Hydrogeit Verlag / www.hzwei.info / 13. Jahrgang / Januar 2013 / 8 €

HZwei

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN

→ WASSERSTOFF ALS SPEICHER FÜR STROM AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN

→ UMWELTMINISTER ALTMAIER BAUT AUF BZ-HEIZGERÄTE & VIRTUELLE KRAFTWERKE

01013
9 771862 393003

INHALTSVERZEICHNIS

2 Impressum

3 Editorial

4 Meldungen
Deuterium wird herausgesiebt
Rohm zeigt Mini-Brennstoffzelle
Führungswechsel bei Air Liquide
Neues von Light2Hydrogen

8 Hausenergie
Virtuelles Kraftwerk für die Energiewende
Hexis gehört jetzt Viessmann
Positive Aussichten für BZ-Heizgeräte
Umweltminister heizt mit SOFC

11 Messe
4. eCarTec in München
12. f-cell & 1. Battery+Storage in Stuttgart

14 Titel – Energiespeicherung
Keine Energiewende ohne Energiespeicher
Ingrid startet in Italien
Grhyd startet in Frankreich
DVGW pusht Power-to-Gas
Grundsteinlegung für H_2-Komplex am BER
Kavernen als H_2-Langzeitspeicher
Essay von Prof. Winter zur Energiewende
Reportage: Großindustrielle H_2-Produktion

32 International
Meldungen aus Übersee

34 Entwicklung
Nanotechnologie in Katalysatoren

36 Interview
Zu Besuch beim Antares-DLR-H2-Team

38 Elektromobilität
Schaufenster-Serie: Metropolregion Hannover
Lärmemissionen von Elektroautos
Entwicklung eines Brennstoffzellen-Trikes
Erfolgreiche H_2-Europa-Tour
Shai Agassi verlässt Better Place
Hyundai startet ix35-FCEV-Produktion

45 Terminkalender

46 Firmenverzeichnis

16 Eine der vielen neuen PtG-Anlagen steht beim ZSW

22 Grundsteinlegung mit Ministerpräsident Platzeck

36 Motivation macht manches möglich

IMPRESSUM HZwei

ISSN: 1862-393X
Jahrgang: 13. (2013) / Heft 1, Januar 2013

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

Sitz: Oberkrämer
UStID.: DE 221143829

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

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

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

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): 27,50 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 6,50 € Versand)
Einzelpreis (Europa): 8 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 3,50 € Versand)
Jahrespreis (Europa): 27,50 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 12,50 € Versand)

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

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

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

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

H_2YDROGEIT Verlag

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

Titelbild: Erneuerbare Energien liefern Strom, der in Form von Wasserstoff gespeichert werden kann.
(Fotomontage Karlsruher Institut für Technologie)

HYPE-HOPPING

Liebe Leserinnen und Leser!

Wer hätte das gedacht, dass nach dem Elektromobilitäts-Hype so bald gleich der nächste Hype durch die Energiewirtschaft pflügt. Wir waren doch gerade noch dabei, über das Wohl und Wehe der Elektrofahrzeuge zu sinnieren, da geht es quasi schon wieder los. Dieses Mal unter dem Schlagwort „Energiespeicherung“.

Ein untrügliches Zeichen für das Aufflammen einer neuen Euphoriewelle ist stets die Anzahl der Veranstaltungen, die zu einem speziellen Thema abgehalten werden. Zur Jahrtausendwende boomte es hier ganz kräftig bei allem, was mit Brennstoffzellen zu tun hatte, um 2008/2009 waren es die E-Autos mit der Batterietechnik, jetzt ist es die Speicherung von elektrischer Energie – speziell von „grünem“ Strom.

Ein schönes Indiz für neue Trends sind auch Umbenennungen, so hat sich beispielsweise die *Niedersächsische Landesinitiative Brennstoffzelle und Elektromobilität* (LiBZEI), die ursprünglich mal *Landesinitiative Brennstoffzellen Niedersachsen* hieß, im Sommer 2012 zur *Landesinitiative Energiespeicher und -systeme Niedersachsen* entwickelt.

Passend zu dieser Entwicklung wurde jüngst in der Schweiz eine Studie über Hypes veröffentlicht. Naheliegenderweise haben die Autoren das Thema *Technologie-Hype* am Beispiel des Brennstoffzellen-Booms von vor zehn Jahren analysiert. Sie stellten fest, dass Hypes stets mit „übersteigerten Erwartungen an die Leistungsfähigkeit einer Technologie“ einhergehen (s. S. 4) – und diese gab es damals zur Genüge.

Brennstoffzellen wurden unter anderem als super-effiziente Heilsbringer verabgöttert. Wasserstoff galt als der Zaubertrank, der aus der dreckigen fossilen Öl- und Kohlewirtschaft eine saubere, schöne H_2-Welt machen sollte. Dies allein war es aber noch nicht, denn wie die Autoren der Studie herausfanden, müssen für einen echten Hype zusätzlich noch Erwartungshaltungen auf verschiedenen Ebenen erzeugt werden. So wie damals die Hoffnung, dass sich dank der H_2- und BZ-Technik sowohl die Ressourcenverknappung als auch die Klimaproblematik in nichts als Wasserdampf auslösen würden.

Ähnlich war es erst kürzlich bei den Elektrofahrzeugen, die nicht nur eine saubere und leise Mobilität ermöglichen sollten. Nein, sie sollten außerdem auch den gesamten Ökostrom zwischenspeichern und somit quasi über Nacht die abgeschalteten Atomreaktoren ersetzen. Außerdem sollten sie sportlich und mit ordentlich Drehmoment ausgestattet sein und zudem noch möglichst bald über 600 Kilometer am Stück fahren können.

Und nun geht es in gleicher Manier weiter: Das Oberthema ist derzeit *Energiespeicherung*. Dies umfasst konventionelle Techniken wie Pumpspeicherkraftwerke und Druckluftspeicher, aber eben auch wieder Wasserstoff, der per Elektrolyse erzeugt wird und somit als Speicher für Solar- und Windenergie dienen kann. Hinzu kommt noch das interessante Feld der Methanisierung, damit dann der grüne Wasserstoff deutschlandweit über das Gasnetz verteilt werden kann. Dies schürt dann gleich wieder tolle Phantasien, in denen Hochspannungsmasten zukünftig gänzlich überflüssig werden und jeder Haushalt sein eigenes autarkes Kraftwerk besitzt. Wieder einmal kann mit deutscher Technik ein neuer Leitmarkt erschlossen werden, so scheint es jedenfalls.

Zum Glück wissen wir es heute besser: Auch dieser Hype wird noch etwas anschwellen und dann wieder gehen. Einige Teile dieser Phantasien werden Wirklichkeit, andere verschwinden klammheimlich. Ein Leitmarkt wird daraus nur, wenn nach den ganzen Workshops und Seminaren tatsächlich Produkte entstehen, die nicht von Wissenschaftlern, sondern von Marketing-Profis verkauft werden.

Bis dahin werden wir aber wahrscheinlich schon zum nächsten Hype gesprungen sein, in dessen Schatten sich dann heimlich die alten Hypethemen in Richtung Kommerzialisierung heranpirschen können.

Mal schauen, wo uns der nächste Hype hinträgt.

Bis es allerdings so weit ist, kümmern wir uns in der HZwei erst einmal um die aktuellen Geschehnisse im Bereich der Energiespeicherung (s. Titelstory). Sie finden dazu in diesem ersten Heft des neuen Jahres zahlreiche interessante Beiträge über politische Fördervorhaben (S. 14-15), aktuelle Demonstrationsprojekte (S. 16-21), neue Maßnahmen zum Infrastrukturaufbau (S. 22-23) sowie H_2-Speicher unter der Erde (S. 24-25), damit Sie bestens beim momentanen Hype mitreden 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

Brandenburgs Ministerpräsident Platzeck gibt Startschuss für Bau einer Wasserstoff-Tankstelle in Berlin-Schönefeld ... Allianzen für Brennstoffzellen-Autos: die Blöcke formieren sich ... ZSW Stuttgart wird zu klein und muss anbauen ...

ENYMOTION MELDET INSOLVENZ AN

Wird jetzt doch nicht gebaut – die enyware L 200

Noch im Sommer 2012 präsentierte der Brennstoffzellenhersteller enymotion voller Stolz auf dem Caravan Salon Düsseldorf die *enyware L 200,* ein flüssiggasbetriebenes Brennstoffzellensystem für den Camping-Sektor, das auch senkrecht an der Wand installiert werden kann (s. HZwei-Heft Okt. 2012). Doch jetzt ist dem Heilbronner Unternehmen scheinbar die Luft ausgegangen: Am 17. Dezember stellte enymotion einen Antrag zur Eröffnung des Insolvenzverfahrens. Wie die *Heilbronner Stimme* berichtete, dürfte der Anlass gewesen sein, dass der Zukunftsfonds Heilbronn nicht länger bereit war, das Unternehmen nach wiederholten Verschiebungen des Markteinführungstermins zu unterstützen. Im September 2012 hatte sich Marketing-Chef Dominik Öller gegenüber HZwei noch zuversichtlich geäußert, dass die Kommerzialisierung des enyware-Geräts im Frühjahr 2013 anvisiert werde und für das 200 W leistende Modul auch bereits einen Preis (7.495 Euro) genannte. Was nun aus den rund 50 Mitarbeitern wird, ist bis dato ungewiss. ||

HYPES KOMMEN UND GEHEN

Die Hypes um die Brennstoffzelle sind fast schon legendär. Auch bei der Elektromobilität geht es auf und ab. Wahrscheinlich hat sich deswegen der Wissenschaftsfonds FWF genau dieses Themenfeld herausgesucht, um daran beispielhaft den „Aufstieg & Fall“ von Technologie-Hypes zu analysieren. Ende November 2012 stellte das Team von Dr. Matthias Weber vom Austrian Institute of Technology die Ergebnisse dieser Studie vor. Demnach gibt es bei derartigen Hypes ein Wechselspiel von Entwicklung und Erwartung, das zwar Fortschritt, aber auch Frustration mit sich bringt. Glühende Begeisterung wird relativ rasch von totaler Enttäuschung abgelöst. Maßgeblichen Einfluss auf den tatsächlichen Werdegang haben dabei sowohl die Massenmedien als auch die Politik, aber ebenfalls die Fach- und Finanzwelt. Für all diese Bereiche analysierte das Forscher-Team zahlreiche Berichte verschiedener Medien, Umfragen von ausgesuchten Konferenzen sowie Interviews mit Stakeholdern. Es zeigte sich, dass ein Grund für die Entstehung von Hypes die übersteigerten Erwartungen an die Leistungsfähigkeit einer Technologie sind. Gleichzeitig muss allerdings eine Verknüpfung von Erwartungen auf verschiedenen Ebenen hinzukommen. Björn Budde erklärte: „Die Erwartungen an die Brennstoffzelle wurden mit Erwartungen an ein komplett neues, wasserstoffbasiertes Wirtschaftssystem verbunden.“ In diesem Fall waren zusätzlich „sogar Hoffnungen entstanden, das Klimaproblem und die Erdölabhängigkeit zu lösen“, heißt es. Budde stellte dazu fest: „Je bedeutender aber die an eine Technologieentwicklung geknüpften Hoffnungen, umso tiefer kann die Enttäuschung natürlich sein, wenn sich die Erwartungen nicht bald erfüllen.“ ||

DR. JOACHIM GRETZ IST VERSTORBEN

Der langjährige Vorsitzende der Wasserstoff-Gesellschaft Hamburg und Wegbereiter der deutschen Wasserstoffszene, Dr. Joachim Gretz, ist am 12. Oktober 2012 von uns gegangen. Bis ins hohe Alter war der ehemalige Leiter der *Gemeinsamen Forschungsstelle* (GFS) der Europäischen Kommission in Ispra (Italien) untrennbar mit dem Thema Wasserstoff verbunden. Dr. Gretz wurde bereits im September 1989 bei der Gründung der Hamburger *Gesellschaft zur Einführung des Wasserstoffs in die Energie-Wirtschaft e.V.* in den Vorstand berufen. Neun Jahre lang war er Vorsitzender dieses 1997 in *Wasserstoff-Gesellschaft Hamburg* umbenannten Vereins, seit 2011 Ehrenvorstandsmitglied. Gretz initiierte unter anderem 1986 das *Euro-Québec Hydro-Hydrogen Pilot Project* (EQHHP) und gab wichtige Impulse zur Gründung der *European Hydrogen Association* (EHA) im Jahr 2000. Er erkannte frühzeitig, welche Rolle dem Wasserstoff zukünftig zukommen wird: „Die Windenergie als erneuerbare Energie

hat die Eigenart, nicht rund um die Uhr geliefert werden zu können. Wir müssen sie demnach speichern. Dazu brauchen wir den Wasserstoff. Mit dem Schwinden der fossilen Energiequellen und damit dem sukzessiven Übergang zu erneuerbaren Energien wie Sonne und Wind müssen diese temporär und lokal gespeichert werden. Wasserstoff ist dafür das geeignete Medium." Sein unermüdliches Wirken für eine Welt mit Wasserstoff wird der deutschen und europäischen H_2-Branche fehlen. Dr. Joachim Gretz wurde 83 Jahre alt. ||

ENERTRAG STARTET ELEKTROLYSEURPRODUKTION

Drei 2-MW-Elektrolyse-Stacks bei Enertrag HyTec [Quelle: Enertrag]

Aus der Not heraus, weil es keine geeigneten Elektrolyseure gab, widmete sich der Windkraftprojektierer Enertrag selbst dem Thema Elektrolyse und baute zunächst einen atmosphärischen Prototyp mit 600 kW und einer Kapazität von 120 Normkubikmeter Wasserstoff pro Stunde. Im Jahr 2010 gründete das Prenzlauer Unternehmen dafür eine eigene Tochterfirma, die *Enertrag HyTec GmbH,* die mittlerweile mit der Vorserienproduktion startete. Ende November 2012 meldete das Unternehmen von Gut Dauerthal, dass bereits drei 2-MW-Elektrolyseure an die ersten Kunden ausgeliefert sind. ||

MINISTER RÖSLER BESUCHT NEXT ENERGY

Dr. Alexander Dyck informierte Dr. Philipp Rösler über aktuelle Entwicklungen an Brennstoffzellenmembranen [Quelle: Next Energy]

Dr. Philipp Rösler, Bundesminister für Wirtschaft und Technologie, hat am 29. November 2012 Next Energy, das an die Universität Oldenburg angegliederte EWE-Forschungszentrum für Energietechnologie e.V., besucht und sich über die aktuellen Forschungsarbeiten zur Energiewende informiert. In Gesprächen mit den dortigen Wissenschaftlern machte der Wirtschaftsminister deutlich, dass er eine enge

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

f-cell

Die Brennstoffzelle | 13. Forum für Produzenten und Anwender

30.9.–2.10. 2013

Messe Stuttgart

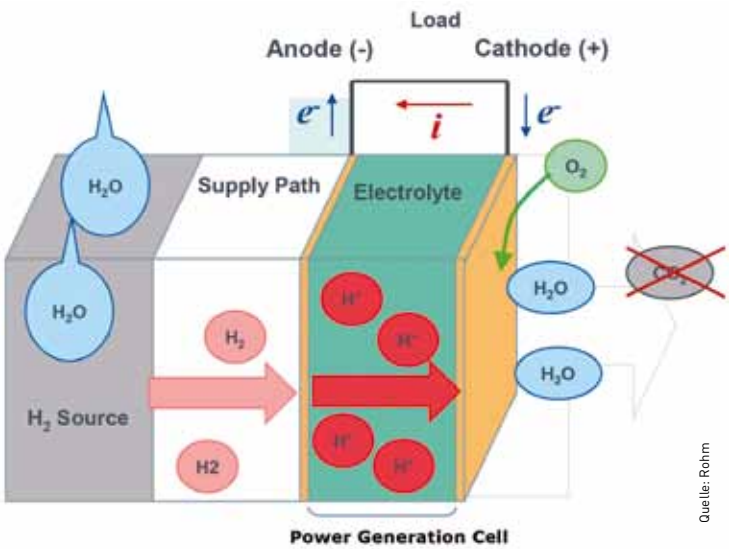
Das internationale Forum für die Branche
Konferenz | Messe
www.f-cell.de

Im Verbund mit:
BATTERY+ STORAGE
f-cell
e-mobil TECHNOLOGIETAG

DAIMLER
Baden-Württemberg MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT
Wirtschaftsförderung Region Stuttgart
PETER SAUBER AGENTUR Messen und Kongresse GmbH

Verzahnung von Wissenschaft und Wirtschaft befürworte, um Erkenntnisse aus der Forschung auch in die Praxis umzusetzen. Rösler erklärte: „Hier versucht man wirklich, marktnahe Produkte zu schaffen. Innovationen und neue Technologien sind Schlüsselelemente für eine erfolgreiche Bewältigung der Energiewende. Energieforschung ist daher ein strategisches Instrument der Energiepolitik. Um die Energiewende zum Erfolg zu führen, muss Deutschland verstärkt in Forschung und neue Technologien investieren.“ Weiterhin sagte er: „Die Speichertechnologie ist ein wesentlicher Bestandteil der ganzen Diskussion. Am Ende wird sich die Wirtschaftlichkeit von Erneuerbaren Energien zum großen Teil an der Speicherfähigkeit entscheiden – und damit auch ihr Erfolg“. Dr. Werner Brinker, Vorstandsvorsitzender der EWE AG, ergänzte: „Die Energiewende in Deutschland kann gelingen, wenn Verbrauch und Erzeugung über intelligente Anreize zur Lastverschiebung besser aufeinander abgestimmt werden.“ ||

ROHM ZEIGT MINI-BRENNSTOFFZELLEN



Quelle: Rohm

In Japan gehen die Arbeiten an Brennstoffzellen für portable Elektrogeräte voran. So stellte der Halbleiterhersteller Rohm Semiconductur während der *Ceatec* nahe Tokyo Anfang Oktober 2012 und auch Mitte November während der *Electronica* in München ein kompaktes Brennstoffzellensystem vor, das gemeinsam mit der Universität Kyoto sowie der Aquafairy Corp. entwickelt wurde (Aufbau s. Foto). Als Wasserstoffspeicher dient bei diesem System Calciumhydrid, das in einer dünnen, leichten Tafel kristallisiert wird. Aus einem Modul der Größe 38 mm x 38 mm x 2 mm lassen sich laut Rohm bei Zimmertemperatur rund 4,5 Liter Wasserstoff entsprechend einem Energieinhalt von rund 5 Wh erzeugen. Prof. Kazuyuki Hirao von der Kyoto University erklärte, er habe darüber hinaus ein gemeinsames Projekt mit Rohm, Aquafairy und Kinkei System Corp. gestartet, um auch ein 400-W-System zu entwickeln. Zudem, berichtete das Internetportal www.notebookcheck.com, stellt Aquafairy bereits Smartphone-Ladegeräte her, deren Energieversorgung über Brennstoffzellensysteme läuft. ||

FÜHRUNGSWECHSEL BEI AIR LIQUIDE

Thomas Pfützenreuter (Quelle: Air Liquide)

Thomas Pfützenreuter ist neuer Vorsitzender der Geschäftsführung der Air Liquide Deutschland GmbH. Seit dem 1. November 2012 führt der Wirtschaftswissenschaftler die Arbeit von Markus Sieverding weiter, der nach Aussage der Presseabteilung das Gaseunternehmen auf eigenen Wunsch verlassen hat. Sieverding war 20 Jahre lang für Air Liquide tätig, seit 2004 als Vorsitzender der Geschäftsführung (s. Interview HZwei-Heft Okt. 2012). Thomas Pfützenreuter arbeitete bis Ende 2011 für die Akzo-Nobel GmbH, bevor er im vergangenen Jahr als freier Berater agierte. Der Diplom-Ökonom leitet bei dem französischen Unternehmen fortan die deutschen Geschäfte, die rund ein Siebtel des Gesamtumsatzes des Konzerns ausmachen. ||

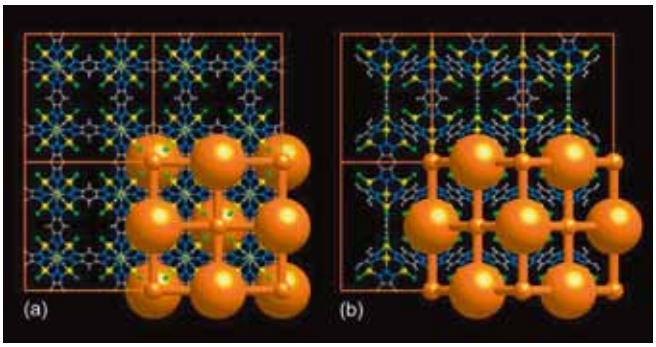
NEUES VON *LIGHT2HYDROGEN*

Die direkte Wasserstofferzeugung aus Sonnenlicht wäre der ideale Weg zur langfristigen Speicherung von sauberer Solarenergie. Deswegen hat das Bundesforschungsministe-

rium bereits vor Jahren ein Verbundprojekt auf den Weg gebracht, das diese Technologie erforschen soll: *Light2Hydrogen* (s. HZwei-Heft Jan. 2011). Im Herbst 2012 verkündete nun das Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) neuste Ergebnisse aus diesem Forschungsvorhaben. Demnach haben die beteiligten Wissenschaftler ein neues Hybridmaterial erfolgreich auf solch eine photoelektrochemische H_2-Herstellung hin getestet. Als Photokatalysatoren fungieren dabei graphitische Kohlenstoffnitridfilme, die in dünnen Schichten auf Silizium oder Chalkopyrit (p-Typ-$CuGaSe_2$) aufgelagert sind. Eine derart komplizierte Vorgehensweise ist notwendig, da normale Halbleiter (z.B. Silizium oder Chalkopyrit) in Wasser sofort korrodieren und somit kein Sonnenlicht mehr absorbieren können. Polymeres Kohlenstoffnitrid könnte hier Abhilfe schaffen, allerdings wurde dies bisher nur in Pulverform untersucht. Dem Team von Projektleiter Dr. Thomas Schedel-Niedrig ist nun erstmals die Aufbringung auf Chalkopyrit gelungen. ||

Chemistry & Sustainability Energy & Materials 5 (2012) 1227-32; DOI: 10.1002/cssc.201100691; Impact Factor: 6.827

DEUTERIUM WIRD HERAUSGESIEBT



Quelle: Universität Augsburg / Advanced Materials

Deutschen Wissenschaftlern ist es gelungen, den seltenen Verwandten von Wasserstoff, Deuterium, besonders effizient zu separieren. Wie das Max-Planck-Institut (MPI) Ende November 2012 bekannt gab, gelang es mit Hilfe einer metallorganischen Gerüstverbindung, Wasserstoff-Isotope voneinander zu trennen, und zwar zwei- bis dreimal effizienter, als dies mit bisherigen Methoden möglich war. Das Team mit Forschern vom MPI in Stuttgart, von der Jacobs University Bremen und der Universität Augsburg stellte fest, dass ein MOF (engl. metalorganic framework) als so genanntes „Quantensieb" dienen kann. In der Zeitschrift *Advanced Materials* berichteten die Wissenschaftler um Professor Dirk Volkmer, dass sie dafür Zinkionen verwenden, die mit organischen Molekülen vernetzt werden, so dass käfigartige Hohlräume entstehen, die durch besonders enge Öffnungen miteinander verbunden sind. Diese Materialien, die sie *MFU-4* (Metal-Organic Framework Ulm University-4) tauften, separieren die Wasserstoff-Isotope nicht wie Sandkörner anhand ihrer Größe – weil diese ja identisch ist – sondern nach ihrer Masse. „Damit haben wir erstmals experimentell gezeigt, dass Quantensieben eine sehr effektive Methode ist, um Gasgemische zu trennen und Deuterium zu gewinnen", freute sich Dr. Michael Hirscher vom Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme. ||

Wie wird Wasserstofftechnik so sicher wie die nächste Benzinpreiserhöhung?

» Mit Hochdruck.

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

MAXIMATOR®
Maximum Pressure.

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

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

BZ-KRAFTWERKE FÜR DIE ENERGIEWENDE VOR ORT

Bundesumweltminister Altmaier startet virtuelles Kraftwerk

Bundesumweltminister Peter Altmaier höchstpersönlich hat am 2. Oktober 2012 den Startknopf für den Aufbau eines neuen, virtuellen Brennstoffzellenkraftwerks gedrückt. Gemeinsam mit seinem Kollegen aus Nordrhein-Westfalen, Landesumweltminister Johannes Remmel, den Vertretern der beteiligten Stadtwerke, dem Gastgeber Trianel sowie rund 100 versammelten Gästen feierte er im Eurogress Aachen den offiziellen Start dieses Netzwerks. Zusammen wollen die an diesem Vorhaben beteiligten Partner insgesamt 25 Brennstoffzellenaggregate installieren und zu einem virtuellen Kraftwerk zusammenschließen.

Die Idee zum Aufbau eines virtuellen Brennstoffzellenkraftwerks ist schon annähernd zehn Jahre alt. Im Jahr 2004 hatte der Heizgerätehersteller Vaillant erstmals versucht, ein Demonstrationsprojekt für ein europaweites Netzwerk aufzubauen. Infolge neuer technischer Entwicklungen verabschiedete sich das Remscheider Unternehmen allerdings recht bald wieder von diesem Weg. Jetzt ist es das deutsch-australische Unternehmen Ceramic Fuel Cells Limited (CFCL), das mehrere Brennstoffzellenaggregate zu einem virtuellen Kraftwerk zusammenschalten möchte. Dafür haben sich die in Heinsberg ansässige deutsche Tochterfirma sowie ihr Vertriebspartner *sanevo blue energy* im Dezember 2011 mit insgesamt 15 Stadtwerken und kommunalen Regionalversorgern zusammengetan, um gemeinsam mit diesen rund zwei Dutzend Geräte des Typs *BlueGen* in den Markt zu bringen.

MINISTER PLANT DIE ENERGIEWENDE Für Peter Altmaier war dies einer der ersten Termine, bei dem er mit der Brennstoffzellenbranche in Berührung kam. Bis dahin hatte der damals noch neue Bundesumweltminister nur relativ wenig mit der BZ- und H_2-Technik zu tun, obwohl er als Chef des Bundesumweltministeriums gleichberechtigt mit dem Bundesverkehrsminister im Aufsichtsrat der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW) sitzt, die maßgeblich an der Realisierung von Forschungs- und Demonstrationsprojekten beteiligt ist und 700 Mio. Euro an Fördergeldern verwaltet. Allzu eng wurde der Kontakt allerdings auch dieses Mal nicht, da vorrangig Stadtwerkler und kaum Vertreter der BZ-Branche vor Ort waren. Die Äußerungen Altmaiers dürften allerdings für alle Beteiligten äußerst interessant sein.

So bekannte sich der Minister in seiner Rede zur Energiewende und erklärte sie zu seinem persönlichen Projekt: „Es ist eine enorme technologische Herausforderung, […] eine der größten Herausforderungen der Nachkriegsgeneration." Sein Ziel sei, der Welt zu zeigen, dass Klimaschutz und Wirtschaftswachstum miteinander vereinbar sind. Dazu sagte er: „Dieser Prozess kann eventuell mehr zum Klimaschutz beitragen als vergleichsweise ein Kioto-Protokoll." Eine Voraussetzung dafür sei aber auch, dass „nicht versucht wird, den einen gegen den anderen auszuspielen – konventionelle gegen erneuerbare Energieversorgung, zentral gegen dezentral, alt gegen neu. […] Die einzelnen Teile der Energiewende müssen zusammenpassen. […] Nur wenn die Energieversorgung, der Energietransport und die Energiespeicherung aufeinander abgestimmt sind, wird die Energiewende Erfolg haben." Gegenüber dem WDR kündigte Altmaier zudem eine detaillierte Prüfung einer möglichen finanziellen Förderung von Mikro-KWK-Anlagen auf Brennstoffzellenbasis an, was von der Initiative Brennstoffzelle (IBZ) ausdrücklich begrüßt wurde.

STARKE PARTNER Mit Trianel bekannte sich bei diesem Termin ein großer Unternehmensverbund der Energiebranche öffentlich zur Brennstoffzellentechnologie. Trianel ist zwar offiziell eine GmbH, bezeichnet sich selbst aber als Netzwerk, in dem über 100 Stadtwerke und kommunale Versorger aus Deutschland, den Niederlanden, Österreich und der Schweiz zusammengeschlossen sind. Sven Becker, Sprecher der Trianel-Geschäftsführung, sagte zu den versammelten Stadtwerksvertretern: „Ich war elektrisiert, als ich von Ihrem Projekt erfahren habe. […] Es geht um eine Innovation, deswegen bin ich gerne hergekommen." Mit Blick auf die Brennstoffzellentechnik erklärte er: „Dieses Projekt liefert mit seiner Kleinzelligkeit einen wertvollen Beitrag zur Energiewende. Stadtwerke und regionale Energieversorger wollen die Energiewende vor Ort umsetzen."

Auch Umweltminister Remmel sagte von Seiten des Landes entsprechende Unterstützung zu: „NRW ist das Land

Abb. 2: Bernd Wilmert, Trianel-Aufsichtsratsvorsitzender; Landesumweltminister Johannes Remmel; Bundesumweltminister Peter Altmaier; Sven Becker, Trianel-Geschäftsführung (v.l.)

BEISPIEL
Ein *BlueGen*-Kraftwerk wurde Anfang November 2012 im Innovationszentrum Wiesenbusch (IWG) in Gladbeck installiert. Dort produzierte die Pilotanlage rund 2.000 Kilowattstunden Strom sowie anteilige Wärme für die Warmwasseraufbereitung in den Werkhallen. Außerdem steht die Anlage den Studenten des Energieinstituts der Westfälischen Hochschule für Schulungszwecke zur Verfügung.

der Zukunftsenergien und braucht für die beschleunigte Energiewende mehr Kraftwerke der Zukunft. Die Kraft-Wärme-Kopplung soll in unserem Bundesland eine große Rolle spielen, deshalb legt das Land ein Förderprogramm KWK mit einem Volumen von 250 Millionen Euro auf. Unser Ziel ist es, den Anteil von KWK an der Stromerzeugung bis 2020 auf über 25 Prozent zu erhöhen." Im Rahmen des Förderprogramms progres.nrw erhalten Brennstoffzellengeräte einen Zuschuss von mindestens 45 %.

CFCL LEGT VOR Ceramic Fuel Cells Ltd. hat in den vergangenen Jahren rund 250 Mio. Euro in die Entwicklung von Brennstoffzellenaggregaten investiert. Zudem konnten mit Dr. Roman Dudenhausen, der im Mai 2011 in den Aufsichtsrat gewählt wurde, und Andreas Ballhausen, der im Oktober 2012 als neuer Geschäftsführer für Vertrieb und Service hinzukam, zwei hochrangige Manager aus der Energiebranche für das mittlerweile 140 Mitarbeiter beschäftigende Unternehmen gewonnen werden. Ballhausen, der zuvor beim Energieversorger EWE tätig war, sagte: „Wir wollen jetzt wirklich den Schritt machen raus aus der Entwicklung, rein in den Markt." Als Alleinstellungsmerkmal seines Systems nannte CFCL den hohen elektrischen Wirkungsgrad von 60 %: „Dadurch haben unsere Kunden enorme CO_2-Einsparungspotentiale." Trotz derartiger Argumente und der Bemühungen von Vertriebspartner sanevo steigen die Installationszahlen derzeit nur langsam an (bisher 100 Systeme in Deutschland verkauft), so dass Ballhausen konstatierte: „Wir würden uns freuen, wenn uns die Politik unterstützt."

Ende November 2012 erhielt CFC von der Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (ASUE) den Innovationspreis der deutschen Gaswirtschaft in der Kategorie *Forschung und Entwicklung* für ihre BlueGen-Anlage. Laudator Dr. Walther Thielen, Hauptgeschäftsführer des DVGW, bezeichnete die Leistung von CFC als „richtungsweisend". ||

UNRUHE IN AUSTRALIEN UND SPANIEN
Während in Deutschland und auch in Großbritannien die Anstrengungen für die Vermarktung der BlueGen-Geräte intensiviert werden, beschäftigte sich die CFCL-Geschäftsführung in Australien im Herbst 2012 mit sich selbst: Kurz nach der Veröffentlichung des Finanzberichts zum dritten Quartal gab das Unternehmen eine Änderung in der Firmenleitung bekannt. Neuer Geschäftsführer ist seit dem 13. November Robert Kennett, vorheriges Mitglied des Aufsichtsrates. Der Energiefachmann, der meist kurz „Bob" gerufen wird, zählt seit dem Jahr 2006 zum Team der Australier und löst Brendan Dow als Geschäftsführer ab. Im Finanzbericht vom 30. Oktober 2012 ist nachzulesen, dass die Verkaufszahlen fürs dritte Quartal mit 46 Einheiten deutlich niedriger lagen als im zweiten Quartal (76 Einheiten). Zur Verbesserung dieser Zahlen plant CFCL, bisherige Aktivitäten und Investments in Australien, Japan und Nord-Amerika zugunsten des europäischen Marktes zu reduzieren.
Währenddessen erhielten die Vertriebsbemühungen für das BlueGen-Modul vorerst einen Dämpfer. sanevo, die in Deutschland auch für CFC als Zwischenhändler fungieren, müssen derzeit ihr Geschäftsmodell überarbeiten, seit ihr Hauptgeschäftspartner, die Efficient Home Energy S.L. (EHE), am 26. November 2012 Insolvenz anmeldete. Das spanische Unternehmen aus Tolosa produziert Kraft-Wärme-Kopplungsgeräte mit Stirlingmotor (1 kW), die mit Erdgas oder Flüssiggas betrieben werden, so genannte *WhisperGen*-Module. Der Vertrieb dieser Module für EHE machte bisher rund 95 % des Geschäfts von sanevo aus, so dass der Zwischenhändler, nun über neue Vertriebskonzepte nachdenken muss. Außerdem ist auch 2G Home von der Insolvenz betroffen, die ebenfalls das WhisperGen in Deutschland vertrieben haben.

HEXIS GEHÖRT JETZT VIESSMANN

Der Heizgerätehersteller Viessmann hat im vergangenen Herbst 50 Prozent der Anteile am Brennstoffzellenunternehmen Hexis erworben. Die anderen 50 % liegen nach wie vor bei einem schweizerischen Investor, der Stiftung für Kunst, Kultur und Geschichte, die den BZ-Hersteller aus Winterthur Ende 2005 vor der Insolvenz gerettet hatte. Volker Nerlich, der für die Viessmann Werke gearbeitet hatte, bevor er 2002 zu Hexis kam, erklärte gegenüber HZwei, dass beide Unternehmen gemeinsam „im Herbst 2013 eine Kleinserie des Galileo-1000N-Moduls hochfahren werden". Im gleichen Atemzug schränkte er jedoch ein, dass dies eher eine „geheime Markteinführung" wird, da zunächst geringe Stückzahlen des Festoxidsystems (SOFC) an ausgewählte Kunden verkauft würden. Für größere Stückzahlen sind nach Meinung von Nerlich derzeit weder ein entsprechender Markt noch die erforderlichen Kapazitäten bei dem 30 Mitarbeiter beschäftigenden Unternehmen vorhanden. Seit 2008 wurden rund 150 dieser BZ-Heizgeräte im Rahmen des Callux-Projektes erprobt und weiterentwickelt, so dass die Zuverlässigkeit jetzt 99 Prozent betrage, hieß es von Hexis.

Viessmann war bereits Anfang des Jahrhunderts im BZ-Segment mit selbst entwickelten Systemen aktiv gewesen, hatte sich dann aber aus der Eigenentwicklung zurückgezogen. Seit 2011 engagiert sich das 1917 gegründete Familienunternehmen wieder in diesem Bereich, indem zunächst eine Kooperation mit Panasonic eingegangen wurde. Die Japaner arbeiten an PEM-Brennstoffzellen für Ein- und Zweifamilienhäuser und haben in ihrem Heimatmarkt bereits 18.000 Exemplare verkauft. Panasonic beabsichtigt jetzt durch diese zweite Kooperation im BZ-Sektor, einen entscheidenden Schritt zur Sanierung des in Osaka ansässigen Unternehmens vornehmen zu können. Bis 2018 will sich der ehemals größte japanische Konzern für Konsumelektronik zum Anbieter für Energiemanagementsysteme (z.B. Akkus, Solarzellen) entwickeln. Gegenüber dem Handelsblatt hatte Toshiki Shimizu, Panasonics Projektleiter, beteuert: „Wir unterstellen, dass der Absatz von Brennstoffzellen in Europa stärker expandieren wird als in Japan." ||

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

POSITIVE AUSSICHTEN FÜR BZ-HEIZGERÄTE

VDMA und IBZ präsentieren Wirtschaftlichkeitsanalyse

Der Einsatz von kleinen stationären Brennstoffzellen ist sinnvoll und erweitert das Portfolio kleiner Kraft-Wärme-Kopplungs-Geräte – so lautet jedenfalls das offizielle Ergebnis einer Studie, die das Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) im Auftrag der Initiative Brennstoffzelle sowie der Arbeitsgemeinschaft Brennstoffzellen des Verbands deutscher Maschinen- und Anlagenbauer (VDMA) angefertigt hat. Darin konnte nachgewiesen werden, dass die Wirtschaftlichkeit der Brennstoffzellenheizgeräte teilweise bereits gegeben ist.

Die Studie, die am 9. Oktober 2012 während der f-cell in Stuttgart öffentlich vorgestellt wurde, hat Brennstoffzellenheizgeräte auf ihre ökologische und ökonomische Gesamtbilanz untersucht. Dabei wurden insbesondere stationäre Aggregate mit einer elektrischen Leistung bis zehn Kilowatt analysiert. Alexander Dauensteiner von der Initiative Brennstoffzelle (IBZ) erklärte bei der Pressekonferenz: „Brennstoffzellengeräte können relativ einfach im Gebäudealtbestand installiert werden.“ Außerdem können sie als so genannte Beistellgeräte zur Ergänzung modernerer Gasheizungen dienen. Andreas Ballhausen, Sprecher der IBZ, ergänzte: „Brennstoffzellen können einen wesentlichen Beitrag dabei leisten, den schlafenden Riesen Gebäudeenergieeffizienz für die Energiewende zu wecken.“ Als wesentliche Vorteile von Brennstoffzellen bezeichnen die Autoren der Studie den hohen elektrischen Nutzungsgrad sowie die niedrigen Schadstoffemissionen, die wesentlich zur Verbesserung der Treibhausgasbilanz im Gebäudebereich beitragen. Demnach können 1-kW-Geräte im teilsanierten Einfamilienhaus gegenüber einem Gasbrennwertkessel 21 bis 27 Prozent der Treibhausgasemissionen einsparen.

Darüber hinaus analysierte die Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) die gesamtwirtschaftlichen Effekte verschiedener Ausbaupfade und stellte fest: „Die Wirkung auf Wertschöpfung und Beschäftigung fällt positiv aus.“ Als weiterer Unterauftragnehmer bewertete die Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) die innovativen Vermarktungsoptionen der Brennstoffzellen in einem virtuellen Kraftwerk (s. Grafik). Ihre Untersuchung ergab, dass „bei optimierter Fahrweise ein zusätzliches, allerdings begrenztes Erlöspotenzial“ vorliegt. Konkret heißt es: „Durch die zusätzliche Vermarktung von Minutenreserve können die Erlöse erhöht werden. Das Optimum liegt bei möglichst hohem Eigenverbrauch bei gleichzeitiger Vermarktung über Day-Ahead und Minutenreserve und generiert Zusatzerlöse bis zu 80 Euro pro Jahr im Vergleich zum Referenzszenario.“

EINFÜHRUNGSPROGRAMM ZWECKDIENLICH Die Autoren stellen abschließend fest: „Stationäre Brennstoffzellen können heute fossile Brennstoffe und morgen erneuerbare Energien hocheffizient in Strom und Wärme wandeln und sind damit eine Schlüsseltechnologie für die beschleunigte Energiewende mit erheblichem ökologischen und ökonomischen Nutzen.“ Weiter heißt es: „Je schneller Skaleneffekte bei hohen Stückzahlen greifen können und je schneller der Strompreis beziehungsweise vor allem der Spread zwischen Strom- und Gaspreis ansteigen, umso eher werden Brennstoffzellengeräte wettbewerbsfähig. Hierzu ist auch ein Innovationseinführungsprogramm zweckdienlich.“ Johannes Schiel, Geschäftsführer der VDMA Arbeitsgemeinschaft Brennstoffzellen, rechnet damit, dass mittelfristig „jährlich zehntausend Brennstoffzellenheizgeräte in Deutschland produziert werden“. ||

UMWELTMINISTER HEIZT MIT BRENNSTOFFZELLE

Katharina Reiche vor der Galileo 1000N

Seit Ende 2012 steht im Keller des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit in Berlin eine Festoxidbrennstoffzelle und versorgt das Gebäude mit Wärme und Strom. Auch wenn der große Altbau nicht direkt zum ursprünglich anvisierten Einsatzgebiet für derartige 1-kW-Systeme zählt, freuten sich trotzdem alle Beteiligten über das gelungene Demonstrationsvorhaben. Zur Inbetriebnahme erschienen Staatssekretär Rainer Bomba vom Bundesverkehrsministerium und Dr. Klaus Bonhoff, Geschäftsführer der NOW GmbH, am Potsdamer Platz, wo sie gemeinsam mit der Parlamentarischen Staatssekretärin Katharina Reiche über den Projektstart informierten. Sie verstehen die Installation der Festoxid-Brennstoffzelle von Hexis im Umweltministerium als politisches Zeichen und öffentliches Bekenntnis für eine aussichtsreiche neue Technologie. Bonhoff zeigte sich entsprechend erfreut, dass dieses Galileo-1000N-Modul im Rahmen des Callux-Projektes, eines von mittlerweile insgesamt 300 BZ-Heizgeräten, bei einem so „prominenten Kunden“ aufgebaut wurde. ||

Quelle: MunichExpo

Thema: Elektromobilität | **Autoren:** Marita Wittner, Sven Geitmann |

4.000 TESTFAHRTEN MIT SMILE-EFFEKT

4. eCarTec 2012 in München

Viele Zulieferer für die Infrastruktur, aber nur relativ wenig Neues – so lautet das Resümee von der diesjährigen eCarTec, die vom 23. bis 25. Oktober 2012 in München stattfand. Die Anzahl der Erfinder und Tüftler der ersten Stunde hat abgenommen, dafür sind die Stände im Vergleich zu den Vorjahren größer geworden. Die Brennstoffzellenbranche war so gut wie gar nicht vertreten. Der Hit war aber wieder einmal der Test-Parcours.

Als Blickfang stand gleich am Eingang ein elektrisch betriebener Müllwagen: Ein 28-Tonner mit E-Antrieb, beeindruckend! Ansonsten fanden sich jedoch vorrangig bekannte Fahrzeuge auf den Messeständen. Hauptsächlich tummelten sich Hersteller aus den Segmenten Antrieb, Speicher und Service-Systeme aus ganz Europa auf den 33.000 m². Inmitten all dieser Batterie- und Elektromobiltechnik fand sich nur eine kleine Insel der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie: Der Gemeinschaftsstand der H2BZ-Initiative Hessen e.V. Das einzige H_2-Fahrzeug war das Wasserstofffahrrad von Gernweit. Es sieht aus wie ein normales Pedelec mit zwei 300-bar-H_2-Flaschen auf dem Gepäckträger. Rein theoretisch könnte es 2013 auf den Markt kommen, wenn sich ausreichend Kunden finden, die die rund 7.000 Euro dafür bezahlen wollen.

Gut frequentiert war der Test-Parcours, der eine ganze Halle sowie das Freigelände für sich beanspruchte. Vom E-Car, mit dem man auch nach draußen fahren konnte, über Elektro-Roller verschiedener Ausführungen, einen Elektro-Piaggio-Kleinlaster, elektrische Skateboards bis zum von Studenten entwickelten Renn-Go-Cart war nahezu alles an Elektromobilen zum Testfahren vorhanden. Und die rund 100 Mobile wurden rege genutzt: 4.000 Testfahrten an drei Messetagen mit dem berühmten Smile-Effekt danach.

Da die eCarTec eher eine Fachmesse und keine Konsumermesse ist (90 % Expertenanteil), hielt sich der Besucherandrang zumindest am Donnerstag in Grenzen, dennoch kamen insgesamt 12.600 Personen, mehr als im Vorjahr. Als neuen Anreiz stellte die Münchener Messegesellschaft in diesem Jahr die Hybridtechnik in den Focus: Zur *Internationalen Leitmesse für Elektromobilität* fügte sie kurzerhand noch die *Hybrid-Mobilität* hinzu. Robert Metzger, Geschäftsführer der eCarTec, begründete diese Themenerweiterung gegenüber dem Deutschlandradio: „Hybridfahrzeuge werden wohl in den kommenden drei, vier Jahren die kurzfristige Lösung sein.“ Zynische Stimmen gaben angesichts solcher Motivationshilfsmittel die Devise „Durchhalten“ heraus. ||

Abb. 1: Wasserstoffbus von Van Hool auf dem Messevorfeld

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

DAS WAR ’NE MESSE

1. Battery+Storage, 3. TechnologieTag & 12. f-cell in Stuttgart

Aus der „begleitenden Ausstellung“, die alljährlich parallel zum f-cell Symposium im Haus der Wirtschaft in Stuttgart stattgefunden hat, ist eine richtige Messe geworden. In diesem Jahr hat der Branchentreff erstmals zusammen mit der Battery+Storage und dem e-mobil BW Technologie-Tag stattgefunden. Das Veranstaltungsdreigespann lockte prompt über 140 Aussteller und so viele Gäste wie nie zuvor auf das Messegelände Stuttgart. Organisator Peter Sauber sprach entsprechend selbstzufrieden von einem „Auftakt nach Maß“.

Das rege Treiben der insgesamt 3.233 Besucher sorgte bei allen Beteiligten für gute Stimmung, kein Wunder, denn für die Aussteller und Gäste gab es vom 8. bis 10. Oktober 2012 zahlreiche Neuerungen: So war die Veranstaltungsdauer von bisher zwei auf insgesamt drei Messe- und Kongresstage ausgedehnt worden. Auch die Location war neu: Nachdem es im Haus der Wirtschaft in der Innenstadt zu eng geworden war, fanden die drei Paralleltermine auf dem neuen Gelände der Landesmesse Stuttgart statt, die direkt vis-a-vis zum Flughafengebäude angesiedelt ist. Die beiden Ausstellungsräume im Internationalen Congresscenter Stuttgart (ICS) waren dementsprechend gut gefüllt, und auch im Foyer gab es noch etliche Stände. Insgesamt präsentierten 142 Institutionen auf 1.600 m² Ausstellungsfläche neueste Produkte und Dienstleistungen.

ERFOLGREICHE MESSE Sowohl die Stände der f-cell als auch die der Battery+Storage waren stets gut besucht, wobei eine Unterscheidung in diese zwei Messen eigentlich überflüssig ist, da keine räumliche Trennung stattfand. Im Mittelpunkt der 1. Battery+Storage stand, dass zunächst die vielen neuen Akteure miteinander ins Gespräch kommen und sich über die noch junge Technologie austauschen sollten. So hatte beispielsweise Norbert Kern von der Bühler AG aus der Schweiz im Vorfeld erklärt: „Da ein großer Teil der Forschung und Entwicklung in Deutschland erfolgt, hoffen wir, wichtige Kontakte zur dortigen Industrie zu knüpfen und neue Trends zu entdecken.“ Derartige Erwartungen an die internationale Fachmesse für Batterie- und Energiespeichertechnologien wurden eindeutig erfüllt.

Es gab gleich mehrere Firmen, die innovative Stromspeicherlösungen präsentierten. Der Maschinenbauer Manz Thübingen GmbH zeigte dazu passende Fertigungsverfahren, und die ads-tec GmbH veranstaltete mit der Energy Storage Academy ein eigenes Seminar über Energiespeichersysteme. Die Resonanz unter den Ausstellern nach den drei Veranstaltungstagen war durchgehend positiv. Marco Stehr von Manz Tübingen erklärte: „Die zahlreichen Vorträge und Aussteller tragen in hohem Maße dazu bei, dass das Thema der Batterie- und Speicherungstechnologie populärer wird. Die Messe befindet sich auf einem guten Weg.“ Kay Wolters, Technical Sales Manager bei der Saueressig GmbH + Co. KG (s. Abb. 2), ergänzte: „Die Battery+Storage hat das Zeug, zur Leitmesse der Batterieindustrie zu werden.“

TREFFPUNKT FÜR EXPERTEN Zum f-cell-Symposium sowie zur Battery+Storage-Konferenz kamen insgesamt 585 Teilnehmer aus 22 verschiedenen Ländern. Gemeinsam mit dem e-mobil BW TechnologieTag (rund 300 Teilnehmer) am dritten Veranstaltungstag initiierten die Organisatoren insgesamt 152 teils gleichzeitig stattfindende Vorträge. Voll des Lobes erklärte Dr. Nils Schmid, der Wirtschaftsminister des Landes Baden-Württemberg, an die Veranstalter gerichtet: „Sie haben hier auf der Messe einen Treffpunkt geschaffen, an dem sich die Experten und Entscheidungs-

träger aus Politik und Wirtschaft zu allen Themen der nachhaltigen Mobilität, angefangen bei der Batterietechnik, der Brennstoffzellentechnologie über die zugehörigen Produktionstechniken bis zur Elektromobilität, austauschen und vernetzen können."

F-CELL AWARD GEHT NACH AUSTRALIEN Den alljährlich verliehenen f-cell award erhielt in diesem Jahr Ceramic Fuel Cells GmbH. Das Tochterunternehmen der deutsch-australischen Ceramic Fuel Cells Limited erhielt den Preis für sein BlueGen-Gerät, das erste in Europa kommerziell erhältliche, erdgasbetriebene Brennstoffzellenmikrokraftwerk für Wohngebäude und kleine Unternehmen. Besonders lobend wurde dessen hoher elektrischer Wirkungsgrad erwähnt. Der Gründer und Geschäftsführer von Ceramic Fuel Cells, Dr. Karl Föger, erklärte nach der Preisübergabe durch Landesumweltminister Franz Untersteller (s. Abb. 4): „Deutschland ist die Hochburg der Maschinenbauer, deswegen sind wir hierher gekommen." Weiterhin sagte er: „Heute haben wir einen Stand erreicht, bei dem BlueGen mit den Wirkungsgraden modernster Gas-und-Dampf-Kraftwerke mithalten kann. Dass unser Engagement für die Brennstoffzellentechnologie nun mit dem f-cell award 2012 geehrt wird, freut uns sehr."

In der Kategorie Start-Up ging der f-cell award an die new enerday GmbH für ihr neues Konzept eines flüssiggasbetriebenen Hochtemperaturbrennstoffzellensystems (SOFC). Das Team um Geschäftsführer Dr. Matthias Boltze verfügt bereits über „acht Jahre Erfahrung im Bereich der Brennstoffzellenforschung und -entwicklung". Wie Boltze aber gegenüber HZwei versicherte, ist das Unternehmen new enerday trotzdem noch jung: „Als Webasto beziehungsweise Enerday die Entwicklung der SOFC Anfang 2010 eingestellt hatte, stellte sich für mich und eine Handvoll Kernmitarbeiter (von ehemals über 50) die Frage, ob wir mit dem Gelernten und einem völlig neuen Systemkonzept erfolgreich sein könnten. Ich habe dann für mich entschieden, das unternehmerische Risiko einer Neugründung einzugehen, habe mir Investoren aus der Region gesucht und new enerday gegründet. Damals haben uns nur wenige Beobachter eine Chance gegeben. Jetzt können wir, glaube ich, zeigen, dass die Entscheidung richtig und das Risiko gerechtfertigt war."

1. NOW-BUNDESPREIS VERGEBEN Eine Besonderheit hatte sich die NOW GmbH gleich für den ersten Veranstaltungstag ausgedacht: Guido Buchwald, Ex-Fußballnationalspieler und Weltmeister von 1990, überreichte den ersten Bundespreis für Wasserstoff, Brennstoffzelle und batterieelektrische Antriebe. Dr. Klaus Bonhoff, Geschäftsführer der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie, erklärte: „Wir wollen junge Leute motivieren. Seit 2010 haben wir dies bereits auf Landesebene getan, jetzt erstmals auch auf Bundesebene." Der erste Preisträger war Sebastian Klick. Der Zwanzigjährige aus Mechernich wurde für sein Projekt „Nanotechnologie zur Verbesserung von Energiespeichern" geehrt, das sich nach Meinung der Jury durch eine besonders hohe fachliche und auch kommunikative Kompetenz auszeichnete. Im Rahmen des Bundesforschungsprogramms Jugend forscht hatte Klick bereits den 2. Platz auf Landesebene für diese Entwicklung erzielt. Wie der Blickpunkt Euskirchen berichtete, startete Klick am Tag nach der Preisübergabe mit seinem Studium der Elektrotechnik an der RWTH Aachen. ||

Abb. 2: Landesverkehrsminister Winfried Hermann (m.) mit Thomas Hackfort und Kay Wolters (r.) von Saueressig [Quelle: Messe Stuttgart]

Abb. 3: Wirtschaftsminister NIls Schmid beim e-mobil BW TechnologieTag [Quelle: e-mobil BW GmbH / Studio KD Busch]

Abb. 4: Landesumweltminister Franz Untersteller (r.) ehrt Andreas Ballhausen (l.) und Karl Föger von CFC

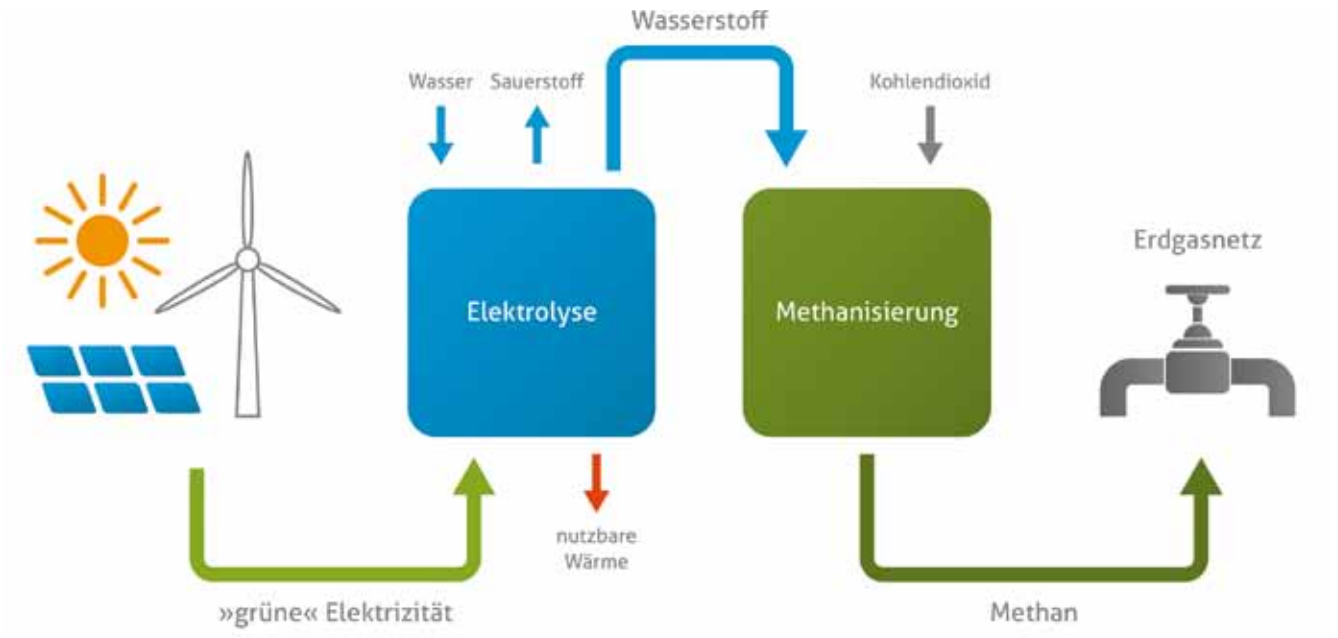


Abb. 1: Das Erdgasnetz wird zum Speicher für Ökostrom. [Quelle: GP Joule]

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

KEINE ENERGIEWENDE OHNE ENERGIESPEICHER

Bundesregierung fördert bundesweit Speichervorhaben

Das beherrschende Thema in der Energiebranche sind derzeit die Energiespeicher: Bundesweit finden seit einigen Monaten unzählige Seminare und Workshops zu dieser Thematik statt, die Versorgungsunternehmen engagieren sich mittlerweile fast alle in entsprechenden Demonstrationsprojekten (s. S. 16), und auch die Bundesregierung hat eine passende Förderinitiative ausgerufen. Grund genug für HZwei, diesem neuen Trend einmal genauer nachzugehen und darzustellen, wo überall konkret an dem Thema gearbeitet wird und welche Rolle Wasserstoff dabei spielt.

Das Ziel der seit geraumer Zeit in der Diskussion befindlichen Energiewende ist, die Energieversorgung in Deutschland mittelfristig umzubauen: Insbesondere die ehemals und auch heute noch auf fossilen und nuklearen Ressourcen basierende Stromwirtschaft soll abgelöst werden durch eine auf Ökostrom basierende Versorgung. Bis zum Jahr 2050 sollen 80 Prozent der benötigten elektrischen Energie mit Hilfe von erneuerbaren Energien gedeckt werden. Das Problem dabei ist nur, dass Solar- und Windkraftanlagen, die den Großteil des Ökostroms beisteuern, vom Wetter abhängig sind und sich nicht nach dem gerade vorhandenen Bedarf richten. Außerdem ist Sonnen- und Windstrom heute noch nicht in großen Dimensionen speicherbar. Deswegen müssen zunächst geeignete Speichermöglichkeiten entwickelt werden, damit diese spätestens dann verfügbar sind, wenn die Atomkraftwerke zum Ende des Jahrzehnts nach und nach abgeschaltet werden.

BUNDESWEITE FÖRDERINITIATIVE Zur Erforschung geeigneter Speichermöglichkeiten bedarf es allerdings noch erheblicher Anstrengungen. Deswegen gaben die Bundesministerien für Wirtschaft und Technologie (BMWi), für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) sowie für Bildung und Forschung (BMBF) am 12. Juli 2012 in Berlin den offiziellen Startschuss für eine entsprechende Förderinitiative. In insgesamt 60 Forschungsprojekten soll jetzt in den nächsten Jahren die Eignung von Wind-Wasserstoff-Systemen und auch die Integration von Batterien in Stromverteilnetze analysiert werden. Den Rahmen für diese Entwicklungsarbeiten bildet die *Förderinitiative Energiespeicher,* die dazu beitragen soll, dass die damit verbundenen Techniken erstens rechtzeitig auf den Markt kommen und zweitens dann auch bezahlbar sind.

H_2-HERSTELLUNG MIT ÖKOSTROM Der erste Förderschwerpunkt „Wind-Wasserstoff-Kopplung“ befasst sich mit der Wasserstofferzeugung aus überschüssigem Ökostrom. Hierbei werden beispielsweise Komponenten für PEM-Elektrolyseure optimiert und neue Katalysatormaterialien erforscht. Unter anderem zählen das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM) sowie das Institut für Technische Thermodynamik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) zu dieser Förderinitiative. Unter dem Titel „Hochdynamische thermochemische Energiespeicher auf Basis von Hydrid-Graphit-Verbundwerkstoffen“ erforschen sie gemeinsam die Bindung von Wasserstoff in Metallhydriden. Dafür arbeiten sie im Rahmen eines dreijährigen Vorhabens an neuartigen Verbundwerkstoffen mit verbesserten Speichereigenschaften, mit denen eine vollständige Be- und Entladung innerhalb weniger Minuten möglich sein soll.

LI-IONEN-AKKUS ALS ZWISCHENSPEICHER Im zweiten Forschungsschwerpunkt „Batterien in Verteilnetzen“ geht es insbesondere um die Kopplung von Batterien mit dezentralen Erneuerbare-Energien-Anlagen. Einzelprojekte finden in der *Smart Region Pellworm* ebenso statt wie an der Technischen Universität Clausthal, wo neuartige Kompo-

Abb. 2: Die Rappenecker Hütte fungiert seit 25 Jahren als energieautarke Teststation (Quelle: Fraunhofer ISE)

nenten für Redox-Flow-Batterien untersucht werden. Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) testet Lithium-Ionen-Akkumulatoren, die als stationäre Speicher mit Solar- und Windkraftanlagen gekoppelt werden. Dr. Andreas Gutsch, der am KIT das Projekt *Competence E* koordiniert, erklärte dazu: „Nur mit einem detaillierten Batterie-Know-how kann man so eine Anlage 24 Stunden am Tag und 365 Tage im Jahr steuern, so dass ein jahrzehntelanger wirtschaftlicher und verlässlicher Betrieb möglich wird." Die erste Ausbaustufe dieser Testanlage (8 Batteriemodule mit insg. 48,4 kWh, Systemspannung: 500 bis 700 V) wurde Ende 2012 auf dem Gelände des KIT-Campus Nord errichtet. Deren Herzstück ist eine angepasste Leistungselektronik, die das Laden und Entladen der Batterie innerhalb von zwei Stunden ermöglicht. Das Gesamtsystem kann den ganzjährigen Strombedarf eines mittelständischen Gewerbebetriebs decken. Gutsch ergänzte: „Richtig eingesetzt können Batterien also Last- und Produktionsspitzen in größerem Umfang ausgleichen und somit wirtschaftlich Sinn machen." Sein Kollege Michael Mast ging noch einen Schritt weiter und erklärte, dass dies ein Stromerzeugungskonzept für erneuerbare Energien sei, das zukünftig gänzlich ohne staatliche Förderungen auskommen könnte.

Auf der Rappenecker Hütte im Schwarzwald wird solch ein System bereits sein 25 Jahren erfolgreich praktiziert: Die netzferne Stromversorgung dieser mittlerweile 350 Jahre alten Berghütte basiert auf einem Photovoltaik-Hybridsystem, das im Jahr 1987 von Forschern des Fraunhofer Instituts für solare Energiesysteme (ISE) installiert wurde. Diese Anlage wurde sukzessive mit einem Windrad (1990) und einer PEM-Brennstoffzelle (2003) erweitert, so dass der Dieselgenerator immer seltener zum Einsatz kam. Institutsleiter Prof. Eicke Weber erklärte anlässlich der Jubiläumsfeier im Sommer 2012: „Hier auf der Rappenecker Hütte haben wir die 100-Prozent-Versorgung mit erneuerbaren Energien greifbar gemacht. Als letzter Baustein fehlt nur der Schritt der Wasserstofferzeugung vor Ort." ||

MARKTANREIZPROGRAMM FÜR ENERGIESPEICHER

Eine der vielen Veranstaltungen, die es derzeit zum Thema „Energiespeicherung" gibt, war das Technologieforum 2012 der Industrie- und Handelskammer (IHK) in Berlin-Brandenburg, das am 25. Oktober in der Bundeshauptstadt im Kraftwerk Moabit stattfand. Thematisiert wurden bei diesem Forum Lösungen für eine nachhaltige Integration erneuerbarer Energien in das Energiesystem von morgen. Das Hauptaugenmerk der rund 160 Teilnehmer lag wie derzeit so häufig auf der Energiewende, die von mehreren Rednern als „die größte technische Herausforderung der letzten Jahrzehnte" (IHK-Vize-Präsident Frank Wruck) bezeichnet wurde. Ministerialdirigent Berthold Goeke, der die parlamentarische Staatssekretärin Katharina Reiche vertrat, sprach von einer „überaus großen Bedeutung für die Gesellschaft seit der Nachkriegszeit", weshalb „Deutschland weltweit im Rampenlicht steht". Zu potentiellen Lösungsansätzen sagte Goeke: „Wasserstoff sowie Power-to-Gas drängen sich ebenso auf wie virtuelle Kraftwerke und Redox-Flow-Batterien." Er relativierte allerdings, dass „großtechnische Energiespeicher heute noch zu teuer sind", weshalb er ankündigte, „Forschungs- und Demonstrationsprojekte massiv voranzutreiben". Weiter erklärte er: „Wir intensivieren die Forschungsarbeiten in Energiespeicher für erneuerbare Energien." Als Vertreter des Bundesumweltministeriums verwies er bei dieser Gelegenheit darauf, dass 200 Mio. Euro für die bundesweite *Förderinitiative Energiespeicher* zugesagt seien, wovon bereits 77 Mio. Euro für rund 90 Vorhaben bewilligt sind. Darüber hinaus „ist ein Marktanreizprogramm für Energiespeicher mit der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) in Arbeit", das Anfang des Jahres starten soll. Dazu ergänzte Prof. Olav Hohmeyer von der Universität Flensburg: „Derzeit brauchen wir noch keine Speicher, aber in fünf bis zehn Jahren."

Abb. 1: Die Frage ist: Wohin mit dem Ökostrom? [Quelle: KIT]

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

ZEIT DER DEMONSTRATIONEN

2013 starten zahlreiche Power-to-Gas-Projekte

Jahrelang stand das Hybridkraftwerk in Prenzlau gänzlich allein auf weiter Flur – und damit ist nicht die räumliche Lage in der weitläufigen Uckermark gemeint. Diese Feststellung beschreibt vielmehr den Umstand, dass die Enertrag AG bis zum vergangenen Jahr mutterseelenallein in einem Technologiesegment aktiv war, das jetzt plötzlich zu einem Kernelement der Energiewende werden soll. Während einige Branchenvertreter nun hocherfreut sind, dass in diesem Themenspektrum ein Demonstrationsprojekt nach dem anderen aus dem Boden schießt, bemängeln andere, dass eigentlich gar keine Zeit mehr dafür ist, zunächst umfangreiche Forschungsvorhaben zu starten und langjährige Testphasen zu durchlaufen. Denn eines steht fest: Vor 2020 wird kaum eines der im Folgenden aufgelisteten Projekte wirtschaftlich betrieben werden können.

Im Juni 2012 veranstaltete die Deutsche Energie-Agentur *dena* im Rahmen ihrer 2011 gegründeten *Strategieplattform Power to Gas* eine Konferenz in Berlin, auf der bisherige Erkenntnisse über die Technologieentwicklung, Wirtschaftlichkeit und Standortfaktoren präsentiert wurden. Stephan Kohler, Vorsitzender der Geschäftsführung, erklärte damals: „Damit die Energiewende gelingt, müssen wir heute die Voraussetzungen dafür schaffen, dass die entsprechenden Speichertechnologien wie Power-to-Gas (PtG) auch zur Verfügung stehen, wenn wir sie brauchen.“ Aus dieser Erkenntnis heraus initiierten damals zahlreiche Unternehmen Demonstrationsprojekte, von denen die meisten noch bis Ende dieses Jahres in Betrieb gehen sollen.

E.ON BAUT IN FALKENHAGEN Die Bauarbeiten in Falkenhagen beispielsweise begannen zwar mit etwas Verzögerung, aber am 16. Oktober 2012 erfolgte dann die Grundsteinlegung (s. HZwei-Heft Jan. 2012). In diesem Frühjahr sollen dann dort in der Power-to-Gas-Pilotanlage des Energieversorgers E.ON pro Stunde rund 360 Kubikmeter Wasserstoff produziert werden. „Ab 2013 können wir hier in Falkenhagen durch Windkraftanlagen erzeugten, überschüssigen Strom aufnehmen, der ansonsten nicht in das Netz eingespeist werden könnte“, freute sich Dr. Peter Klingenberger von der E.ON Gas Storage GmbH beim Baubeginn (s. Abb. 2, 2.v.r.). Der Sprecher der Geschäftsführung fügte erklärend hinzu: „Allein im Jahr 2011 standen die Windkraftanlagen an 45 Tagen, in diesem Jahr waren es bereits 52 Tage.“ Derartige Stillstandszeiten können aufgrund von Wartungsarbeiten auftreten oder aber, wenn die Stromnetze voll sind und keinen Ökostrom mehr aufnehmen können. Dann sollen diese so genannten Überkapazitäten genutzt werden, um mit Hilfe des Windstroms Wasserstoff zu erzeugen.

Die installierte Leistung des dafür benötigten Elektrolyseurs, der von der Hydrogenics GmbH als Containerlösung angeliefert wird, liegt bei etwa zwei Megawatt. Das damit erzeugt Wasserstoffgas wird mit zwei Kompressoren verdichtet und soll dann mit etwa 2 Vol.-% bei einem maximalen

Betriebsüberdruck von rund 55 bar in das regionale Hochdruck-Ferngasnetz von Ontras/VNG eingespeist werden. Daryl Wilson, Präsident des kanadischen Unternehmens Hydrogenics, erklärte: „Über eine Dauer von 24 Stunden wird die Anlage in Falkenhagen über 30 MWh Energie speichern können." Das Erdgasnetz wird damit zum Speicher für Strom aus wetterabhängigen erneuerbaren Energien. Klaus-Dieter Maubach, der im Vorstand der E.ON AG für Technologie und Innovation verantwortlich ist, erklärte: „Wenn Deutschland in den nächsten Jahren die erneuerbaren Energien plangemäß ausbaut, wird das Angebot künftig bei starkem Wind oder hoher Sonneneinstrahlung immer häufiger und in immer größerem Umfang den Strombedarf übersteigen. [...] Power-to-Gas ist dabei eine vielversprechende Lösung für das Energieversorgungssystem der Zukunft."

Federführend bei diesem Bauvorhaben ist die E.ON Gas Storage GmbH. Das E.ON-Tochterunternehmen koordiniert die Baumaßnahmen in der Prignitz und leitet auch den neu eingerichteten Informationspunkt, das *E.ON Innovation Center Energy Storage.* Das Ziel ist, mit dem eigenen Engagement Erfahrungen im Bau, beim Betrieb und für Genehmigungsverfahren zu sammeln. Außerdem dient das Vorhaben bereits seit Monaten für deutschlandweite Marketingaktionen. Die Hauptbauphase startete ziemlich genau ein Jahr nach dem Projektstart im Oktober 2011. Beendet wird das rund 5 Mio. Euro teure Demonstrationsvorhaben voraussichtlich Ende 2015.

RWE STARTET IN IBBENBÜREN Auch in Nordrhein-Westfalen entsteht derzeit eine PtG-Demonstrationsanlage. In Ibbenbüren begann der Energieversorger RWE Mitte Oktober 2012 mit der Installation einer eigenen Testanlage, die noch in diesem Jahr Wasserstoff ins Gasnetz einspeisen soll. Der dort zur Anwendung kommende Elektrolyseur von Ceram Hyd verfügt über eine elektrische Leistung von 100 Kilowatt. Die Expertise dieses 2005 in Frankreich gegründeten Unternehmens liegt insbesondere im Bereich der Membrantechnologie *(Cerapem)*. RWE ist über ihr Venture-Capital-Unternehmen RWE Innogy sowie über Aufsichtsratmitglied Marcus Ziegler an Ceram Hyd beteiligt.

THÜGA-GRUPPE BAUT IN FRANKFURT/M. Ende September 2012 wurde bekannt, dass auch in Frankfurt am Main eine Demonstrationsanlage entstehen soll. Zwölf Unternehmen der Thüga-Gruppe, eines Verbundes kommunaler Energieversorger, beabsichtigten, im zweiten Quartal 2013 mit den Baumaßnahmen am Heizwerk in der Schielestraße

Abb. 2: Grundsteinlegung durch Dr. Bernd Pitschak, Geschäftsführer der Hydrogenics GmbH und Hans Lange, Landrat des Kreises Prignitz [Quelle: E.ON Edis, Dietmar Lilienthal]

GASNETZ WIRD ZUM ÖKOSTROMSPEICHER
Das deutsche Gasnetz misst über 450.000 Kilometer und kann enorme Energiemengen in Form von Erdgas speichern. Da Gas kompressibel ist, können Schwankungen sowohl auf der Angebots- als auch auf der Verbraucherseite problemlos aufgefangen werden. Eine 900-Millimeter-Gasleitung kann so viel Energie transportieren wie sechs Hochspannungsleitungen. Wasserstoff kann dem Erdgas im einstelligen Prozentbereich beigemengt werden, ohne dass dies negative Auswirkungen auf die Gasqualität oder die technischen Geräte hat. Einige Gasnetzbetreiber sind aber trotzdem nicht sonderlich begeistert von dieser Einspeisungsoption. So sprach sich beispielsweise Ontrans im Rahmen des Netzentwicklungsplans Gas 2012 gegen die Wasserstoffbeimischung aus. Das Gasunternehmen favorisiert vielmehr die Methanisierung als den kosteneffizienteren Weg, wenn es um die Umwandlung von Ökostrom in Gas im großen Stil gehe. Werner Diwald, Vorstand der Enertrag AG, zeigte sich trotzdem zuversichtlich, dass eine Wasserstoffeinspeisung ins Ontrans-Netz realisierbar sei. Ursprünglich sei am Enertrag-Standort in Prenzlau zwar „nur" die Einspeisung in die betriebsinterne Gasleitung vorgesehen gewesen. Gegenüber HZwei erklärte Diwald aber Ende Oktober 2012: „Anfang des Jahres haben wir beschlossen, das Projekt um eine Einspeiseanlage in das Erdgasnetz zu erweitern. Die Planungen sind weit vorangeschritten und wir stehen kurz vor der Realisierung. Da wir aber kurz vor dem Winter stehen, werden wir die Realisierung wohl in das Frühjahr 2013 verlegen."

beginnen zu wollen. Im Rahmen eines dreijährigen Testprogramms sollen dort bis zum Jahresende rund 60 Kubikmeter Wasserstoff pro Stunde erzeugt und mit Erdgas vermischt ins Frankfurter Verteilnetz eingespeist werden. Constantin H. Alsheimer, Vorsitzender des Vorstands der Mainova AG, sagte über die Power-to-Gas-Technik: „Sie ist derzeit die einzige erkennbare Technologie, um große Mengen Energie zu speichern und gleichzeitig die Stromnetze unter Nutzung des bereits zur Verfügung stehenden Erdgasverteilnetzes zu entlasten. Das Erdgasverteilnetz kann die Batterie der Zukunft sein."

TEST IM EUREF-GASOMETER IN BERLIN Auch die Netzgesellschaft Berlin-Brandenburg (NBB), ein Tochterunternehmen der Berliner Gasag, will ihr Leitungsgeflecht langfristig zu einem großen Energiespeicher aufrüsten. Dafür errichtet sie derzeit auf dem Euref-Campus, dem Gelände des alten Gasometers in Berlin-Schöneberg, eine Power-to-Gas-Versuchsanlage. Gegenüber der Berliner Zeitung erklärte NBB-Geschäftsführer Ulf Altmann im August 2012: „Neue Aufgaben für das gut ausgebaute Gasnetz zu finden, ist eine existenzielle Aufgabe für uns. [...] Das Gasnetz wird als riesiger Puffer arbeiten. [...] Strom und Gasnetz werden in Zukunft miteinander verschmelzen."

GASNETZ WIRD ZUM ÖKOSTROMSPEICHER Das deutsche Gasnetz misst über 450.000 Kilometer und kann enorme Energiemengen in Form von Erdgas speichern. Da Gas kompressibel ist, können Schwankungen sowohl auf der Angebots- als auch auf der Verbraucherseite problemlos aufgefangen werden. Eine 900-Millimeter-Gasleitung kann so viel Energie transportieren wie sechs Hochspannungsleitungen. >>

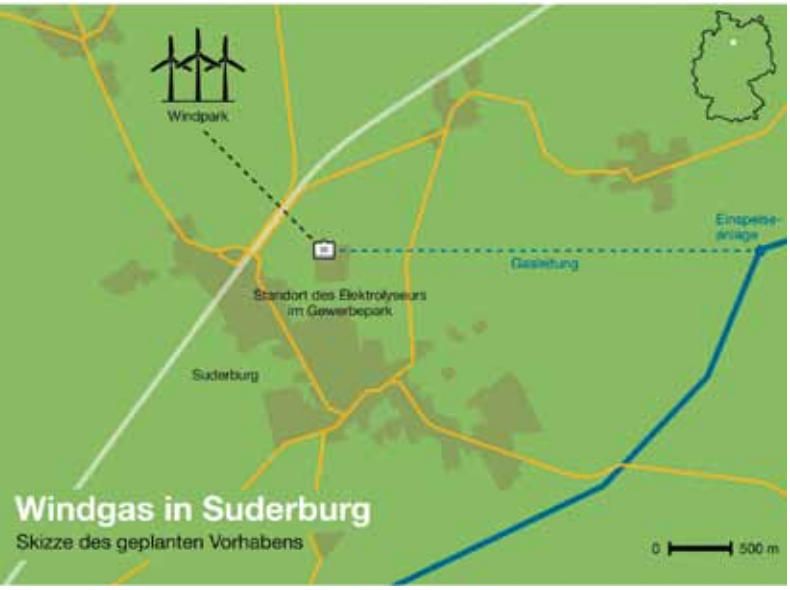


Abb. 3: Windstrom wird in Form von Windgas ins Gasnetz eingespeist [Quelle: Carsten Raffel / Greenpeace Energy eG]

Wasserstoff kann dem Erdgas im einstelligen Prozentbereich beigemengt werden, ohne dass dies negative Auswirkungen auf die Gasqualität oder die technischen Geräte hat. Einige Gasnetzbetreiber sind aber trotzdem nicht sonderlich begeistert von dieser Einspeisungsoption. So sprach sich beispielsweise Ontrans im Rahmen des Netzentwicklungsplans Gas 2012 gegen die Wasserstoffbeimischung aus. Das Gasunternehmen favorisiert vielmehr die Methanisierung als den kosteneffizienteren Weg, wenn es um die Umwandlung von Ökostrom in Gas im großen Stil gehe. Werner Diwald, Vorstand der Enertrag AG, zeigte sich trotzdem zuversichtlich, dass eine Wasserstoffeinspeisung ins Ontrans-Netz realisierbar sei. Ursprünglich sei am Enertrag-Standort in Prenzlau zwar „nur“ die Einspeisung in die betriebsinterne Gasleitung vorgesehen gewesen. Gegenüber HZwei erklärte Diwald aber Ende Oktober 2012: „Anfang des Jahres haben wir beschlossen, das Projekt um eine Einspeiseanlage in das Erdgasnetz zu erweitern. Die Planungen sind weit vorangeschritten und wir stehen kurz vor der Realisierung. Da wir aber kurz vor dem Winter stehen, werden wir die Realisierung wohl in das Frühjahr 2013 verlegen.“

GREENPEACE ENERGY PRODUZIERT IN SUDERBURG Eine weitere Anlage entsteht derzeit in Niedersachsen in der Gemeinde Suderburg. Im dortigen Gewerbepark (s. Abb. 3) will Greenpeace Energy eine Windgas-Erzeugungsanlage errichten. Dr. Steffen Welzmiller, Vorstand der Energie-Genossenschaft, erklärte mit Blick auf die nahe gelegene Gasleitung sowie den Windpark: „Der Standort Suderburg bietet für uns aufgrund seiner Lage und Infrastruktur ideale Voraussetzungen für die Errichtung unserer ersten Anlage zur Windgasproduktion.“ Den Anschluss an das Gasnetz sowie den Betrieb der Anlage übernimmt Kooperationspartner Gasunie. Auch diese Anlage soll Ende 2013 in Betrieb gehen. Greenpeace Energy bietet seit Anfang 2012 *proWindgas* als Gastarif an, bei dem die Kunden einen Förderaufschlag zur Erprobung der Technologie bezahlen (s. HZwei-Heft Jul. 2011).

Greenpeace Energy verwies im Rahmen dieser Ankündigung auch auf das 10-Punkte-Programm von Bundesumweltminister Peter Altmaier. Dieser hatte in seinem Arbeitspapier „Mit neuer Energie“, das er im August 2012 vorgestellt hatte, die Bedeutung von Windgas hervorgehoben. Altmaier bezeichnet darin das Windgaskonzept, „überschüssigen Strom aus Erneuerbaren in Gas“ umzuwandeln, als „besonders interessant“.

ZSW DERZEIT FÜHREND Neben diesen Demonstrationsprojekten soll auch die Forschung nicht vernachlässigt werden. Deswegen errichtete das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) und der SolarFuel GmbH in Stuttgart-Vaihingen die nach eigenen Angaben „weltweit größte Forschungsanlage“, in der Ökostrom in Wasserstoff und Methan umgewandelt und gespeichert wird. Der Bau dieser neuen Anlage, die seit dem 30. Oktober 2012 in Betrieb ist und über eine elektrische Anschlussleistung von 250 kW verfügt, wurde vom Bundesumweltministerium mit rund 3,5 Mio. Euro gefördert, um das drei Jahre alte vorherige Forschungssystem aufzurüsten. Außerdem soll dort gezeigt werden, dass ein alkalischer Elektrolyseur (in diesem Fall ein *HySTAT-60*-System von Hydrogenics, Kapaz.: 60 Nm^3 H_2 pro Stunde) durchaus für Anwendungen im Bereich der Regelenergie geeignet ist.

Die Gesamtkapazität dieser Anlage liegt bei 300 m^3 Methan pro Tag, was zwar deutlich weniger im Vergleich zu den anderen zuvor benannten Standorten ist, aber dafür ist diese Anlage bereits in Betrieb. Michael Specht vom ZSW versicherte, dass die Steuerungs- und Regelungstechnik der Technik künftiger industrieller Großanlagen entspricht und auf eine Leistung von einem bis 20 Megawatt hochskaliert werden kann. Weiterhin erklärte Specht: „Im Gegensatz zur ersten Anlage kann sie flexibel auf das rasch wechselnde Stromangebot aus Wind und Sonne und auf plötzliche Unterbrechungen reagieren. Das ist eine Bedingung künftiger Energiesysteme mit einem hohen Anteil erneuerbaren Stroms.“

Der Projektpartner SolarFuel baut derzeit bereits die nächste Power-to-Gas-Anlage in Werlte. Am 6. September 2012 erfolgte nach anfänglichen Vorbereitungsarbeiten die Grundsteinlegung auf dem Gelände der Biogasanlage des Energieversorgers EWE Energie. Dort soll im Herbst 2013 eine 6-MW-Pilotanlage der Audi AG in Betrieb gehen, der dann bereits die Erfahrungen aus diesem Stuttgarter Forschungsprojekt zugutekommen sollen. ||

→ www.powertogas.info

Abb. 4: Projektleiter Dr. Ulrich Zuberbühler vor den Methanisierungsreaktoren (r.) und der Gasmischungseinheit (l.) in der alten Industriehalle der EnBW [Quelle: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg]

MIKROBIELLE METHANERZEUGUNG

Das zur Viessmann Group gehörende Unternehmen *MicrobEnergy GmbH* hat im Sommer 2012 ein neues Konzept zur nachhaltigen Herstellung von Methan vorgestellt. Geschäftsführer Ulrich Schmack präsentierte das Verfahren, bei dem der Wasserstoff (H_2) biologisch in CH_4 umgewandelt wird, während der Strategiekonferenz der Deutschen Energieagentur in Berlin. Der mehrstufige Gesamtprozess nutzt Mikroorganismen, die bei Umgebungsdruck und -temperatur arbeiten, und setzt sich zusammen aus der Hydrolyse von Biomasse (Polymere) mit einer anschließenden Acidogenese der Monomere, einer Acetogenese der organischen Säuren sowie einer Methanogenese der Essigsäure. Schmack, der 1995 Schmack Biogas gründete, das allerdings 2010 Insolvenz anmeldete und in Teilen von Viessmann aufgekauft wurde, erklärte, das benötigte Kohlendioxid könne beliebigen Ursprungs sein. Die Grundidee dieses Konzepts ist, dass bestehende Biogasanlagen mit der PtG-Technologie gekoppelt werden können, indem das im Biogas enthaltene Kohlendioxid mit elektrolytisch erzeugtem Wasserstoff von Mikroorganismen methanisiert wird, wodurch sich der Methangehalt im Biogas von zuvor rund 50 auf annähernd 100 Prozent steigern ließe. Realistische Chancen für den Einsatz im Wärmemarkt sieht Viessmann allerdings erst im Jahr 2030.

TAB SIEHT IN PTG EINE SINNVOLLE OPTION

Das Büro für Technikfolgeabschätzung (TAB) berät den Deutschen Bundestag und seine Ausschüsse in Fragen des wissenschaftlich-technischen Wandels. Am 30. August 2012 hat es den Bericht „Regenerative Energieträger zur Sicherung der Grundlast in der Stromversorgung" vorgelegt. Darin heißt es unter anderem: „Die Möglichkeit, mittels Strom (durch Elektrolyse) Methan („Windgas") beziehungsweise Wasserstoff herzustellen, ist eine Kopplung zum Gassektor. Zurzeit sind diese Verfahren zwar noch weit von der Wirtschaftlichkeit entfernt, könnten aber [...] langfristig sinnvolle Optionen darstellen." Es wird angeraten, „die Wissensbasis zu verbreitern und vor einem Eingriff – beispielsweise durch großangelegte Förderprogramme zum Speicherbau – im Detail zu untersuchen, ob und welche Art von politischer Unterstützung über die Forschungsförderung hinaus angezeigt ist."
Hans-Josef Fell (MdB), Sprecher für Energie der Bundestagsfraktion Bündnis 90/ Die Grünen und Mitautor des Berichts, erklärte dazu: „Das TAB räumt mit der weit verbreiteten Irrlehre auf, dass der Ausbau der erneuerbaren Energien erst dann weitergehen könne, wenn der Netz- und Speicherausbau gelungen sei."

www.tab-beim-bundestag.de

meet
ISEA Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe RWTH AACHEN
EnergieRegion.NRW Cluster Nordrhein-Westfalen
NMW.NRW Cluster NanoMikro+Werkstoffe
CEF.NRW Cluster Energieforschung
HAUS DER TECHNIK Außeninstitut der RWTH Aachen Kooperationspartner der Universitäten Duisburg-Essen Münster - Bonn - Braunschweig

Vom 25. - 27.02.2013 wird Aachen zum Mittelpunkt der internationalen Batteriewelt!

Über 170 Einreichungen aus Forschung und Industrie unterstreichen die Bedeutung der gemeinsam stattfindenden Veranstaltungen Batterietag NRW und Kraftwerk Batterie.

Das aktuelle Programm liegt nun online vor.

BATTERIETAG NRW
KRAFTWERK Batterie

INGRID STARTET IN ITALIEN

Quelle: Hydrogenics

Auch auf europäischer Ebene tut sich etwas. So hat sich beispielsweise im Rahmen des *INGRID*-Projektes (engl. INtegrating the GRID = Netzintegration) ein Firmenkonsortium zusammengefunden, das ebenfalls ein Speichersystem für erneuerbare Energie aufbauen will. Insgesamt sieben Unternehmen beteiligen sich an diesem auf vier Jahre angelegten Forschungs- und Demonstrationsvorhaben, das innerhalb des 7. Förderrahmenprogramms von der Europäischen Kommission mit 13,8 Mio. Euro unterstützt wird. Bei der Kick-off-Veranstaltung im Juli 2012 in Grenoble, Frankreich, verkündeten die Partner, sie wollten eine 39-MWh-Energiespeicherstation errichten. Standort des insgesamt fast 24 Mio. Euro teuren Vorhabens wird die Puglia-Region am Fersensporn des Stiefels von Italien sein. In dieser Gegend sind bereits über 3.500 MW an Solar-, Wind- und Biomasseanlagen installiert, so dass ausreichend nachhaltig erzeugte Energie bereitsteht.

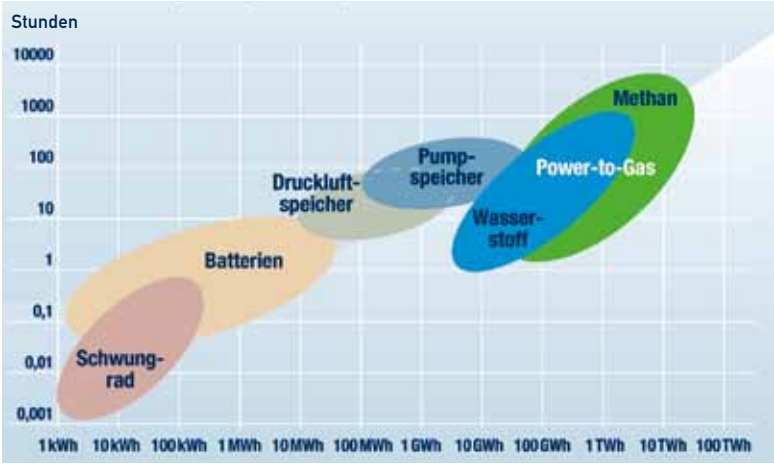
Neben vier italienischen und einem spanischen Unternehmen beteiligen sich auch Hydrogenics aus Belgien und McPhy Energy aus Frankreich an *INGRID*. Hydrogenics steuert einen 1,2-MW-Elektrolyseur (Kapaz.: 240 Nm^3 H_2 pro Stunde, vergleichbares Modell s. Foto) für die Wasserstofferzeugung bei. Das damit erzeugte Gas soll im Feststoffspeicher von McPhy zwischengelagert werden (Kapazität: 1 t), damit es anschließend bei Bedarf abgerufen und in Brennstoffzellen (ebenfalls von Hydrogenics) rückverstromt werden kann. Indem die Wasserstoffherstellung und -speicherung über moderne Informations- und Telekommunikationstechnik mit den Energieverbrauchern vernetzt wird, soll das System zur Integration größerer Mengen Ökostroms sowie zum Ausgleich der Stromnetzbelastung beitragen. Die Inbetriebnahme ist für 2014 avisiert.

Roland Käppner, der seit August 2012 Geschäftsführer der McPhy Energy Deutschland GmbH ist, erklärte gegenüber HZwei, dass eine vergleichbare Anlage auch in Deutschland an der neuen CO_2-freien Tankstelle am neuen Berliner Großflughafen installiert werden soll (s. S. 22). ||

DVGW PUSHT POWER-TO-GAS

Der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. hat während der *gat 2012*, der 51. Gasfachlichen Aussprachetagung, ausführlich über sein Engagement im Bereich Power-to-Gas informiert. Bei dem Branchentreff, der vom 25. bis 26. September 2012 in Dresden stattfand, machte der DVGW deutlich, dass diese „Technologie zur Langfristspeicherung erneuerbarer Energien entscheidend für den Erfolg der Energiewende“ sein wird. Deswegen habe der Verein mehrere Maßnahmen initiiert, die alle auf die Erschließung dieses neuen Technologiefeldes abzielen, wie zum Beispiel die Einrichtung eines Forschungs-Clusters *Power-to-Gas* sowie die Anfertigung neuer Projektstudien.

Das zentrale Anliegen des DVGW ist, neue Anwendungsoptionen des Energieträgers Gas unter Einbeziehung der



Speichertechnologien im Vergleich – Das Gasnetz hat die größten Speicherkapazitäten in Deutschland [DVGW 2011]

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

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

vorhandenen Gasinfrastruktur in Deutschland ausfindig zu machen. Großes Potential sieht der Verein dafür insbesondere in Wasserstoff, wie Dr. Jürgen Lenz bereits im Januar 2011 im Interview mit der HZwei bekannte. Der Gas- und Wasser-Verband sieht im Bereich der Energiespeichertechnologien allerdings auch noch einen hohen Forschungsbedarf und initiierte deswegen im Rahmen seiner bereits vor über drei Jahren gestarteten „Innovationsoffensive Gastechnologie" ein Cluster, das sich um die Erzeugung, Speicherung und Einspeisung von Wasserstoff und Methan aus regenerativem Strom in das bestehende Gasnetz kümmert. Die Leitung dieser Initiative übernahm Mitte 2012 Dr. Gerald Linke, Leiter des Kompetenz-Centers Gastechnik und Energiesysteme der E.ON Ruhrgas AG, der in der HZwei bereits im April-Heft 2012 über dieses Cluster berichtete.

Während der *gat 2012* wurden nun erste Ergebnisse laufender Forschungsvorhaben vorgetragen. Demnach geht der DVGW davon aus, „dass die Erdgasinfrastruktur grundsätzlich bis zu einer Konzentration von zehn Volumenprozent Wasserstoff im Erdgas geeignet ist. Es muss allerdings noch weiter untersucht werden, welche Anwendungen und Infrastrukturkomponenten eine Beimischung des Wasserstoffs zum Erdgas limitieren. Das Regelwerk lässt derzeit Beimischungen im einstelligen Prozentbereich (d.h. weniger als zehn Prozent) zu, verlangt aber eine Einzelfallbetrachtung der Bewertung der nachgelagerten Versorgungsstruktur. [...] Erfahrungen der Mitgliedsunternehmen des DVGW lassen hoffen, dass Konzentrationen von zehn Prozent und mehr darstellbar sind." ||

→ www.dvgw-innovation.de

GRHYD STARTET IN FRANKREICH

In Frankreich stehen grundlegende Veränderungen im Energiesektor an: Das bis dato als ausgewiesen atomfreundlich geltende Land plant, den Anteil der Nuklearenergie an der Stromerzeugung bis zum Jahr 2025 um ein Drittel zu reduzieren – anstelle von 75 % soll er dann 50 % betragen. Dementsprechend erklärte François Hollande im September 2012, das AKW in Fessenheim unweit der deutschen Grenze (Elsass) solle 2016 als eines der ersten Kraftwerke abgeschaltet werden. Als Ersatz sollen erneuerbare Energien herangezogen werden. Gemäß der europäischen Richtlinie 2009/28/EG sagte Frankreich zu, bis 2020 rund 23 % seines Bruttoenergieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen zu decken.

Um den damit verbundenen Wechsel in der Energieversorgung meistern zu können, initiierte das Innovations- und Forschungszentrum für Gas und neue Energien *(CRIGEN)* des französischen Energieversorgers GDF Suez das Projekt *GRHYD*. Dieses Vorhaben bringt insgesamt zehn Partner aus der Industrie zusammen, die Wasserstoff als Bindeglied zwischen dem Erdgas- und dem Stromnetz etablieren wollen. Zur Erprobung ihrer Technik soll zunächst ein „Öko-Distrikt" auserkoren werden, in dem über fünf Jahre getestet wird, wie regenerative Energien über Elektrolyse Wasserstoff erzeugen können und wie dieses Gas anschließend in ein lokales Versorgungsnetz eingespeist werden kann. Parallel dazu soll untersucht werden, wie nachhaltig erzeugter Wasserstoff zusammen mit Erdgas (CNG) zu *Hythane* (engl. hydrogen + methane) verarbeitet werden kann, mit dem dann Fahrzeuge des öffentlichen Nahverkehrs betrieben werden sollen.

Pascal Mauberger, Vorsitzender des Verwaltungsrates von McPhy Energy, erklärte Ende November 2012 anlässlich des Beitritts seines Unternehmens zu *GRHYD:* „Dies ist das erste Strukturprojekt zur Kanalisierung aller in Frankreich erzeugten Energiearten. [...] Für uns entsteht hier eine Chance, uns auf einen wirklich zukunftsträchtigen Weg zu begeben, der uns die Wiederholung dieses Modells in Projekten auf internationaler Ebene gestatten wird." ||

SUNFIRE VERSCHMILZT MIT STAXERA

Sunfire-Chef C. v. Olshausen

„Vorgestern wurden beide Firmen miteinander verschmolzen." Mit diesem Satz verkündete Christian von Olshausen Anfang Dezember 2012 die vollendete Zusammenführung von Sunfire und Staxera. Die Kooperation der beiden Unternehmen startete bereits kurz nach der Gründung der Sunfire GmbH 2010 in Dresden. Im Mai 2011 erfolgte dann die Übernahme des Stack-Herstellers durch Sunfire (s. HZwei-Heft Juli 2011), die jetzt mit dieser Verschmelzung abgeschlossen wurde. Olshausen, einer der beiden Sunfire-Geschäftsführer, beteuerte jedoch während des 30. Treffens der Arbeitsgruppe *Biogene Gase – Brennstoffzellen* der Fördergesellschaft Erneuerbare Energien: „Staxera wird weiterleben." ||

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

BAUBEGINN AM BER

Ministerpräsident Platzeck legt Grundstein für den H_2-Komplex

Es wurde schon viel über sie gesprochen, über die CO_2-neutrale Multi-Energie-Tankstelle, die derzeit am Flughafen Berlin Brandenburg entsteht. Fast hätte man erwartet, dass sie schon fix und fertig am Rande dieser schier endlos andauernden Riesenbaustelle auf Kundschaft wartet. Und so ungefähr ist es auch, denn die Markentankstelle mit ihren konventionellen Zapfsäulen und dem modernen Verkaufsraum ist bereits seit Monaten in Betrieb, aber eben der Hauptstadtflughafen BER noch nicht. Für den Aufbau des CO_2-freien Wasserstoffkomplexes legte der brandenburgische Landesvater Matthias Platzeck zusammen mit den Projektpartnern am 5. Dezember 2012 den Grundstein.

Dies sei eine Premiere für ihn, freute sich der Ministerpräsident des Landes Brandenburg und erklärte gleich zu Beginn der Veranstaltung, er habe noch nie im Verkaufsraum einer Tankstelle eine Rede gehalten. Entsprechend locker ist die Atmosphäre unter den vielen extra angereisten Gästen, für die es eigentlich kaum Neuigkeiten zu erfahren gibt. Das gesamte Vorhaben zum Bau einer CO_2-neutralen Tankstelle für konventionelle (Benzin, Diesel) und alternative Kraftstoffe (Erdgas, Flüssiggas, Strom, Wasserstoff) ist schon lange bekannt, auch die zum Einsatz kommende Technik, so dass diese Veranstaltung vornehmlich politischer Natur ist.

EIN ENERGIEPOLITISCHES ZEICHEN Dementsprechend reihen sich lauter schöne Worte der erschienenen Politikern sowie der Vertreter der Projektpartner aneinander. Den Anfang macht Platzeck mit der Erkenntnis, dass „nachhaltige Mobilität wahrlich nichts Exotisches mehr“ und dass „Brandenburg ein Vorreiter für erneuerbare Energien ist“. Von der brandenburgischen Mark schlägt er den Bogen über Paris, wo auch gerade eine Art Energiewende ausgerufen wurde (s. S. 21), bis nach Doha, Katar, wo zeitgleich die Weltklimakonferenz stattfindet, um auf diese Weise die überregionale Bedeutung dieses Projekts anzudeuten.

Werner Diwald, Vorstand von Enertrag, zeigte sich ebenfalls hocherfreut über die Neuigkeiten aus Frankreich, wohin er seine Hybridtechnologie gerne verkaufen möchte. Für ihn ist die Grundsteinlegung in Berlin-Schönefeld daher „ein historischer Moment, weil es ohne Wasserstoff definitiv keine Energiewende geben wird, davon bin ich fest überzeugt“. Ähnlich gut gelaunt trat auch Hans-Christian Gützkow, Geschäftsführer von Total Deutschland, ans Mikrophon und erklärte: „Diese Anlage ist einmalig. Wir zeigen hier, wie Wasserstoff flexibel und bedarfsgerecht gespeichert werden kann.“

Einen markanten Technologieschritt in Richtung Zukunft konnte allein Markus Bachmeier, Leiter für Wasser-

Abb. 2 : Dr. Veit Steinle vom Bundesverkehrsministerium und BVG-Vorsitzende Dr. Sigrid Evelyn Nikutta haben einiges zu klären.

Abb. 3: Der Teil hinter dem Tankstellengebäude (aus dieser Perspektive davor) soll jetzt errichtet werden.

stofflösungen bei Linde, verkünden, indem er feststellte: „Diese Station entspricht weitgehend der Technik aus der Heidestrasse in Berlin sowie der Cuxhavener Strasse in Hamburg, so dass wir mit dem Bau dieser Tankstelle mit dem Einstieg in die Kleinserienfertigung beginnen." Das Einsparungspotential einer Serienproduktion bezifferte er mit rund 40 %.

Patrick Schnell, Sprecher der Clean Energy Partnership, blickte ebenfalls hoffnungsvoll in die Zukunft und nutzte die Gelegenheit, um vor versammelter Mannschaft über ein etwaiges Nachfolgeprojekt zum Berliner Wasserstoffbusvorhaben nachzudenken. Hintergrund ist, dass die vier derzeit noch in der Hauptstadt im Einsatz befindlichen H_2-Busse bald in den Ruhestand gehen könnten. Mit ihnen würden dann wichtige Wasserstoffabnehmer verschwinden. Die Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) scheinen zwar grundsätzlich bereit, über neue Modelle nachzudenken, haben wegen konkreter Schritte aber noch Redebedarf.

ERSTE BETANKUNG IM HERBST 2013 Nach den vielen Worten erfolgt hinter dem Stationsgebäude die feierliche Versenkung des Grundsteins für die Errichtung des zehn Mio. Euro teuren Wasserstoffkomplexes. Die jetzt anstehenden Baumaßnahmen sollen es ab Herbst 2013 ermöglichen, dass der Kraftstoff vor Ort nachhaltig hergestellt und somit Strom aus erneuerbaren Energien zwischengespeichert werden kann.

Bis dato noch unbekannt war, dass sich mit McPhy Energy und 2G Energietechnik zwei Spezialfirmen als assoziierte Partner um die Speicherung sowie die Rückverstromung des Wasserstoffs kümmern werden. Rund 200 kg Wasserstoff können in dem alkalischen 500-kW-Elektrolyseur (Ausgangsdruck: 45 bar) des Prenzlauer Unternehmens Enertrag erzeugt werden, ausreichend für 50 Tankbefüllungen von Brennstoffzellen-Pkw. Der dafür benötigte Strom wird nachhaltig im geplanten nahe gelegenen Windpark (46 Anlagen mit je 1,8 MW) erzeugt. Vom Elektrolyseur gelangt das vorkomprimierte Gas in einen stationären Hochtank der Firma Linde, die sich auch um die anschließende Komprimierung bis auf 450 bar sowie die Belieferung externer Industriekunden kümmert. Ein Teil dieses Gases geht in den neuen, bisher noch nicht im Alltagsbetrieb erprobten Feststoffspeicher von McPhy Energy, der bis zu 100 kg H_2 aufnehmen kann und das Blockheizkraftwerk kontinuierlich mit Kraftstoff für die Stromerzeugung (120 kW) versorgt. Der Vorteil dieser Feststofftechnologie ist nach Angaben des französischen Unternehmens die hohe Speicherdichte und das niedrige Druckniveau. Das Wasserstoff-BHKW-Modul vom Typ *agenitor 306* basiert auf der Motorentechnik der Firma 2G, die dieses Aggregat speziell an den Brennstoff Wasserstoff angepasst hat. Im Vergleich zur Erdgasnutzung erreicht dieses Modul einen um 5 % höheren elektrischen Wirkungsgrad bei gleichzeitiger Reduzierung der NO_X-Emissionen auf ein Viertel. Die gleichzeitig erzeugte Wärme wird zur Beheizung des Tankstellengebäudes genutzt. Zur weiteren Verbesserung der Energiebilanz gibt es außerdem noch Photovoltaikpanele des Total-Tochterunternehmens SunPower auf dem Tankstellendach. ||

CEB® CLEAN ENERGY BUILDING

Internationale Innovationsmesse und Fachkongress

Energieeffiziente Gebäude,
Regenerative Energieerzeugung, Technische Gebäudeausrüstung

Stuttgart ist Innovation
» 1.500 Kongressteilnehmer
» 200 Aussteller
» 7.000 Besucher

Durch Wissensvorsprung direkt zum Erfolg
» 2. Deutscher Contracting Tag
» Stromspeicherung in Gebäuden – Schlüsseltechnologie für die Zukunft
» Wärmemarkt als Schlüsselfaktor der Energiewende

07. – 09.02.2013
Landesmesse Stuttgart

REECO

Freikarten für Leser: www.ceb-expo.de/freikarte-presse21.html

Thema: Energiespeicherung | **Autor:** Manfred Wohlers

KAVERNEN ALS LANGZEITSPEICHER

IVG Etzel – Demonstrationsanlage für Wind-Wasserstoff

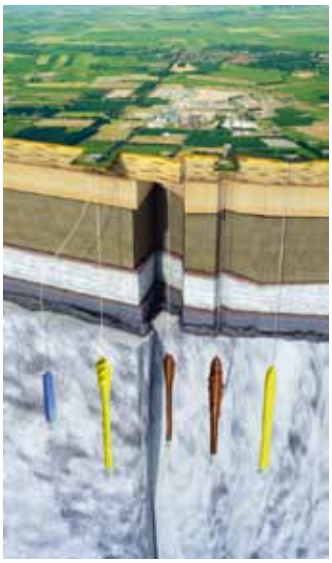


Abb. 1: Schnittbild der Anlage in Etzel mit den bestehenden großvolumigen Öl- und Gaskavernen, li. eine Kaverne im Solbetrieb (blau), die mit einer abgelenkten Bohrung angelegt wurde [Quelle: IVG Kavernenspeicher Etzel© DEEP/KBB – OLAR]

Erneuerbarer Strom wird in Deutschland durch den steigenden Anteil an der Stromversorgung zur Primärenergie. Speicher zur Pufferung eines Über- oder Unterangebotes von erneuerbarer Energie werden damit bei der Umsetzung der beschlossenen Energiewende unabdingbar. Eine äußerst realistische Option, um regenerative Energie im erforderlichen Großmaßstab über lange Zeiträume speichern und damit eine stabile Stromversorgung gewährleisten zu können, ist mittel- und langfristig die Speicherung von Windwasserstoff in Salzkavernen. Die IVG will gemeinsam mit Partnern eine derartige Pilotanlage zur Langzeitspeicherung von Windwasserstoff in Etzel errichten.

Kerngeschäft der IVG Caverns GmbH ist seit über 40 Jahren die Errichtung von unterirdischen Kavernen zur Lagerung von Öl und Erdgas sowie deren Betrieb und Vermietung am Standort Etzel bei Wilhelmshaven. Die IVG ist der einzige neutrale Anbieter von unterirdischen Energiespeicherkapazitäten für Erdgas und Rohöl in Deutschland. Dort befinden sich derzeit 59 Kavernen (36 für Gas, 23 für Öl) mit einem geometrischen Hohlraumvolumen von insgesamt rund 35 Mio. m³. Bis zu 25 Kavernen werden aktuell gleichzeitig gesolt, und es besteht weiteres Ausbaupotenzial.

Der gesamte Kavernenspeicher ist durch Pipelines an das europäische Energieversorgungsnetz angebunden. Er wird von den bisherigen Kunden zur Deckung von Verbrauchsspitzen sowie zur Zwischenlagerung von Import-Lieferströmen genutzt. Neben Erdgas lagert im Kavernenspeicher Etzel ein beträchtlicher Teil der strategischen Erdölreserven Deutschlands und anderer EU-Staaten.

DIE ENERGIEWENDE BRAUCHT UNTERGRUNDSPEICHER

Es gab gute Gründe, den Standort zu einer Energiedrehscheibe in Norddeutschland auszubauen: Die Qualität und Teufenlage des Salzstocks Etzel, die hervorragenden Infrastrukturbedingungen wie die Nähe zur Nordsee mit ihren riesigen Wasservorkommen und die kurze Entfernung zu Deutschlands einzigem Tiefwasserhafen, der für die weltweit größten Öltanker schiffbar ist. Diese einmaligen Bedingungen sowie die langjährige Expertise (ausgereifte und sichere Kavernentechnik) haben viele große europäische Versorgungsunternehmen überzeugt, sich langfristig an den Standort Etzel zu binden. Dadurch ist Etzel mittlerweile für die Versorgungssicherheit in Deutschland von strategischer Bedeutung.

Der Beitrag von Kavernen zur Versorgungssicherheit dürfte aber zukünftig noch steigen. In der Wertschöpfungskette Produktion – Transport – Verteilung – Verbrauch stehen wir vor einem Paradigmenwechsel: Während heute bedarfsorientiert Strom erzeugt wird, indem man immer gerade so viel fossilen Brennstoff „on demand“ (je nach Bedarf) entnimmt und verstromt, wie nachgefragt wird, wird zukünftig bereits am Beginn dieser Kette das Produkt (elektrischer Strom) stehen, ohne danach zu fragen, ob gerade benötigt oder nicht. Dieser Wechsel führt dazu, dass es bei einem weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien Tage und Wochen geben wird, an denen zu viel beziehungsweise zu wenig elektrische Energie zur Verfügung steht. Es muss also eine Technologie entwickelt werden, die Erzeugung und Verbrauch zeitlich entkoppelt. Dies bedeutet, dass auf der Erzeugungsseite Strom stets aufgenommen und beim Verbrauch stets verzugslos bereitgestellt werden kann. Diese Anforderung erfüllt der Energieträger Wasserstoff – ausreichend gespeichert in großvolumigen Kavernen im Salzstock.

Ebenso muss der seit Jahrzehnten bewährte Grundsatz hinsichtlich einer verbrauchernahen Stromerzeugung zum Teil aufgegeben werden: Heute wird in den norddeutschen Bundesländern etwa 20 % der landesweiten Nettostromerzeugung geleistet. Mit dem weiteren Ausbau der Windenergie, vor allen Dingen im Offshore-Windbereich, wird sich der Beitrag der norddeutschen Länder zur Stromerzeugung mehr als verdoppeln. Die Verzögerung des geplanten Netzausbaus wird den Bedarf an Speichern zusätzlich erhöhen.

LANGZEITSPEICHER ERFORDERLICH In der Vergangenheit haben bewährte Technologien die Netzstabilität kurzfristig bis zu mehreren Stunden sicherstellen können. Als Beispiel hierfür sei das Pumpspeicherkraftwerk Goldisthal in Thüringen genannt. Mit einer Leistung von einem Gigawatt (GW) ist es das größte in Deutschland und liefert für acht bis zehn Stunden Strom. Weder dieses Pumpspeicherkraftwerk noch die anderen heute zur Verfügung stehenden Stromspeicher haben es verhindern können, dass im Jahr 2011 laut Ecofys rund 407 GWh Windenergie abgeschaltet werden mussten. Diese Energiemenge entspricht dem jährlichen Stromver-

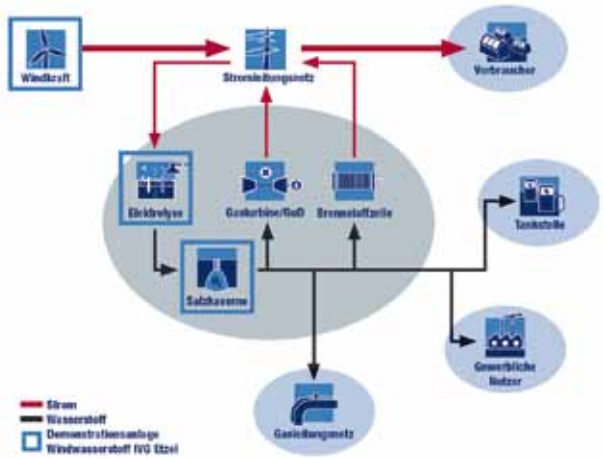


Abb. 2: Schema der geplanten Demonstrationsanlage Windwasserstoff IVG Etzel [Quelle: IVG Caverns]

Abb. 3: Oberirdischer Kavernenkopf [Quelle: IVG Caverns]

brauch von etwa 120.000 Haushalten – und die Anzahl der Abschaltungen weist eine stark steigende Tendenz auf.

Es sind also Langzeitspeicher für den Tages- und Wochenbereich erforderlich, um die Schwankungen, die in einem System mit sehr hoher, fluktuierender Stromproduktion auftreten, wieder zu verstetigen. Natürlich gilt dabei der Grundsatz: „Der richtige Speicher zur richtigen Zeit." Aber die richtige Technologie wird sich nur durchsetzen können, wenn diese auch in einem Speichermarkt wettbewerbsfähig ist. Um diese Marktreife zu erlangen, brauchen neue Technologien auch Förderungen, um die Entwicklungskosten zu reduzieren.

EFFIZIENZSTEIGERUNG UND ENERGIEEINSPARUNG Die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch auf 80 % bis 2050 ist allerdings nur ein Ziel der Energiewende. Darüber hinaus soll aber auch die Emission klimaschädlicher Treibhausgase bis 2020 um 40 % und bis 2050 um mindestens 80 % gegenüber dem Basisjahr 1990 gesenkt werden. Neben dem Beitrag der erneuerbaren Energien soll dies durch steigende Energieeffizienz um 2,1 % pro Jahr und einen sinkenden Primärenergieverbrauch um 50 % beziehungsweise einen sinkenden Stromverbrauch um 25 % bis 2050 erreicht werden. Der Energieträger Wasserstoff, hergestellt aus überschüssiger Wind- und Sonnenenergie, ist auch hierfür einsetzbar und kann alle hier aufgezeigten Sektoren des Primärenergieverbrauchs bedienen. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass er jederzeit in ausreichender Menge zur Verfügung steht.

Ein vielversprechender Ansatz, um künftig große Mengen erneuerbaren Stroms langfristig zu speichern und somit die ambitionierten Ziele der Energiewende zu erreichen, ist die „Power-to-Gas"-Technologie. Dieses Konzept verbindet das Stromsystem mit der Gasinfrastruktur. Der große Vorteil der Gasinfrastruktur ist, dass Energie hier – anders als im Stromnetz – auch langfristig und in großen Mengen gespeichert werden kann. Gelingt es also, die jeweiligen Stärken der beiden Systeme zu vereinen, so wird eine hohe Flexibilität bei gleichzeitig hoher Verfügbarkeit der Energie erreicht.

Es gibt eine aktuelle Prognose des Übertragungsnetzbetreibers 50Hertz, der 40 % der gesamten deutschen Windkraftanlagen betreut, die besagt: Aufgrund der zum Teil gegenläufigen Entwicklungen – hier ein verzögerter Netzausbau und dort ein schnellerer Ausbau der Erneuerbaren – ist alleine in dieser Regelzone eine Abschaltmenge von 105 TWh bis zum Jahr 2030 möglich. Ein Drittel davon könnte nach Meinung des Netzbetreibers über PtG-Technologie eingespart werden. Voraussetzung ist allerdings eine leistungsstarke und im Betrieb bewährte Anlagentechnik, wovon wir heute noch weit entfernt sind.

WIRKUNGSGRAD EIN NACHTEIL DES PTG-KONZEPTS Die PtG-Technologie hat nämlich heute noch Nachteile: Zum Beispiel den niedrigen Wirkungsgrad. Er schwankt je nach Anwendungsfall zwischen 34 und 62 %, das heißt, es müssen 3 kWh hineingesteckt werden, um 1 kWh zurückzubekommen. Erst bei gleichzeitiger Wärmenutzung wird ein höherer Wirkungsgrad von etwa 62 % erreicht. Dieses Verhältnis wird zu Recht kritisiert. Heute ist es deswegen noch wirtschaftlicher, Windparkbetreiber für Zwangsabschaltungen zu entschädigen, als den Überschuss über den Umweg Wasserstoff erneut zu verstromen.

Ein weiterer Schwachpunkt ist die geringe Kapazität der heute zur Verfügung stehenden PEM-Elektrolyse- beziehungsweise der Methanisierungsanlagen. Beide Verfahren stecken quasi noch in den Kinderschuhen. Einheiten im Megawatt-Bereich sind nicht verfügbar.

DEMONSTRATIONSANLAGE ETZEL In Deutschland sind mehrere Pilotanlagen in Betrieb, weitere Anlagen werden projektiert oder sind im Bau. Zahlreiche Vorhaben befassen sich insbesondere mit der Erzeugung und Speicherung von Wasserstoff. Aufgrund der begrenzten Leistung der derzeit verfügbaren, für den erneuerbaren Energiesektor geeigneten Elektrolyseanlagen erfolgt die Speicherung von Wasserstoff bisher in Stahltanks mit relativ geringer Kapazität. Ab der Dekade 2020 bis 2030 könnten aber Anlagen im industriellen Maßstab zur Verfügung stehen.

Aufgrund der rasanten Entwicklung auf dem Forschungsgebiet der H_2-Speicherung hat die IVG 2011/12 mit den Planungen begonnen, um in Etzel mittelfristig eine Demonstrationsanlage für innovative Konzepte zur Speicherung von Windwasserstoff zu errichten und auch zu betreiben. Dabei soll sowohl das Gesamtsystem Windenergie-Elektrolyse-Speichernutzer als auch die großvolumige Speichermöglichkeit von Windenergie aus dem Laborstadium herausgeführt und konkret unter Realbedingungen erprobt werden, um die gesamte Prozesskette hinsichtlich Lastmanagement, Wirkungsgradienten und Wirtschaftlichkeit zu optimieren. Als Gasspeicher haben sich in Niedersachsen seit Jahrzehnten Salzkavernen mit einer (tages-)flexiblen Ein- und Ausspeicherungsmöglichkeit bewährt. Die erforderlichen technischen Komponenten für ein H_2-Speichersystem in Verbindung mit Kavernen sind grundsätzlich verfügbar, allerdings noch nicht in den zukünftig geforderten industriellen Größenordnungen.

Es ist unser Ziel, die technische Machbarkeit von Wasserstoffspeicherung in Salzkavernen in Etzel nachzuweisen. Neben dem Bestreben, solche Anlagen zu standardisieren, müssen zudem noch zahlreiche Aspekte zur Integration von H_2 im Erdgasnetz geklärt werden, aber auch der Einfluss auf großtechnische Strukturen wie Speicher muss untersucht werden. Kein zweiter Standort in Deutschland erfüllt die Anforderungen an ein solches Untersuchungsgebiet so gut wie Etzel: Große Aufnahmekapazität für H_2 und Methan, hohe Volumenströme und zuverlässige, jederzeit bedarfsgerechte Abgaben an Verbraucher, egal ob aus dem Strom-, Wärme- Industrie- oder Verkehrssektor, sowie die Nähe zu den erneuerbaren Energiequellen. Ein anschließender Speichermarkt kann sich jedoch nur entwickeln, wenn es eine hinreichende Anschubfinanzierung gibt. Erst der Wettbewerb wird dann zu einer Senkung der Kosten führen. ||

→ www.ivg.de, www.kavernen-informationszentrum-etzel.de

Autor:
Manfred Wohlers
IVG Caverns GmbH, Friedeburg
→ caverns@ivg.de

Thema: Essay - Energiespeicherung | **Autor:** Carl-Jochen Winter

DIE ENERGIEWENDE: KEINE KEHRTWENDE

Anpassung der Entwicklung an den energietechnischen Fortschritt

Deutschland steht eine intensive Debatte über den umwelt- und klimaökologisch sauberen, versorgungssicheren und gesellschaftlich akzeptierten Energiemix der Zukunft bevor. Wie wir dorthin kommen wollen, das wird derzeit als „Energiewende" bezeichnet. Die Energiewende ist jedoch keine Kehrtwende, vielmehr ist sie eine in der Geschichte nicht unübliche Anpassung des aktuellen Energiemixes an neue technologische Entwicklungen und politische Entscheidungen zu Versorgungssicherheit, Umwelt- und Klimaökologie.

Die Diskussion über die Energiewende wird von drei wesentliche Faktoren geprägt: Erstens steht im Vordergrund der demografische Faktor einer auf neun oder zehn Milliarden Menschen wachsenden Weltbevölkerung. Zweitens lässt der wachsende Einfluss effizienter Technologien die Bedeutung der dezentralen Energiedienstleistungen bei gleichzeitig schrumpfendem Anteil der Primärenergierohstoffe zunehmen. Und drittens wird der ökologische Faktor, energiegeschichtlich bisher nahezu inexistent, für die Energienachhaltigkeit maßgebend.

BRENNSTOFFZELLEN ERHÖHEN EXERGIEANTEIL Unser bisheriges Energiesystem ist ein Wärmesystem. Mit einem nationalen Nutzungsgrad von 30 % (Welt: ca. 10 %) gehen in Deutschland rund 70 % (Welt: 90 %) der Energie als nutzlose Wärme verloren. Höhere Energie- und besonders Exergiewirkungsgrade (Energie = Exergie + Anergie) ermöglichen jedoch mehr Energiedienstleistungen und somit mehr technische Arbeitsfähigkeit. Hier setzt die bisher vernachlässigte elektrochemische Energiewandlung an, wofür die Brennstoffzelle ein Musterbeispiel ist. Mit ihrer Hilfe wächst der Exergieanteil, der wiederum in jede beliebige andere Energieform umgewandelt werden kann. Der Anergieanteil hingegen nimmt ab – eine willkommene Entwicklung.

Im Großen und Ganzen sind die für diese Entwicklung benötigten Technologien marktgängig: Erdgasreformierung, Kohlevergasung und Elektrolyse zur Wasserstoffproduktion sind ebenso Stand der Technik wie Kompressoren und Verflüssiger. Ionische Kompressoren werden entwickelt, ebenso katalytische Brenner oder H_2/O_2-Dampferzeuger für die Momentanreserve von Dampfkraftwerken. Der Transport von gasförmigem oder verflüssigtem Wasserstoff über Pipelines, Tankschiffe, Waggons oder Lkw ist gängige Praxis, ebenso die Speicherung stationär oder mobil in Hochdruckflaschen, kryogenen Speichern ober- und unterirdisch. Weltweit sind Hunderte von Wasserstofftankstellen in Betrieb, und der Zubau geht ständig weiter.

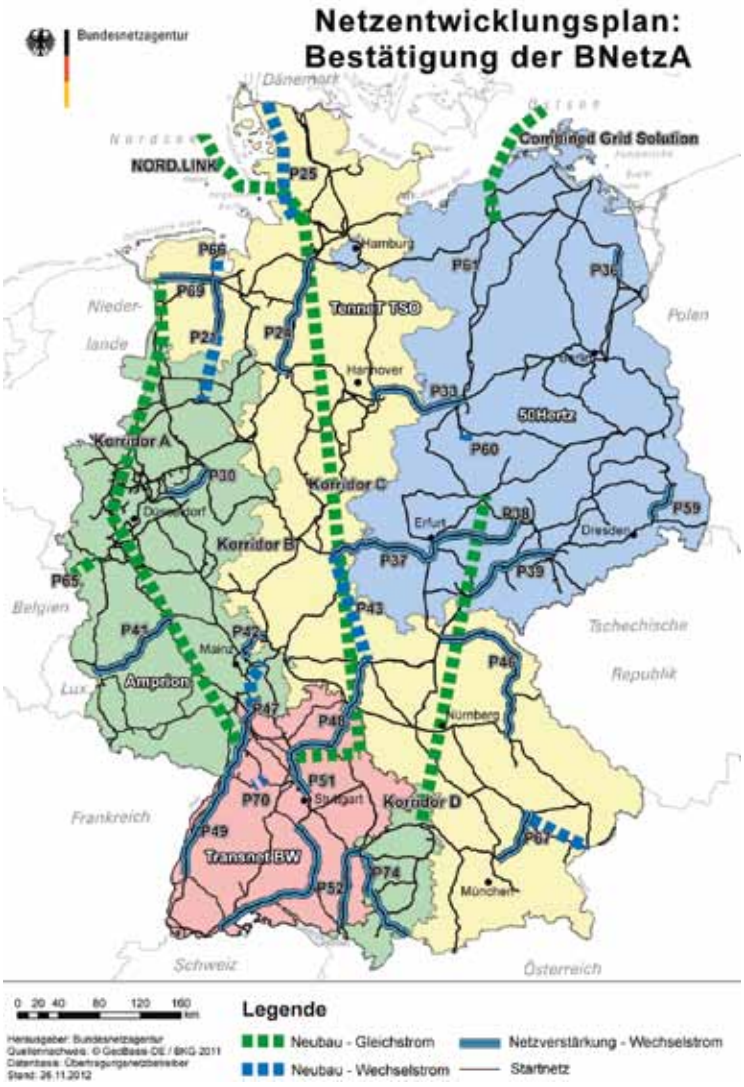
Die weitaus größte technologische und energiewirtschaftliche Herausforderung ist nach wie vor die Brennstoffzelle, im Besonderen die Niedertemperatur-Proton-Exchange-Membrane-Brennstoffzelle (PEM) für den stationären und mobilen Einsatz. Von Watt bis Megawatt ist sie über sieben Größenordnungen modularisiert. Sie verzichtet auf Hochtemperaturmaterialien, ist kompakt, leise, höchsteffizient, ohne bewegte Teile und sauber. Mit oder ohne Reformer kann sie eine Vielfalt von Kraftstoffen nutzen: Wasserstoff, Erdgas, Kohlegas, Methanol, Biogas, Klärgas, auch Diesel oder Benzin. Energiewirtschaftlich entscheidend ist, dass sie Energie exergetisiert. Sie liefert also im Nutzerbereich simultan Strom und Wärme mit hohem Exergieanteil.

Es gibt kein Automobilunternehmen in der Welt, kein Unternehmen der Elektroindustrie, der Kraftwerksbetreiber oder der Heizgerätelieferanten, das nicht in der Brennstoffzellenforschung und -entwicklung engagiert ist. Eine veritabel „saubere Energieindustrie" ist im Werden. Aber machen wir uns nichts vor: Neue Energien haben immer ihre Zeit gebraucht. Die gewohnt *S*-förmige Marktdurchdringung, auf Wasserstoff und seine Technologien angewendet, zeigt, dass der leicht ansteigende Ast am Boden des *S* nach wie vor nicht verlassen ist. Ein selbsttragender Anstieg steht erst noch bevor. Die „alte", bewährte Technologie „wehrt sich" noch. Die bisherige Dominanz der Energierohstoffe nimmt jedoch ab. Gleichzeitig nimmt die Bedeutung der Energietechnologien zu: Höhere Effizienzen können Effizienzgewinne liefern, indem aus weniger Energierohstoffen mehr Energiedienstleistungen herausgeholt werden.

ENERGIEN OHNE ENERGIEROHSTOFFE Bis weit in das 18. Jahrhundert gab es ausschließlich die erneuerbaren Energien der ersten solaren Zivilisation. Das 19. Jahrhundert war das Jahrhundert der Kohle, zu seinem Ende ergänzt durch Mineralöl und Erdgas. Im 20. Jahrhundert kamen Kernspaltungsenergie hinzu und erste Anfänge erneuerbarer Energien, nun der zweiten solaren Zivilisation, bevor das 21. Jahrhundert das Jahrhundert der Energienachhaltigkeit zu werden verspricht. Pointiert formuliert ist dies das Jahrhundert der „Energien ohne Energierohstoffe", denn erneuerbare Energien benötigen per se keine betrieblichen Primärenergierohstoffe.

Zentrale Rollen werden in Zukunft die beiden Sekundärenergieträger Wasserstoff und Strom übernehmen. Sie verfügen über etliche Gemeinsamkeiten: Sie können aus beliebigen Primärenergien hergestellt werden, sie sind betrieblich umwelt- und klimaökologisch sauber und sie sind ineinander umwandelbar (in der Brennstoffzelle: Strom aus Wasserstoff im Elektrolyseur: Wasserstoff aus Strom). Zurzeit wird Wasserstoff bevorzugt durch Erdgasreformierung hergestellt, weniger durch Kohlevergasung oder partielle Oxidation von Kohlenwasserstoffen, noch weniger in der Elektrolyse. Die größten Wasserstoffproduzenten aber sind die Raffinerien, die Wasserstoff für die Entschwefelung von Dieselöl oder zur Herstellung leichter Destillate vor Ort *(„captive")* herstellen und nutzen, ohne dass er in den Handel kommt (s. S. 28). Die technische Gaseindustrie handelt mit 600 bis 700 Millionen Normkubikmeter Wasserstoff pro Jahr. Das scheint viel, ist aber energetisch nicht mehr, als allein in Deutschland zur Hälfte des Endenergiebedarfs nachgefragt wird. Folglich steht Wasserstoff als Sekundärenergieträger für eine künftige Weltenergieversorgung noch ganz am Anfang.

NEUE ENERGIEN BRAUCHEN ZEIT Es hat allerdings in der 250-jährigen anthropogenen Energiegeschichte nie nur eine einzige Energieform gegeben, nie hat eine jeweils neue die vorherigen ganz verdrängt. Allenfalls hat sich der relative Beitrag der Anteile verändert. Die ständig wachsende



Energienachfrage brauchte aber stets alle Energieformen. Somit wuchs stets die Energieheterogenität – und sie wächst weiter. Jetzt hat die Sekundärenergie Wasserstoff gute Chancen, parallel zu Kohle, Öl, Erdgas, (noch verbleibender) Kernenergie, Strom, Effizienzgewinnen und erneuerbaren Energien zur achten Energie im Energiemix der Menschheit zu werden.

Eines ist dabei sehr klar: Die Energiewende braucht Wasserstoff. Er ist das eigentlich Neue. Seine Technologien exergetisieren Energie. Und dafür benötigen wir chemo-elektrische Energiewandler wie zum Beispiel Brennstoffzellen, die höchsteffizient technische Arbeitsfähigkeit bereitstellen.

Diese gesamte Entwicklung benötigt allerdings Zeit. Das war schon immer so: Die Gasturbine, erstmals in der Mitte des 19. Jahrhunderts in der Literatur erwähnt und ein Jahrhundert später zunächst als Jettriebwerk in der Militärluftfahrt eingesetzt, liefert erst jetzt, anderthalb Jahrhunderte nach ihrer ersten Erwähnung, einen elektrischen (= exergetischen) Wirkungsgrad von 40 %. In der Kombianlage zusammen mit nachgeschalteter Dampfturbine liefert sie mehr als 60 %. Oder aber Benzin: Die Einführung von Benzintankstellen in Deutschland begann im Jahr 1922. Flächendeckung mit rund 15.000 Tankstellen erreichten sie aber erst in den 1960er-Jahren. Gibt es Gründe dafür, dass Wasserstoff und seine Technologien schneller vorankämen? Nein! Die Konsequenz: „It's Hytime!" Es ist hohe Zeit, die Wasserstoffenergiewirtschaft einzuführen und ihre Einführung durchzuhalten.

Derzeit bemüht man sich noch, den Windstrom durch Hochspannungstrassen nach Süden zu bringen. Irgendwann wird das klappen. Wenn der Strom dann aber einst in den südlichen Energiebedarfszentren angekommen sein wird, läuft er Gefahr, wegen der bis dahin (nahezu) gesättigten dezentralen Energiebedarfsdeckung nicht mehr gebraucht zu werden. Das Gesamtkonzept „Energiewende" muss deshalb nicht nur den zentral erzeugten Windstrom berücksichtigen, sondern auch die dezentralen Potentiale von Sonne, Wind, Biomasse und eben von Brennstoffzellen sowie Wasserstoff als Sekundärenergieträger. ||

Am 26. November 2012 stellte die Bundesnetzagentur den von ihr bestätigten *Netzentwicklungsplan Strom* 2012 vor und überreichte ihn an den Bundesminister für Wirtschaft und Technologie, Dr. Philipp Rösler. Demnach sollen in den nächsten Jahren drei „Stromautobahnen" für die Höchstspannungsgleichstromübertragung (HGÜ, s. Abb.) von Nord- nach Süd-Deutschland gebaut werden.

Autor:

Prof. Dr. Carl-Jochen Winter, Überlingen
→ CJWinter@itsHYtime.de

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

GROSSINDUSTRIELLE H_2-PRODUKTION

HyCO4 versorgt Raffinerien in Rotterdam mit Wasserstoff

***HyCO4* hat im Oktober 2012 seinen ersten Geburtstag gefeiert, ist aber trotzdem kein kleiner Junge – sondern eine Sie. Sie ist die Nachfolgerin von *HyCO3* und steht mitten in Europas größtem Überseehafen in Rotterdam, Niederlande. Gemeint ist die neue H_2-Produktionsanlage von Air Products. Sie ist direkt neben der Raffinerie von ExxonMobil (Esso) in Rotterdam-Botlek angesiedelt und produziert für deren Entschwefelungsanlage den benötigten Wasserstoff – und zwar rund 20 % effizienter, als dies mit HyCO3 möglich war. Um über diese Errungenschaften zu informieren, lud Air Products im September 2012 auf eigene Kosten mehrere Fachjournalisten aus fünf europäischen Ländern ein, die neue niederländische H_2-Produktionsanlage zu besichtigen. HZwei war mit dabei.**

Air Products ist seit über 70 Jahren im Gasgeschäft aktiv, seit über 50 Jahren auch im Wasserstoffsektor. Innerhalb der letzten zwanzig Jahre hat der nach eigenen Angaben „weltgrößte Produzent von Wasserstoff für Erdölraffinerien" gemeinsam mit dem Projektierungsunternehmen Technip weltweit insgesamt 30 H_2-Produktionsanlagen aufgebaut, drei davon in Europa. Seit etwa zehn Jahren greifen beide Unternehmen beim Bau auf ein einheitliches Anlagendesign zurück, das jeweils nur noch an die jeweils vorherrschenden Standortbedingungen angepasst werden muss. Pim Meyboom, der Leiter der Produktionsanlage, erklärte den versammelten Pressevertretern: „Dieses stets ähnliche Anlagendesign ermöglichte es uns, den neuen Standort

Abb. 2: Der Reformer (re.) mit den nachgeschalteten hohen, weißen PSA-Behältern (li.)

HyCO steht für Wasserstoff (engl. **Hy**drogen) plus Kohlenmonoxid (**CO**), die beiden Bestandteile von Synthesegas, das bei diesem Verfahren als Zwischenprodukt erzeugt wird.

nach nur 18 Monaten Bauzeit in Betrieb nehmen zu können. Normalerweise dauert die Bauphase zweieinhalb Jahre."

Was seit dem Baubeginn im April 2010 dort im Rotterdamer Atlantikhafen auf einer 25.000 m² großen Freifläche entstanden ist, ist Meyboom zufolge einzigartig, denn dieses silbern glänzende Rohr- und Leitungswirrwarr aus über 1.000 t Stahl und 700 t Verrohrung ermöglicht eine Energieeffizienzsteigerung von über 20 %. „In dieser Branche ist das absolut super", so Meyboom. Diese Effizienzsteigerung wird auf zwei Wegen erzielt: Erstens durch den Einsatz neuester Technologie zur effizienten Wärmerückgewinnung und zweitens durch die direkte Integration des Wasserstoffproduktionsprozesses in die Raffinerie von ExxonMobil. Hierbei wird das aus Methan, Naphta und weiteren Kohlenstoffverbindungen bestehende Brenngas (engl. Refinery Fuel Gas = RFG) einige hundert Meter weiter zu HyCO4 geleitet, wo Air Products daraus Dampf und zusätzlich noch reinen Wasserstoff macht.

CHEMIE IN GROSSER DIMENSION Dafür wird das Brenngas vor Ort zunächst in einen Entschwefelungsbehälter und anschließend in einen Prereformer geleitet, der die für die Wasserstofferzeugung unerwünschten Bestandteile herausfiltert. Anschließend gelangt das aufbereitete Gas in das Herzstück der Anlage, den Dampfreformer. Dort werden die C- und H-Atome mit Hilfe von Nickelkatalysatoren und heißem Wasserdampf voneinander getrennt, indem die molekularen Verbindungen bei Temperaturen von rund 1.000 °C aufgespalten (gecrackt) werden. Über die folgende Shift-Reaktion wird dann der Anteil der einzelnen Gase gemäß den jeweiligen Ansprüchen ausbalanciert. Das dadurch entstehende Synthesegas aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid wird weiter umgesetzt, bis schließlich kaum noch CO sondern vorrangig CO_2 vorhanden ist. Unerwünschte Restbestandteile im Gas werden anschließend per Druckwechseladsorption (engl. Pressure Swing Adsorption = PSA) entfernt und dem Reformer zur Nachverbrennung zugeführt. Außerdem wird das Wasserstoffgas noch komprimiert, nachdem zuvor die eingesetzte Wärme den Prozessgasen wieder entzogen wurde. Am Ende beträgt die Temperatur des nur noch aus Wasserdampf und Kohlendioxid bestehenden Abgases gerade mal 140 °C, so dass lediglich in seltenen Fällen eine Dampfwolke über der Anlage zu sehen ist.

Abb. 4: Neuer, sauberer Wasserstoffbus vor alter, konventioneller Raffinerieanlage

Abb. 3: Rohre, Rohre, nichts als Rohre

Die im Oktober 2011 fertig gestellte HyCO4-Anlage, die die etwas abgelegene, ältere und mittlerweile deinstallierte HyCO3-Anlage ersetzt, verfügt über eine um 50 % höhere Produktionskapazität. Dort können jetzt täglich bis zu 300 metrische Tonnen Wasserstoff erzeugt werden. Das sind rund 130.000 m³ H_2 pro Stunde, die dringend benötigt werden, weil der Bedarf an Wasserstoff bereits seit mehreren Jahren deutlich zunimmt. Das liegt nicht nur am gestiegenen Mineralölbedarf. Im Laufe der Jahre hat sich auch der Schwefelanteil im Rohöl erhöht, weil die Förderstätten mit schwefelarmen Vorkommen weniger werden. Gleichzeitig wurde der gesetzliche Grenzwert für den erlaubten Schwefelanteil in Benzin und Diesel abgesenkt. Den daraus resultierenden Mehrbedarf an Wasserstoff hat das US-amerikanische Unternehmen frühzeitig erkannt und mit der Kapazitätserhöhung seiner Anlage entsprechend vorgesorgt.

INVESTITION IN DEN STANDORT Für Pim Meyboom ist die 200 Mio. Euro hohe Investition seines Unternehmens in den Bau von HyCO4 auch eine Investition in den niederländischen Welthandelshafen: „Indem wir eine größere Anlage gebaut haben, können wir den Wasserstoff günstiger anbieten. Dadurch sinken die Kosten unserer Kunden, wodurch insgesamt Rotterdam an Attraktivität gewinnt." Zusätzlich wurden auch die CO_2- und NO_X-Emissionen deutlich reduziert. Joop Atsma, niederländischer Staatssekretär für Infrastruktur und Umwelt, erklärte anlässlich der Inbetriebnahme: „Wir brauchen Anlagen wie diese sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene, um unsere mittel- und langfristigen umweltpolitischen Ziele in Europa zu erreichen."

Das reine Wasserstoffgas, das direkt am Standort in das Pipelinesystem eingeleitet wird und das die Leiterin des Europageschäfts Diana Raine als „ganz gewöhnliches Gas" bezeichnete, benötigt Esso für die Entschwefelung seiner Erdölprodukte. Außerdem profitieren neben der petrochemischen Industrie (z.B. Shell) auch zahlreiche weitere Kunden aus der chemischen und der Lebensmittelindustrie, die ebenfalls an das rund 40 km lange Rohrsystem des Gaseanbieters angeschlossen sind, von dem eingespeisten Wasserstoff. Zusätzlich generiert die neue Anlage heißen Dampf, der ebenfalls in der Raffinerie eingesetzt wird, wodurch sich die Gesamtenergieeffizienz um rund ein Fünftel erhöht hat. >>

Ganz wesentlich für das seit 35 Jahren in Rotterdam ansässige Gasunternehmen ist die Zuverlässigkeit seiner Fabrik. Für den Hauptkunden Esso bedeutet jeder Tag, an dem die Raffinerie stillsteht, einen Einnahmeverlust von rund 500.000 Euro. Aus diesem Grund bevorratet Air Products von jeder relevanten Komponente der Anlage jeweils mindestens ein Ersatzteil vor Ort. Diese hohe geforderte Zuverlässigkeit führt auch dazu, dass fast alles automatisiert wurde und insgesamt nur sieben Mitarbeiter am Standort arbeiten.

PLÄNE Dass der in HyCO4 erzeugte Wasserstoff nach wie vor fossilen Ursprungs ist, stellt für Air Products derzeit kein Problem dar. Frank Schnitzeler, Business Development Manager Hydrogen Energy Systems (s. auch Interview HZwei-Heft Okt. 2012), plädiert sogar ausdrücklich für die H_2-Erzeugung aus Erdgas, „um zunächst einen Business Case darstellen zu können, damit Wasserstoff bezahlbar wird". Seiner Meinung nach werde das Gas nur unnötig teuer gemacht, wenn frühzeitig Wert auf „grünen Wasserstoff" gelegt werde. Schnitzeler berichtete jedoch, dass Air Products auch an Alternativtechnologien arbeitet. So soll beispielsweise in den USA ein Demonstrationsprojekt aufgebaut werden, bei dem Wasserstoff aus Biomasse generiert wird. Und auch Diana Raine räumte unumwunden ein, dass der „Status quo keine Option" sondern „erneuerbarer Wasserstoff ein Muss" ist – aber eben erst in Zukunft.

Das US-amerikanische Unternehmen plant zudem, den in der neuen Anlage produzierten Wasserstoff mittelfristig auch für Brennstoffzellenfahrzeuge zu nutzen. Dafür müssten allerdings zunächst entsprechende Autos in der Region verfügbar sein. Bisher kann Air Products rund 400.000 Betankungen pro Jahr an seinen etwa 150 H_2-Stationen beispielsweise in den Niederlanden sowie den USA, in Deutschland und Großbritannien mit Pkw, Gabelstaplern und auch U-Booten vorweisen. Erst kürzlich eröffnete das über 20.000 Mitarbeiter beschäftigende Unternehmen eine SmartFuel-Wasserstofftankstelle bei einer bestehenden Markentankstelle in Hamburg-Bramfeld (s. HZwei-Heft Okt. 2012). Zunächst soll der Rotterdamer Wasserstoff allerdings für die BZ-Busse von Transport for London in Großbritannien eingesetzt werden. ||

Fast nebenbei hat Air Products auch einen neuen *SmartFuel Portable-Power Cylinder* herausgebracht. Im Mai 2012 präsentierte das Gasunternehmen einen tragbaren Druckbehälter, der speziell für autarke Energieerzeugungseinheiten konzipiert wurde, damit Brennstoffzellen perspektivisch die bisher verwendeten Batterien und Dieselaggregate ablösen können. Potentielle Anwendungsfelder für diesen Speichertank könnten Beleuchtungs- und Signalanlagen sowie der Werkzeugsektor sein. Diana Raine, Air Products European Business Manager Hydrogen Energy Systems, erklärte: „Die SmartFuel Portable-Power Cylinder sind im Vergleich zu traditionellen Zylindern einfach im Gebrauch sowie kleiner und leichter." Die neuen Behälter verfügen über einen Schnappverschluss sowie ein Regelventil, das einen Druck von maximal 3,5 bar nach außen lässt. Gegenüber HZwei erklärte Raine, derzeit werde noch geprüft, wann und wo diese neuen Behälter zum Einsatz kommen werden.

Abb. 5: Hinter der konventionellen Technik stehen die Alternativen bereit

www.bmwgroup.jobs

ALLE REDEN VON DER ZUKUNFT. SIE ENTWICKELN SIE MIT.

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

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

– **Referent/-in Technologie- und Patentmanagement**
(Ref.: 74991)
– **Spezialist/-in Konstruktion Gesamtfahrzeug**
(Ref.: 75476)
– **Entwicklungsingenieur/-in Gesamtfahrzeugakustik Brennstoffzellenfahrzeuge**
(Ref.: 69676)
– **Spezialist/-in Produktionsanalyse für Brennstoffzellen**
(Ref.: 70110)

Sie suchen eine spannende Herausforderung? Wir freuen uns auf Sie. Detaillierte Informationen und die Möglichkeit zur Online-Bewerbung finden Sie auf **www.bmwgroup.com/jobs** oder direkt den QR Code scannen und bewerben.

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

BMW GROUP
Recruiting

Rolls-Royce
Motor Cars Limited

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

MELDUNGEN AUS ÜBERSEE

STUDIEN BESCHEINIGEN WINDENERGIE HOHES POTENTIAL

Die Zukunft erneuerbarer Energie liegt weltweit in der Windkraft – dies besagen zumindest zwei aktuelle Studien von der Stanford University in California und von der Carnegie Institution. Die Stanford-Studie von Mark Z. Jacobson, Professor für Umwelttechnik, und Cristina Archer, Professorin für Geographie an der University of Delaware, besagt, dass die Windenergie auf Land und in küstennahen Regionen die Hälfte des weltweiten Energiebedarfs beisteuern kann.

Die neuesten Wettermodelle besagen, dass sogar ausreichend Windkraft vorhanden ist, um den aktuellen jährlichen Energiebedarf mehrmals zu decken, und dies ohne Reduktion der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit infolge der Installation von Windkraftanlagen. Die Jacobson/Archer-Studie adaptierte dafür ein dreidimensionales Luft-Wasser-Land-Computerprogramm, um das maximale, theoretisch mögliche Windkraftpotential auf der Erde zu berechnen. Dabei wurde auch die Abbremsung des Windes mitberücksichtigt. Archer erklärte dazu: „Jede Turbine reduziert die Energiemenge, so dass für die anderen weniger übrig ist.“ Ab einem bestimmten Punkt ist die Energiemenge des Windes also nicht mehr ausreichend, auch nicht, wenn noch mehr Windkraftanlagen vorhanden wären. Dieser Punkt wird als Sättigungspotential (*saturation wind power potential* – SWPP) bezeichnet und berücksichtigt, dass Windturbinen nicht mehr als etwa 60 % der kinetischen Windenergie (Betz-Grenze) nutzen können. Jacobson und Archer betrachteten dieses Potential in unterschiedlichen Höhen und an verschiedenen Standorten und sie bezifferten es mit 250 TW in einer Höhe von 100 m. Demnach könnten weltweit vier Millionen 5-MW-Turbinen rund 7,5 TW erzeugen, berechneten die Autoren. Jacobson erklärte: „Wir sagen nicht: ‚Baut überall Windkrafträder.‘ Aber wir haben gezeigt, dass es keine grundsätzliche Hürde gibt, die Hälfte oder sogar ein Mehrfaches des Weltenergiebedarfs von 2030 mit Windenergie zu decken. Das Potential ist da, wenn wir ausreichend Turbinen bauen können.“

Die zweite Studie von Kate Marvel, Ben Kravitz und Ken Caldeira kommt zu ganz ähnlichen Ergebnissen, demnach könnten 400 TW generiert werden. Caldeira erklärte: „Unsere Schlussfolgerungen sind zwiefältig: Es ist mehr als genug Energie in Wind vorhanden, um die gesamte Zivilisation zu versorgen. Und gleichzeitig können die klimatischen Auswirkungen von weitflächig verteilten Windturbinen vernachlässigt werden.“ Weiter schrieb er: „Onshore-Windturbinen nutzen Energie der Atmosphäre, die ansonsten verschwendet worden wäre.“ Diese Ergebnisse stehen allerdings im Gegensatz zu früheren Forschungsergebnissen. Das deutsche Max Planck Institut für Biochemie war beispielsweise zu dem Schluss gekommen, dass das Windpotential gering sei und die Nutzung zudem klimatische Auswirkungen hätte. ||

- Saturation wind power potential and its implications for wind energy, Proceedings of the National Academy of Sciences, Aug. 2012
- Geophysical limits to global wind power, Nature Climate Change, Sept. 2012

BZ-OFF-ROAD-KONZEPT BEI LA AUTO SHOW

Hubert Lee, der für den Ener-G-Force (r.) verantwortliche Designer [Quelle: Daimler]

Zahlreiche Elektro- und Hybridfahrzeuge waren während der Los Angeles Auto Show vom 30. November bis zum 9. Dezember zu sehen, aber nur ein Brennstoffzellenauto, und das war eine nicht fahrbare Design-Studie von Mercedes. Angesichts des karikaturhaften Autos formulierte Mercedes die Pressemeldung entsprechend defensiv: „Das Konzept des *Ener-G-Force* für die *Los Angeles Design Challenge* ist natürlich reine Science-Fiction.“ In der Tat. Der *Ener-G-Force* wird von Brennstoffzellen angetrieben, die den Strom für vier Radnabenmotoren liefern. So weit, so gut. Der Rest des Antriebssystems ist reine Sci-Fi: „Der *Ener-G-Force* speichert recyceltes Wasser in Tanks auf dem Dach und leitet dieses zum ‚Hydro-tech-Konverter‘, wo natürliche und erneuerbare Energieressourcen zum Betrieb der Brennstoffzellen in Wasserstoff umgewandelt werden.“ Auffallend gestylte Seitenverkleidungen beinhalten wahlweise die Energiespeichereinheiten oder austauschbare Batteriepakete. ||

HONDA KÜNDIGT BZ-AUTO-START AN

Vielleicht angestachelt von Toyotas Einzeiler über den Stapellauf seines Brennstoffzellenfahrzeugs in 2015 zog Honda mit einer ähnlich knappen Zwei-Satz-Ankündigung nach. Geschäftsführer Takanobu Ito erklärte darin: „Honda wird ein ganz neues Brennstoffzellen-Elektrofahrzeug in den USA, Japan und Europa ab 2015 herausbringen. Dieses neue Brennstoffzellenauto wird neue technologische Verbesserungen und signifikante Kostenreduktionen beinhalten.“ ||

BESSERE ELEKTROLYSE OHNE PLATIN

Der Chemiker Shouheng Sun und seine Studenten der Brown University, Providence/Rhode Island, haben ein neues Katalysatormaterial entwickelt, eine mit Kobalt- und Kobaltoxid-Partikeln überzogene Graphen-Schicht, die die Sauerstoffreaktion in Elektrolyse- und Brennstoffzellen mit derselben Effizienz wie Platin katalysieren kann – wobei es zudem länger haltbar ist. In der Pressemeldung der Universität wird Shaojun Guo, ein Postdoc-Wissenschaftler, mit den Worten zitiert, das Material „hat die besten Reduktionseigenschaften von allen Nicht-Platin-Katalysatoren“. Das Team von Sun zeigte, dass das neue Graphen-Kobalt-Material beim Start der Sauerstoffreduktion zwar etwas langsamer als Platin ist, sobald die Reaktion aber begonnen hat, reduziert das neue Material den Sauerstoff zügiger als Platin. Zudem ist der Katalysator stabiler, degradiert also langsamer als Platin. Nach 17 Stunden verfügte er noch über 70 % seiner Anfangskapazität. Der Platinkatalysator lag da nur noch bei 60 %. ||

EIN BRENNSTOFFZELLEN-BMW IN 2015?

Lange war es still gewesen um BMW, bis zur Ankündigung im Sommer 2012, dass Toyota und BMW bei der Brennstoffzellenentwicklung kooperieren wollten. Wie H&FCL jetzt aus einer zuverlässigen Quelle berichtet wurde, ist BMW dabei, einen Brennstoffzellendemonstrator aufzubauen und in 2015 zu betreiben. Wie es heißt, arbeiten die Bayern hart daran, eine Toyota-Brennstoffzelle in ein bisher noch unidentifiziertes BMW-Modell zu integrieren und zu testen. Das Unternehmensmanagement wacht offenbar sorgfältig darüber, wie sich der Markt entwickelt und wie beziehungsweise ob die Wasserstofftankstelleninfrastruktur vorankommt. Die Kooperation zwischen dem deutschen und dem japanischen Autohersteller scheint währenddessen über den Brennstoffzellenbereich hinaus stärker zu werden, berichtete die Wirtschaftswoche. „Niemals zuvor in Toyotas Geschichte haben wir eine so intensive Kooperation wie diese gesehen“, wird darin Toyotas Europa-Chef Didier Leroy zitiert. ||

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

Energiewende 3.0
Mit Wasserstoff und Brennstoffzellen
von Sven Geitmann

→ Die Die Energiewende 2.0 kommt in Deutschland nur schleppend voran. Die Ablösung der Atomenergie durch erneuerbare Energien gestaltet sich schwieriger als erwartet, weil Solar- und Windstrom bisher noch nicht effizient gespeichert werden können. Deswegen muss genau an dieser Schnittstelle, bei der Energiespeicherung von „grünem Strom“, angesetzt werden. Und dieses Buch zeigt, wie dies gehen könnte: Mit Wasserstoff und Brennstoffzellen kann die Umorientierung von der gestrigen zu einer zukunftsfähigen Energieversorgung gelingen. Das Buch widmet sich deswegen insbesondere der Thematik rund um Wasserstoff und Brennstoffzellen, denn gemeinsam können sie beide – der Wasserstoff als Energiespeicher und die Brennstoffzelle als Energiewandler – die in den nächsten Jahren anstehende Energiewende 3.0 ermöglichen.

HyWeb: „leicht lesbar und gut strukturiert“

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

Erneuerbare Energien
Mit neuer Energie in die Zukunft
von Sven Geitmann

→ Der Erneuerbare-Energien-Sektor boomt. Noch nie wurde so viel nachhaltig erwirtschafteter Strom erzeugt wie heute. Die rasante Entwicklung in der Solar-, Wind- und Bioenergie hat Dipl.-Ing. Sven Geitmann veranlasst, ein Buch über diese aktuelle und hoch interessante Thematik zu verfassen, das technische Details leicht verständlich erläutert und einen umfassenden Marktüberblick liefert.

Sonnenzeitung: „Ein Muss für Technikinteressierte!“

Vorwort: Prof. Dr. Ernst Ulrich v. Weizsäcker
212 Seiten mit 63 Abbildungen und 22 Tabellen
ISBN 978-3-937863-14-6
Hydrogeit Verlag
Oberkrämer, Januar 2010
Preis: 19,90 Euro

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

Thema: Entwicklung | **Autoren:** Beate Ritz, Christoph Gimmler

NANOTECHNOLOGIE IN KATALYSATOREN

Neues Kompositsystem für PEM-Brennstoffzellen

Der hohe Preis von Platin steht immer noch der weiteren Kommerzialisierung von Brennstoffzellen entgegen. Auch die Lebensdauer der Stacks könnte länger sein. Beiden Hemmnissen könnte durch eine neue Entwicklung der CAN GmbH begegnet werden. Im Rahmen eines europäischen Förderprojekts (Europäischer Fond für regionale Entwicklung EFRE) hat das Hamburger Unternehmen ein verbessertes Katalysatorsystem auf Kompositbasis hervorgebracht, bei dem substratgebundene Kohlenstoffnanoröhren als Trägermaterial für das Katalysatormaterial eingesetzt werden.

Katalysatormaterial wird heutzutage zur Verbesserung des Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnisses üblicherweise in Form von Nanopartikeln eingesetzt. In Brennstoffzellen kommt für diese Nanopartikel meist amorpher Kohlenstoff (Carbon Black) als Trägermaterial zur Anwendung. Nachteilig dabei ist jedoch, dass sich die kleinen Partikel in den Poren dieses Materials einlagern, wodurch die Diffusion der Reaktanden zu den katalytischen Zentren erschwert wird. Außerdem kommt es zur Korrosion des Trägermaterials Carbon Black bei Betreiben der Brennstoffzelle. Zusätzlich tendieren die Nanopartikel durch das unkontrollierte Aufbringen auf Carbon Black zur Agglomeration, was zu einer Verminderung der zugänglichen aktiven Oberfläche führt. Vor diesem Hintergrund hat die CAN GmbH ein nanostrukturiertes System entwickelt, in dem die Eigenschaften von Kohlenstoffnanoröhren (carbon nano tube: CNT) als Trägermaterial mit denen von Nanopartikeln (NP) als Katalysator kombiniert werden (Abb. 1a).

Den Kern dieser Architektur bilden CNT, die durch ihre hohe elektrische Leitfähigkeit sowie ihre chemische und thermische Stabilität ein gut geeignetes Trägermaterial für Katalysatoren darstellen. Die Verfügbarkeit der Katalysatorpartikel ist durch die offene Gerüststruktur (Abb. 1b), in der die CNT hergestellt werden, optimal gewährleistet, da sich die Partikel direkt und voneinander separiert auf der Oberfläche der Kohlenstoffnanoröhrenstruktur anlagern (Abb. 1c). Partikelagglomeration und -einlagerungen in die Poren werden somit verhindert. Durch die direkte Anbindung dieser Nanopartikel-Kohlenstoffnanoröhren-Komposite an ein leitendes Substrat wird außerdem der Elektronenstrom optimal abgeleitet (Abb. 1a).

VORTEILE FÜR BRENNSTOFFZELLEN In Laborversuchen zur katalytischen Aktivität konnte die CAN GmbH bereits erhöhte Ströme durch die Verwendung dieser Kompositsysteme nachweisen, und diese lassen verbesserte katalytische Eigenschaften für den Gebrauch in Protonenaustauschmembran-Brennstoffzellen (PEM) erwarten. Zusätzlich sollte die gerichtete Struktur aus CNTs in einer Brennstoffzelle die Verteilung und Diffusion der Reaktanden deutlich verbessern.

Bedarf zur Optimierung gibt es auch in Direkt-Methanol-Brennstoffzellen (DMFC). Die dort eingesetzten, platinbasierten Elektroden erfahren bisher eine Desaktivierung durch Oberflächenvergiftung mit Reaktionszwischenprodukten in saurem Medium, vornehmlich durch Kohlenmonoxid (CO). Daher besteht großes Interesse, weniger kostenintensive Alternativen zu Platinkatalysatoren mit vergleichbaren kinetischen Eigenschaften zu entwickeln.

PALLADIUM ALS KATALYSATORMATERIAL Vielversprechende Materialien dafür sind Legierungen mit Übergangsmetallen wie Nickel (Ni) oder Kobalt (Co)[1] sowie Gold-Platin-(Pt@Au)-Heterostrukturen[2]. Auch Palladium stellt eine kostengünstigere Alternative zu Platin dar. Außerdem überzeugt Palladium durch weitere positive Eigenschaften: Es unterliegt weniger stark der CO-Vergiftung, hat hervorragende katalytische Eigenschaften als Kathodenmaterial[3] und als Anodenkatalysator[4] in alkalischen DMFCs sowie zusätzlich höhere und stabilere Aktivitäten für die Ethanoloxidation als Platin. Legierungen mit Nickel wurden als besonders geeignet identifiziert.[5]

Ein weiteres großes Problem bei der Entwicklung von DMFC ist der Durchtritt von Methanol durch die Polymermembran auf die kathodische Seite (cross-over), weil dies zu einer Behinderung der Sauerstoffreduktion führt. Aus diesem Grund werden auf diesem Gebiet methanolresistente Katalysatormaterialien erforscht. Auch diese Voraussetzung erfüllt Palladium: Es ist unter sauren Bedingungen für die Methanoloxidation nicht aktiv,[5] so dass es auch hierfür ein geeignetes Material ist. Allerdings neigt Palladium in sauren Medien zur Bildung von Oxiden auf der Oberfläche, was die katalytische Aktivität senkt und zu verringerten Stabilitäten führt. Ein Ausweg bietet hier die Bildung von Legierungen mit Co, Fe oder Ni. Vor diesem Hintergrund werden in der CAN GmbH Pt-, NiPt-, CoPt-, FePt- sowie Pd-, NiPd-, CoPd-Nanopartikel und Pt@Au-Heterostrukturen hergestellt und auf CNT-Strukturen geträgert (Abb. 1 und 2).

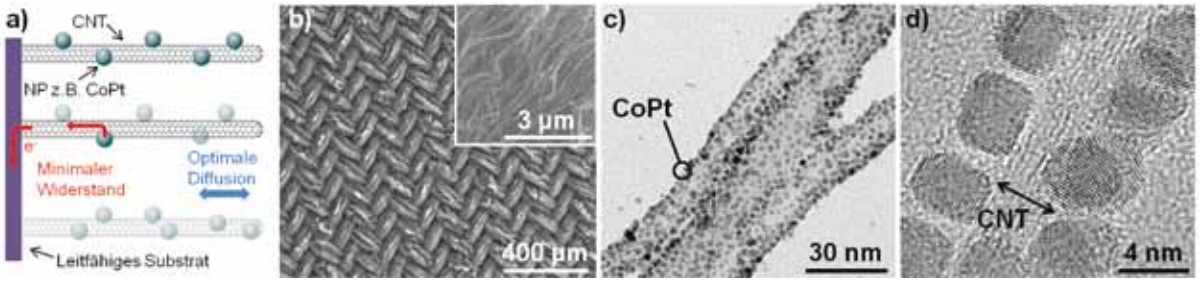


Abb. 1: Schema der Nanoarchitektur (a), homogenes Wachstum gerichteter CNTs auf einem leitenden Gitter (b), gezielte Anbindung nasschemisch hergestellter NP (Beispiel CoPt-NP) an CNTs (c), direkter Kontakt zwischen NP und unfunktionalisierten CNTs (d).

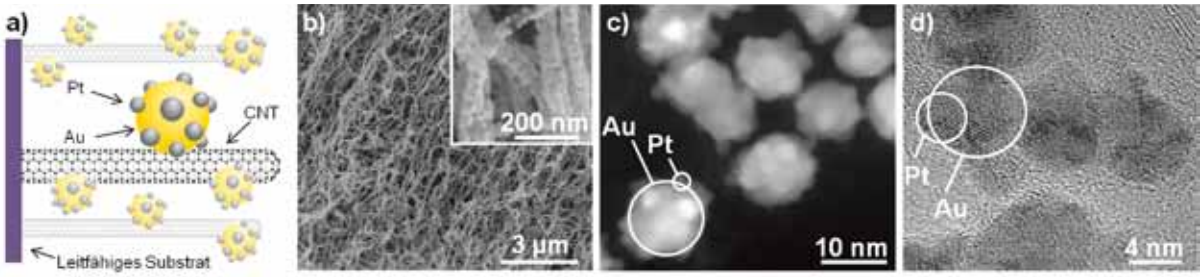


Abb. 2: Schema der Pt@Au-CNT-Heterostrukturen (a), elektronenmikroskopische Aufnahmen der sich ausschließlich an substratgebundenen CNTs befindenden Pt@Au-Heterostrukturen (b) sowie der kleinen Pt-NP auf Au-NP (c, d). [Quellen: CAN]

Außerdem gelang es, eine universale Methode zu entwickeln, mit der Nanopartikel aus einer Dispersion heraus ohne weitere Funktionalisierung der Kohlenstoffnanoröhren an diese gebunden werden können.[6] Mit diesem Verfahren wird eine hohe Belegung der Kohlenstoffnanoröhren mit Nanopartikeln erreicht (Abb. 1c), wobei die Nanopartikel einen direkten Kontakt zu den Kohlenstoffnanoröhren aufweisen (Abb. 1d). Die sp^2-Struktur der Kohlenstoffnanoröhren bleibt bei der Funktionalisierung mit Nanopartikeln vollständig erhalten. Bezüglich der Anbindung der NP an die CNT wird eine auf Ladungstransfer und van-der-Waals-Kräfte beruhende Wechselwirkung vermutet.[6]

Ein weiterer Erfolg der aufgezeigten Entwicklungsarbeit ist die *in-situ*-Synthese von Pt@Au-Heterostrukturen direkt auf substratgebundenen Kohlenstoffnanoröhren. Bei dieser Synthese werden kleine Pt-Nanopartikel direkt auf Au-Nanopartikeln gebildet (Abb. 2). Es konnte zudem gezeigt werden, dass diese Strukturen verbesserte katalytische Aktivitäten im Vergleich zu reinen Platin (Pt)-Nanopartikeln haben.[2]

Diese Arbeiten verdeutlichen, dass es gelungen ist, verschiedene Herstellungsverfahren geeigneter Strukturen zur Anwendung als Katalysator in Brennstoffzellen zu etablieren, wobei eine ausgesprochen gute Kontrolle über den Aufbau und die Struktur dieser Nanokomposite erreicht wurde. Ausgehend von diesen Strukturen bieten sich nun verschiedene Ansätze zur Integration der CNT-NP-Komposite in PEM-Brennstoffzellen an: Die CNT können ungerichtet aus einer Dispersion oder als Pulver auf die Membran gepresst (Ansatz I), direkt auf der Gasdiffusionsschicht wachsen gelassen (Ansatz II) oder als gerichtete Struktur auf die Membran übertragen (Ansatz III) werden.

Alle drei Ansätze werden im Rahmen des benannten Projektes weiter verfolgt. Die Bewertung der hergestellten Materialien soll dabei unter realen Bedingungen in Testaufbauten für Brennstoffzellen durchgeführt werden. ||

F-CELL AWARD SCIENCE IN GOLD
Die bisher erzielten Ergebnisse sind vielversprechend und wurden mit dem 1. Platz des *f-cell Award* der Kategorie *Science* ausgezeichnet.

Literatur

- [1] C.-J. Zhong, J. Luo, B. Fang, B. N. Wanjala, P. N. Njoki, R. Loukrakpam, J. Yin, Nanotechnology 2010, 21, 062001.
- [2] J. Zhang, K. Sasaki, E. Sutter, R. R. Adzic, Science 2007, 315, 220.
- [3] R. N. Singh, A. Singh, Anindita, J. Solid State Electrochem. 2009, 13, 1259.
- [4] C.-C. Chang, T.-C. Wen, Mater. Chem. Phys. 1997, 47, 203.
- [5] E. Antolini, Energy & Environmental Science 2009, 2, 915.
- [6] B. Ritz, H. Heller, A. Myalitsin, A. Kornowski, F. J. Martin-Martinez, S. Melchor, J. A. Dobado, B. H. Juàrez, H. Weller, C. Klinke, ACS Nano 2010, 4, 2438.

Autoren:

Dr. Beate Ritz
→ br@can-hamburg.de

Dr. Christoph Gimmler
→ cg@can-hamburg.de

beide CAN GmbH, Hambu

Thema: Interview | **Interviewpartner:** Philipp Rathke, Frieder Mayer, Josef Kallo, Thomas Stephan

DAS GIBT'S KEIN ZWEITES MAL

Zu Besuch beim Antares-DLR-H2-Team in Stuttgart

Spricht man mit Dr. Josef Kallo über die *Antares DLR-H2*, fangen seine Augen an zu leuchten. Aus dem zunächst zurückhaltend wirkenden Wissenschaftler wird dann ein völlig für eine Idee brennender Ingenieur, der in diesem Demonstrationsflugzeug weitaus mehr sieht als nur ein Beförderungsmittel, denn Kallo hat eine Vision: Er träumt von einer sauberen Mobilität, die als Teil der Energiewende schon bald Realität werden könnte – an Land, zu Wasser und in der Luft. Voller Begeisterung spricht er über sein Team aus jungen Technikern und Wissenschaftlern, das seine Leidenschaft teilt und im Herbst 2012 bis zur körperlichen Erschöpfung an der Antares arbeitete, um sie fit für die Deutschland-Tour zu machen. HZwei reiste zum DLR nach Stuttgart und sprach mit den engagierten Entwicklern über die neue in der Antares installierte Brennstoffzellentechnik, über Motivation und über das große Ganze.

Die Gebäude des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) sehen groß und grau aus an diesem verregneten Herbsttag in Stuttgart. Es scheint fast so, als bildeten sie einen direkten Kontrast zu der neuen, sauberen Brennstoffzellentechnologie, die in ihrem Inneren entwickelt wird. In der vierten Etage des Instituts für Technische Thermodynamik erwartet mich das vierköpfige Team, das seit Anfang 2011 an der neuen Generation des Brennstoffzellensystems für die *Antares DLR-H2* arbeitet. Die Räumlichkeiten sind eher karg und unauffällig. Dafür sprühen die vier Wissenschaftler umso mehr vor jungendlichem Engagement (s. Abb. 1).

Dr. Josef Kallo leitet die Arbeiten rund um die Entwicklung des Brennstoffzellenleichtflugzeugs. Er koordinierte bereits die Planung und Konzeptionierung des ersten Versuchsträgers, präsentierte ihn im Jahr 2008 zusammen mit dem heutigen EU-Energiekommissar Günther Oettinger sowie dem Geschäftsführer der Flughafen Stuttgart GmbH Prof. Georg Fundel im Terminal 1 des Flughafengebäudes und erzielte mit dem Piloten Axel Lange von Lange Aviation 2009 den Höhenweltrekord.

Aus dem damaligen Prototyp ist mittlerweile eine komplett neues Flugzeug geworden, das zwar äußerlich immer noch so aussieht wie die erste Generation, im Inneren aber runderneuert wurde. Mit dem im April 2011 eingeleiteten Wechsel von der Hochtemperatur- zur Niedertemperatur-PEM-Brennstoffzelle ging ein Technologiewandel einher, so dass „dieses System Welten entfernt von dem vorherigen System ist", so Kallo.

Für die Entwicklung dieses neuen Antriebsystems holte sich der gelernte Elektrotechnik-Ingenieur zwei junge Techniker in seine Kernmannschaft: Thomas Stephan und Philipp Rathke. Der staatlich geprüfte Techniker der Luftfahrt und der Mechatronik-Ingenieur erlebten daraufhin in den vergangenen zwei Jahren am eigenen Leib die Höhen und Tiefen im Leben eines Entwicklungsingenieurs: Nach den Mühen der vorbereitenden Konzeptionierung und etlichen Hürden beim Aufbau des ersten Testsystems im Labor folgten für sie zwar einerseits wahre Glücksmomente (z.B. geglückter Start, Präsentationen), kurz darauf aber auch fast schon schicksalhafte Ernüchterungen bedingt durch kurzfristige Rückschläge und aufwendige Genehmigungsverfahren.

Gemeinsam mit dem kaufmännischen Institutsleiter Jörg Piskurek und Frieder Mayer, dem Organisationstalent im Team, hat die gesamte Antares-Mannschaft, zu der auch Oliver Thalau, Christoph Noack, Gerhard Schuller, Felix Mletzko und zeitweise Gert Hinsenkamp gehören, alle Unwägbarkeiten gemeistert und kann heute – trotz zwischenzeitlicher terminlicher Probleme – eine positive Bilanz ziehen: Alle wissenschaftlichen Ziele wurden erreicht, sogar „besser, als man sich das zuvor vorgestellt hat", wie Kallo bestätigte.

HZwei: Dr. Kallo, am 6. September 2012 sollte die Antares DLR-H2 von Hamburg aus zu einer Deutschland-Tour starten. Dieser Termin musste jedoch kurzfristig abgesagt werden, die HZwei berichtete darüber bereits im Oktober-Heft. Bitte erklären Sie kurz mit eigenen Worten, was dort passiert ist.

Kallo: Wir haben kurz vor dem Start in Hamburg einen technischen Defekt im Peripheriesystem der Brennstoffzellenanlage festgestellt. Da dieser Defekt am mittleren der drei Stacks aufgetreten war, mussten wir alles, was wir vorher in sechswöchiger Kleinarbeit zusammengebaut hatten, innerhalb von nur sieben Stunden demontieren. Anschließend haben wir alles in zwölfeinhalb Stunden wieder zusammengebaut, schalteten das System ein, und es lief. Wir hatten es also tatsächlich rechtzeitig geschafft. Allerdings schreiben die Luftfahrtbestimmungen vor, dass alle Einzelteile nach einer Demontage nochmals überprüft und die Verbindungsteile gewissenhaft versiegelt werden müssen. Dies gestaltete sich dann leider so zeitaufwendig, dass wir den geplanten Start dann doch schweren Herzens kurzfristig absagen mussten. Die Antares flog dann einen Tag später zunächst in Zweibrücken und im Anschluss problemlos ihre Deutschland-Tour und lieferte eine Vielzahl wertvoller Betriebsdaten. Was wir hier an Daten gesammelt haben, das gibt es kein zweites Mal.

HZwei: Haben Sie sich sehr über diesen holprigen Start geärgert?

Kallo: Natürlich, es tat einfach weh, weil wir wussten, dass das System funktioniert und die Antares im Grunde flugfähig ist. Aber als ich da bei den Flügen im Begleitflugzeug hinter der Antares herflog und mein Co-Pilot mir fortwährend die Kenndaten des Brennstoffzellensystems übermittelte, war ich so glücklich, dass der abgesagte Start in Hamburg schnell vergessen war.

HZwei: Und wie ist dann im zweiten Anlauf die Deutschland-Tour verlaufen?

Mayer: Wir sind mit zwei Begleitmaschinen von Zweibrücken über Hof zur ILA nach Berlin und zurück nach Stuttgart geflogen. Diese Flüge verliefen reibungslos. An den Zwischenstopps standen jeweils unser Maximator, unsere Betankungsvorrichtung, und Wasserstoffbündel bereit.

Stephan: Das war klasse, als dann auf der ILA auf einmal Wirtschaftminister Rösler am Stand vorbeigekommen ist. Und auch Verkehrsminister Ramsauer: Er blieb ganze 20 Minuten bei uns und ließ sich alles zeigen. Auch auf den anderen Flughäfen kamen kurz nach den Landungen immer viele Interessierte und fragten, was das denn für ein Flugzeug sei. Wenn man denen erzählt, dass es sich um ein Brennstoffzellenflugzeug handelt, sind die total begeistert. Das wird immer mehr, dass die Leute sich für diese Technik begeistern.

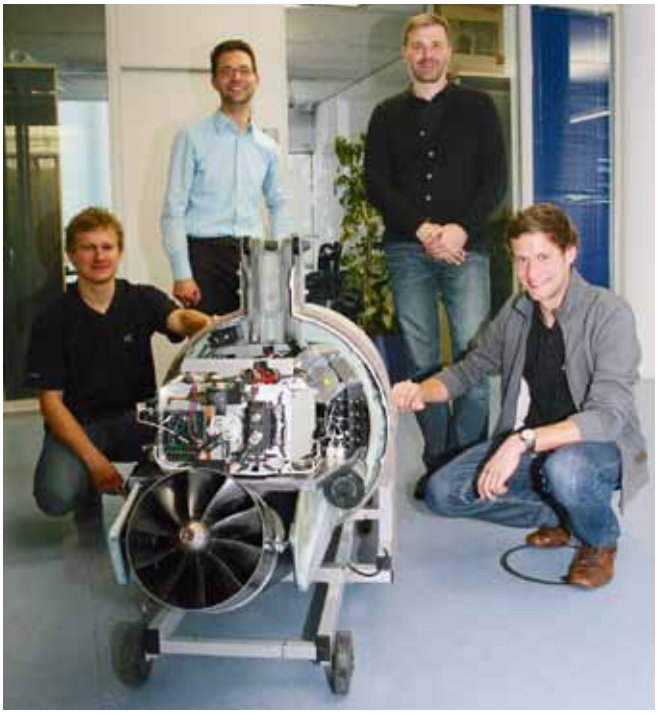


Abb. 1: Philipp Rathke, Frieder Mayer, Josef Kallo, Thomas Stephan (v.l.) mit ihrem Brennstoffzellen-Pod

Rathke: Ja, für unsere Arbeit bekommen wir viele positive Rückmeldungen.

HZwei: Ursprünglich war ja mal angedacht, 2012 einen Transatlantikflug mit diesem Leichtflugzeug zu machen. Was ist daraus geworden?

Mit dem aktuellen System haben wir gezeigt, dass die Technik auch für längere Strecken und Einsatzdauern funktioniert. In der momentanen Projektlage liegt der Fokus aber nicht auf solch einem Langstreckenflug. Jetzt muss Antares DLR-H2 fliegen, damit wir testen können. Fliegen ist kein Selbstzweck, wir werden ja für unsere wissenschaftliche Arbeit bezahlt. Trotzdem werden wir uns auch weiterhin für die Sichtbarkeit von Wasserstofftechnologie in der Öffentlichkeit einsetzen.

HZwei: Verstehe, dann erzählen Sie doch mal kurz, wie denn die Entwicklungsarbeiten für diese zweite Systemgeneration abliefen.

Stephan: Natürlich haben wir zunächst eine Bauraumanalyse gemacht, schließlich ist es schon wichtig, dass man alles vorher genau plant. Dann haben wir im Labor alle Komponenten in einem Teststand aufgebaut und mit dem originalen Antriebsstrang der Antares, der auf dem Dach unseres Instituts installiert ist, erprobt.

Mayer: Wir sind sehr gut vorbereitet in die Integration der Brennstoffzellen in das Flugzeug gegangen, weil Thomas und Philipp im Vorfeld viel eigenes Know-how mit eingebracht und hervorragende Arbeit geleistet haben. Da war auch unser Pilot Axel Lange sehr dankbar für.

HZwei: Geben Sie doch mal ein Beispiel für dieses spezielle Know-how.

Kallo: Bei uns funktioniert vieles mit Hochspannungstechnik. Dadurch sparen wir uns etliche DC/DC-Wandler. Das ist so ein bisschen das Konzept, das wir verfolgen: Das System so einfach wie möglich machen. So haben wir schon bei der Konstruktion mögliche Energieverluste minimiert. Das brachte dann hier mal 1 % und da 2 %. Durch konsequente Vereinfachung haben wir so im Labor einen Systemwirkungsgrad von 50 % erreicht. Allerdings mussten wir zum Teil auch lange nach einzelnen Komponenten suchen. Die Kollegen von Hydrogenics, die jetzt die NT-PEM-Stacks beisteuern, zeigten sich aber extrem kooperativ, mit uns gemeinsam zu entwickeln und eigene Ideen mit unseren zu kombinieren.

HZwei: Wo findet man denn die Zulieferer, die genau das Teil haben oder anfertigen können, das man gerade benötigt?

Stephan: Auf den Kühler bin ich beispielsweise bei einem Besuch des Daimler-Museums in Stuttgart gestoßen. Dort hatte ich mir eines Abends einen zerlegten Formel-1-Wagen angeschaut und einen Firmennamen auf einer Komponente gesehen. Bei dem Unternehmen habe ich dann angefragt, und die konnten uns genau das liefern, was wir gesucht haben.

HZwei: Die Systemintegration in die Pods des Flugzeugs ist jetzt also abgeschlossen. Was kommt jetzt?

Stephan: Jetzt geht es um die Wartung. Da haben wir die Vorgaben von den Behörden, die wir erfüllen müssen.

Kallo: Genau, und die wissenschaftliche Auswertung steht noch an. Natürlich geht es dann auch um Wirkungsgraderhöhung und Volumenminimierung. Generell geht es uns aber ganz klar darum zu zeigen: Brennstoffzelle im Flugzeug geht. Wir nutzen diese Technologie, um weitere Anwendungen damit zu bedienen. Dieses Know-how soll schließlich auch in die Entwicklungslinien von Airbus einfließen. Dafür entwickeln wir ein Powermodul, das dem gesamten Verkehrssektor bereitsteht.

HZwei: Im September 2012 präsentierten Sie bereits eine passende Anwendung für diese Technologie in einem zivilen Überwachungsflugzeug.

Kallo: Ja, das Antares-Projekt läuft noch bis 2014, und wir arbeiten jetzt schon an einer Teilhybridisierung: Die Brennstoffzelle für sehr effizientes Fliegen, Lithium-Ionen-Akkus für sehr hohe Leistungen, um damit die Spitzenlasten noch besser abdecken zu können. In solch ein System soll zusätzlich ein Kamerasystem integriert werden, damit man die Antares zur Überwachung von Großveranstaltungen und Verkehr einsetzen kann. Da arbeiten wir bereits jetzt mit dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz im Rahmen des *VABENE*-Projektes zusammen.

HZwei: Herr Kallo, solch eine zeitintensive und aufopferungsvolle Mitarbeit aller Personen innerhalb eines Teams ist ja nicht selbstverständlich. Wie motivieren Sie Ihre Leute?

Kallo: Das Projekt an sich hat so viel Motivationspotential, dass ich da gar nicht viel machen musste. Das Team hat sich von allein geformt, weil alle auf ein gemeinsames Ziel hinarbeiten. Da war keine Delegierung von Arbeit notwendig. Jeder hat selber agiert, jeder hat mitgedacht. Dahinter steckt der gemeinsame Wille, etwas zu erreichen, etwas zu bewegen, zu verändern. Der Antrieb ist, zu wissen, was noch nicht ganz optimal ist, was noch besser gemacht werden kann. Das motiviert unheimlich.

HZwei: Wie sehen Sie die weitere Entwicklung?

Kallo: Mit seinem Wissen eine kleine Veränderung zu erreichen, das ist es, was uns alle antreibt. Und mit der Antares DLR-H2 können wir zeigen, dass die Energiewende möglich ist.

Rathke: Ich denke, dass Brennstoffzellentechnologie einen großen Anteil an den Veränderungen im Bereich Mobilität haben wird, und da möchte ich gerne dazu beitragen.

HZwei: Meine Herren, herzlichen Dank, dass Sie uns gezeigt haben, wie begeisterungsfähig Wissenschaftler sein können.

Thema: Elektromobilität | **Autor:** Gerold Leppa

NIEDERSACHSEN PRESCHT VOR

Schaufenster-Serie: Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen-Wolfsburg

In der Metropolregion rund um die niedersächsischen Städte Hannover, Braunschweig, Göttingen und Wolfsburg arbeiten bereits heute Tag für Tag Menschen an der Mobilität der Zukunft und tragen so mit ihrem Wissen, ihren Fähigkeiten und ihrer Begeisterung dazu bei, die Chancen der Elektromobilität für Wachstum, Arbeitsplätze und Klimaschutz zu nutzen: Sie entwickeln moderne Elektrofahrzeuge, leistungsstarke Batterien oder optimieren Verkehrskonzepte und erforschen Lösungskonzepte für morgen. Rund 10.000 Studierende und zahlreiche Auszubildende im Bereich Mobilität belegen den Stellenwert dieser Metropolregion als Talentschmiede für die deutsche Mobilitätswirtschaft. Die Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen-Wolfsburg baut dabei nicht allein auf die bekannte Stärke im Bereich der Mobilitätswirtschaft, sie setzt auch einen Schwerpunkt auf die klimaneutrale Produktion des Fahrstroms – die zweite niedersächsische Stärke: die Erzeugung regenerativer Energie.

Wir haben uns mit dem *Schaufenster Elektromobilität* vorgenommen, bei der Einführung der Elektromobilität schneller zu sein als andere und neue Konzepte auszuprobieren. Gemeinsam mit unseren Partnern wollen wir Projekte entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Produktion bis zu Geschäftsmodellen, Infrastruktur und Verkehrskonzepten umsetzen. Das ist eine große und vor allem komplexe Herausforderung, zu der sich die Partner unter dem Dach der Metropolregion versammelt haben.

Als Schaufenster wollen wir diesen Weg konsequent weitergehen und das Tempo noch steigern. Und zwar im gesamten System Fahrzeug – Energie & Infrastruktur – Verkehr. Wer die Elektromobilität auf die Straße bringen will, muss diesen Dreiklang beherrschen, denn elektrisch betriebene Fahrzeuge tragen nur dann zum Klimaschutz bei, wenn der Strom aus regenerativen Energiequellen stammt. Erst intelligente Verkehrskonzepte erlauben es, die Möglichkeiten der Elektromobilität voll auszuschöpfen. Dabei ist jedes Glied der Kette unverzichtbar.

DIE ZIELE Wir haben uns für unser Schaufenster klare Ziele gesteckt. Bis zum Jahr 2015 werden:

- 85 Prozent der Bevölkerung der Metropolregion die Initiative kennen und Informationen zur Elektromobilität erhalten,
- rund 4,5 Millionen nationale und internationale Fachbesucher Elektromobilität „Made in Germany“ kennen lernen,
- mehr als 5.000 Elektrofahrzeuge im privaten und gewerblichen Einsatz sein,
- zehntausende Einwohner der Schaufensterregion ein Elektrofahrzeug gefahren haben oder darin mitgefahren sein,
- mindestens 20 Prozent der 2015 von Land und Kommunen neu beschafften Personenfahrzeuge Plug-In-Hybrid- und Elektrofahrzeuge sein,
- die bedarfsgerechte Ladeinfrastruktur in der Metropolregion eingerichtet und Konzepte zum weiteren Ausbau auf Basis der Erfahrungen erstellt und weiterverfolgt sein.

DIE PROJEKTE Mit 35 Projekten und rund 200 Partnern schafft die Metropolregion ein Schaufenster, das System und Wertschöpfungskette der Elektromobilität konsequent entwickelt. Im Folgenden werden einige Projektbeispiele vorgestellt, die den umfassenden Ansatz des Schaufensters verdeutlichen.

1. ANWENDUNGEN:

In der Metropolregion arbeiten hunderte Betriebe mit über 150.000 Beschäftigten an der Elektromobilität von morgen.

- In Wolfsburg ist einer der weltgrößten Automobilhersteller zu Hause: Volkswagen spielt eine Schlüsselrolle bei der Marktdurchdringung der Elektromobilität.
- Die Windwärts Energie GmbH errichtet zusätzliche Windkraftanlagen. Die Energie reicht aus, um den erwarteten Strombedarf aller 100.000 Elektrofahrzeuge bilanziell zu decken, die Prognosen zufolge bis 2016 in ganz Deutschland im Einsatz sein sollen.
- Auch das Volkswagen Carsharing-Angebot *Quicar* macht Elektromobilität im Alltag sichtbar – mit zahlreichen Elektrofahrzeugen in den Städten Hannover, Braunschweig und Wolfsburg.

2. FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG:

Die Metropolregion investiert in die Förderung der Elektromobilität. Wissenschaftler an Hochschulen und in Unternehmen steigern die Leistungsfähigkeit der Elektromobilität und befassen sich mit relevanten Kontextfaktoren.

- Das Niedersächsische Forschungszentrum Fahrzeugtechnik und die Landesinitiative Brennstoffzelle und Elektromobi-

[Fotos: Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen-Wolfsburg]

lität verzahnen zentrale Akteure der Batterieforschung.
- Johnson Controls entwickelt in Hannover Lithium-Ionen-Energiespeicher.
- Die Begleitforschung führt Untersuchungen zu den gesellschaftlichen Implikationen von Elektromobilität durch.

3. LEHRE, AUS- UND WEITERBILDUNG:

Mit einer ganzheitlichen Strategie verankert die Metropolregion das Thema Elektromobilität in allen Bildungsbereichen und stellt so die Kompetenz der Fachkräfte sicher.
- Die Schulklassen 1 bis 11 behandeln das Thema Elektromobilität im Rahmen von Projektwochen.
- Die „Qualifizierungsoffensive Elektromobilität" bildet Lehrkräfte an allgemeinbildenden Schulen, Berufsschulen und überbetrieblichen Ausbildungsstätten weiter.
- Vier Hochschulen entwickeln ein modularisiertes und praxisorientiertes Studienangebot für beruflich und akademisch Qualifizierte.

4. ENGAGEMENT DER POLITIK:

Elektromobilität findet in der Metropolregion auch auf Seiten der Politik große Unterstützung. Das Land Niedersachsen und die Städte und Landkreise in der Metropolregion bieten eine breite Palette zur Förderung der Elektromobilität. Für die Fuhrparks werden E-Fahrzeuge beschafft, und die Infrastruktur wird für die steigende Zahl von Elektrofahrzeugen ausgelegt und harmonisiert. E-Fahrzeuge parken künftig kostenfrei in unseren Städten. Land und Kommunen leisten einen signifikanten Anteil am Schaufensterprojektvolumen in Höhe von 120 Mio. Euro.

FAKTEN ZUR METROPOLREGION

Die Metropolregion ist Spitze in zukunftsfähiger Mobilität, erneuerbarer Energie und regionaler Kooperation:
- Eine von elf offiziell anerkannten „Metropolregionen von europäischer Bedeutung in Deutschland" mit gut vier Millionen Einwohnern auf einer Fläche von rund 19.000 km²
- Der Mix aus urbanen, suburbanen und ländlichen Regionen ist repräsentativ für die mitteleuropäische Gebietskulisse
- Metropolfunktion aufgrund wirtschaftlicher Stärke, Forschungsintensität und günstiger Lage an bedeutenden europäischen Verkehrsachsen
- Eine der weltweit leistungsstärksten Regionen der Mobilitätswirtschaft in Produktion, Forschung und Entwicklung
- Internationaler Spitzenstandort für Messen und Kongresse
- Standort des größten europäischen Automobilherstellers und wichtiger internationaler Zulieferer und Dienstleister im Automobilsektor mit hoher Technologiekompetenz im Bereich Elektromobilität
- Beispielhaft ausgebautes öffentliches Verkehrssystem mit ambitionierten regionalen Verkehrskonzepten
- Starker Besatz und hohes Ausbautempo beim regenerativen Kraftwerkspark
- Standort wichtiger Forschungseinrichtungen im Energiesektor
- Erste Metropolregion mit dem Ziel 100 % erneuerbare Energien bis 2050
- Vorbildliche Vernetzung von Wirtschaft, Wissenschaft, Kommunen und Land Niedersachsen in der Metropolregion
- Erfolgreiche Plattform für innovative Projekte in den Bereichen Mobilität, Energie, Stadt-Land-Kooperation und europäische Zusammenarbeit

5. KOMMUNIKATION:

Unter der Leitidee „Unsere Pferdestärken werden elektrisch" trägt ein einheitliches Kommunikationskonzept die Botschaften des Schaufensters in das Bewusstsein der Öffentlichkeit.
- Interaktive Exponate veranschaulichen in Showzentren die gesamte Wertschöpfungskette der Elektromobilität. In der Autostadt in Wolfsburg informieren sich jährlich über 2 Mio. Menschen über das Thema Elektromobilität und Nachhaltigkeit.
- In Hannover wirbt eine große Hybridbusflotte für das Schaufenster. E-Leihwagen, Pedelecs und ein Netz von Ladesäulen machen die Innenstadt zu einem E-Quartier.
- Die Deutsche Messe AG macht Hannover zum Technologieschaufenster der Welt und eröffnet zahlreiche Möglichkeiten, die Leitanbieterschaft Deutschlands international herauszustellen.

ÜBER DEN TAG HINAUS Elektromobilität hat in der Metropolregion Zukunft: Fahrzeuge, Ladeinfrastruktur, Anreizsysteme, wissenschaftliche Erkenntnisse sowie Dienstleistungs- und Informationsportale stehen über die Projektlaufzeit hinaus zur Verfügung. Regionale und überregionale Kooperationen und Netzwerke wirken nachhaltig.

→ www.metropolregion.de

Kontakt:
Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen-Wolfsburg GmbH, Hannover
Geschäftsführer Gerold Leppa
→ Gerold.Leppa@metropolregion.de

Thema: Elektromobilität | **Autorin:** Kathrin Dudenhöffer

LÄRMEMISSIONEN VON ELEKTROAUTOS

Experimente zur Geräuschwahrnehmung

Diese Kritik wird seit längerem vorgebracht: Elektroautos seien zu leise und damit eine potentielle Gefahr für Fußgänger, Radfahrer und Handicap-Gruppen wie Blinde oder Senioren. Mittlerweile geht die Angst vor den lautlosen Autos sogar so weit, dass Toyota sein Prius-Modell in Japan im Elektromodus mit einem künstlichen Geräusch ausstattet. Auch in der EU denken die Gesetzgeber darüber nach, künstliche Geräusche für die lautlosen Elektroautos einzuführen. Einer der Vorzüge des Elektroautos würde damit „wegreguliert".

Um zu testen, welche tatsächlichen Gefahren von den lautlosen Elektroautos ausgehen, wurde am Center Automotive Research (CAR) der Universität Duisburg-Essen intensiv geforscht. Die Forschungsarbeiten waren Bestandteil des Großprojekts *CologneE-mobil,* an dem neben dem Autobauer Ford die Universität Duisburg-Essen mit 15 Lehrstühlen beteiligt war. Ziel dieses 15-Mio.-Euro-Projekts, das vom Bundesverkehrsministerium gefördert wurde, war, die Anwendungsbedingungen von Elektroautos im Straßenverkehr zu erforschen.

ELEKTROAUTOS ALS GEFAHR? In drei Versuchsreihen wurden am CAR Akustik- und Fahrzeugwahrnehmungstests mit insgesamt 240 Teilnehmern durchgeführt. Die Altersspanne der Teilnehmer reichte von fünf bis 95 Jahre und spiegelt damit sehr gut das Fußgänger- und Radfahrerverhalten im städtischen Verkehr wider. 14 % der Teilnehmer waren schwerhörig, 20 % – also 35 Personen – waren sehbehindert oder blind. Dies ist deshalb bedeutsam, da Sehbehinderte und Blinde im Verkehr extrem auf Geräuschwahrnehmungen angewiesen sind. 51 % der Teilnehmer besitzen einen Führerschein und können damit Fahrsituationen sehr gut beurteilen.

Die Testpersonen mussten Fahrzeuggeräusche in der Vorbeifahrt in verkehrsberuhigten Wohngebieten bei einer Geschwindigkeit von 30 km/h einschätzen und subjektiv das erlebte Gefährdungspotential beurteilen. Das Geschwindigkeitsband um 30 km/h ist besonders wichtig, da bei höheren Geschwindigkeiten die Reifenabrollgeräusche stärker in den Vordergrund treten und sich damit Elektroautos und verbrennungsmotorgetriebene Fahrzeuge in ihrem Geräuschverhalten zusehends ähnlicher werden. Dies stellten unter anderem eine amerikanische und eine japanische Studie, die die Geräusche von Hybridfahrzeugen in Laborexperimenten untersuchten (NHTSA 2010, JASIC 2009), fest.

OBJEKTIV: GERINGE UNTERSCHIEDE Die Akustikmessungen fanden auf der Außengeräuschmessstrecke der Ford-Werke in Köln-Merkenich statt. Dabei wurden konstante Vorbeifahrten, Rollgeräusche und Vollgasfahrten gemessen. In den drei Testreihen kamen elf verschiedene Fahrzeuge zum Einsatz: Die Elektroautos (BEV) *Stromos* (German-E-Cars), *Mega E-City, Smart Fortwo electric drive, Peugeot Partner, Ford Transit* sowie die konventionellen Fahrzeuge *Opel Agila, Ford Fiesta, Smart Fortwo Benzin, Smart Fortwo Diesel, Ford Transit Diesel* und *Peugeot Partner Benzin.*

Fahrzeug	Testbedingung: konstante Vorbeifahrt	Pegel in dB(A)
German-E-Cars Stromos BEV	30 km/h	57
Mega E-City BEV	30 km/h	57,5
Smart Fortwo BEV	30 km/h	58
Opel Agila Benzin	30 km/h (2. Gang)	59
Peugeot Partner BEV	40 km/h	60
Ford Fiesta Benzin	30 km/h (2. Gang)	60,5
Smart Fortwo Benzin	30 km/h (2. Gang)	61,5
Smart Fortwo Diesel	30 km/h (2. Gang)	62,5
Ford Transit BEV	40 km/h	65
Ford Transit Diesel	40 km/h (3. Gang)	65
Peugeot Partner Benzin	40 km/h (2. Gang)	65

Abb. 1: Vergleich der Geräuschpegel verschiedener Fahrzeuge

Abbildung 1 zeigt, dass es bei den gemessenen Geschwindigkeiten keine großen Abweichungen im Lärmpegel zwischen Benzinern und Elektrofahrzeugen gibt. Den geringsten Lärmpegel der Benziner zeigte der Opel Agila, der kaum wahrnehmbare Abweichungen von 2,5 dB(A) zum vergleichbaren Elektroauto Stromos aufweist. Bei Smart BEV und Diesel sind diese Differenzen mit 4,5 dB(A) größer, was einer überproportionalen Zunahme entspricht und auch subjektiv deutlich wahrnehmbar ist. Da bei aktuellen Luxuslimousinen die geringen Werte des Opel Agila sogar zum Teil noch unterschritten werden, kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass bei konstanter Geschwindigkeit im Stadtbereich kein Wahrnehmbarkeitsunterschied zwischen modernen Benzinfahrzeugen und Elektroautos besteht. Sind die Straßen nass, ist die Übereinstimmung noch größer, da bei Nässe auch bei sehr niedrigen Geschwindigkeiten das Reifenabrollgeräusch stärker zum Tragen kommt.

Deutliche Unterschiede zwischen Elektroauto und Benziner treten hingegen im Lärmpegel bei Vollgasfahrten und sehr hochtourigem Fahren auf. Bei derartigem Fahrverhalten überwiegen die Geräusche der Benziner merklich. Vollgasfahrten und extremes hochtouriges Fahren sind im Stadtverkehr in Wohngebieten jedoch nur selten zu beobachten.

Diese objektiven Messungen zeigen, dass es keine optimale Lösung ist, Elektrofahrzeuge mit künstlichen Geräuschen auszustatten, aber moderne Benziner nicht. Konsequenterweise müssten alle leisen Fahrzeuge, unabhängig von der Antriebsart, mit künstlich erzeugten Sounds verändert werden. Die bisherigen Beobachtungen im Straßenverkehr haben aber kein signifikant gestiegenes Unfallverhalten bei modernen Benzinern gezeigt. Damit kann geschlussfolgert werden, dass es falsch wäre, die Vor-

Abb. 2: Befragung der Teilnehmer

züge der Elektroautos – das geräuschlosere Fahren – künstlich zu zerstören.

SUBJEKTIV: KEIN UNTERSCHIED Neben den objektiven Messdaten wurden im Experiment zudem subjektive Wahrnehmungen untersucht. Dies ist auch deshalb bedeutsam, weil etwa Blinde nur durch das Wort „Elektroauto“ schon ein deutlich höheres Gefahrenpotential vermuten als durch das Wort „Auto mit Verbrennungsmotor“. Sind dies nur subjektive Einschätzungen, oder erleben Blinde Elektrofahrzeuge tatsächlich als bedrohlicher?

Die Datenerhebung erfolgte über Fragebögen in einem experimentellen Design. Die Teilnehmer bewerteten dabei vom Straßenrand aus die Vorbeifahrten der verschiedenen Fahrzeuge in einem Wohngebiet. Im Anschluss an jede Vorbeifahrt wurde ein Fragebogen ausgefüllt. Die Bewertung der Fahrzeuggeräusche wurde über ein semantisches Differential gemessen. Für Fahrzeuge, die ein ähnliches Geräuschverhalten zeigen, ergeben sich darin Geräuschwahrnehmungsprofile wie in Abbildung 3 dargestellt. Das Polaritätsprofil zeigt deutlich, dass die Testpersonen (einschließlich der Blinden) keinen Unterschied in der subjektiven Wahrnehmung zwischen Elektroauto und modernem Benziner erkannten. In den abgefragten Kriterien „leise, schwach, leichtgängig, dumpf, gewöhnlich, gedämpft, weich, tief“ stimmen das Elektroauto Stromos und der Opel Agila fast deckungsgleich überein.

Die erwarteten Unterschiede zwischen Verbrenner und Elektroauto zeigten sich nur bei den Fahrzeugpaaren von Smart und Peugeot. Hier wurden die Elektrovarianten signifikant leiser und einzigartiger wahrgenommen als ihre Zwillinge. In einer offenen Bewertung fielen Begriffe wie „surrend“ und „pfeifend“ für die Elektroautos.

Zwischen bestimmten Benzinern und Elektroautos liegt auch subjektiv kein Unterschied in der Geräuschwahrnehmung vor. Die Versuchsreihe zeigt also auch hier, dass sich die Gefahrenpotentiale von modernen Benzinern und Elektrofahrzeugen, die durch geringe Geräusche auftreten können, nicht unterscheiden. Das Elektroauto ist in Bezug auf Geräuschwahrnehmung genauso sicher beziehungsweise unsicher wie der moderne Benziner.

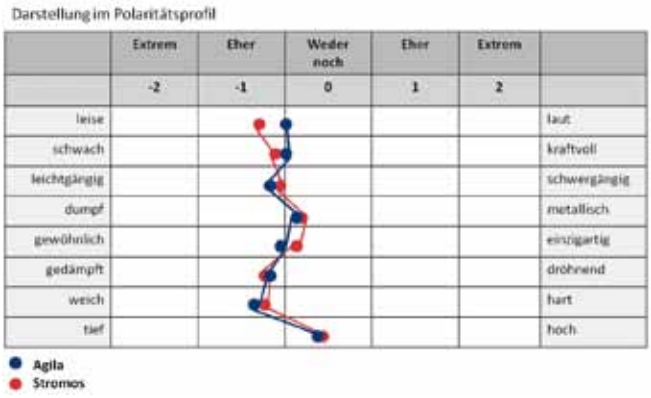


Abb. 3: Direkter Vergleich zwischen Agila und Stromos [Quellen: Center Automotive Research]

FAHRZEUGE IM STAND: ELEKTROAUTO NICHT HÖRBAR Wenn die Fahrzeuge stehen und der Motor läuft, sind selbstverständlich unterschiedliche Wahrnehmungen von Elektroautos und verbrennungsmotorischen Fahrzeugen gegeben. Dann ist das Elektroauto anhand seiner Geräusche nicht wahrnehmbar, weil es eben auch keine gibt. Für Blinde ist hingegen das stehende Fahrzeug mit laufendem Verbrennungsmotor sehr gut wahrnehmbar. Aus diesem Unterschied heraus leiten Blinde ein hohes Gefahrenpotential von Elektroautos ab.

Der Trend bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren läuft derzeit deutlich in Richtung Start-Stopp-Systeme. Start-Stopp-Systeme erlauben im Stadtverkehr Kraftstoffeinsparungen zwischen fünf und 15 %. Das ist erheblich und erlaubt den Autobauern, auch die CO_2-Vorgaben der EU für das Jahr 2012 (im Durchschnitt 130 Gramm CO_2/km für Neuwagen) zu erfüllen. Bis zum Jahr 2015 werden nach Schätzungen über 80 % der Neuwagen, die in der EU verkauft werden, mit Start-Stopp ausgestattet sein. Damit können Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren im Stand nicht mehr durch Geräusche wahrgenommen werden. Auch in diesem Punkte hat also das Elektroauto kein höheres Gefahrenpotential als der mit Verbrennungsmotor angetriebene Wagen.

WEISS WIRKT LEISER
Unsere Studie hat einen weiteren interessanten Zusammenhang zwischen Fahrzeugfarbe und Geräuschwahrnehmung zum Vorschein gebracht: Fahrzeuge, die in kräftigeren Farben auftreten, etwa in einem leuchtenden Rot oder Grün, werden in ihren Geräuschen deutlich wahrnehmbarer eingestuft als solche in „blassen“ und unscheinbaren Farben. Das Fahrzeug in Weiß wirkt leiser, obwohl es objektiv nicht leiser ist. Vielleicht lieben Sportwagenfahrer auch deshalb eher das „Ferrari-Rot“.

SCHLUSSFOLGERUNG Um Fahrzeuge für sehende Menschen sicherer zu machen, könnte mit Farben mehr erreicht werden als mit künstlichen Geräuschen nur für Elektroautos. Die Experimente haben gezeigt, dass es falsch wäre, das Elektroauto künstlich lauter zu machen. Allenfalls müssten alle leisen Fahrzeuge fokussiert werden. Für Handicap-Gruppen wie Blinde, die eben rot oder grün nicht sehen können, sollten intelligente Assistenten entwickeln werden. Ein elektronisches Warnsystem könnte Blinde warnen und zugleich dem Autofahrer signalisieren, dass Blinde in der Nähe sind. ||

Literatur:
- Japanese Automobile Standards Internationalization Centre, JASIC (2009), "A Study on Approach Warning Systems for Hybrid Vehicle in Motor Mode," presented at the 49th World Forum for Harmonization of Vehicle Regulation (WP.29) GRB Working Group on Noise, February 16-18, Document Number: GRB-49-10.
- National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA (2010), "Quieter Cars und the Safety of Blind Pedestrians," Department of Transportation, Washington, DC.

Autorin:

Kathrin Dudenhöffer, M.A.
→ kathrin.dudenhoeffer@uni-due.de
CAR-Center Automotive Research, Universität Duisburg-Essen

Thema: Elektromobilität | **Autoren:** Lutz Fleck, Rüdiger Schwitalla |

INNOVATION AUS SACHSEN

Entwicklung eines Brennstoffzellen-TRIKES

In der aktuellen klimapolitischen Diskussion nimmt der Verkehrsbereich eine zentrale Stellung ein. Dabei kristallisiert sich heraus, dass elektrische Antriebe als grundlegendes Transportprinzip der Zukunft mehr und mehr an Bedeutung gewinnen werden. Ein Beispiel dafür, wie sich Klein- und mittelständische Unternehmen diesem Technologiewandel stellen, bildet die Kooperationsgemeinschaft aus der FAE Elektrotechnik GmbH & Co KG, der TMV Anlagenbau GmbH, der Unterberg Electronic GmbH sowie der Fiedler mobil GmbH. Gemeinsam haben sie in den vergangenen Jahren das „sächsische Brennstoffzellen-TRIKE" entwickelt.

Während im Fokus der öffentlichen Aufmerksamkeit vor allem elektrische Antriebskonzepte für das klassische Automobil stehen, ist bereits im Segment elektrischer Kleinmobile (inkl. Zweiräder) die beginnende Kommerzialisierung zu beobachten mit Produkten, die zu wettbewerbsfähigen, subventionsfreien, vom Markt akzeptierten Preisen angeboten werden.

KMUS ENTWICKELN H_2-KLEINMOBIL Diese Entwicklung haben die vier Klein- und mittelständischen Unternehmen aus Sachsen aufgegriffen und mit eigenen innovativen Fahrzeugkonzepten im Kleinleistungsbereich umgesetzt. Ihr Grundgedanke war, technologische Basisinnovationen, die inzwischen Alltagstauglichkeit erreicht haben, für die Entwicklung marktfähiger Lösungen zu nutzen. Zu diesen marktnahen Basisinnovationen gehört inzwischen die Brennstoffzellentechnologie, die (in Verbindung mit regenerativ erzeugtem Wasserstoff) eine effiziente und saubere Energiewandlungstechnologie darstellt.

Mittlerweile haben die Kooperationspartner gemeinsam mit weiteren Unternehmen und mit finanzieller Unterstützung aus der Mittelstandsförderung der Bundesregierung die Entwicklung sowie den Aufbau ihres ersten Prototyps abgeschlossen. Es handelt sich um ein dreirädriges Kleinmobil mit H_2-Brennstoffzellenantrieb.

Mit der Fertigstellung des funktionstüchtigen Prototyps wurde ein erster, wichtiger Meilenstein erreicht. Jetzt wird das Projekt unter dem Namen „Sächsisches Brennstoffzellen-TRIKE" weitergeführt. Dabei bilden Erfahrungen aus dem Prototypenbetrieb und zwischenzeitlich erreichte technologische Fortschritte an einzelnen Komponenten die Basis für erste Weiterentwicklungsmaßnahmen. Als nächstes geht es um die Erprobung und Fertigung einer begrenzten Anzahl von Vorserienfahrzeugen (Kleinserie/Nullserie), um damit den Weg zu einem kommerziellen Produkt vorzubereiten. All dies erfolgt unter den besonderen Voraussetzungen eher kleiner, originär sächsischer Unternehmen, die nur über begrenzte Ressourcen verfügen. Ihr erklärtes Ziel (und auch unternehmerisches Erfordernis) ist daher eine zügige Weiterentwicklung zu einem marktfähigen Produkt, das mit dem Verkauf positive Erlöse zum Betriebsergebnis beisteuert.

Ein Haupteinsatzgebiet dieses Brennstoffzellen-TRIKES sollen touristische Anwendungen sein. Eine im Fahrzeugkonzept grundsätzlich angelegte mögliche multifunktionale Auslegung des Fahrzeugs macht das TRIKE für Kur- und Erholungsorte beziehungsweise Freizeitanlagen (Golfplätze) interessant oder auch für die Kleinlogistik in Ballungsräumen. Darüber hinaus eignet es sich in besonderer Weise für die Nutzung in Lehr- und Ausbildungseinrichtungen. Ein großer Vorzug besteht darin, mit dem Sächsischen Brennstoffzellen-TRIKE den Wasserstoff-Brennstoffzellenantrieb in einem marktnahen, alltagstauglichen Fahrzeug praktisch demonstrieren zu können. Gerade für die Steigerung der Akzeptanz einer neuen Technologie ist die Zusammenarbeit mit Lehr- und Ausbildungseinrichtungen ein wichtiger Aspekt.

Um den Anwendungspartnern der Nullserie ein überzeugendes Angebot machen zu können, und auch zur Erleichterung der späteren Markteinführung konzentrierten sich die Entwicklungsarbeiten von Beginn an konsequent auf ein Komplettsystem bestehend aus Fahrzeug und Betankungsinfrastruktur. So steht für die Befüllung der im Fahrzeug verwendeten Metallhydridspeicher zugleich auch ein Prototyp einer Betankungsstation zur Verfügung. Für die Weiterentwicklung des TRIKES wird zur Erhöhung der Reichweite an die Verwendung von 350/700bar-Wasserstofftanks gedacht. Auch dafür hat die TMV Anlagenbau GmbH einen Prototyp entwickelt. Bei dieser Tankstation kann der Wasserstoff unter Verwendung regenerativen Stroms mittels Elektrolyse vor Ort hergestellt werden.

Aus Sicht der projektbeteiligten KMU ist das Projekt bereits heute ein Erfolg: Den eher kleinen Unternehmen wurde es so möglich, im Bereich der Schlüsseltechnologien Wasserstoffspeicherung und Brennstoffzellenanwendung in einem Fahrzeug erstes praktisches Know-how aufzubauen. ||

Abb. 1: TRIKE-Prototyp [Quelle: FAE Elektrotechnik GmbH & Co KG]

Autoren:

Dipl.-Ing. Lutz Fleck
FAE Elektrotechnik GmbH & Co KG

Dr.-Ing. Rüdiger Schwitalla
GF TMV Anlagenbau GmbH

ERFOLGREICHE H_2-EUROPA-TOUR

Öffentliche H_2-Station am Honda-Werk in Swindon, Großbritannien [Quelle: H2moves Scandinavia]

Am 10. Oktober 2012 haben sieben wasserstoffbetriebene Brennstoffzellenautos die *European Hydrogen Road Tour* gemeistert. Als Meilenstein und Beweis der Serienreife feierten die vier beteiligten Automobilkonzerne diesen gelungenen Trip mit Start am 13. September in Hamburg zu Solvay nach Hannover sowie weiter gen Süden zur *Klimamobility* nach Bozen. Dann ging es mit Stopp bei der *Pariser Motor Show* nach Bristol sowie London und hoch nach Kopenhagen, wo die Abschlussveranstaltung stattfand. Da die Wasserstoffinfrastruktur immer noch lückenhaft ist, stellte H2 Logic Dänemark mobile Tankstationen an einigen Zwischenstopps bereit. Knapp einen Monat waren die Fahrzeuge von Daimler *(F-Cell)*, Honda *(FCX Clarity)*, Hyundai *(ix35 FCEV)* und Toyota *(FCV-adv)* unterwegs. Während dieser Tour machte der Tross Halt in neun europäischen Städten. Das erklärte Ziel dieser Aktion, das Bewusstsein für Brennstoffzellenfahrzeuge bei Politikern, Branchenführern, Pressevertretern und der Öffentlichkeit zu erhöhen, wurde erreicht. Die European Hydrogen Road Tour ist Teil des Projekts *H2moves Scandinavia* und das erste vom *European Fuel Cells and Joint Undertaking Programme* geförderte H_2-Leuchtturmprojekt. Michel Gardel, Vice-President von Toyota Motor Europa, erklärte dazu: „Für unser Unternehmen und unsere Partner ist die European Hydrogen Road Tour eine große Chance zu zeigen, dass die Technologie reif für den europäischen Markt ist.“ Thomas Brachmann von Honda R&D Europa (Deutschland) GmbH, ergänzte: „Honda glaubt, dass Elektrofahrzeuge mit Brennstoffzelle die ultimative Mobilitätslösung sind.“ ||

AUTOGIPFEL MIT KANZLERIN

Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel hat sich am 1. Oktober 2012 mit Vertretern der Autokonzerne in Berlin getroffen, um über die Weiterführung der deutschen Elektromobilitätsstrategie zu diskutieren. Wie es scheint, will die amtierende Regierungskoalition mindestens bis zu den diesjährigen Bundestagswahlen an ihrem selbst gesteckten Ziel von 1 Mio. Elektrofahrzeugen bis 2020 festhalten. Merkel sagte: „Es wäre falsch, das Ziel aufzugeben, weil vor uns noch acht Jahre Arbeit liegen.“ Kaufprämien lehnt die Kanzlerin derzeit ebenso ab wie Bundesverkehrsminister Dr. Peter Ramsauer sowie Bundeswirtschaftsminister Philipp Rösler. Demgegenüber geht die Automobilindustrie derzeit nicht davon aus, dass die derzeitige Förderung ausreicht. Sie rechnet bis 2020 mit 600.000 E-Fahrzeugen, sollten zwischenzeitlich keine geeigneten Verkaufsanreize geschaffen werden. Merkel ließ allerdings gemäß dem Nachrichtenblatt *Spiegel* durchblicken, dass über das Ob und Wann von Anreizen entschieden würde, „wenn es so weit ist“. Ramsauer wiederholte indessen gegenüber der Bild-Zeitung: „Mit mir wird es in Deutschland solche Kaufprämien nicht geben.“ Prof. Dr. Werner Tillmetz, Vorstand des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), äußerte sich gegenüber *Energie&Technik* sehr viel zuversichtlicher: „Um ehrlich zu sein, ich hatte befürchtet, dass der Hype viel schneller abflachen würde und wir nicht genügend Zeit hätten, um entsprechend nachhaltige Lösungsansätze anzuschieben. Heute sind wir in Deutschland gut unterwegs, um die vereinbarten Ziel zu erreichen.“ ||

SHAI AGASSI VERLÄSST BETTER PLACE

Shai Agassi in seiner besten Zeit während der IAA 2009

Das israelische Batteriewechselunternehmen Better Place durchläuft derzeit dramatische Zeiten: Anfang Oktober 2012 hat der Gründer Shai Agassi zunächst seinen Posten als Geschäftsführer aufgegeben und dann eine Woche später auch seinen Sitz im Aufsichtsrat geräumt. Neuer Geschäftsführer ist der 48-jährige Evan Thornley, ehemaliger Chef der Australienabteilung. Der Jurist und Wirtschaftswissenschaftler war zuvor unter anderem bei McKinsey tätig.

Beobachter bewerten das Ausscheiden von Agassi als Indiz für maßgebliche Schwierigkeiten bei der Realisierung des Firmenkonzeptes. Wie die israelische Zeitung Haaretz meldete, hatten sich bei dem Start-up seit Anfang 2010 rund 477 Mio. US-Dollar an Verlusten angesammelt. Die verbleibenden Cash-Reserven in Höhe von 181 Mio. US-$ reichten noch für knapp über ein Jahr, hieß es. Better Place verkaufte zudem deutlich weniger Autos als erwartet, seit Verkaufsbeginn 2012 waren es lediglich 350 Exemplare. Im Rahmen notwendiger Umstrukturierungsmaßnahmen entließ Evan Thornley deswegen Ende des Jahres rund 140 Mitarbeiter. Weitere Entlassungen des ursprünglich 400 Personen umfassenden Teams werden erwartet.

Mitte November beendete auch der Vizegeschäftsführer Moshe Kaplinsky seine Arbeit für Better Place, ebenso wie weitere Senior Manager. Wie die Haaretz berichtete, seien Unstimmigkeiten mit dem Gönner des Unternehmens, Idan Ofer, Grund für den Fortgang des seit 2008 bei Better Place beschäftigten Kaplinsky. Seinen Posten übernimmt der vorherige kaufmännische Geschäftsführer Alan Gelman. ||

MAINZ OHNE BRENNSTOFFZELLE

Drei *Hydrogen4* in Berlin – bald ein Bild vergangener Tage?

General Motors setzt seine Umstrukturierungsmaßnahmen fort: Mitte Oktober 2012 gab das deutsche Tochterunternehmen Opel bekannt, dass die Entwicklung von Brennstoffzellenfahrzeugen aus Mainz-Kastel abgezogen wird. Ein Unternehmenssprecher sagte gegenüber der Financial Times Deutschland: „Die betroffenen 200 Mitarbeiter werden andere Aufgaben in der Fahrzeugentwicklung übernehmen." Weiter hieß es, rund 40 Mitarbeiter würden weiter am Standort für die Batterieentwicklung beschäftigt werden. Auf Nachfrage der HZwei-Redaktion nach Gründen für diesen Schritt erklärte Opel-Sprecher Andrew Marshall: „Die Entscheidung wurde getroffen, weil General Motors die Brennstoffzellenaktivitäten in seinem globalen Headquarter für die Entwicklung von Antriebssystemen konsolidieren will. GM entwickelt nach wie vor in Richtung Batterie, Reichweitenverlängerung und Brennstoffzelle sowie Optimierung von Verbrennungsmotoren." Weiterhin sagte er: „Weder Arbeit noch Arbeitsstellen werden in die USA verlagert, aber Opel wird die *HydroGen4*-Flotte hier in Deutschland weiterhin betreiben."

Wenige Tage zuvor, am 5. Oktober, hatte GM bereits verkündet, das US-amerikanische Brennstoffzellenzentrum von Honeoye Falls, New York, nach Michigan zu verlegen. Dies bedeutet den Umzug der 220 Fachkräfte in einen anderen Bundesstaat, „um Doppelungen zu vermeiden", wie es hieß. Die Vize-Präsidentin Mary Barra erklärte dazu: „Ein Hauptaugenmerk für GMs Elektrifizierungsstrategie wird auf dem Stecker liegen." Damit bewegt sich der US-Konzern bewusst von der Brennstoffzellentechnologie fort und baut vornehmlich auf Plug-in-Lösungen. ||

STEUERBEFREIUNG FÜR E-AUTOS

Am 23. November 2012 hat der Bundesrat dem Gesetzesbeschluss des Deutschen Bundestages zur Verlängerung der Steuerbefreiung von Elektrofahrzeugen zugestimmt. Damit gilt nun, dass Elektroautos statt derzeit fünf fortan zehn Jahre steuerfrei unterwegs sind. Außerdem forderte der Bundesrat die Bundesregierung auf, alle Fahrzeuge mit einem Ausstoß von weniger als 50 g CO_2/km von der Kfz-Steuer zu befreien. Das Bundesverkehrsministerium hat dementsprechend in Aussicht gestellt, diese Vorgabe im Rahmen des Verkehrsteueränderungsgesetzes durchzusetzen. ||

HYUNDAI STARTET ix35-FCEV-PRODUKTION

Während westliche Automobilkonzerne derzeit etwas zögerlich mit der Brennstoffzelle umgehen, machen die asiatischen Konkurrenten zunehmend Druck: Im Herbst 2012 verkündeten Toyota, Honda, Hyundai und Nissan den Start einer Zusammenarbeit speziell für diese Antriebstechnologie. Dafür unterzeichneten sie ein Memorandum of Understanding (MoU), in dem es sowohl um die Serienreife von BZ-Autos als auch die dafür benötigte H_2-Infrastruktur geht. Als Testmarkt einigten sich die vier auf Dänemark, Island, Norwegen und Schweden, wo sie ohnehin bereits seit 2006 in der *Scandinavian Hydrogen Highway Partnership* (SHHP) zusammenarbeiten. Soichiro Okudairo von Toyota erklärte: „Die nordeuropäischen Länder sind bereits heute in Sachen fortschrittlicher ‚grüner' Wasserkraft- oder Windenergie weltweit führend."

Auf dem Automobilsalon in Paris (s. Foto) hatte Hyundai bereits verkündet, ab dem Frühjahr 2013 in Skandinavien erproben zu wollen. Dafür wurde ein Kontrakt mit Skåne Regional Council, dem südlichsten Bezirk Schwedens, unterzeichnet, in dem sich die Partner verständigten, dass dort zwei Brennstoffzellenautos der Südkoreaner getestet werden. 15 weitere Exemplare sollen in Kopenhagen fahren. Weiterhin hieß es vom Automobilsalon, dass noch im Dezember 2012 mit der Produktion des *ix35 FCEV* in Ulsan, Südkorea, begonnen werde. Anfänglich soll eine Kleinserie gebaut werden, bis dann 2015 die Produktionszahlen insgesamt 1.000 Fahrzeuge erreicht haben sollen. Der Preis dafür soll bei 44.000 US-$ liegen. Lim Tae-won, Leiter der Brennstoffzellenentwicklung, sagte der Nachrichtenagentur Reuters: „Wir gehen davon aus, dass der Preis für Brennstoffzellenfahrzeuge 2020 bis 2025 dem von Batterieautos entspricht." Hyundai ist seit 1998 im BZ-Segment aktiv. Auf Wunsch von Chung Mong-koo, Vorstandsvorsitzendem der Hyundai Kia Automotive Group, wurde dieser Technologie höchste Priorität eingeräumt. Nach eigenen Angaben sah bereits die damalige Roadmap die Kommerzialisierung von Brennstoffzellenautos für Ende 2012 vor, so wie es jetzt gekommen ist. Der Fahrzeugverkauf an Verbraucher soll 2015 starten. ||

Der Hyundai ix35 FCEV auf der Pariser Auto Show [Quelle: Hyundai]

TERMINKALENDER

JANUAR

21.-22.01. Kraftstoffe der Zukunft
Kongress, Berlin, BBE & UFOP,
Tel. 0228-81002-22, Fax -58,
www.kraftstoffe-der-zukunft.com

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

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

24.01. Herausforderungen und Perspektiven der Elektromobilität
Konferenz, Frankfurt a.M., agrion,
Tel. 069-8383159-18,
www.agrion.org

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

29.-30.01. Energiespeicher
Seminar, Leipzig,
DVGW Service & Consult,
Tel. 0228-91887-78, Fax -48, *www.dvgw-sc.de*

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

FEBRUAR

5.-7.02. E-world energy & water
Messe, Essen, E-world energy & water GmbH, Tel. 0201-1022-210, Fax -333,
www.e-world-2013.com

7.-9.02. Clean Energy Building
Messe & Konferenz, Stuttgart, Reeco GmbH, Tel. 07121-3016-0, Fax -100,
www.cep-expo.de

13.-14.02. elektro:mobilia
Messe & Kongress, Köln, Koeln Messe,
Tel. 0221-821-2499, Fax -2571,
www.elektromobilia.de

25.02. Batterietag
Konferenz, Aachen,
Haus der Technik,
Tel. 0201-1803-211, Fax -280,
www.battery-power.eu

26.-27.02. Kraftwerk Batterie
Konferenz, Aachen,
Haus der Technik,
Tel. 0201-1803-211, Fax -280,
www.kraftwerk-batterie.de

27.-28.02. Energy Storage
Konferenz, Nizza/Frankreich,
ACI (Europe),
Tel. + 44-207-9812503, Fax -5930071,
www.wplgroup.com/aci/

27.02.-1.03. FC Expo
Messe, Tokio/Japan,
Reed Exhibitions Japan Ltd.,
Tel. +81-3-334985-76, Fax -35,
www.fcexpo.jp/en/

27.02.-1.03. Battery Japan
Messe, Tokio/Japan,
Reed Exhibitions Japan Ltd.,
Tel. +81-3-334985-76, Fax -35,
www.batteryjapan.jp

MÄRZ

4.-8.03. Drive-E-Akademie
Schulung, Dresden,
Forum Elektromobilität Berlin,
Tel. 069-5979431-0, Fax -1,
www.drive-e.org

5.-9.03. CeBIT
Messe, Hannover,
Deutsche Messe AG,
Tel. 0511 89-0, Fax -32626,
www.cebit.de

11.-14.03. International Battery Seminar & Exhibit
Konferenz & Messe,
Fort Lauderdale/USA,
Florida Educational Seminars,
Tel. +1-561367-0193, Fax -8429,
www.powersources.net

19.-20.03. Forum ElektroMobilität – Kongress
Kongress, Berlin,
Forum ElektroMobilität,
Tel. 030-2404745-8, Fax -9,
www.forum-elektromobilitaet.de

20.-21.03 VDI-Fachkonferenz Leistungselektronik
Konferenz, Mörfelden-Walldorf,
VDI-Wissensforum,
Tel. 0211-6214-201, Fax -154,
www.vdi.de/leistungselektronik

APRIL

8.-12.04. Gemeinschaftsstand Wasserstoff und Brennstoffzellen
Messe, Hannover, Tobias Renz Fair,
Tel. 089-7201-384-0, Fax -20,
www.h2fc-fair.com

11.-14.04. i-Mobility
Messe, Stuttgart,
Landesmesse Stuttgart GmbH,
Tel. 0711-18560-2656, Fax -701,
www.i-mobility.mobi

16.-18.04 Conference on Fundamentals & Development of Fuel Cells
Konferenz, Karlsruhe, Fraunhofer ICT, Tel. 0721-4640-301, Fax -800301,
http://fdfc2013.eifer.org

23.-25.04. Energy Storage World Forum
Messe & Konferenz, Berlin, Dufresne,
Tel. +65-624-30050, Fax -57232,
www.energystorageforum.com

23.-25.04. Solar Energy
Messe, Berlin, ProFair,
Tel. 05121-20626-0, Fax -26,
www.messen-profair.de/Solarenergy

MAI

14.-15.05. Smart Energy Kongress
Kongress & Messe,
Frankfurt, MunichExpo,
Tel. 089-3229911-2, Fax -9,
www.sem-expo.de

15.-17.05. Berliner Energietage
Messe & Konferenz, Berlin,
Berliner ImpulsE,
Tel. 030-2014308-04, Fax -10,
www.berliner-energietage.de

24.05. DWV Mitgliederversammlung
Versammlung, Dresden, DWV,
Tel. 0700-49376-835, Fax -329,
www.dwv-info.de

29.-31.05. Carbon Expo
Messe & Kongress,
Barcelona/Spanien, KoelnMesse,
Tel. 0221-821-0, Fax -2574,
www.carbonexpo.com

JUNI

4.-6.06. Power-Gen Europe
Konferenz & Messe, Wien,
PennWell Corp.,
Tel. +44-1992-656-610, Fax -700,
www.powergeneurope.com

8.-9.06. E-Mobil Rallye
Wettfahrt, Tondern-Hamburg,
Eco-Mobility,
Tel. 0431-24746372,
www.emobil-rallye.com

14.-16.06. e-mobility-world
Messe, Friedrichshafen,
Messe Friedrichshafen,
Tel. 07541-708-376, Fax -2376,
www.e-mobility-world.de

FIRMENVERZEICHNIS

BERATUNG & PLANUNG

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

BRENNSTOFF- UND LUFTVERSORGUNG

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

BETANKUNGSTECHNIK

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

BRENNSTOFFZELLEN

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

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

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

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

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

FORSCHUNG & ENTWICKLUNG

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

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

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

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

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

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

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

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

MEDIEN

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

MESSDATENMANAGEMENT UND MONITORING

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

ORGANISATION

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

PRÜFTECHNIK

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

TesTneT Engineering GmbH,
Riesenfeldstraße 85, 80809 München, Tel. 089-23710939,
info@h2-test.net, www.h2-test.net

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

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

START HÜRTH

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

VERANSTALTER

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

HANNOVER MESSE 2013
April 8 – 12
GROUPEXHIBIT
HYDROGEN
FUEL CELLS
H2FC-FAIR
Tobias Renz FAIR

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

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

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

VEREINE & VERBÄNDE

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

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

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

Forum ElektroMobilität e.V.

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

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

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

WEITERBILDUNG

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

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

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

ZULIEFERER

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

bürkert
FLUID CONTROL SYSTEMS

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

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

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

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

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

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

Unsere Ingenieure erfinden Watt ihr Volt.

Als Erfinder des Automobils standen wir schon immer etwas unter Strom. Die Geschichte des Automobils begann in Baden-Württemberg und wird auch hier fortgesetzt. Seitdem Carl Benz und Gottlieb Daimler 1886 die ersten motorgetriebenen Automobile entwickelt haben, ist die Welt kleiner und unsere Region größer geworden – viel größer. Heute ist Baden-Württemberg das Autoland Nummer 1. Wir sagen das in aller Bescheidenheit, denn wir ruhen uns nicht auf den Erfolgen der Vergangenheit aus. Unser Antrieb ist der Motor für eine ressourcenschonende elektromobile Zukunft – und dazu muss man eben ein wenig unter Strom stehen. Am besten, Sie steigen schnell bei uns ein:
auf www.bw-invest.de und www.e-mobilbw.de

e-mobil BW
Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie Baden-Württemberg GmbH

Baden-Württemberg
Where ideas work.