mit einem für den Anwendungsfall geeigneten Berechnungsmodell zu ermitteln.

Auf diese Informationen kann auch bereits in der Planungsphase zurückgegriffen werden, um bereits in diesem Stadium ein vernünftiges Zonenkonzept zu entwickeln. ||

WASSERSTOFF

Wasserstoff ist ein brennbares Gas, das im Gemisch mit Luft gefährliche explosionsfähige Atmosphären bilden kann. Die sicherheitstechnischen Eigenschaften von Wasserstoff:

- Untere Explosionsgrenze (UEG): 4,0 Vol.-%
- Obere Explosionsgrenze (OEG): 75,6 Vol.-%
- Zündtemperatur: 560 °C
- Dichte: 0,0899 kg/m^3
- Dichteverhältnis zu Luft: 0,07
- Temperaturklasse: T1
- Explosionsgruppe: IIC
- Zündenergie: 0,016 mJ

Wasserstoff kann in den Anlagenteilen gasförmig vorhanden sein bis zu Drücken von 50 bar. Im Elektrolyseur liegt der Wasserstoff in Wasser gelöst vor. Beim Austritt von Elektrolyt kann somit infolge einer damit einhergehenden Druckabnahme Wasserstoff freigesetzt werden. Seine Löslichkeit in Wasser ist temperatur- und druckabhängig und äußerst gering. Bei 20 °C lösen sich etwa 2 ml in 100 g Wasser.

Die EX-RL – Beispielsammlung steht seit März 2014 unter www.exinfo.de, Seiten-ID: #9XU2 zur Verfügung.

Autoren:

Dr. Albert Seemann
Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse BG ETEM, Köln
→ seemann.albert@BGETEM.de

Björn Poga
Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie BG RCI, Heidelberg
→ bjoern.poga@bgrci.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: Elektromobilität | **Autor:** Sven Geitmann

VOLL VERNETZT UND ANZUGSSTARK

Testfahrt mit dem BMW i3

Die Zeiten der elektromobilen Versuchsfahrzeuge sind endgültig vorbei: Mit dem *i3* hat BMW ein rein batterieelektrisch betriebenes Auto vorgestellt, das technisch voll ausgereift ist und alle Ansprüche an ein modernes Fortbewegungsmittel erfüllt. Es ist anzugsstark, es macht Spaß beim Fahren, es verfügt über innovative Technik und es ist zudem noch ein Hingucker. Und es macht eindrucksvoll deutlich, wie viel Potential in der Elektromobilität steckt. Der BMW *i3* zeigt, was alles möglich wird, wenn man sich erst einmal vom konventionellen Denken und dem alten Fahrzeugdesign befreit hat.

Sobald man die Türen des geräumigen Kleinwagens öffnet, wird klar, dass dieses Auto nichts mehr von einer Testplattform hat, bei der Kompromisse gemacht wurden oder bei der noch jahrelange Entwicklungsarbeit in ein sinnvolleres Packaging investiert werden müsste. Angesichts dieses E-Autos erscheint es einem, als wenn die Testfahrt mit dem BMW *Mini-E* schon viele Jahre in der Vergangenheit liegt, dabei fand sie gerade erst vor 24 Monaten statt (s. HZwei-Heft Jan. 2012). Allerdings war der *Mini-E* bis an die Rückseite der Vordersitze mit 5.088 Batteriezellen (35 kWh) vollgestopft, so dass weder Gepäck noch ein dritter Passagier mitgenommen werden konnte. Dies hat sich jetzt grundlegend geändert.

NEUES DESIGN DANK NEUER WERKSTOFFE Der *i3* ist kein konventionelles Auto: Er wurde komplett neu konstruiert, und zwar stand das neue elektrische Antriebssystem im Mittelpunkt. Um den Elektromotor und das Akkumulatorpaket herum wurde eine gänzlich neue Karosserie gebaut – aus Carbon. Der neue Leichtbauwerkstoff ermöglicht eine veränderte Linienführung und ein ganz neues Design. Zusam-

Abb. 2: Der BMW i3 ist stets vernetzt.

men mit energiesparender LED-Technik ist daraus ein modernes Kunstwerk entstanden, das bisher nur im Skizzenblock oder bei Konzeptstudien zu sehen war, seit einigen Wochen aber nun im alltäglichen Straßenverkehr zu finden ist.

Gestartet wird der Viersitzer, indem man – ähnlich wie damals beim *Mini-E* – einfach den Zündschlüssel in die dafür vorgesehene Ablage in der Mittelkonsole legt und auf den Startknopf drückt. Dieser Knopf befindet sich allerdings nicht mehr unter dem Lenkrad, sondern oben rechts, wo jetzt auch die elektronische Schaltung sitzt. Eine dezent blaue Beleuchtung signalisiert, dass das Elektroauto fahrbereit ist. Man braucht wie bei einem Automatik-Fahrzeug nur noch auf D oder R zu schalten und Gas beziehungsweise Strom zu geben – schon geht es los.

LEISE UND KOMFORTABEL Bemerkenswert ist, dass von den Summgeräuschen des Elektromotors, die früher (auch beim *Mini-E*) an eine S-Bahn erinnerten, nichts mehr geblieben ist. Sie sind weg. Und auch die Rollgeräusche der Reifen sind dezenter als bei anderen Fahrzeugen, da die Bayern spezielle Pneus von Bridgestone mit großem Durchmesser und geringer Reifenbreite (155/70 R19) verwenden. Die großen Räder weisen einen niedrigen Rollwiderstand auf, sind aber nur für eine Geschwindigkeit bis 160 Stundenkilometer ausgelegt, worauf ein Aufkleber auf der Mittelkonsole hinweist. Dementsprechend regelt der Fünftürer beim Erreichen von 152 km/h ab: Schneller geht es nicht.

Das Fahren ist äußerst angenehm: Der Schwerpunkt des Wagens liegt vergleichsweise niedrig, da die Akkus im Zwischenboden eingebaut sind. Dies sorgt für eine hohe Sitzposition sowie eine gute Straßenlage. Die Federung ist nicht extrem hart, sondern komfortabel und steckt Unebenheiten (Schlaglöcher, Kopfsteinpflaster) locker weg.

Genial ist die Beschleunigung: Die 75 kW des E-Motors (125 kW_{max}) befördern einen ohne Schaltpausen bei jedem Tempo ordentlich nach vorne. So macht Fahren Spaß. Möglich wird dies durch die Leichtbauweise, dank der die Kombilimousine trotz des schweren Energiespeichers nur 1.270 Kilogramm wiegt (mit Range Extender 1.390 kg). Auch die negative Beschleunigung ist angenehm. Während beim *Mini-E* die Rekuperation noch auffallend stark war, verzögert der *i3* dezent, aber effektiv, sobald man den Fuß vom Pedal

Abb. 3: Große Räder, weiter Radstand und gegenläufig öffnende Türen

nimmt. Gebremst wird ebenfalls elektrisch, zur Sicherheit aber natürlich auch mechanisch.

Als einziger Kritikpunkt muss hierzu angemerkt werden, dass mein Testfahrzeug beim abrupten Beschleunigen (egal ob positiv oder negativ) stets einen klitzekleinen Schlenker machte. Dies führte zwar nie zu brenzligen Situationen, reduzierte aber etwas das Sicherheitsempfinden.

EIN SMART-PHONE AUF RÄDERN Für reichlich Ablenkung sorgt das in dem Kleinwagen eingebaute Multimediasystem. Es lässt sich zwar bequem von der Mittelkonsole aus steuern, zieht mit all seinen Gimmicks aber fast schon zu viel Aufmerksamkeit auf sich. Außerdem sammelt es in rasendem Tempo Daten – sei es bei der Verbindung des Mobiltelefons per Bluetooth oder beim Ladevorgang. Die Bayerischen Motorenwerke haben für den Informationsaustausch die Kommunikationsplattform *BMW ConnectedDrive* geschaffen und dokumentieren darüber zahlreiche Betriebs- und Fahrzeugdaten.

Auf diese Weise lässt sich genau nachvollziehen, wann man wie viele Kilometer gefahren ist, wie viel Strom dabei verbraucht und sogar wie viel per Rekuperation zurückgewonnen wurde. Das gesamte Fahr- und Nutzerverhalten wird online mit schicken Diagrammen graphisch dargestellt. Wird das Auto geladen, ist dort ablesbar, wann der Akku wieder voll sein wird. Über ein Zeitmanagement und viele weitere Dienste lassen sich zudem Fahrten und Ladevorgänge planen. Eine interaktive Landkarte zeigt dann an, wo genau die nächste Ladestationen in der Region stehen und bis wohin die Akkuladung reicht. Auf Wunsch kann man diese Infos sogar online mit anderen *i*-Fahrern teilen.

Genügend Gesprächsstoff für einen interessanten Wissensaustausch bietet das Auto allemal. Egal, wo man hinkommt, erntet man verwunderte Blicke und sieht teils auch in offene (staunende) Münder. Selbst die beiden Verkehrspolizisten, die mich bei einer Geschwindigkeitskontrolle prompt rauswinkten, fragten neugierig nach Reichweite, Bauweise und natürlich nach dem Verkaufspreis. Für Begeisterung sorgen bei solchen Begegnungen meist allein schon die Türen, da sich die hinteren Türen nach vorne hin öffnen. Die fehlende B-Säule sorgt dabei für ganz neue Seitenansichten und ermöglicht auch gewichtigeren Herrschaften einen bequemen Einstieg. ||

Die häufigste Frage potentieller Interessenten galt dem Akku: „Wie lange hält der denn?“ BMW schreibt dazu, dass eine ausreichende Lebensdauer für 100.000 km garantiert werde. Tritt dann ein Speicherdefekt auf, kann er modulweise repariert werden.

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

PROBEFAHRT MIT HEMMNISSEN

Fahrbericht über den Renault Zoe

Elektromobilität ist noch nicht ganz so einfach und bedienerfreundlich, wie sie sein sollte und könnte: Die Fahrzeugtechnik ist zwar mittlerweile weit gediehen, aber die Aufladung der Autoakkus ist nicht immer ganz trivial, zumindest wenn man noch keinen täglichen Umgang mit dieser Technologie hat. Entsprechende Erfahrungen musste ich ausgerechnet am Geburtstag meines Sohnes machen, als ich während der Feier mit einem Renault *Zoe* quer durch Berlin kurven durfte. Ein Fahrbericht:

Abb. 1: Der Renault Zoe auf der IAA 2013

Um den jungen Rackern anlässlich des Geburtstags mal etwas Besonderes zu bieten und gleichzeitig Erfahrungen im Umgang mit E-Mobilität zu sammeln, frage ich bei Renault nach, ob ich ein elektrisches Testfahrzeug bekommen könne. Pressefahrzeuge anderer Hersteller – sei es mit Batterie- oder Brennstoffzellenantrieb – habe ich bereits erprobt, auch den Renault *Twizy* (s. HZwei-Heft Juli 2013), so dass ich nun neugierig bin auf ein anderes Exemplar der Zero-Emission-Reihe: den *Fluence*, den *Kangoo* oder den *Zoe*. Da sich der französische Automobilhersteller bekanntermaßen seit Jahren stark im Elektromobilitätssektor engagiert, erhoffe ich mir einige neue Erkenntnisse darüber, wie in Frankreich E-Autos aussehen und wie sie ausgestattet sind.

VERTRIEB DES *FLUENCE* EINGESTELLT

Der Renault *Fluence Z.E.* war ein relativ großes Elektroauto. Verhältnismäßig komfortabel ausgestattet, verfügte es über eine Reichweite von knapp 180 km. Ursprünglich war es im Jahr 2009 in modernem Design präsentiert, dann aber mit nüchternerem Outfit in den Markt gebracht worden (Preis: 25.950 Euro). In Deutschland wurden lediglich rund drei Dutzend davon abgesetzt. International hätten es deutlich mehr werden können, wenn nicht Better Place mit seinen Batteriewechselstationen, für die Renault extra Akkutauschversionen vorgesehen hatte, Insolvenz angemeldet hätte.

Da Renault Deutschland nicht spontan mit einem Pressefahrzeug dienen kann, frage ich bei dem Berliner Autohaus *Renault König* an. Der zuständige Verkäufer ist sehr freundlich und bietet mir sofort einen Renault *Zoe Z.E.* zum Probe fahren an. Super! Bei dieser Gelegenheit erfahre ich außerdem, dass der *Fluence Z.E.* seit Anfang 2014 nicht mehr produziert und auch nicht mehr verkauft wird.

Mit Herrn Kirchhoff kläre ich fernmündlich die Details: Ich kann das Testauto Samstag Vormittag abholen und dann am Montag darauf vormittags wieder zurückbringen. Alles klar! Gesagt, getan.

SCHICK UND LEISE Ich fahr also zusammen mit meinem Sohn zu *Renault König* nach Berlin-Schöneberg und bekomme dort den Autoschlüssel für den erst seit Sommer 2013 in Deutschland erhältlichen *Zoe* ausgehändigt. Dazu gibt es den freundlichen Hinweis, dass Aufladen nur an den extra installierten, 1.300 Euro teuren Wallboxes oder den öffentlichen Ladestationen, die quer über Berlin verteilt sind, funktioniert. „Aha", denke ich, „na super! Dann kann ich also nicht mal schnell daheim mit Hausstrom nachladen?" Na ja, in Ordnung. Ich verdonnere meinen Sohn, während der Rückfahrt per Smartphone nach der nächstgelegenen Ladesäule zu forschen. Wird schon irgendwie werden.

Schön energiesparend fahren wir den Neuwagen im Eco-Modus heimwärts, denn ich bin mir sicher, dass die theoretisch mögliche Reichweite von 210 km angesichts knackiger Minustemperaturen heute nicht realisierbar ist, auch wenn die Heizenergie von einer Luftwärmepumpe und nicht per Elektroheizung bereitgestellt wird. Das tolle Fahrgefühl lässt die Ladesorgen schnell verblassen: Der elegante Fünfsitzer bewegt sich super leise. Selbst das ansonsten für E-Autos typische Surren des Elektromotors, das teils an S-Bahnfahrten erinnert, ist kaum zu hören. Zudem ist der mit einem fremderregten Drehstrom-Synchron-Elektromotor (65 kW_{max}) angetriebene Wagen modern und schick ausgestattet – natürlich mit großem multifunktionalen Mediasystem, das auch den aktuellen Stromfluss grafisch darstellen kann. Das gefällt auch meinem Filius, und das ist wichtig, denn schließlich sollen er und seine Kumpel später mal diese Autos kaufen.

Nach 40 km Fahrstrecke erreichen wir Oberkrämer. Glücklicherweise ist mir unterwegs eingefallen, dass doch im Ort der stets sehr rührige Bäcker Plentz kürzlich eine Ladesäule an seinem Holzbackofen installiert hat. Deswegen halten wir bei seiner Hauptfiliale im Ortsteil Schwante an und fragen nach Strom. Leider stellt sich heraus, dass die dortige Ladesäule zwar über einen roten Starkstromanschluss verfügt, aber nicht über die benötigte blaue Typ-2-Steckverbindung. Pech gehabt!

Egal! Zu Hause angekommen google ich schnell nach alternativen Lademöglichkeiten, und dann erscheinen auch schon die Geburtstagsgäste. Natürlich will jeder als Erster mit dem „Zukunftsauto" mitfahren. Da ich aber noch nicht weiß, wann ich Strom nachtanken kann, verzichte ich auf Kavalierstarts und bleibe schön im Energiesparmodus. Während der Fahrt hagelt es nur so Fragen und

Abb. 2: Öffentliche Ladesäule für E-Autos

Kommentare: „Was sind das da für Zeichen im Cockpit?“ „Wie schnell fährt der?“ „Sieht cool aus, dieses blaue Design.“ „Schönes Auto!“

LADUNG MIT HEMMNISSEN Nach etwa 30 km kommen wir am Ziel dieser Fahrt, bei der Indoor-Kicker-Anlage, an. Ich lade die Kinder aus, schicke sie zum Fußball Spielen und begebe mich auf die Suche nach einer Ladesäule. Gleich drei Straßen weiter finde ich die anvisierte Station. Es ist das erste Mal, dass ich an einem dieser grau-blauen Pfeiler lade, entsprechend gespannt bin ich: Ich stecke das gelbe, spiralförmige Kabel auf beiden Seiten (Ladesäule und Auto) ein, verriegele wie vorgesehen das Fahrzeug und warte. Ich hoffe, dass das Auto automatisch erkannt wird, aber es passiert nichts. Im Display des Wagens steht lediglich: „Verbindung wird geprüft.“

„Okay“, denke ich, „vielleicht habe ich zufälligerweise eine defekte Ladesäule erwischt.“ Ich fahre daher zu einem anderen Standort. Leider steht im Internet nur der Straßenname, nicht die Hausnummer. Mit etwas Glück finde ich trotzdem mein Ziel. Es folgt das gleiche Spiel: Einstecken, verriegeln, warten – nichts. Ich rufe daraufhin per Mobiltelefon die Hotline an, deren Telefonnummer auf der Säule steht. Der freundliche Herr auf der anderen Seite fragt nach einem Vertrag. Den habe ich aber nicht. Hat mir auch keiner etwas darüber gesagt, dass ich den zum Nachladen benötige, obwohl das ja durchaus logisch erscheint.

Alternativ kann ich über meinen Handy-Vertrag bezahlen – per SMS. Okay! Ich muss einen Charge-Code, der laut Anweisung meines Gesprächspartners die Säulennummer und die gewünschte Ladezeit beinhaltet, notieren und diesen per SMS an eine Kurzwahlnummer schicken. Wird gemacht. Ich bestätige die Rückfrage und – nichts. Ich versuche es nochmals mit dieser SMS: Wieder nichts.

Ich rufe erneut bei der Hotline an, prüfe die Steckverbindung und bekomme schließlich heraus, dass es nicht nur eine Standortnummer gibt, sondern zwei. Die Säule hat ja auf beiden Seiten Steckverbindungen, damit zwei Autos gleichzeitig laden können, und ich habe dummerweise die falsche Zahl im Charge-Code eingebaut. Das ist also gar keine Säulen-, sondern eine Steckernummer. Tja, verstehe! Ich stecke also einfach das Kabel um, und es klappt alles wie geschmiert.

Ich bedanke mich bei dem freundlichen Herrn am Telefon für seine Geduld und setzte mich in das Kompaktklassenmodell, um zu warten. Nach 30 Minuten sind die 192 Zellen des Lithium-Ionen-Akkus fast wieder voll und ich komme genau rechtzeitig, um mit den Kindern nach dem Fußball noch lecker etwas essen zu können.

Auf dem Rückweg kann ich jetzt mit voller Ladung etwas sportlicher fahren, was wahrlich Spaß macht, auch den Kindern. Die erzählen beim Absetzen ihren Eltern sogleich von dem Stromauto mit der coolen blauen Beleuchtung, das in der Standardausführung 22.900 Euro plus mindestens 95 Euro monatliche Batteriemiete (Dauer: 60 Monate) kostet. Trotz eisiger Kälte schauen sich einige Eltern das auf 135 Stundenkilometer abgeregelte Batteriefahrzeug näher an und denken laut darüber nach, ob für sie eine Anschaffung in Frage käme. Für die Jungs ist indessen schon längst klar, dass sie später solch ein e-mobiles Auto fahren werden. ||

STECKVERBINDUNG

Das Problem mit den Steckern ist bei Renault hinlänglich bekannt, da es bereits in der Vergangenheit von verschiedener Seite Kritik daran gegeben hat, dass nur an Standorten mit Typ-2-Steckverbindungen aufgeladen werden kann. Im Februar 2014 reagierten die Franzosen daher und kündigten an, dass der *Zoe* zukünftig mit einem Notladekabel ausgestattet wird, das auch die Aufladung an Haushaltssteckdosen ermöglicht (Dauer: ca. 10 Std., s. Foto). Renault empfiehlt jedoch, die Installation vor der Nutzung von einem Elektriker überprüfen zu lassen.

Quelle: Renault

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

TOYOTA SETZT VOLL AUF DIE BRENNSTOFFZELLE

FCV in Hamburg vorgestellt

Toyota hat auf der *Consumer Electronics Show (CES)* in Las Vegas im Januar 2014 sein neues *FCV-Concept*-Modell präsentiert. Während die Japaner zuvor auf der Tokyo Motor Show im November 2013 zunächst nur einen groben Ausblick auf diese Studie gegeben hatten (s. HZwei-Heft Jan. 2014), gehen sie in diesem Jahr mit der Brennstoffzellentechnik voll in die Offensive: Sie zeigten den Prototyp, der die Basis für das in 2015 erwartete Serienmodell bilden wird, sowohl auf der *CES* als auch auf dem *Genfer Automobilsalon* vom 6. bis 16. März – und vorab auch in Hamburg.

Während andere Automobilhersteller zukünftig ganz auf batteriebetriebene Fahrzeuge setzen werden, baut der Weltmarktführer auf die Brennstoffzelle. Hintergrund dieser Strategie ist, dass Toyota im BZ-Sektor von einer ähnlichen Entwicklung wie im Hybrid-Bereich ausgeht: Mit Hybridfahrzeugen waren die Asiaten im Jahr 1997 ebenfalls die Ersten auf dem Markt. Anfangs zahlten sie beim Verkauf eines jeden *Prius*-Exemplars zwar drauf, mittlerweile hat Toyota jedoch insgesamt über 6 Mio. Hybridautos verkauft. Damit es mit der Brennstoffzellentechnik ähnlich gut läuft, arbeiten bei der Toyota Motor Corp. rund 500 Entwickler in diesem Bereich. Das sind ähnlich viele Mitarbeiter wie in der Dieselentwicklung.

Abb. 1: Hirose (r.) mit Senator Horch vor dem FCV-Concept-Erlkönig [Quelle: Toyota]

Der Toyota *FCV Concept* verfügt über zwei 700-bar-Wasserstofftanks, die Platz für vier Passagiere lassen. Der Viertürer birgt ausreichend Wasserstoff für 500 km und kann innerhalb von drei Minuten betankt werden. Das eingebaute Brennstoffzellensystem bringt eine Leistung von über 100 kW bei einem Wirkungsgrad von 65 Prozent. Ganz ausgereift ist das Design allerdings noch nicht: Bis zur Serienreife wird sich die Optik noch ändern, damit eine familientaugliche Mittelklasselimousine entsteht. Zum Preis heißt es nach wie vor lediglich, dass dieser unter 80.000 Euro liegen werde. Verglichen mit den Preisen aus dem Jahr 2002 entspräche dies laut Toyota einer Kostenreduktion um 95 Prozent.

ERLKÖNIG IM HAFENVIERTEL Offiziell wurde der Toyota *FCV Concept* in Europa das erste Mal in Genf der Öffentlichkeit vorgestellt. Die eigentliche Europapremiere kann allerdings Hamburg für sich verbuchen: Am 20. Februar zeigte Katsuhiko Hirose, der Chefentwickler von Toyota und Vater des Prius, im Hafenviertel die abgeklebte Version des *FCV Concept* der dort versammelten Presse (s. Abb. 1).

Dazu passend folgte aus der Hansestadt kurz darauf die Meldung, dass die Taxen dort zukünftig mit Wasserstoff angetrieben werden sollen: Wie das Hamburger Abendblatt am 21. Februar 2014 berichtete, bewirbt sich Hamburg um eine Kooperation mit Toyota. Der japanische Konzern sucht seinerseits nach geeigneten Partnern für die Nutzung seiner H_2-Fahrzeuge. Der Hamburger Wirtschaftssenator Frank Horch soll Hirose nach Angaben der Zeitung angeboten haben, dass eine Taxiflotte von 100 Autos durch Brennstoffzellenfahrzeuge ersetzt werden könnte. Zudem schlug Horch vor, auch Unternehmen und Behörden mit entsprechenden Modellen auszustatten.

Im Bussektor ist Hamburg bereits Vorreiter in Bezug auf alternative Antriebstechnik und man beabsichtigt, bis zum

UNTERRICHTSMATERIAL
über Batterien und Brennstoffzellen

DRUCKFRISCH
zur Hannover Messe 2014

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

JAHRGANGSSTUFEN- UND FÄCHERÜBERGREIFENDES LEHRMATERIAL
Ausführliche Informationen zu Batterien und elektrischen Antrieben sowie Wasserstoff und Brennstoffzellen

Jetzt für nur 5,00 EURO Unkostenpauschale bestellen

NOW Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie | H2YDROGEIT Verlag

Jahr 2020 den Einkauf von Dieselbussen einzustellen und ab dann nur noch H_2-Modelle in den Fuhrpark aufzunehmen. Heinrich Klingenberg von hySOLUTIONS sagte dazu, dass ab diesem Jahr in Hamburg quasi eine Beweislastumkehr vorliege: Demnach sollen Behörden bei der Beschaffung neuer Fahrzeuge begründen, warum man ein herkömmliches Auto beantrage.

Andy Fuchs von Toyota Motor Europe erklärte: „Hamburg gehört für uns zu den wichtigsten Standorten dieser Zukunftstechnologie. Mit seinen vielfältigen Anwendungen, der starken Unterstützung durch den Senat und den bereits vorhandenen Wasserstofftankstellen ist die Hansestadt für uns ein vorbildlicher Standort für einen wachsenden Einsatz unserer Serienfahrzeuge." ||

„Batterien verlieren über einen Zeitraum von zehn Jahren mindestens ein Drittel der nutzbaren Kapazität. Eine gute Brennstoffzelle büßt in dieser Zeit höchstens zehn bis fünfzehn Prozent ihrer Leistung ein."
Katsuhiko Hirose, Chefentwickler von Toyota

„Brennstoffzellenfahrzeuge werden früher, als viele Leute glauben, in unser Leben treten, und in höherer Stückzahl, als alle erwarten."
Bob Carter, Senior-Vice-Präsident von Toyota Motor Sales

HYUNDAI ZEIGT DEN *INTRADO* IN GENF

Quelle: Auto-Medienportal.net/Manfred Zimmermann

Hyundai hat in Genf einen Blick in die Zukunft gestattet und den *Intrado* gezeigt. Das Konzeptfahrzeug verfügt über ein Chassis aus Leichtbaumaterial (Carbon) sowie ein Brennstoffzellensystem und einen Lithium-Ionen-Akku (36 kWh). Zwei Hochdrucktanks für Wasserstoff befinden sich unter der Rücksitzbank des Viersitzers sowie im Fonds. Konstruiert wurde das Crossover-Modell, das gegenläufig öffnende Türen besitzt, im deutschen Forschungs- und Entwicklungszentrum in Rüsselsheim. Ähnlich wie der BMW *i3* entwickelten die Ingenieure den Nachfolger des Hyundai *ix35 Fuel Cell* von innen nach außen – zuerst Interieur und BZ-Antrieb, dann die Außenhaut. ||

PRODUKTION VOM E-GOLF GESTARTET

Der e-Golf während der IAA 2013

Seit Februar dieses Jahres ist der *e-Golf* von Volkswagen bestellbar, seit dem 6. März 2014 wird er in Wolfsburg produziert. Der Basispreis liegt bei rund 35.000 Euro. Darin enthalten ist eine Batteriegarantie für acht Jahre (bzw. 160.000 km). Der elektrische Golf, der auf der gleichen Produktionslinie wie die konventionellen Golfs gebaut wird, verfügt über einen Elektromotor mit 85 kW, der in 10,4 Sekunden von null auf 100 km/h beschleunigt (Verbrauch: 12,7 kWh auf 100 km, Reichweite: 130 bis 190 km). Zum Vergleich: Der VW *e-up!* ist seit Ende 2013 für 26.900 Euro erhältlich. Eine ausführliche Berichterstattung über den e-Golf und zu den *electrified*-Mobilitätswochen, die vom 8. bis 21. März auf dem ehemaligen Berliner Flughafengelände Tempelhof stattfanden, erscheint im Juli-Heft der HZwei. ||

UNGEWISSE ZUKUNFT FÜR MIA

Mia Electric hat am 12. Februar 2014 vor einem französischen Gericht Gläubigerschutz beantragt. Wie die Zeitung *Le Point* berichtete, steht die Produktion seit Ende 2013 still, die Löhne der rund 200 Beschäftigten wurden zuletzt regelmäßig zu spät bezahlt. Eigentlich sollten dieses Jahr pro Monat 200 Fahrzeuge vom Band laufen, allerdings wurden bis heute insgesamt nur rund 800 Exemplare verkauft. Im Sommer 2013 hatte sich Edwin Kohl von Kohlpharma als Investor wohl wegen zu geringer Absatzzahlen zurückgezogen, nachdem er vor drei Jahren zunächst 73 % für rund 10 Mio. Euro von dem insolventen französischen Karosseriehersteller Heuliez erworben hatte. Aktuell befinden sich seine Anteile (88 %) bei der Darmstädter Beteiligungsgesellschaft Focus Asia GmbH. Die restlichen 12 % der Aktien liegen im Besitz der Region Poitou-Charentes. Jetzt bleibt das Unternehmen zunächst für sechs Monate unter Beobachtung, da der Wille weiterhin vorhanden ist, ein französisches Elektroauto, dessen Preis zuletzt bei 17.990 Euro lag, anzubieten. Im November 2013 hatte es noch geheißen, Mia arbeite auch an einer Brennstoffzellenvariante des Dreisitzers, die über zwei H_2-Tanks mit je 35 l Volumen verfüge und 300 km weit fahren könne. ||

STELLENGESUCH

Zielgruppengerechte Texte für Fachartikel, Broschüren, Kunden- und Mitarbeitermagazine, Pressemitteilungen?

Hier sind Sie richtig: Seit über 20 Jahren schreibe ich anhand von Briefings, eigenen Recherchen oder Präsentationsunterlagen zielgruppengerechte Texte für unterschiedlichste Branchen – von der Lebensmittelindustrie über die Medizin bis hin zur Umwelt- und Schweißtechnik. Mein Diplom in Physik ist dabei die Basis für das Verfassen technischer Texte. Kreative Ideen für die visuelle Darstellung schwieriger Themen gehören ebenso dazu wie die Produktionskoordination von Magazinen und Broschüren.

Ich suche im Raum Niederrhein/Ruhrgebiet eine neue Aufgabe – möglichst in Festanstellung.

Sind Sie interessiert, möchten Sie Arbeitsproben?

Dann melden Sie sich doch unter Fach_PR@t-online.de

Die REINZ-Dichtungs-GmbH ist einer der führenden Anbieter von Dichtungen, Dichtungskomponenten und -systemen für die Automobilindustrie und den Anlagenbau. Eingebunden in den US-Konzern Dana Holding Corporation mit 22.000 Beschäftigten agieren wir weltweit sehr erfolgreich. Mit über 1.000 qualifizierten Mitarbeitern am Standort Neu-Ulm entwickeln und produzieren wir innovative Produkte von höchster Qualität. Unter dem Markennamen VICTOR REINZ kennen und schätzen unsere Kunden unsere Produkte in der ganzen Welt.

Als leistungsfähiger Partner unserer Kunden wachsen wir weiter und suchen zur Unterstützung unseres Teams zum nächstmöglichen Zeitpunkt einen qualifizierten

Entwicklungsingenieur (m/w) für Kundenprojekte im Bereich Brennstoffzellen

In dieser Position erwartet Sie ein vielseitiges und interessantes Aufgabengebiet. Sie agieren als technischer Kundenkontakt und sind verantwortlich für die Koordination von internationalen Kundenprojekten im Bereich metallischer Bipolarplatten und Systemkomponenten. Sie stimmen innerhalb dieser Projekte sowohl die internen Abläufe, als auch die Zusammenarbeit mit externen Partnern ab. Die Übertragung der REINZ Bipolarplattentechnologie auf die Anforderungen unserer Kunden zählt ebenfalls zu Ihren Aufgaben. Darüber hinaus unterstützen Sie das Prozessengineering bei der Vorbereitung der Serieneinführung metallischer Bipolarplatten.

Um in dieser Tätigkeit erfolgreich zu sein, müssen Sie über ein abgeschlossenes Studium der Ingenieurswissenschaften verfügen. Durch mehrjährige Erfahrung im Management komplexer Projekte sind Sie in der Lage die Aufgaben und den Fortschritt von Kundenprojekten effizient und termingerecht voranzutreiben. Ihre verhandlungssicheren Englischkenntnisse erlauben Ihnen die problemlose Kommunikation mit internationalen Partnern. Ihre Erfahrungen im Bereich der Bipolarplatten- oder Brennstoffzellentechnologie können Sie vorteilhaft einsetzen. Sie zeichnen sich durch eine selbstständige, stressresistente, koordinierte und kommunikative Arbeitsweise aus. Teamfähigkeit, Flexibilität, Zuverlässigkeit sowie die ausgeprägte Fähigkeit unternehmerisch, analytisch und strategisch zu denken rundet Ihr Profil ab.

Reizt Sie diese Herausforderung mit Perspektive in einem spannenden und internationalen Umfeld? Dann überzeugen Sie uns von Ihrer Qualifikation und senden uns gleich Ihre vollständigen Bewerbungsunterlagen mit Angabe Ihrer Gehaltsvorstellung und möglichem Eintrittstermins an:
bewerbung.reinz@dana.com

Haben wir Ihr Interesse geweckt?
Dann freuen wir uns auf Ihre Online-Bewerbung!

REINZ-Dichtungs-GmbH
Human Resources
Reinzstr. 3-7
89233 Neu-Ulm
Tel.: 0731/7046-211
E-Mail:
bewerbung.reinz@dana.com

Weitere Informationen zu VICTOR REINZ sowie aktuelle Stellenangebote finden Sie im Internet unter
www.reinz.com
www.dana.com

DANA VICTOR REINZ Sealing Products

TERMINKALENDER

APRIL

01.-04.04. Energy Storage World Forum
Konferenz, London, Dufresne, Tel. +65-624-30050, Fax -57232, *www.energystorageforum.com*

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

03.-04.04. Fuel Cell Science & Technology
Konferenz, Amsterdam/Niederlande, Elsevier – Grove, *www.fuelcelladvances.com*

07.-11.04. Gemeinschaftsstand Wasserstoff, Brennstoffzellen, Batterien
Messe, Hannover, Tobias Renz Fair, Tel. 089-7201-384-0, Fax -20, *www.h2fc-fair.com, www.hannovermesse.de*

10.-13.04. auto motor und sport i-Mobility
Messe, Stuttgart, Landesmesse Stuttgart GmbH, Tel. 0711-18560-2656, Fax -701, *www.i-mobility.mobi*

MAI

04.05. GreenTec Awards
Gala, München, Voigt Krüger & Partner, Tel. 030-24087821-0, Fax -2, *www.greentec-awards.com*

06.-07.05. AiF Brennstoffzellen-Allianz
Workshop, Duisburg, ZBT, Tel. 0203-7598-0, Fax -2222, *www.zbt-duisburg.de*

06.-07.05. Erneuerbare Energien
Kongress, Berlin, mcc, Tel. 02421-12177-0, Fax -27, *www.mcc-seminare.de*

6.-8.05. Elektromobilität
Seminar, Ulm, WBZU, Tel. 0731-17589-21, Fax -10, *www.wbzu.de*

10.-11.05. Fahrzeugschau Elektromobilität
Messe, Bad Neustadt a.d. Saale, Stadt Bad Neustadt, Tel. 09771-9106103, *www.m-e-nes.de*

13.05. Autarke Energieversorgung
Seminar, Ulm, WBZU, Tel. 0731-17589-21, Fax -10, *www.wbzu.de*

15.-16.05. Batterien im Fahrzeug
Konferenz, Düsseldorf, VDI-Wissensforum, Tel. 0211-6214-201, Fax -154, *www.vdi.de/elektromobilitaet*

15.-16.05. E-Motive
Konferenz, Wolfsburg, Forschungsvereinigung Antriebstechnik, Tel. 069-6603-1820, Fax -2820, *www.e-motive.net*

19.-21.05. Berliner Energietage
Messe & Konferenz, Berlin, Berliner ImpulsE, Tel. 030-2014308-04, Fax -10, *www.berliner-energietage.de*

22.-23.05. Deutscher Wasserstoff Congress
Kongress, Berlin, EnergieAgentur. NRW, Tel. 0211-86642-16, Fax -22, *www.h2congress.de*

22.-23.05. eMobility Summit
Kongress, Berlin, Tagesspiegel, Fax 030-29021-29224, *www.emobility-summit.de*

23.-25.05. e-mobility-world
Messe, Friedrichshafen, Messe Friedrichshafen, Tel. 07541-708-376, Fax -2376, *www.e-mobility-world.de*

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

27.05. Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologie
Seminar, Ulm, WBZU, Tel. 0731-17589-21, Fax -10, *www.wbzu.de*

28.-30.05. Carbon Expo
Messe & Kongress, Köln, KoelnMesse, Tel. 0221-821-0, Fax -2574, *www.carbonexpo.com*

31.05. Essen ist e-Mobil
Konferenz, Essen, Haus der Technik, Tel. 0201-180326-2, Fax -3, *www.essen-ist-emobil.de*

JUNI

03.-04.06. Smart Energy Kongress
Kongress & Messe, Frankfurt, MunichExpo, Tel. 089-3229911-2, Fax -9, *www.sem-expo.de*

03.-05.06. Power-Gen Europe
Konferenz & Messe, Köln, PennWell Corp., Tel. +44-1992-656-610, Fax -700, *www.powergeneurope.com*

04.-06.06. ees – electrical energy storage
Konferenz & Messe, München, Intersolar, Tel. 07231-58598-0, Fax -28, ***www.ees-europe.com***

13.-15.06. E-Mobil Rallye
Wettfahrt, Haderslev-Flensburg, Eco-Mobility, Tel. 0431-24746372, *www.emobil-rallye.com*

15.-20.06. World Hydrogen Energy Conference
Konferenz & Messe, Gwangju/Süd-Korea, WHEC2014 Secretary, Tel. +82-62530075-0, Fax -4, *www.whec2014.com*

16.-18.06. International Hydrail Conference
Konferenz, Neumünster, HEAT, Tel. +1-704-664-5486, *www.hydrail.org*

23.-26.06. Ulm ElectroChemical Talks (UECT)
Konferenz, Neu-Ulm, WBZU, Tel. 0731-17589-21, Fax -10, *www.uect.de*

24.-26.06. BDEW Kongress
Kongress, Berlin, EW Medien & Kongresse, Tel. 030-2602412-1, Fax -2, *www.bdew.de/kongress*

25.-26.06. Industrieforum Wolfsburg
Kongress, Wolfsburg, IPM, Tel. 0511-4731479-0, Fax -1, *www.ipm-scm.com/IFO/*

JULI

01.-04.07. European SOFC & SOE Forum
Konferenz & Messe, Luzern/Schweiz, European Fuel Cell Forum, Tel. +41-4-45865644, Fax -135080622, *www.efcf.com*

AUGUST

25.08. Unterbrechnungsfreie Stromversorgung
Workshop, FEE e.V., Tel. 030-6576270-6, Fax -8, *www.fee-ev.de*

SEPTEMBER

08.-09.09. DBI-Fachforum Energiespeicher
Konferenz, Berlin, DBI, Tel. 0341-24571-29, Fax -37, *www.dbi-gut.de*

18.-20.09. Klimamobility
Messe, Bozen/Italien, Messe Bozen, Tel. +39-471-516-000, Fax -111, *www.klima-mobility.it*

23.-26.09. H_2Expo & WindEnergy
Konferenz & Messe, Hamburg, Hamburg Messe und Congress GmbH, Tel. 040-35692-285, Fax -180, *www.h2expo.de*

FIRMENVERZEICHNIS

BERATUNG & PLANUNG

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

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

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,
Widdersdorfer Str. 240, 50825 Köln,
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

Siqens GmbH,
Lothstr. 34, 80335 München, Tel. 089-28924297,
info@siqens.de, www.siqens.de

Truma Gerätetechnik GmbH & Co. KG, Wernher-von-Braun-Straße 12, 85640 Putzbrunn, Tel: 089-4617-0,
info@truma.com, www.truma.com

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

ELEKTROLYSEURE

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

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

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.

Firma/Name Vorname

Straße

PLZ, Ort

Ort, Datum 1. 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

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

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

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*

FORSCHUNG & ENTWICKLUNG

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

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

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

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

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

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

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

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

MEDIEN

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

MESSDATENMANAGEMENT UND MONITORING

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

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

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

PRÜFTECHNIK

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

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

FIRMEN-EINTRAG

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

Firma

Adresse

Tel., Fax, Internet

Rubrik:

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

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

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

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*

20th Group Exhibit Hydrogen + Fuel Cells + Batteries HANNOVER MESSE 2014, 7.-11. April, Tobias Renz FAIR
Tobias Renz, *tobias@h2fc-fair.com, www.h2fc-fair.com*

Hamburg Messe und Congress GmbH,
Messeplatz 1,
20357 Hamburg,
Tel. 040-3569-2262,
Fax -692262,
www.hamburg-messe.de

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

VEREINE & VERBÄNDE

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

FEE – Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e.V.,
Invalidenstr. 91, 10115 Berlin, Tel. 030-84710697-0, Fax -9, *info@fee-ev.de, www.fee-ev.de*

H2BZ-Initiative Hessen e.V.,
Konradinerallee 9, 65189 Wiesbaden, 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, Lindenstr. 48 A, 23558 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, Tel. 030-340601-600, Fax -599, *didactic@heliocentris.com, www.heliocentris.com*

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

ZULIEFERER

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

Bürkert Werke GmbH 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*

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*

GreenTec Awards

Preisträger der GreenTec Awards 2013 in der Kategorie Energie:
BlueGEN Mikrokraftwerk auf Brennstoffzellenbasis von Ceramic Fuel Cells.

„ Die Auszeichnung mit dem wohl bedeutendsten Preis für innovative und nachhaltige Technologie hat uns sehr geehrt und uns in unserem Bestreben bekräftigt, die Markteinführung unseres Produktes weiter voranzutreiben. "

Frank Obernitz (l.), Geschäftsführer und **Andreas Ballhausen**, Mitglied der Geschäftsleitung Ceramic Fuel Cells GmbH

Die grüne Gala des Jahres.

Die GreenTec Awards finden am 4. Mai 2014 in München als Auftaktgala zur IFAT, der größten Umwelttechnologiemesse weltweit, statt. Erleben Sie live auf der Bühne die besten Innovationen. Gekürt von einer unabhängigen Jury aus Wirtschaft, Wissenschaft und Unterhaltung. **www.greentec-awards.com**

hosted by 50hertz AIRBUS GROUP ECOVER Käfer wilo Medienpartner

IFAT NH HOTELES NOW PORSCHE TUV NORD VARTA HZwei Wirtschafts Woche Green

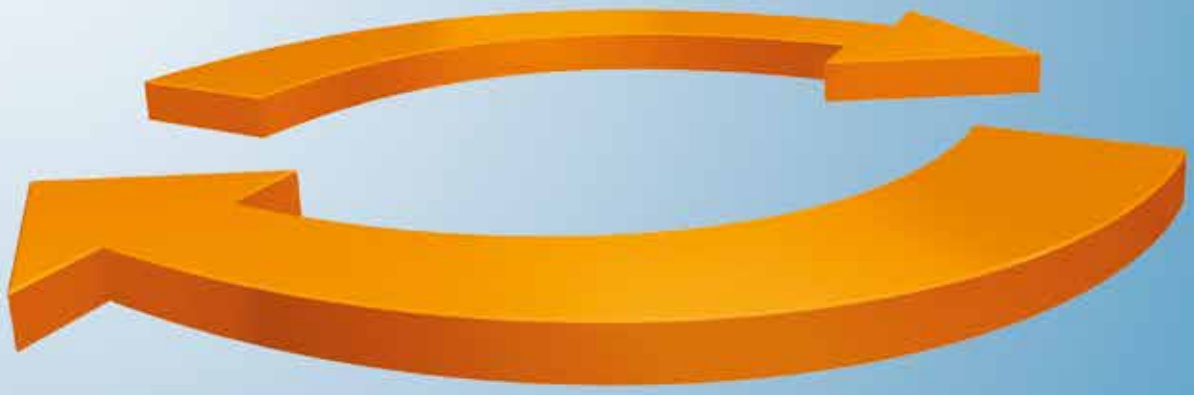
H2 Expo

e-mobility, fuel cells,
hydrogen & storage solutions

IHRE FACHMESSE.
YOUR TRADE FAIR.

HAMBURG, 23–26 SEPTEMBER 2014

h2expo.com



Hamburg Messe

H2 Expo
e-mobility, fuel cells,
hydrogen & storage solutions

goes

WindEnergy Hamburg
The global on- & offshore expo