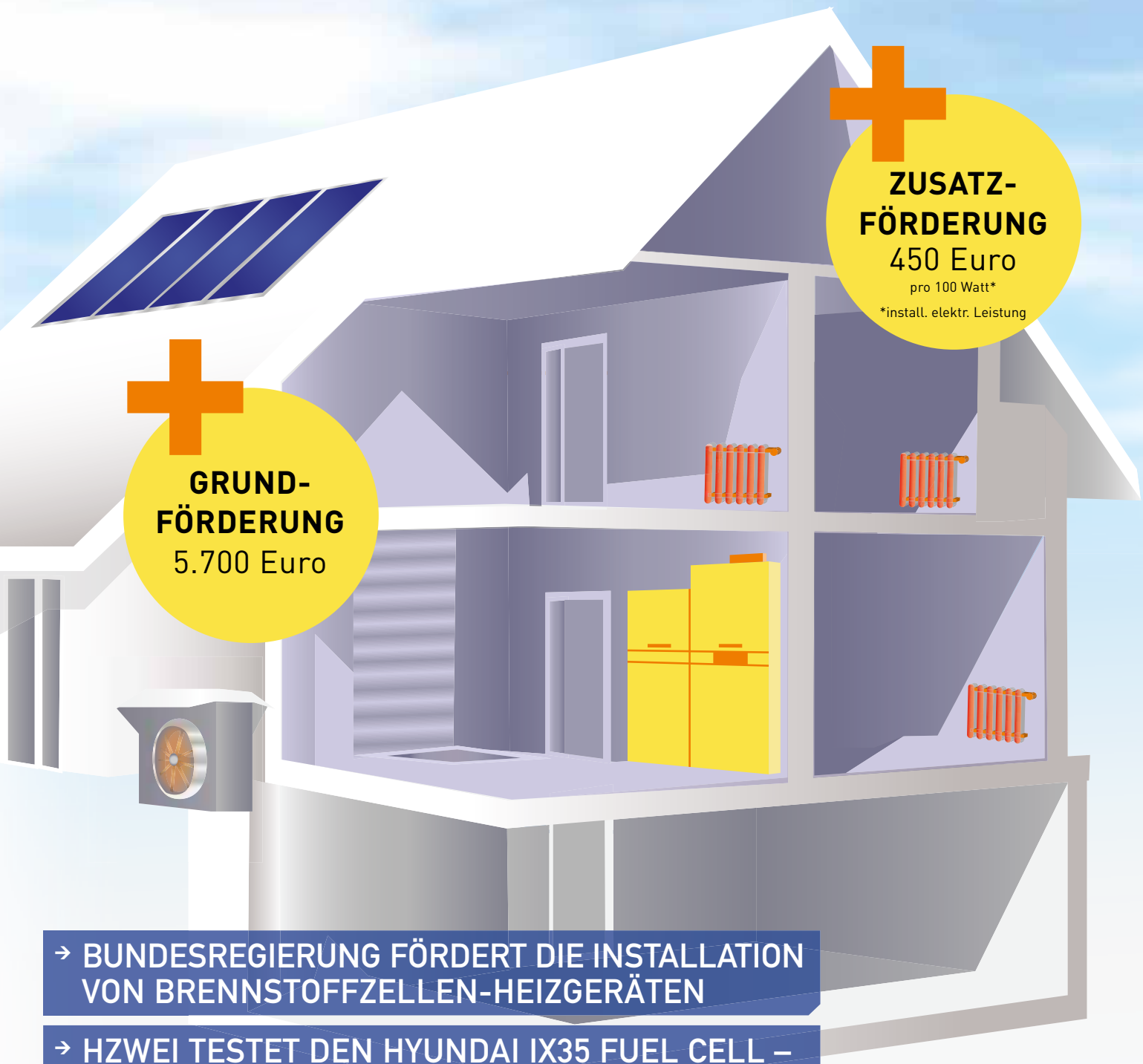
Hydrogeit Verlag / www.hzwei.info / 16. Jahrgang / Heft 4 / Oktober 2016 / 8 €

# Hzwei

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN




→ BUNDESREGIERUNG FÖRDERT DIE INSTALLATION VON BRENNSTOFFZELLEN-HEIZGERÄTEN

→ HZWEI TESTET DEN HYUNDAI IX35 FUEL CELL – IM ALLTAG UND AUF DER LANGSTRECKE

10016
9 771862 393005

# INHALTSVERZEICHNIS


## 2 Impressum

## 3 Editorial

## 4 Meldungen
Neue Hydrogen-Europe-Führung
MEKS wartet auf Freigabe
Areva $H_2$Gen startet Produktion
H2-international wächst
NIP 2.0 kommt

## 7 Messen / Kongresse
H2Congress in Berlin – WHEC in Saragossa
WES: Testlauf für die EVS 2017

## 9 Hausenergie
Förderung für effiziente Heizgeräte
Bundesregierung startet das TEP

## 15 Energiespeicherung
Paradigmenwechsel im EEG 2017
Grüner Wasserstoff aus Mitteldeutschland
Metastudie zu Potentialen von Wasserstoff
Kommentar: Mehr Windgas für mehr Klimaschutz
Hochdruckelektrolyseur in Taschenbauweise

## 24 Elektromobilität
Interview mit Thomic Ruschmeyer vom BSM
Erfahrungsbericht: Hyundai ix35 Fuel Cell
Langstreckentest von Bergen nach Bozen
Umweltbonus zieht (noch) nicht
Drei neue $H_2$-Tankstellen

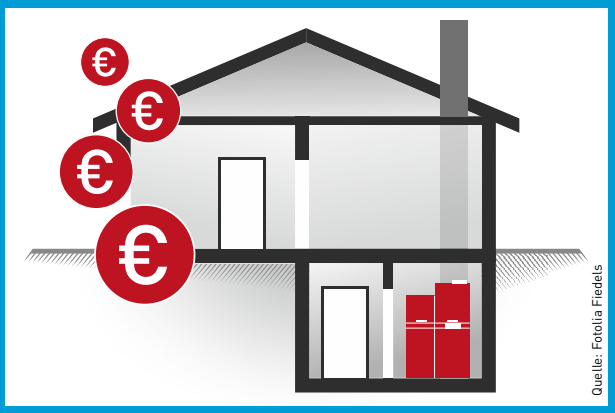
## 32 Entwicklung
CPN – Leuchtturm oder Glimmstengel?
Heliocentris sortiert sich neu
PowerPaste für mobile und autarke Brennstoffzellen
Wasserstofferzeugung mittels Photosynthese
Wasserstofflok für Stade

## 42 Markt
Ballard gibt richtig Gas

## 46 International
China-Interview mit Börsenexperte S. Jösting
4th Energy Wave liefert globalen Marktüberblick

## 51 Terminkalender

## 52 Firmenverzeichnis


9-14 Marktübersicht Brennstoffzellenheizgeräte

26-29 Der Hyundai ix35 Fuel Cell

44 Wie steht es um die E-Mobilität – und um Tesla?


**IMPRESSUM HZwei**

HZwei – Das Magazin für Wasserstoff und Brennstoffzellen

**ISSN:** 1862-393X
**Jahrgang:** 16. (2016) / Heft 4, Oktober 2016

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

**USt!D.:** DE 221143829

**ViSdP:** Dipl.-Ing. Sven Geitmann
**Tel./Fax:** +49 (0)33055 – 21322/20
**E-Mail:** kontakt@hydrogeit.de
**Internet:** www.hydrogeit-verlag.de, www.hzwei.info
**Redaktion. Mitarbeit:** Kerry-Ann Adamson, Sven Geitmann, Sven Jösting, Edgar Lange

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

**Anzeigen:** Kirsten Laasner Projektmanagement, Bad Segeberg
**Lektorat:** Dione Gutzmer, Berlin

**Druck:** Printec Offset – medienhaus, Kassel
PEFC-zertifiziertes Papier

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

**Einzelpreis (Inland):** 8,00 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 2,00 € Versand)
**Jahrespreis (Inland):** 30,00 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 7,00 € Versand)
**Einzelpreis (Europa):** 8,00 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 4,00 € Versand)
**Jahrespreis (Europa):** 30,00 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 16,00 € Versand)

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



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.

$H_2$YDROGEIT 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: Investitionszuschuss vom Staat für Eigenheimbesitzer [Foto: fotolia, vector/AngelaStolle, Grafik: Henrike Hiersig]

# EINSTIGE IDEALE

Liebe Leserinnen und Leser!

Als ich Mitte August aus dem Urlaub kam, gab es plötzlich ein Markteinführungsprogramm für Brennstoffzellenheizgeräte. So früh hatte kaum jemand mit einer positiven Antwort aus Brüssel gerechnet. Über 10.000 Euro an Zuschuss können jetzt für einzelne Aggregate in Anspruch genommen werden – allerdings nur von Hauseigentümern, nicht von Gewerbetreibenden oder sonstigen Institutionen. Hier könnte es jedoch noch Nachbesserungen geben. Ausführliche Hintergründe darüber mit einer detaillierten Geräteübersicht finden Sie auf den Seiten 12/13.

Hier möchte ich jetzt aber eine andere Frage diskutieren: Kennen Sie das? Sie verfolgen seit Jahren eine politische Linie und denken stets, dass Sie genau das Richtige tun. Dann stellen Sie aber eines Tages fest, dass sich irgendetwas falsch anfühlt, so dass Sie sich fragen müssen: Haben Sie Ihre Linie verlassen oder haben sich die Umstände verändert?

So ähnlich muss es den Fans der Solarenergie ergangen sein: Anfangs waren sie die Visionäre, die mit sauberem Strom die Welt retten wollten. Und dann wurden sie plötzlich beschimpft, dass sie sich bereichert hätten und nun Schuld für steigende Strompreise seien.

Einigen von ihnen wird man sicherlich vorwerfen können, dass sie im Laufe der Jahre ihre eigene Linie verloren haben. Es gab aber auch die anderen, die ihrer Linie treu geblieben sind, um die herum sich aber die Rahmenbedingungen geändert haben.

Wie viele Personen es nun auf der einen oder anderen Seite gegeben hat, kann ich nicht beurteilen, und darum soll es hier auch nicht gehen. Die wichtigere Frage ist, ob für die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnik sowie den Bereich der Elektromobilität mittlerweile eine ähnliche Entwicklung zu verzeichnen ist. Wie weit haben wir uns bereits von den einstigen Idealen entfernt?

Es gibt sie ja tatsächlich noch, die Erfinder und Tüftler, die bereits vor zig Jahren katalytische Brenner für Wasserstoff entwickelten, die in selbstumgerüsteten Fiat-500-Modellen mit überdimensionierten Stromwandlern im Kofferraum quer durch Deutschland fuhren oder die heute noch unaufhörlich über die Effizienzgewinne von Brennstoffzellen informieren. Die Frage ist nur, wo gibt es für diese Klientel noch Plattformen, auf denen sie ihre Ideen weiterverfolgen können?

Der Deutsche Wasserstoff-Verband war vor zwanzig Jahren ein Zusammenschluss von Wissenschaftlern, die eine Institution ins Leben riefen, in der sich sowohl Visionäre als auch Pragmatiker zusammenschlossen (s. S. 6). Über lange Zeit hinweg arbeiteten die Mitglieder emsig daran, Wasserstoff und seine Potentiale bekannter zu machen, was ihnen durchaus gelang. Der Verein wuchs, nahm auch die Brennstoffzellen in seinen Namen auf und richtete sein Tätigkeitsfeld mehr und mehr im Sinne der neuen Mitglieder aus.

Obwohl nach wie vor etliche private Mitglieder dem DWV die Treue halten (derzeit über 200), orientiert sich dessen Politik mittlerweile vornehmlich an den Interessen der aktuell insgesamt 88 dem Verband zugehörigen Firmen. Da die Unternehmen und Körperschaften deutlich höhere Mitgliedsbeiträge als die Privatpersonen zahlen, stehen heute mehr denn je Wirtschaftsinteressen im Mittelpunkt.

Solch ein inhaltlicher Schwenk war vom DWV-Vorstand scheinbar durchaus gewollt, denn nach dem Physiker Dr. Johannes Töpler, der zehn Jahre lang den Verband leitete, wurde 2014 mit Werner Diwald ein Betriebswirt an die Spitze gewählt. Seitdem geht es weniger um Technik und mehr um Politik, was bei einem Lobbyverein nicht weiter verwunderlich ist.

Für den DWV stellt sich aber heute mehr denn je die Frage, wie er diesen Spagat zwischen effektiver Lobbyarbeit und visionärem Vereinsleben bewältigen kann.

Soll er sich weiter professionalisieren und eine eigene Geschäftsstelle mit entsprechendem Personal einrichten? Dafür wäre eine andere Beitragsordnung notwendig, denn der derzeitige Jahresetat reicht schon jetzt hinten und vorne nicht für repräsentative Aktionen. Oder soll er weiter versuchen, durch die Gründung neuer Fachkommissionen Geld hereinzubekommen?

Sich den Zugang zu Politikern zu „erkaufen“ und für die Durchsetzung der eigenen Interessen zu bezahlen, das mag für einige Firmen alltägliches Geschäft und bei einem Lobbyverein nicht unüblich sein. Allerdings besteht dabei die Gefahr von Interessenkonflikten und Intransparenz, was bereits heute von einigen Vereinsmitgliedern kritisiert wird.

Wie auch immer Vorstand und Mitglieder zukünftig den Verein zu gestalten gedenken – die Zeit bis zur nächsten Vorstandswahl sollte sinnvoll genutzt werden, denn schließlich steht irgendwann ein Generationswechsel im Führungsgremium an. Spätestens dann wird sich zeigen, wie industrienah und wie visionär der DWV ist.

Denn irgendwann werden wir uns alle fragen lassen müssen: Sind wir noch auf der ursprünglichen Linie oder haben wir die einstigen Visionen und Ideale längst anderen Zielen untergeordnet? Je nachdem, wie heute die Entscheidungen gefällt werden, könnte sich die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie später einreihen hinter der Solar- und der Windenergie, die innerhalb weniger Jahre einen drastischen Imageverlust erlitten haben. Oder aber sie könnte eine ähnliche Entwicklung durchlaufen wie Computer, Internet und Smartphone, die das Leben der Menschen heute unzweifelhaft maßgeblich beeinflussen. ||

Herzlichst

Sven Geitmann
*HZwei Herausgeber*

## PHIL DORAN GEHT AUF DIE INSEL

Phil Doran [Quelle: H2FC Fair]

ITM Power hat einen neuen Geschäftsführer für Deutschland ernannt. Wie das britische Unternehmen Mitte September 2016 bekanntgab, wird Phil Doran Frankfurt verlassen. Stattdessen übernimmt Calum McConnell ab Dezember die Leitung der ITM Power GmbH. McConnell arbeitete 19 Jahre lang bei dem US-amerikanischen Maschinenbau-Großunternehmen Parker Hannifin unter anderem im Bereich erneuerbare Energien und Energiespeicherung.

Doran, der das Tochterunternehmen ganz allein innerhalb von vier Jahren in Deutschland aufbaute und nach Aussage der Firmenleitung „einige große frühe Erfolge" erzielte, wird fortan in Schottland für ITM arbeiten. Dr. Graham Cooley, CEO von ITM Power, dankte Phil Doran ausdrücklich für seine Aufbauarbeit und nannte Deutschland „einen Schlüsselmarkt für unsere Produkte". ||



## NEUE HYDROGEN-EUROPE-FÜHRUNG

Hydrogen Europe hat einen neuen Vorstand. Der europäische Wasserstoffverband, der im November 2015 aus dem New Energy World Industry Grouping (NEW-IG) hervorging, wählte Ende Juni 2016 drei neue Mitglieder in sein Führungsgremium. Vorsitzender ist seitdem Raphaël Schoentgen, Forschungsdirektor beim französischen Energieversorgungsunternehmen Engie. Er folgt auf Pierre-Etienne Franc, den bisherigen Chairman von Hydrogen Europe. Neuer Schatzmeister wurde Didier Pfleger, stellvertretender Präsident bei Alstom. Valérie Bouillon-Delporte von Michelin ist fortan für den Transportsektor zuständig. Andreas Frömmel von FuelCell Energy wurde neben seiner Zuständigkeit für Energiewendelösungen jetzt auch zum stellvertretenden Vorsitzenden bestimmt.

Frömmel betonte, dass es jetzt mit vollem Tempo in Richtung Kommerzialisierung gehen müsse: „Die Technik ist reif und fertig für den Upscale. Um auf die nächste Stufe zu gelangen, müssen wir weiter daran arbeiten, mit Hilfe großer sektorenübergreifender Demonstrationsprojekte das Potential aufzuzeigen."

Hydrogen Europe besteht mittlerweile aus fast 100 großen und kleinen Mitgliedsunternehmen aus 23 europäischen Ländern, die sich für die Implementierung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien in Europa einsetzen. Um weiter wachsen zu können, entschied das neu zusammengesetzte Gremium, sich neben Industrieunternehmen fortan auch Landesverbänden zu öffnen. Gespräche mit entsprechenden Institutionen aus Frankreich, Deutschland und sind bereits im Gange. ||

→ www.hydrogeneurope.eu

## AREVA $H_2$GEN STARTET PRODUKTION

Elektrolyseurfertigung in Les Ulis [Quelle: Areva $H_2$Gen]

Der französische Technologielieferant Areva $H_2$Gen hat am 24. Juni 2016 seine erste Produktionsstätte für PEM-Elektrolyseure in Anwesenheit von Umweltministerin Segolène Royal eingeweiht. Errichtet wurde die neue Anlage in Les Ulis nahe Paris am Stammwerk des Unternehmens, das seine Belegschaft seit seiner Gründung innerhalb von zwei Jahren verdoppelt hat. Die Produktionskapazität der neuen Anlage soll 30 Elektrolyseure pro Jahr betragen. Unter anderem wird Areva $H_2$Gen Komponenten für die im Rahmen des *H2ME*-Programms *(Hydrogen Mobility Europe)* geplante Wasserstofftankstelle in Rodez liefern. Dort betreibt das Entsorgungsunternehmen Braley eine Fahrzeugflotte mit


- **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

DWV 20 Jahre alt und kein bisschen leise ... globale Norm für Wasserstoff-Tankstellen kommt ... Bundesregierung fördert jetzt private Brennstoffzellen-Heizungen ...

mehreren Renault *Kangoo ZE H2,* die mit Wasserstoff aus Wasserkraft versorgt werden sollen. Die neue $H_2$-Station in der Gemeinde Sébazac soll Ende 2016 in Betrieb gehen, die Wasserstoffproduktion vor Ort soll im Juni 2017 starten. ||

## MEKS WARTET AUF FREIGABE

Das geplante Multi-Energie-Kraftwerk Sperenberg (MEKS) könnte Realität werden, wenn die Landesbehörden mitziehen. Mitte Juli 2016 unterzeichneten die Bürgermeister der vier beteiligten Gemeinden zwar zunächst einen entsprechenden Vertrag zur Gründung einer kommunalen Arbeitsgemeinschaft. Aber während lokal das MEKS durchaus gewollt ist, bremst derzeit noch die Landesregierung, weil das anvisierte Areal kein Windkrafteignungsgebiet sei, so hieß es. Geplant war, auf dem alten Flughafengelände der ehemaligen Heeresversuchsanstalt Kummersdorf eine 5-MW-Elektrolyseanlage aufzubauen, die den benötigten Ökostrom von einem 100-MW-Photovoltaikfeld sowie aus einem Windpark mit 45 Turbinen (je 3 MW) bezieht, die allerdings beide noch errichtet werden müssten. Das $H_2$-Gas könnte in dem bereits bestehenden Röhrenspeicherfeld (ø: 1,4 m, insg. 3,5 km, 480.000 m3) beim Gaskraftwerk Thyrow gelagert werden, so dass damit die 50.000 Einwohner der beteiligten Gemeinden nahezu vollständig mit sauberem Strom versorgt werden könnten. Ohne eine Einwilligung von Landesebene dürfte das Multi-Energie-Kraftwerk Sperenberg jedoch Theorie bleiben, obwohl sowohl das BTU Cottbus als auch große Firmen wie Enertrag, Vattenfall und McPhy ihre Beteiligung bereits zugesagt haben. ||

## H2-INTERNATIONAL WÄCHST

Der Hydrogeit Verlag kann für seinen neuen Informationsdienst *H2-international* eine positive Zwischenbilanz ziehen: Seit über einem Jahr informiert der Fachverlag mittlerweile regelmäßig weltweit über den Blog www.h2-international.com sowie mit dem e-Journal *H2-international* über das aktuelle Geschehen im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnik. Die englischsprachigen Berichte und Meldungen basieren auf Beiträgen, die auch auf Deutsch in der Zeitschrift *HZwei* erscheinen. Die Mehrzahl dieser Artikel behandelt Themen aus dem deutschsprachigen Raum, es werden aber auch zahlreiche Texte über internationale Aktivitäten veröffentlicht. So berichtet der US-amerikanische Wasserstoffexperte Robert „Bob" Rose über Aktuelles aus Nordamerika sowie Japan, während Börsenanalyst Sven Jösting die Aktienkurse, insbesondere von US-amerikanischen Brennstoffzellenunternehmen, analysiert und die Auslandskorrespondentin Alexandra Huss über verschiedene Regionen der Welt informiert.

Der Einfachheit halber sind seit diesem Sommer alle Beiträge in Kurzform online frei zugänglich. Die ausführlichen Fachberichte hingegen werden monatlich ausschließlich an die Abonnenten des kostenpflichtigen e-Journals verschickt. Zudem gibt es einen kostenlosen Newsletter, der jeweils am Monatsanfang an über 10.000 Abonnenten versandt wird, so dass es für Unternehmen und Veranstalter zahlreiche Werbemöglichkeiten gibt – sei es über Anzeigen, Firmeneinträge oder Terminhinweise. ||

→ www.h2-international.com

## HILFE FÜR EXISTENZGRÜNDER

Junge Unternehmen und Gründer innovativer Firmen können sich noch bis zum 21. Oktober 2016 bei dem Businessplan-Wettbewerb *Science4Life* bewerben. Alle Teilnehmer des *Science4Life Venture Cup 2017* erhalten viel hilfreiche Unterstützung, ein aussagekräftiges Feedback zu den von ihnen eingereichten Konzepten und außerdem Zugang zu einem großen Expertennetzwerk. Bewerben können sich Unternehmensgründer aus den so genannten „Life Sciences" (Umweltwissenschaften). Bei dem Spezialpreis *Science4Life Energy Cup* geht es insbesondere um die Themen erneuerbare Energien, Energieeffizienz, Energiespeicherung und Elektromobilität. Den Gewinnern winkt ein Preisgeld in Höhe von insgesamt 13.500 Euro. Die Teilnahme ist kostenfrei. ||

→ www.science4life.de

## NIP 2.0 KOMMT

„Die Dokumente sind geschrieben." Mit dieser Feststellung kündigte NOW-Geschäftsführer Dr. Klaus Bonhoff an, dass die Arbeiten am NIP 2.0 kurz vor dem Abschluss stehen. Während der e4ships-Ergebniskonferenz am 7. September 2016 in Hamburg bestätigte er zudem auf *HZwei*-Nachfrage, dass die Neuauflage des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie noch in diesem Jahr veröffentlicht wird. Teile davon waren ja bereits vorab bekanntgeworden (s. S. 9). ||

Europas größte Wasserstoff-, Brennstoffzellen- und Batterien-Plattform

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

**24.–28. April 2017 ▪ Hannover ▪ Germany**
Mehr Informationen unter **h2fc-fair.com**

Deutsche Messe
Energy
HANNOVER MESSE

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

# SEIT ZWANZIG JAHREN AKTIV

## *DWV feiert sein Jubiläum in Berlin*

Abb. 1: Fünf der damaligen Gründungsmitglieder* sind auch heute noch im Vorstand vertreten: E. Behrend*, R. Wurster*, J. Töpler, U. Schmidtchen*, M. Schaloske, O. Weinmann*, W. Diwald, S. Frank (Moderatorin; v. l.), J. Lehmann* ist nicht auf dem Foto



**Im Jahr 1996 wurde der Deutsche Wasserstoff-Verband e. V. (DWV) aus der Taufe gehoben. Nach mittlerweile 20 Jahren aktiver Mitgestaltung der $H_2$- und BZ-Entwicklung in Deutschland und in Europa sowie einer Namenserweiterung zu „Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband" feierten Mitglieder, Gäste und einige der Gründungsväter dieses Jubiläum mit Vertretern aus Politik und Wirtschaft am 6. Juli 2016 in Berlin.**

Die Feierlichkeiten anlässlich des runden Vereinsgeburtstags waren zeitlich eingebettet zwischen dem *7. H2Congress* (s. S. 7) und der DWV-Mitgliederversammlung, so dass etliche der angereisten Teilnehmer eine intensive Berliner Woche durchlebten. Veranstaltungsort sowohl für die Geburtstagsfeier als auch für die Jahresversammlung war die Turbinenhalle Moabit in Berlin, die ehemals dem Vereinsmitglied Vattenfall gehörte und heute als Event-Location genutzt wird.

**MEHR ALS EINE FIKTIVE IDEE** Zum Auftakt der Jubiläumsfeier bedankte sich der amtierende DWV-Vorstandsvorsitzende Werner Diwald zunächst bei allen Anwesenden sowie den Unterstützern für die jahrelange gute Kooperation und verlieh seiner Hoffnung Ausdruck, dass noch viele erfolgreiche Jahre folgen mögen. Er sagte: „Wasserstoff – das ist mehr als eine fiktive Idee." Weiter erklärte er: „Manchem geht es nicht schnell genug. Ich finde, jetzt ist es an der Zeit, gemeinsam mit Politik und Industrie verlässliche Rahmenbedingungen zu setzen. Wir müssen unsere Energiewirtschaft dekarbonisieren."

Ein politisches Grußwort vom Bundesverkehrsministerium überbrachte Norbert Barthle, Parlamentarischer Staatssekretär beim BMVI. Er zitierte seinen Minister Alexander Dobrindt („Ohne Mobilität keine Prosperität") und erklärte: „Wir im Ministerium halten Wasserstoff für einen erfolgversprechenden Weg." Nach einer ausführlichen Würdigung der Leistungen des Verbandes stellte Barthle fest: „Wasserstoff hat das Zeug, zum Energieträger des 21. Jahrhunderts zu werden."

Auch die anwesenden Industrievertreter gratulierten und sagten dem Verein ihre weitere Unterstützung zu. Seitens des Mineralölkonzerns Total hieß es unter anderem erstaunlich eindeutig, dass „Strom die Energie des 21. Jahrhunderts ist". Wie der Firmensprecher mitteilte, befindet sich das Unternehmen derzeit in einem Umbauprozess und wird sich fortan insbesondere den Themenfeldern Gas, erneuerbare Energien und Strom widmen.

**INNOVATIONSPREISE ÜBERGEBEN** Nach den Redebeiträgen überreichte der Vizevorsitzende Dr. Johannes Töpler die diesjährigen DWV-Innovationspreise. Die Auszeichnung für die beste Masterarbeit erhielt Florian Becker, der in Zusammenarbeit mit dem DLR an der HAW Hamburg Untersuchungen zum Einsatz von PEM-Brennstoffzellensystemen in der Luftfahrt durchgeführt hatte. Hierbei ging es um die numerische Modellierung und Experimente zur Bereitstellung von sauerstoffarmen Kathodenabgasen zur Tank- und Frachtrauminertisierung in Flugzeugen.

Dr. Martin Robinius erhielt den Innovationspreis für die beste Dissertation. Er hatte am Forschungszentrum Jülich untersucht, wie ein Marktkonzept mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien unter Einbeziehung von Wasserstoff im Verkehrssektor aussehen könnte. Seine Analyse zeigte, dass es keinen Kapitalengpass zur Finanzierung einer Wasserstoffinfrastruktur gibt, sondern das Kapital vielmehr über langfristig wirtschaftliche Geschäftsmodelle beschafft werden könnte. Außerdem stellte er für 2050 ein konkretes Modell des Strom- und Gassektors auf, bei dem der Wasserstofftransport per Pipeline eine zentrale Rolle spielt. Fabian Rosenau von der TH Köln, der in diesem Jahr den Preis für die beste Bachelorarbeit zugesprochen bekommen hat, war nicht vor Ort. ||

→ www.dwv-info.de

**DWV-VORSTAND BESTÄTIGT**

Am 7. Juli 2016 fand an gleicher Stelle die diesjährige Mitgliederversammlung statt. Bei den alle zwei Jahre anberaumten Vorstandswahlen wurden alle Kandidaten bestätigt. Ein zentraler Beschluss der Versammlung war der Wechsel der Verbandsmitgliedschaft auf europäischer Ebene. So folgten die anwesenden Mitglieder dem Antrag des Vorstandes, dass der DWV aus aus der European Hydrogen Association (EHA) austreten und bei Hydrogen Europe eintreten soll.

## 7. H2CONGRESS IN BERLIN

Abb. 1: Norbert Barthle

Der *Deutsche Wasserstoff Congress* entwickelt sich immer mehr zu einer zentralen Veranstaltung für die deutschsprachige Wasserstoff- und Brennstoffzellenbranche. Zu der Konferenz, die zwei halbe Tage lang am 5. und 6. Juli 2016 in der Landesvertretung von Nordrhein-Westfalen in Berlin stattfand, kamen in diesem Jahr insgesamt rund 200 Teilnehmer. Verglichen mit dem letzten H2Congress, der vor zwei Jahren an gleicher Stelle veranstaltet wurde, entspricht dies einer Steigerung um rund 50 Prozent.

Themenschwerpunkt bei diesem siebten Kongress war Wasserstoff als Wegbereiter für die voranschreitende Dekarbonisierung. So erklärte Dr. Frank-Michael Baumann, Geschäftsführer der EnergieAgentur.NRW, in seiner Begrüßungsrede: „Wasserstoff wird beim beschlossenen Ausbau der erneuerbaren Energien, bei den damit verbundenen Konsequenzen für die Speicherung sowie für den Klimaschutz eine bedeutende Rolle in der Energiewirtschaft und im Verkehr des 21. Jahrhunderts spielen."

Passend dazu berichtete Sönke Tangermann, Vorstand von Greenpeace Energy, dass der Einsatz von Wasserstoff volkswirtschaftlich durchaus sinnvoll sei. Sehr anschaulich legte er in seinem Vortrag dar, warum aus seiner Sicht die Einführung der Power-to-Gas-Technologie und auch der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien erforderlich sind. Konkret rechnete er vor, dass ab dem Jahr 2020 jährlich ein Gigawatt an Elektrolyseurleistung aufgebaut werden müsse, damit Deutschland 2050 zu 100 Prozent mit erneuerbaren Energien versorgt werden könne (s. Fachbericht S. 20).

Norbert Barthle, Parlamentarischer Staatssekretär beim Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur, beteuerte in seinem Grußwort zwar, dass „Deutschland gemeinsam mit Japan und Kalifornien führend bei der Erprobung der $H_2$-Mobilität ist", gleichzeitig mahnte er jedoch, dass „wir den japanischen Herstellern nicht das Feld überlassen dürfen – da muss unsere heimische Industrie möglichst schnell nachziehen". Dafür, dass Barthle eigentlich nie offen Kritik äußert, war es schon beachtenswert, dass er in Bezug auf das bislang im $H_2$- und BZ-Sektor Erreichte feststellte: „Es könnte zwar auch etwas mehr sein, aber das kann sich sehen lassen."

Auf die Frage, ob denn nicht mehr für alternative Kraftstoffe unternommen werden könne, indem man die Steuerprivilegien für Dieselkraftstoff, die sich auf 7 Mrd. Euro pro Jahr belaufen, abschaffe, reagierte Barthle salomonisch: „Man sollte das eine tun, ohne das andere zu lassen." Sehr viel deutlicher ergänzte er anschließend noch: „Minister Dobrindt denkt momentan nicht daran, eine Veränderung der Dieselbesteuerung vorzunehmen." ||

## ECARTEC BLEIBT VORERST ECARTEC

Die MunichExpo Veranstaltungs GmbH hat eine kleine „Rolle rückwärts" hingelegt und die im Sommer 2016 durchgeführte Namensänderung ihrer Veranstaltung *eCarTec* in *eMove360° Europe* (s. HZwei-Heft Juli 2016) für dieses Jahr zurückgenommen und auf 2017 verschoben. Wie ein Sprecher des bayerischen Veranstalters gegenüber HZwei erklärte, sei dies „aus rechtlichen Gründen" erforderlich gewesen. Damit wird es 2016 wieder die *eCarTec*-Messe und auch den *eCarTec Award* geben. Auch die *eCarTec*-Konferenz bleibt vorerst als Bestandteil des *World Mobility Summits* bestehen. Die *eMove360° Europe* wird es aber trotzdem geben, und zwar als zusätzliche Messe, die parallel zur *eCarTec,* zur *sMove360°* und zur *Materialica* vom 18. bis 20. Oktober 2016 in München stattfindet. Für 2017 kündigte Robert Metzger, Geschäftsführer von MunichExpo, jedoch an: „Ab nächstem Jahr werden dann alle Themen unter *eMove360° Europe 2017 – 2. Internationale Fachmesse für Mobilität 4.0 – elektrisch – vernetzt – autonom* vereint." ||

WORLD OF ENERGY SOLUTIONS
10. – 12. Oktober 2016
Messe Stuttgart
Let's motivate the market!
f-cell
Was die Branche bewegt.
Wie Sie vorwärts kommen.
Die internationale Messe und Konferenz **f-cell** zeigt, wie Brennstoffzelle und Wasserstofftechnologien die Energie- und Mobilitätswende voranbringen.
Im Mittelpunkt: Technischer Fortschritt, Produktion, Vernetzung, Märkte.
Mit dabei: Produzenten und Anwender, Wissenschaft und Industrie, Experten aus aller Welt.
Die Plattform: Die **WORLD OF ENERGY SOLUTIONS** vernetzt die Themen Wasserstoff, Brennstoffzelle und Batterie. Entdecken Sie Lösungen für mobile und stationäre Anwendungen.
Werden Sie Teil des Netzwerks!
Fokus 2016:
Intelligente Systemlösungen für vernetzte Anwender
www.world-of-energy-solutions.de

## WES – TESTLAUF FÜR DIE EVS 2017

Die *World of Energy Solutions* wird in diesem Jahr vom 10. bis zum 12. Oktober in Stuttgart stattfinden. Sie gilt als Testlauf für das *30. Electric Vehicle Symposium (EVS)*, das im nächsten Jahr gemeinsam mit der WES auf dem Messegelände abgehalten wird und weltweit einen Jahreshöhepunkt für viele Elektromobilisten darstellt. Ob jedoch jetzt schon einige Firmen ihre Kräfte für 2017 sparen, ist reine Spekulation. Fest steht bisher nur, dass die Ausstellerzahl einen Monat vor der Veranstaltung mit 78 noch weit von der Zahl aus dem vergangenen Jahr (120) entfernt ist – nachdem sie 2013 bei über 150 gelegen hatte.

Die Verantwortung hierfür übernimmt in diesem Jahr ganz allein die Peter Sauber Agentur Messe und Kongresse GmbH, nachdem sich die Landesmesse Stuttgart nach dem letzten Termin offiziell als Mitveranstalter der Messe herausgezogen hat. Silke Frank bestätigte als Handlungsbevollmächtige der Agentur: „Die Akquise und Organisation der Messe liegt nun ganz bei uns."

Der Kongress wird in gewohnter Weise alle Themen rund um Elektromobilität und Brennstoffzellentechnik behandeln. Inhaltlich soll unter anderem die internationale Entwicklung in Asien sowie in den USA in Augenschein genommen werden. So hatte die japanische Regierung im März 2016 erstmals Ziele für den Aufbau einer eigenen $H_2$-Mobilität veröffentlicht. Demnach sollen im Jahr 2020 rund 40.000 Brennstoffzellenfahrzeuge zugelassen und 160 Wasserstofftankstellen in Betrieb sein. Vorreiter ist hier der Automobilkonzern Toyota, der sich ganz klar zur Hybrid- und Brennstoffzellentechnik bekennt, aber wenig von reinen Batterieautos hält. Yuki Maehiro vom japanischen Wirtschaftsministerium METI wird während der WES über die dortige Wasserstoff-Mobilitätswende informieren.

Etwas anders sieht es demgegenüber in China aus, wo aufgrund der hohen Umweltbelastung die Notwendigkeit rascher Veränderungen noch offensichtlicher ist. Hier wurden allein

Abb. 1: Franz Loogen, Geschäftsführer der e-mobil BW, Partner der WES

in den vier Monaten Anfang 2016 rund 78.000 Elektro- und Hybridfahrzeuge hergestellt. Der zügige Produktionshochlauf entsprechender Fahrzeuge wird in der Volksrepublik sowohl vom Ausbau der Ladeinfrastruktur als auch von entsprechenden politischen Rahmenbedingungen begleitet. So soll der durchschnittliche Flottenverbrauch der Automobilhersteller in Zukunft gemäß dem staatlichen China Automotive Technology & Research Center (CATARC) stärker begrenzt werden, wodurch Null-Emissions-Fahrzeuge gezwungenermaßen in deren Produktportfolio aufgenommen werden müssen. Über Details darüber wird Cheng Wang, Vizedirektor am CATARC, berichten.

Als weitere Redner sind unter anderem Sunita Satyapal, Direktorin für BZ-Technik am US-amerikanischen Department of Energy, sowie Diarmuid O'Connell, Vizepräsident bei Tesla Motors, vorgesehen. O'Connell wird voraussichtlich auch Einblicke in die derzeit in Nevada im Bau befindliche Gigafactory geben. Den aktuellen Entwicklungsstand in Europa wird Jorgo Chatzimarkakis, der neue Geschäftsführer des Branchenverbandes Hydrogen Europe, aus Brüssel mitbringen. ||

**FREIER EINTRITT**
Wie in jedem Jahr stellt *HZwei* als Mediapartner der *WES* und auch der *eCarTec* wieder kostenlose Eintrittskarten für die Messebereiche dieser Veranstaltungen zur Verfügung. Für beide Termine ist allerdings eine vorausgehende Registrierung notwendig. Bei Interesse bitte einfach bei der Redaktion melden.

## 21. WHEC IN SARAGOSSA

Vom 13. bis 16. Juni hat im spanischen Saragossa die *World Hydrogen Energy Conference (WHEC 2016)* stattgefunden. Zum 21. Mal trafen sich Wasserstoffexperten aus der ganzen Welt und diskutierten über die Potentiale der $H_2$- und BZ-Technologie sowie von Power-to-Gas. Nach den Worten von Javier Brey, dem diesjährigen WHEC-Chairman und Vorsitzenden der Spanish Hydrogen Association (AeH2), ging es unter anderem darum, „das Bewusstsein darüber zu verbessern, dass andere Länder an Wasserstoffstrategien arbeiten, während wir nachhinken", wobei unklar blieb, ob er damit Spanien oder Europa meinte. Weiter sagte er, das Hauptziel der weltweiten Aktivitäten ist derzeit „die weitere Kostenreduzierung sowie die Verlängerung der Lebensdauer von Brennstoffzellen und Wasserstoffsystemen". Auf sein Heimatland bezogen forderte Brey zudem: „Spanien muss sich bewusst darüber werden, dass Wasserstoff die Möglichkeit bietet, einen nachhaltigen Kraftstoff lokal zu erzeugen und damit den Transport- sowie den Industriesektor und auch Haushalte zu versorgen."

Insgesamt kamen rund 800 Teilnehmer in den Kongresspalast nach Saragossa. Die *World Hydrogen Technology Convention (WHTC)* wird nächstes Jahr in Prag abgehalten und die alle zwei Jahre stattfindende WHEC dann 2018 in Rio de Janeiro. ||

Quelle: Calvera

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

# BUNDESREGIERUNG STARTET DAS TEP

## *Gabriel ruft die Energiewende im Heizungskeller aus*

Abb. 1: Die finanzielle Förderung erfreut den Verbraucher [Quelle: SOLIDpower]

**Seit dem 1. August 2016 besteht für die Heizungsbranche Gewissheit über die zukünftigen Rahmenbedingungen im Umgang mit moderner Brennstoffzellenheiztechnik: Wie das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) verkündete, gibt es jetzt zwei neue Förderprogramme – eines als Investitionszuschuss für Brennstoffzellenheizungen und eines für die Optimierung der Heiztechnik, indem der Austausch veralteter Pumpen finanziell unterstützt wird. Beide Maßnahmen sind Teil des Anreizprogramms Energieeffizienz (APEE), das bis 2018 läuft. Die Förderung soll jetzt die Energiewende im Heizungskeller voranbringen.**

Lange hat die Brennstoffzellenbranche auf diesen Zeitpunkt gewartet, aber jetzt ist es so weit: Die EU-Kommission erteilte diesen Sommer die Freigabe für die Förderprogramme, so dass der Einbau der neuen Heiztechnik noch vor der diesjährigen Heizperiode beginnen kann. Erik Schumacher, NOW-Bereichsleiter stationäre Brennstoffzellen, sagte gegenüber *HZwei:* „Wir sind froh, dass die Notifizierung durch die EU so schnell erfolgt ist." Passend zur Klärung der finanziellen Rahmenbedingungen hatten zuvor etliche Heizungsunternehmen die Markteinführung ihrer BZ-Geräte für diesen Herbst angekündigt (s. Übersicht S. 12/13).

**FÖRDERUNG FÜR WOHNGEBÄUDE** Gemäß der aktuellen Planung können jetzt Eigentümer von Wohngebäuden beim Kauf eines BZ-Heizgeräts sowohl beim Neubau als auch bei einer energetischen Sanierung einen Investitionszuschuss in Höhe von bis zu 40 % der förderfähigen Kosten bekommen. Anträge nimmt die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) über das Programm „Energieeffizient Bauen und Sanieren – Zuschuss Brennstoffzelle" mit der Nummer 433 entgegen (www.kfw.de/433). Der Fördergrundbetrag beträgt 5.700 Euro plus einem leistungsabhängigen Zusatzbetrag in Höhe von 450 Euro je angefangener 100 $W_{el}$ (gestaffelt nach Leistungsklassen: 0,25 bis 5 $kW_{el}$; kumulierbar mit KWKG-Zulagen; s. S. 10). Für ein 1-kW-Aggregat könnten somit 10.200 Euro Investitionszuschuss in Anspruch genommen werden.

Der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) kritisierte derweil, dass bislang nur natürliche Personen Anträge stellen dürfen, wodurch derzeit Gewerberäume als potentielle Einsatzgebiete wegfallen. Johannes Schiel, Geschäftsführer der VDMA AG Brennstoffzellen, erklärte gegenüber *HZwei:* „Wir unterstützen die Erweiterung auf Nicht-Wohngebäude wie Gewerbeimmobilien und Mehrfamilienhäuser sowie die Öffnung auch für KMU und Contracting-Unternehmen. Wir sind dazu und zu weiteren Optimierungen mit dem BMWi im konstruktiven Dialog und hoffen auf die Berücksichtigung unserer Vorschläge und die schnelle Weiterentwicklung des Programms."

Gabriel ließ dazu verlautbaren: „Mit der Förderung von Brennstoffzellenheizungen wollen wir eine neue und zukunftsweisende Technologie breitenwirksam am Markt etablieren." Dr. Timm Kehler, Vorstand von Zukunft Erdgas e.V., erklärte: „Die Technik ist vom Prinzip her die effizienteste Form der Kraft-Wärme-Kopplung. […] Sie sorgt nicht nur für geringe Verbrauchskosten, sondern setzt auch in punkto Effizienz sowie $CO_2$-Emissionen neue Maßstäbe."

NOW-Chef Dr. Klaus Bonhoff hatte bereits während der Hannover Messe im April 2016 angekündigt, dass mit der Einführung dieses Technologieeinführungsprogramms (TEP) noch in diesem Jahr ein Förderprogramm bereitsteht, das „die Delta-Kosten, die BZ-Heizgeräte heute noch teurer sind, abdeckt". Dr. Frank Heidrich, Ministerialdirigent des Bundeswirtschaftsministeriums, merkte indes an, dass zur Qualitätssicherung eine angemessene Wartung Voraussetzung sei: „Der Installateur muss einen zehnjährigen Wartungsvertrag anbieten, ansonsten gibt es kein Geld."

**ENERGIEEFFIZIENTE PUMPENTECHNIK** In dem zweiten Förderprogramm steuert der Staat 30 Prozent der Netto-Investitionskosten beim Austausch veralteter Heiztechnik gegen hocheffiziente Pumpen bei. Das BMWi erklärte dazu: „Bis 2020 sollen jährlich bis zu 2 Mio. Pumpen ausgetauscht und 200.000 hydraulische Abgleiche durchgeführt und damit rund 1,8 Mio. t $CO_2$-Emissionen vermieden werden." Administriert wird diese in die Effizienzoffensive des BMWi eingebettete Maßnahme durch das BAFA. ||

**ANREIZPROGRAMM ENERGIEEFFIZIENZ**

Das APEE des Bundeswirtschaftsministeriums wurde Ende Juli 2016 von der EU-Kommission notifiziert. Die ersten beiden Komponenten darin waren das Heizungs- und das Lüftungspaket, die zum 1. Januar 2016 starteten. Mitte Mai 2016 folgte die Effizienzoffensive „Deutschland macht's effizient". Die Förderung der BZ-Heizgeräte ist der letzte Teil des APEE, für das bis 2018 jährlich insgesamt 165 Mio. Euro bereitstehen. Die Heizungsbranche hatte demgegenüber gehofft, dass allein zur Markteinführung der BZ-Heizgeräte insgesamt 350 Mio. bis 666 Mio. Euro über einen Zeitraum von acht Jahren bereitgestellt würden, um somit 150.000 Aggregate ins Feld bringen zu können.

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

# FÖRDERUNG FÜR EFFIZIENTE HEIZGERÄTE

## *Investitionen rechnen sich*

**Rund 40 % der Endenergie wird in Deutschland im Gebäudesektor verbraucht. Etwa 85 % davon entfallen auf die Heizung sowie die Warmwasseraufbereitung. Allerdings sind immer noch viele Heizkessel sowohl im privaten als auch im gewerblichen und öffentlichen Sektor veraltet. Durch die Installation effizienter Brennstoffzellenheiztechnik könnte viel Energie eingespart und gleichzeitig der $CO_2$-Ausstoß reduziert werden.**

Im Jahr 2015 wurden insgesamt 710.000 Wärmeerzeuger in Deutschland verkauft, vier Prozent mehr als im Vorjahr. Angesichts dieses großen Markts hat die Bundesregierung reagiert und fördert den Einbau moderner Heiztechnik, seien es Gas-, Holz- oder Pelletkessel, Wärmepumpen oder Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK) – und jetzt auch Brennstoffzellen. Grundsätzlich gilt hierbei, dass die Fördersumme, mit der der Staat den Umbau unterstützt, desto größer ist, je höher die Energieeinsparung liegt. Der richtige Ansprechpartner für die zahlreichen bereits aufgelegten Förderprogramme ist die Bundesanstalt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Selbst das angeratene erste Informationsgespräch beim lokalen Energieberater wird von ihr bezuschusst.



**MINI-KWK-ZUSCHUSS** Grundsätzlich sind Brennstoffzellenheizgeräte mehrfach förderfähig: Zunächst bekommen Käufer von KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung bis 20 kW einen einmaligen Investitionszuschuss. Speziell für Brennstoffzellen wurde nun aber das KfW-Programm Nr. 433 konzipiert (s. S. 9), das allerdings nicht mit oben genanntem Zuschuss kumulierbar ist, so dass sich die Kunden fortan für den neuen „Zuschuss Brennstoffzelle“ entscheiden sollten.

Der bisherige Mini-KWK-Zuschuss ist jedoch nach wie vor geeignet für Anlagen, die keine Förderung über Programm Nr. 433 bekommen. Dieser Investitionszuschuss liegt je nach elektrischer Leistung der Anlage zwischen 1.900 und 3.500 Euro (s. Tab. 1). Diese Basisförderung wird als Festbetrag durch einen nicht rückzahlbaren Zuschuss gewährt. Hinzu kommt bei Heizgeräten, die über einen Brennwertwärmetauscher verfügen und die hydraulisch abgeglichen werden, eine Bonusförderung für „Wärmeeffizienz“, die 25 % der jeweiligen Basisförderung beträgt. Anlagen wie die Brennstoffzelle, die darüber hinaus über einen besonders hohen elektrischen Wirkungsgrad verfügen, erhalten zusätzlich noch einen Bonus für „Stromeffizienz“, der 60 % der Basisförderung beträgt. Dies summiert sich bei 1-kW-Modulen auf 3.515 Euro, die vom Kaufpreis abgezogen werden können.

Zunächst einmal müssen aber alle Geräte, für die ein Zuschuss beantragt werden soll, in der „BAFA-Liste für förderfähige KWK-Anlagen bis einschließlich 20 $kW_{el}$“ verzeichnet sein. Außerdem muss ein Förderantrag hierfür stets vor dem Beginn des Vorhabens gestellt werden.

**KWKG 2016** Außerdem erhalten die Betreiber nach dem „Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung“ (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz, KWKG) vom Netzbetreiber einen Zuschlag für den Strom, der aus ihren KWK-Anlagen in das öffentliche Netz eingespeist wurde. Diese Zahlung ist gänzlich losgelöst vom Mini-KWK-Zuschuss und als einziges Förderinstrument kombinierbar mit dem KfW-Programm „Zuschuss Brennstoffzelle“.

Tab. 1: Basisfördersätze seit dem 1. Januar 2015

| Leistung [$kW_{el}$] | Förderbetrag je $kW_{el}$ |
|---|---|
| 0 ≤ 1 | 1.900 € |
| 1 ≤ 4 | 300 € |
| 4 ≤ 10 | 100 € |
| 10 ≤ 20 | 10 € |

Tab. 2: Fördervoraussetzungen für die Bonusförderung „Stromeffizienz“

| Leistung [$kW_{el}$] | elektr. Wirkungsgrad bei Nennleistung |
|---|---|
| 0 ≤ 1 | > 31 % |
| 1 ≤ 4 | > 31 % |
| 4 ≤ 10 | > 33 % |
| 10 ≤ 20 | > 35 % |

Am 1. Januar 2016 ist die Novelle des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes in Kraft getreten. Damit besteht gemäß § 6 Abs. 3 Nr. 2 ein Anspruch auf Zahlung eines Zuschlags für Strom aus modernisierten KWK-Anlagen (< 50 kW), wenn die Effizienz der Anlage merklich verbessert wurde. Solch ein KWK-Zuschlag wird gezahlt, wenn der Strom selbst verbraucht wird, oder bei Einspeisung ins Netz – allerdings nur bis zu 60.000 Vollbenutzungsstunden. Der Unterschied hierbei ist, dass der Eigenverbrauch mit vier Cent und die Einspeisung mit acht Cent pro Kilowattstunde honoriert wird.

Wer seinen Strom abgibt, bekommt zudem eine Einspeisevergütung, die sich an marktüblichen Handelspreisen an der Leipziger Strombörse orientiert. Wer zum Beispiel mit seinem Brennstoffzellenheizgerät 7.500 Kilowattstunden Strom im Jahr produziert und zwei Drittel davon selbst verbraucht, erhält über den KWK-Zuschlag 400 Euro vom Staat sowie die Einspeisevergütung, die in diesem Fall zusätzlich etwa 100 Euro beträgt.

Die neuen Regelungen standen allerdings zuletzt noch unter dem Vorbehalt der beihilferechtlichen Genehmigung der EU-Kommission. Somit konnte das BAFA zwar bislang Anträge entgegennehmen, aber bis zur Bekanntgabe der EU-Genehmigung noch keine Vor- und Zulassungsbescheide für KWK-Anlagen erteilen, wenn diese nach dem 1. Januar 2016 in Betrieb genommen wurden.

**ENEV 2016** Darüber hinaus gibt es noch weitere Gründe, BZ-Heizgeräte für die Energieversorgung in Erwägung zu ziehen: So sind Bauherren gemäß der neuen Energieeinsparverordnung (EnEV) dazu verpflichtet, ein neues Wohnhaus energieeffizient zu bauen, was auch mit dem Bauantrag überprüft wird. Als Messlatte für die Energieeffizienz begrenzt die EnEV 2016 die Kenngrößen des Jahresprimärenergiebedarfs sowie des Wärmeverlusts der Gebäudehülle. Im Jahr 2016 wurden die Anforderungen an den Jahresprimärenergiebedarf um 25 % verschärft.

[Quelle: ASUE]

Der Primärenergiebedarf eines Hauses mit einer Wohnfläche von beispielsweise 150 m² darf fortan höchstens 66 kWh/m² betragen. Dieser Wert ist unter anderem mit einer Solarthermieanlage für die Warmwasseraufbereitung sowie einer Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung erreichbar, oder aber mit einer Gaswärmepumpe nebst Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung. Um jedoch den Standard für ein KfW-Effizienzhaus-55 einzuhalten, müsste jetzt eine effizientere Technik gewählt werden, beispielsweise eine Brennstoffzelle nebst Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (48 kWh/m²).

Die Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (ASUE), die sich für den Einsatz effizienter Erdgastechnik einsetzt, rechnete vor, dass sich bereits ohne Förderung diese Investitionen lohnten, da nicht nur die Anschaffungskosten, sondern auch die Verbrauchs- und Betriebskosten eine wichtige Rolle spielen. Nach ASUE-Berechnungen liegen diese bei einer Brennstoffzelle am niedrigsten (s. Grafik), während bislang die Investitionskosten noch recht hoch waren, über das neue Förderprogramm jedoch merklich reduziert werden. ||

### SOLIDPOWER BESCHRÄNKT SICH

Die Vermarktung des BZ-Heizgeräts *EnGen-2500* wurde von dem italienischen Hersteller SOLIDpower zunächst hintenangestellt. Nach der Übernahme von Ceramic Fuel Cells konzentriert sich SOLIDpower-Geschäftsführer Guido Gummert vorerst auf die weitere Vermarktung des *BlueGEN*, weshalb auch die IBZ das 2,5-kW-Gerät der Italiener aus ihrer Geräteübersicht herausgenommen hat.

### ELCORE TRITT AUS IBZ AUS

Die Elcore GmbH trat im Sommer 2016 überraschend aus der Initiative Brennstoffzelle aus. Wie es hieß, wolle sich das Unternehmen umorientieren, eine „neue strategische Ausrichtung ausprobieren" und „neue Kooperationen suchen". In der IBZ sind damit jetzt keine reinen BZ-Hersteller mehr vertreten, sondern nur noch traditionelle Heizgeräteproduzenten.

### INHOUSE5000+ OHNE FÖRDERUNG

Nicht so präsent in der öffentlichen Wahrnehmung ist nach wie vor die *inhouse5000+* von der Riesaer Brennstoffzellentechnik GmbH (RBZ). Das im sächsischen Glaubitz entwickelte Aggregat ist mit seinen 5 $kW_{el}$ (brutto) insbesondere für Mehrfamilienhäuser oder Gewerbebetriebe konzipiert worden und liegt bezogen auf die Leistung deutlich über den anderen Systemen. Dementsprechend hoch ist der Preis (ca. 60.000 Euro), wobei es derzeit nicht förderfähig ist. Die ehemalige RBZ-Geschäftsführerin Dr. Katrin Grosser, die Anfang des Jahres das Unternehmen verließ, hatte unlängst erklärt: „Nach unserem Wissen fertigen wir derzeit das weltweit einzige BZ-System mit 5.000 W elektrischer und 7.500 W thermischer Leistung." Neuer Geschäftsführer ist seit Februar Christoph Hildebrandt.

### JAPAN PLANT MIT 1,4 MIO. HEIZGERÄTEN

In Japan wurden bislang infolge einer offensiven Förderpolitik über 150.000 stationäre Brennstoffzellen installiert. Das Ziel der dortigen Regierung lautet, bis zum Jahr 2020 rund 1,4 Mio. Geräte auf dem Markt zu haben. In Deutschland möchte die Initiative Brennstoffzelle bis dahin 175.000 Exemplare vorweisen.

HYDROGENICS
SHIFT POWER | ENERGIZE YOUR WORLD
Hydrogenics is a leader in hydrogen technology
HYDROGEN FUELING
HYDROGEN FUEL CELL MOBILITY
HYDROGEN POWER TO GAS
HYDROGEN BACK UP
We're Ready.
www.hydrogenics.com
solutions@hydrogenics.com

# ÜBERSICHT DER IM DEUTSCHSPRACHIGEN RAUM

| HERSTELLER | BUDERUS | ELCORE | HEXIS | INHOUSE ENGINEERING |
|---|---|---|---|---|
| BZ-TYP | SOFC | HT-PEM | SOFC | NT-PEM |
| MODELLBEZEICHNUNG | Logapower FC10 | Elcore 2400 Max | Galileo 1000 N | inhouse5000+ |
| LEISTUNG ($_{EL}$/$_{TH}$) | 0,7/0,62 kW | 0,3/0,7 kW | 1,0/1,8 kW | 4,2/7,5 kW |
| THERMISCHE LEISTUNG DES ZUSATZBRENNERS | 7,3-24 kW (Minimum: 0,2 $kW_{th}$) | 2,8-20 kW individuell wählbar | 7-21 kW | extern, individuell wählbar |
| SPEICHER | Warmwasser-speicher 75 l, Pufferspeicher 140 l | Kombi-Schichten-pufferspeicher 550 l | extern, individuell wählbar | extern, individuell wählbar |
| ELEKTRISCHER WIRKUNGSGRAD | 46 % | 32 % | 30 – 35 % | 28 – 34 % |
| GESAMTWIRKUNGS-GRAD | 85 % | 104 % | 95 % | 85 – 92 % |
| ENERGIEEFFIZIENZ-KLASSE | A++ | A++ | A++ | ? |
| ABMESSUNGEN IN MM (B x T x H) | 1200 x 600 x 1800 | 600 x 550 x 1050 | 620 x 580 x 1650 | 740 x 1159 x 1500 |
| GEWICHT IN KG | Modulgewicht: 112 Gesamtsystem: 304 | 115 | 210 | ca. 380 |
| FELDTESTS, KOOPERATIONEN, DEMONSTRATIONS-PROJEKTE | ene.field (EU) | ene.field (EU ), verschiedene Part-ner aus der Energie-wirtschaft und dem Hausbau | Callux (DE), Pharos (CH), ene.field (EU) | ene.field (EU) |
| MARKTEINFÜHRUNG | 3. Quartal 2016 | 2014 | Ende 2013 | 2017 |
| EINSATZGEBIET | Ein- und Zwei-familienhaus | Einfamilienhaus | Ein- und Zwei-familienhaus | Mehrfamilienhaus, Kleingewerbe |
| PREIS | 25.500 € zzgl. MwSt. | 19.500 - 25.000 € zzgl. MwSt. inkl. Montage | 19.000 € zzgl. MwSt. | ca. 60.000 € |

Quellen: Initiative Brennstoffzelle, Eigenrecherche

# ERHÄLTLICHEN BZ-HEIZGERÄTE

| JUNKERS | SENERTEC | SOLIDPOWER | VAILLANT | VIESSMANN |
|---|---|---|---|---|
| SOFC | NT-PEM | SOFC | SOFC | NT-PEM |
| Cerapower FC10 | Dachs InnoGen | BlueGEN | xellPOWER | Vitovalor 300-P |
| 0,7/0,62 kW | 0,7/0,95 kW | 1,5/0,61 kW | 0,7/1,3 kW | 0,75/1 kW |
| 7,3-21,8 kW (Minimum: 0,2 $kW_{th}$) | 5,2-21,8 kW | extern, individuell wählbar | 5,8-27 kW | 5,5-19 kW |
| Warmwasser-speicher 75 l, Pufferspeicher 140 l | Pufferspeicher 300 l | extern, individuell wählbar | extern, individuell wählbar | Warmwasser-speicher 46 l, Pufferspeicher 170 l |
| 46 % | 37,7 % (Volllast) | bis zu 60 % | 33 % | 37 % |
| 85 % | 90 % | bis zu 85 % | 93 % | 90 % |
| A++ | A++ | A+ | A++ | A++ |
| 1200 x 600 x 1800 | BZ-Modul: 453 x 728 x 1054 Gesamtsys.: 1250 x 1060 x 1800 | 600 x 660 x 1100 | 599 x 693 x 1640 | 1085 x 595 x 1998 |
| Modulgewicht: 112 Gesamtsystem: 304 | Gesamtsystem: 355 | ca. 200 | 150 | Modulgewicht: 125 Gesamtsystem: 290 |
| ene.field (EU) | Callux (DE), ene.field (EU), eigene Feldtests mit Energieversorgern | verschiedene Kunden z. B. aus der Energie-wirtschaft, Koope-ration mit Gas- und Wärme-Institut Essen (InnovationCity Ruhr) und Gasversorgern | Feldtest in Callux (DE), Kleinserie in ene.field (EU) | Januar 2013 Pretest; Juli 2013 bis März 2014 großer Feldtest |
| 3. Quartal 2016 | Juni 2016 | 2012 | Ende 2016 | April 2014 |
| Ein- und Zwei-familienhaus | Ein- und Zwei-familienhaus | Privat- und Gewerbekunden | Ein- und Zwei-familienhaus | Ein- und Zwei-familienhaus |
| 25.500 € zzgl. MwSt. | 20.000 € zzgl. MwSt. | 25.000 - 30.000 € zzgl. MwSt. | ? | 19.500 € zzgl. MwSt. |

# BZ-HEIZGERÄTE EROBERN PRIVATE IMMOBILIEN

## *Kooperation von E.ON und Viessmann*

Abb. 1: Die neue Energiezentrale von Frank Oesinghaus in Bad Malente – Vitovalor 300-P

Abb. 2: Mehr als nur ein nettes Feature: Eine Viessmann App bringt die Betriebsdaten der BZH auf das Smartphone

**Die Brennstoffzellentechnologie wird nun auch für private Anwender im Ein- und Zweifamilienhaus interessant. In Fachkreisen stand das enorme Potenzial dieser dezentralen Energielösung für die Wärme- und Stromerzeugung vor Ort nie in Frage. Doch die Entwicklung kompakter, stromerzeugender Heizungen ist anspruchsvoll und hat länger gedauert als von vielen Experten vorausgesagt.**

Den Weg zur Marktreife hat E.ON als Mitglied der NOW sowie der Initiative Brennstoffzelle (IBZ) über lange Zeit bis hin zur Erprobungsphase als Partner der Hersteller unterstützt. Als erster Hersteller in Europa hatte Viessmann vor zwei Jahren das BZ-Heizgerät (BZH) *Vitovalor 300-P* entwickelt. Um die Einführung in den deutschen Markt zu fördern, hatten E.ON und Viessmann die Finanzierung von vier BZH für private Haushalte übernommen und zu einer bundesweiten Verlosung für Privatkunden aufgerufen. Einer der Gewinner war Familie Oesinghaus in Bad Malente in Ostholstein, wo die neue Heizung im Frühjahr installiert wurde und in Betrieb ging.

Das liebevoll renovierte Zweifamilienhaus mit Garten und zwei integrierten Ferienwohnungen lässt auf den ersten Blick nicht vermuten, dass hier ein Stück Energiezukunft stattfindet. Denn Eigentümerin Monika Oesinghaus hat sich der dezentralen Energieerzeugung verschrieben und produziert ab sofort mit einer BZ-Heizung neben Wärme und Warmwasser für ihr Zuhause und die zwei Ferienwohnungen auch ihren eigenen Strom. Und das völlig unabhängig davon, ob gerade die Sonne scheint oder der Wind weht.

Für Familie Oesinghaus wurde es im Rahmen der Sanierung und des Ausbaus ihrer Immobilie notwendig, die alte Brennwerttherme zu ersetzen. „Im Zuge des Umbaus haben wir nach einer modernen Energielösung gesucht, und ich bin dabei im Internet auf das Gewinnspiel von E.ON aufmerksam geworden“, so Frank Oesinghaus. Nachdem die Familie die Nachricht über den Gewinn von E.ON erreicht hatte, war die Freude groß und Monika Oesinghaus beauftragte den SHK-Betrieb Weber Haustechnik aus Neumünster mit dem Einbau der Anlage.

„Die eigene Nutzung bzw. Einspeisung des in der Brennstoffzelle produzierten Stroms ist komplex, aber auch spannend. Wir sind total happy, wie das alles geklappt hat, und stolz, jetzt so eine moderne Anlage betreiben zu können“, so Frank Oesinghaus. Es gehöre aber heute schon noch ein Stück Technikbegeisterung dazu, um sich auf diesem Weg beinahe autark zu machen.

Die Online-Anbindung der BZH, die neben der Fernwartung auch Echtzeitdaten für die Viessmann-App auf dem Smartphone ermöglicht, ist ein Vorgeschmack auf eine immer stärker dezentrale und digitale Energiezukunft.

Viessmann hatte die *Vitovalor 300-P* ein Jahr zuvor auf der Münchner Messe BAU 2015 präsentiert. Dort wurde auch die Kooperation mit E.ON besiegelt. Dazu Dr. Uwe Kolks, Geschäftsführer E.ON Energie Deutschland: „Wir haben die Entwicklung der Technologie über viele Jahre begleitet und beispielsweise Brennstoffzellen auf unseren Prüfständen getestet. Nun stehen die ersten Anlagen beim Kunden, und aus aus Erdgas reformiertem Wasserstoff wird Strom und Wärme bei einem Wirkungsgrad von rund 90 Prozent erzeugt. E.ON sieht sich als innovativer Lösungsanbieter, der fortschrittliche Technik auch finanziell unterstützt“, so Kolks weiter. ||

VITOVALOR 300-P VON VIESSMANN

- Brennstoffzellenheizgerät auf Erdgasbasis
- Entwicklung mit Partner Panasonic
- Modul im japanischen Markt bereits mehr als 80.000 Mal installiert
- Leistung: 750 Watt elektrisch, 1 bis 20 kW thermisch
- Integriert: 170-Liter-Heizwasser-Pufferspeicher und Warmwasserspeicher mit Ladesystem (46 l)
- Ein-/Zweifamilienhaus, Neubau mit geringem Wärmebedarf
- Stromerzeugung max. 15 kWh pro Tag
- Wasserstoff-Erzeugung aus Erdgas
- Viessmann-App *ViCare* zur Fernsteuerbarkeit

Bei Familie Oesinghaus zu Hause: www.eon.de/brennstoffzelle

Autor: E.ON Energie Deutschland GmbH

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

# PARADIGMENWECHSEL IM EEG 2017

## *BMWi startet „nächste Phase der Energiewende“*

Wirtschaftsminister Gabriel sprach von der „größten Reform des Strommarktes seit der Liberalisierung in den 90er-Jahren“ [Quelle: Bundesrat, Frank Bräuer]

**Am 8. Juli 2016 haben der Bundestag und der Bundesrat die EEG-Novelle 2017 verabschiedet. Die grundlegende Neuerung darin ist, dass „ab 2017 die Vergütungshöhe des erneuerbaren Stroms nicht wie bisher staatlich festgelegt, sondern durch Ausschreibungen am Markt ermittelt wird“, teilte das Bundeswirtschaftsministerium mit. Während sowohl die Opposition als auch etliche Umweltverbände das EEG 2017 kritisierten, bezeichnete das BMWi es als den „Start in die nächste Phase der Energiewende“. Erneuerbare Energien seien bereits erwachsen und somit fit genug, sich dem Wettbewerb zu stellen, so heißt es. Das Ziel sei, den EE-Anteil am Stromverbrauch, der heute bei 33 Prozent liegt, bis zum Jahr 2025 auf 45 Prozent zu steigern, wobei kleine Anlagen (< 750 kW) von den Ausschreibungen ausdrücklich ausgenommen sind.**

Von Kritikerseite hieß es demgegenüber mehrfach, nach dem Niedergang der Photovoltaikbranche in Deutschland werde nun auch die Windkraftbranche abgewürgt. Peter Knitsch, Staatssekretär des Umweltministeriums in Nordrhein-Westfalen, formulierte das so: „Die von der Bundesregierung eingeleitete Vollbremsung ist ein Fehler, wobei während der Konferenz von Paris gegenteilige Ziele gesetzt wurden.“

Dr. Robert Habeck, Energieminister von Schleswig-Holstein, bemängelte am Tag der Verabschiedung im Bundesrat, dass die vorgelegten Maßnahmen „nicht ausreichen“, da insbesondere die Verknüpfung des Ökostromsektors mit den Bereichen Mobilität und chemische Industrie versäumt worden sei. Gabriel entgegnete dem jedoch, dass die Sektorkopplung als nächstes Thema auf der Tagesordnung stehe.

**KEINE LETZTVERBRAUCHERABGABE** Power-to-Gas wird in der Novelle zwar nicht explizit erwähnt, sehr wohl aber Power-to-Heat, so dass über ein Hintertürchen auch PtG-Anlagen von der neuen Gesetzgebung profitieren könnten. Und zwar soll der derzeitige Netzengpass in Deutschland unter anderem durch die Besserstellung der Kraft-Wärme-Kopplung verringert werden, indem bis zu zwei Gigawatt an zuschaltbaren Lasten in dem noch zu definierenden Ausbaugebiet finanziell entlastet werden sollen. So soll die Nachrüstung bestehender KWK-Anlagen (> 500 kW) mit elektrischen Wärmeerzeugern unterstützt werden. Davon wird ein zweifach positiver Effekt erwartet: Erstens ziehen diese Tauchsieder Strom und zweitens produzieren die KWK-Anlagen vor Ort keine elektrische Energie mehr. Auf diese Weise werden die Übertragungsnetze entlastet, ohne dass eine Lücke in der Wärmeversorgung entsteht.

Zudem wurde festgelegt, dass technologieoffen auch andere Anlagen von der Neuregelung profitieren können, wenn die 2-GW-Marke allein über Power-to-Heat nicht erreicht werden sollte. In diesem Fall könnten zum Beispiel auch Power-to-Gas-Anlagen herangezogen werden, was jedoch noch über eine entsprechende Verordnung geregelt werden müsste. Bis zum Herbst 2016 soll klar sein, ob die anvisierten 2 GW tatsächlich über derartige Power-to-Heat-Anlagen bereitgestellt werden können.

Wesentlicher Aspekt dabei ist: Die Netzentgelte, Umlagen, Abgaben und Steuern, die bislang bei Letztverbrauchern fällig wurden, werden in diesem Fall erstattet. Somit wird der Strom, der von diesen elektrischen Wärmeerzeugern oder aber eventuell von PtG-Anlagen produziert wird, nicht länger finanziell benachteiligt. Dr. Bernd Pitschak, Geschäftsführer von Hydrogenics, erklärte dazu: „Aus unserer Sicht ist eine Elektrolyse kein Letztverbraucher, sondern eine Produktionsanlage, die einen Stoff produziert, der dann wiederum veräußert wird und irgendwann zum Endkunden kommt. Das kann eine Wasserstofftankstelle oder ein chemischer Abnehmer sein.“ ||

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

# GRÜNER WASSERSTOFF AUS MITTELDEUTSCHLAND

## *Umfangreiche Fördermöglichkeiten bis 2020*

Abb. 1: Preisverleihung [Quelle: Metropolregion Mitteldeutschland]

**HYPOS hat sich in den vergangenen Jahren erfolgreich von einer ersten Idee zu einem großen Konsortium mit zahlreichen Einzelprojekten entwickelt. Während vor zehn Jahren noch kaum einer wusste, dass in Mitteldeutschland derart viel Wasserstoff-Know-how versammelt ist, verfügt HYPOS mittlerweile über 116 Partner – darunter 75 Unternehmen und 41 Wissenschaftspartner.**



HYPOS steht für *Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany* (s. HZwei-Heft Juli 2013). Das Vorhaben wurde gemeinsam von der Europäischen Metropolregion Mitteldeutschland, dem Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen (IMWS) und dem Cluster Chemie/Kunststoffe Mitteldeutschland initiiert und ist Teil der Initiative *Unternehmen Region*, die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) ins Leben gerufen wurde, um unternehmerische Bündnisse zu stärken.

Der Geschäftsstellensitz von HYPOS e. V. ist Halle, aber die beteiligten Partner kommen nicht nur aus Mitteldeutschland. Institutionen aus Rostock und Freiburg sind ebenfalls mit dabei, auch wenn die meisten in Sachsen-Anhalt und Thüringen sowie in Nordrhein-Westfalen angesiedelt sind. Gemeinsam arbeiten sie daran, die Energiewende entscheidend zu beflügeln und bis 2020 in Ostdeutschland eine Wasserstoff-Modellregion aufzubauen. Das Themenspektrum erstreckt sich dabei von der chemischen Industrie, die nachhaltiger werden soll, bis hin zur Elektromobilität, für die grüner Strom aus erneuerbaren Energien eingesetzt wird.

Gerade erst im Juli 2016 startete beispielsweise das 3 Mio. Euro schwere Projekt *$H_2$-PIMS*. Ziel dieses auf drei Jahre angelegten Vorhabens ist die Entwicklung eines so genannten Pipeline-Integrity-Management-Systems, das zur Weiternutzung der bestehenden Erdgasinfrastruktur mit Wasserstoff herangezogen werden kann. Auf diese Weise soll die Betriebssicherheit von Leitungen zum Transport von wasserstoffreichen Gasen gewährleisten werden.

Ein zentrales Anliegen bei HYPOS ist die Etablierung eines Versuchsfelds zur Wasserelektrolyse. Die Ausarbeitungen zur Errichtung einer entsprechenden Demonstrationsanlage sind in vollem Gange. Das zweite wichtige Aufgabenfeld ist eine Machbarkeitsbetrachtung für die Umnutzung einer ehemaligen Erdgaskaverne am Standort Bad Lauchstädt für die Wasserstoffspeicherung in Sachsen-Anhalt.

ZWANZIG20
HYPOS ist Teil des Programms *Zwanzig20 – Partnerschaft* für Innovation, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung mit bis zu 45 Mio. Euro gefördert wird und neue Impulse für „grenzüberschreitende" Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zwischen den alten sowie den neuen Bundesländern geben soll.

**ERPROBUNG ALLER ELEKTROLYSE-TECHNIKEN** Darüber hinaus werden aber auch verschiedene weitere Konzepte erprobt, um eine umfassende Nutzung von Strom aus Wind und Sonne zur wirtschaftlichen Erzeugung von Wasserstoff via Elektrolyse in großtechnischem Maßstab realisieren zu können. So soll beispielsweise im Frühjahr 2017 ein neues Projekt von AREVA $H_2$Gen starten, bei dem ein kosten- und leistungseffizientes 2-MW-System zur Wasserstofferzeugung mittels Polymer-Elektrolyt-Membran-Elektrolyse entwickelt werden soll. Im Rahmen dieses 14,2 Mio. Euro schweren *MegaLyseur*-Projekts soll eine Pilotanlage in Leuna errichtet werden (mehr Details folgen im HZwei Januar-Heft).

Neben der PEM-Elektrolyse werden auch andere Elektrolyseverfahren erforscht: Die Kumatec Sondermaschinenbau & Kunststoffverarbeitung GmbH will beispielsweise die eigentlich als technisch ausgereift geltende alkalische Elektrolyse auf ein neues Niveau heben. Für die Entwicklung eines Druckelektrolyseurs, der über einen Ausgangsdruck von bis zu 100 bar verfügt, erhielt die thüringische Firma im Juni 2016 den mit 15.000 Euro dotierten *IQ Innovationspreis Mitteldeutschland* (s. Abb. 1). Die vergleichsweise effizient arbeitenden Aggregate könnten insbesondere für Kliniken interessant werden, da sich der bei der Elektrolyse gewonnene Sauerstoff relativ einfach in Ozon umwandeln lässt. Kumatec-Geschäftsführer Dr. Joachim Löffler geht davon aus, dass dadurch relativ zügig ein wirtschaftlicher Betrieb möglich ist. Zunächst konzentriert sich das Unternehmen aus Neuhaus-Schierschnitz zusammen mit seinen sieben Projektpartnern aus Thüringen, Sachsen-Anhalt und Hessen aber auf kommunale Kläranlagen.

Die dritte Technologie ist die Hochtemperatur-Elektrolyse, die bei der sunfire GmbH erprobt wird (s. HZwei-Heft Jan. 2015). Zentrales Forschungsziel bei diesen Vorhaben ist die Kostenreduktion. Durch die Erschließung technologiebezogener Kosten-

HYPOS-FORUM
Das 2. HYPOS-Forum findet am 8. und 9. November 2016 im Städtischen Kulturhaus Bitterfeld-Wolfen statt. Die Veranstaltung, zu der rund 150 Gäste erwartet werden, ist Teil der wissenschaftlichen Vortragsreihe des Vereins und informiert über den aktuellen Stand der Projekte sowie die vielfältigen Einsatzpotenziale rund um „grünen Wasserstoff".

senkungspotenziale (z. B. durch Technologiesprünge und Skaleneffekte) soll es gelingen, diese Form der Energietransformation und -speicherung wirtschaftlich tragfähig zu etablieren. Zudem sollen zentrale Lösungen sinnvoll mit dezentralen Lösungen verknüpft werden, um Stromnetze und Wasserstoffversorgung in der Fläche entlasten zu können.

Christoph Mühlhaus, Mitglied des achtköpfigen HYPOS-Vorstands und Sprecher des Clusters Chemie/Kunststoffe Mitteldeutschland, erklärte: „Grüner Wasserstoff bietet der mitteldeutschen Chemieindustrie die langfristige Chance, die einseitige Rohstoffabhängigkeit von Öl und Gas aufzulösen." In seiner Planung geht er aber noch deutlich weiter: „Während wir mit HYPOS bis 2019 zeigen werden, dass die Wirtschaftlichkeit von grünem Wasserstoff grundsätzlich machbar ist, wollen wir ab 2020 mit dem Kopernikus-Großprojekt ‚Power-to-X' die erste Großanlage zur Wasserelektrolyse mit einer Großkaverne zur Wasserstoffspeicherung kombinieren."

Die größten Standortvorteile von Mitteldeutschland seien dabei die gute Infrastruktur rund um das Chemiedreieck Halle (Saale) – Merseburg – Bitterfeld sowie die langjährigen Erfahrungen, die die gesamte Wertschöpfungskette von grünem Wasserstoff abbilden: von der Erzeugung über Transport und Speicherung bis zur Verwertung.

**GELD IST VORHANDEN** In der ersten Projektphase hatte der HYPOS-Beirat Anfang 2015 insgesamt zehn Projekte empfohlen. Das erste, das einen Förderbescheid vom BMBF erhielt, war *Local Hy.* Anfang 2016 erhielten zwei weitere Projekte die Förderzusage: *Fragrances* kümmert sich unter der Leitung der Miltitz Aromatics GmbH um ein kostengünstiges und umweltfreundliches Verfahren zur Erzeugung von Synthesegas aus „grünem" Wasserstoff und biogenem Kohlendioxid. Bei *H2-MEM* steht die Entwicklung von Kohlenstoffmembranen zur Trennung von Erdgas und Wasserstoff in gemeinsam genutzten Netzen im Mittelpunkt.

Im Rahmen einer zweiten Projektwelle wurden Anfang 2016 acht weitere Vorhaben mit einem Gesamtvolumen von 28,7 Mio. Euro durch den HYPOS-Beirat zur Förderung empfohlen. Eine eigentlich bis Mitte dieses Jahres erwartete Rückmeldung steht allerdings noch aus. Im Mai 2016 startete indes eine dritte Projektwelle, für die bis September 2016 neue Projektskizzen eingereicht werden konnten.

Solange es in die Strategie passt, können Vorhaben über HYPOS noch bis zum 31. Dezember 2019 gefördert werden. Dr. Bernd Schumann vom Projektträger Jülich signalisierte gegenüber *HZwei,* Geld sei ausreichend vorhanden. ||

→ www.hypos-eastgermany.de



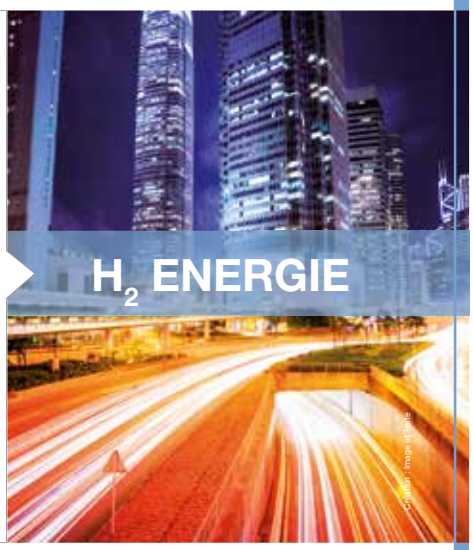
AREVA H2Gen
We make it happen

SICHER
ZUVERLÄSSIG

PEM Elektrolyseure für Ihre Energie
• Modular, bis zu Multi MW Systeme

Lösungen aus einer Hand
• Projekt Engineering
• Ganzheitliches Projektmanagement

SAUBER
EINFACH




www.arevah2gen.com

WORLD OF ENERGY SOLUTIONS
October 10 – 12, 2016
Stand 2D 16
Besuchen Sie uns ! Wir freuen uns auf interessante Gespräche mit Ihnen !

AREVA

**Thema:** Energiespeicherung | **Autoren:** Oliver Ehret, Gert Müller-Syring, Marco Henel, Anja Wehling, Martin Weiße

# WIRTSCHAFTLICHKEIT NACHGEWIESEN

## *Metastudie zu Potenzialen von Wasserstoff*

**Wasserstoff, der auf Basis erneuerbarer Energien hergestellt wurde, hat zuletzt erheblich an Bedeutung gewonnen – und das in gleich mehreren Wirtschaftssektoren. In der Automobil- und Kraftstoffbranche wird erneuerbarer Wasserstoff primär als Kraftstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge betrachtet, während für die Erdgasindustrie die Einspeisung ins Erdgasnetz eine zentrale Anwendungsoption darstellt. Die verschiedenen Branchen verfolgen somit unterschiedliche technologische und wirtschaftliche Strategien, die bislang noch nicht vergleichend und im Hinblick auf mögliche gemeinschaftliche Verwertungsperspektiven untersucht worden sind. Daher entschlossen sich die Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW GmbH) und der Deutsche Verein des Gas- und Wassersfaches (DVGW), gemeinschaftlich eine Untersuchung zur parallelen Nutzung von Wasserstoff als Kraftstoff und zur Einspeisung von Wasserstoff ins Erdgasnetz zu beauftragen.**

Die „Metastudie zur Untersuchung der Potenziale von Wasserstoff für die Integration von Verkehrs- und Energiewirtschaft“ führt Ergebnisse der beiden Studien „Integration von Wind-Wasserstoff-Systemen in das Energiesystem“ der NOW [1] und „Entwicklung von modularen Konzepten zur Erzeugung, Speicherung und Einspeisung von Wasserstoff und Methan ins Erdgasnetz“ des DVGW [2] zusammen. Die NOW-Studie untersuchte großmaßstäbliche Wind-Wasserstoff-Systeme und betrachtete die Bereitstellung von Wasserstoff als Kraftstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge sowie den Verkauf von Strom als Regelleistung. Die DVGW-Studie analysierte schwerpunktmäßig die Wasserstoffeinspeisung in das Gasnetz und die anschließende Nutzung als Brennstoff für stationäre Anwendungen. Beide Studien beinhalten umfassende technologische und wirtschaftliche Analysen.

Die Metastudie analysiert und validiert im ersten Teil (1) die zentralen Aussagen der zugrundeliegenden Studien und integriert dann diese in neu konzipierte „Wertschöpfungsketten“ beziehungsweise Herstellungs- und Absatzpfade erneuerbaren Wasserstoffs (2). Die Wertschöpfungsketten gehen deutlich über die auf nur wenige Optionen ausgerichteten Betrachtungen der zugrundeliegenden Studien hinaus und stellen den zentralen Beitrag der Metastudie dar. Vor allem werden durch die Kombination verschiedener Wertschöpfungsketten Synergiepotenziale ermittelt und quantifiziert, was bislang weder durch die zugrundeliegenden, noch durch andere Untersuchungen geleistet worden war. Die Metastudie analysiert außerdem die von den zugrundeliegenden Studien festgestellten Forschungs- und Entwicklungsbedarfe und gleicht diese mit laufenden oder abgeschlossenen FuE-Projekten ab (3). Auf Basis dessen werden Ideen zur Ausgestaltung zukünftiger Demonstrationsprojekte entwickelt (4).

**VERGLEICH ZWEIER STUDIEN** Der Vergleich (1) analysiert die in beiden zugrundeliegenden Studien untersuchten technologischen Komponenten, die mit der Wasserstoffbereitstellung verbundenen Investitions- und Betriebskosten sowie die an den verschiedenen Absatzmärkten erzielbaren Preise. Grundsätzlich sind die Herstellungs- und Absatzpfade durchaus unterschiedlich und beinhalten deutlich voneinander abweichende Anlagenkonzepte. Beispielsweise untersuchte die DVGW-Studie mehrere Power-to-Gas-Anlagen mit einer Elektrolyseleistung bis maximal 144 $MW_{el}$, wohingegen die NOW-Studie nur ein Wind-Wasserstoff-System mit 500 $MW_{el}$ Leistung detailliert betrachtete. Auch untersuchten beide Studien eine Vielzahl – nur teilweise miteinander kompatibler – technologischer und wirtschaftlicher Varianten. Nichtsdestotrotz ergibt der Studienvergleich insgesamt eine erhebliche Übereinstimmung der technologie-, kosten- und preisbezogenen Ergebnisse. Zum Beispiel liegen die – zentral wichtigen – spezifischen Investitionskosten der Elektrolyseure nahe beieinander. Damit steht eine solide Datenbasis für die Ausgestaltung der Wertschöpfungsketten zur Verfügung.

Im Rahmen der Wertschöpfungskettenanalyse (2) werden zum einen Wertschöpfungsketten in Anlehnung an die Weiterentwicklung der Herstellungs- und Absatzpfade der zugrundeliegenden Studien definiert. Zum anderen werden die im Studienvergleich ermittelten und validierten Größen als Kernelemente der verschiedenen Wertschöpfungsketten integriert. In einem ersten Schritt definiert diese Analyse sogenannte „Einzelmodelle“ als eigenständige Nutzungspfade „Industrie“, „Mobilität“ und „Gasnetz“ etc. und ermittelt Gestehungskosten für Wasserstoff sowie erzielbare Marktpreise. Die Gegenüberstellung von Gestehungskosten und Referenzpreisen von fossilem Wasserstoff beziehungsweise abnahmeseitiger Zahlungsbereitschaft ergibt eine mangelnde Wettbewerbsfähigkeit von erneuerbarem Wasserstoff: So stehen im Einzelmodell „Industrie“ Kosten von 7,54 €/kg$H_2$ einem Referenzwert von 2,13 €/kg$H_2$, im Modell „Mobilität“ Kosten von 11,65 €/kg$H_2$ ei-

ner Referenz von 5,96 €/kg$H_2$ und im Modell „Gasnetz“ Kosten von 20,98 ct/kW$hH_2$ einem Referenzwert von 3 bis 4 ct/kW$h_{Erdgas}$ gegenüber.

Demgegenüber liegt nahe, dass eine kombinierte Verwendung von Anlagen für mehrere Absatzpfade eine Skalierung und bessere Auslastung der technischen Komponenten von Wertschöpfungsketten ermöglicht. Beispielsweise kann die elektrische Leistung und Auslastung der Elektrolyse deutlich erhöht und können Kosten relativ zur Wasserstoffabsatzmenge reduziert werden. Durch die Zusammenführung mehrerer Märkte wächst die Nachfrage nach Wasserstoff. Während Investitionskosten bei Einzelmodellen einen erheblichen Kostenanteil ausmachen, können sie durch Kombination verschiedener Wertschöpfungsketten mittels Verteilung auf mehrere Nutzungspfade relativ zur Absatzmenge deutlich vermindert werden. Zudem ermöglicht ein kombinierter Ansatz eine größere Flexibilität in Betriebsführung und Anlagennutzung, was beispielsweise eine Erhöhung der Volllaststunden der Elektrolyse und damit verbundene Kostensenkungen erleichtert.

Zur Ermittlung und Quantifizierung der Synergiepotenziale erstellt die Wertschöpfungskettenanalyse sogenannte „Kombinationsmodelle“. Kombinationsmodelle führen mehrere Einzelmodelle in verschiedenen Konstellationen zusammen, wobei jeweils eine Wertschöpfungskette im Vordergrund steht und den zentralen Absatzpfad für Wasserstoff definiert, dabei aber von nachgeordneten Wertschöpfungsketten ergänzt wird. So stellt das Kombinationsmodell „Industrie“ hauptsächlich Wasserstoff für chemische Prozesse zur Verfügung, wird aber um die Bereitstellung von Wasserstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge und um die Einspeisung von Wasserstoff ins Erdgasnetz ergänzt. Das Kombinationsmodell „Mobilität“ zielt primär auf den Kraftstoffmarkt, stellt aber auch Wasserstoff als Zumischgas zu Erdgas zur Verfügung. Das Kombinationsmodell „Gasnetz“ dient hauptsächlich der Einspeisung von Wasserstoff, berücksichtigt aber auch die Bereitstellung von Wasserstoff für die Mobilität. Dabei werden hier nur die wichtigsten Kombinationen der Studie aufgezeigt.

**BETRÄCHTLICHE KOSTENSENKUNGSPOTENTIALE** Im Kombinationsmodell „Industrie“ sinken die Wasserstoffgestehungskosten gegenüber dem Einzelmodell um 7 ct auf 7,47 €/kg$H_2$, im Kombinationsmodell „Mobilität“ um 3,60 € auf 8,05 €/kg$H_2$ und im Kombinationsmodell „Gasnetz“ um 1,54 ct auf 19,44 ct/kW$hH_2$. Durch die Zusammenführung verschiedener Wertschöpfungsketten werden im Kombinationsmodell „Mobilität“ eine Kostenreduktion um immerhin 34 Prozent und eine deutliche Annäherung an die Referenz erreicht.

In einer anschließenden Sensitivitätsanalyse werden zusätzliche Kostensenkungspotenziale betrachtet. Die – besonders einflussreiche – Steigerung der Betriebsstunden der Elektrolyse von 2.000 auf 4.000 Volllaststunden ermöglicht im Kombinationsmodell „Industrie“ eine Senkung der Wasserstoffgestehungskosten auf 4,49 €/kg$H_2$ und damit eine Einsparung von 3,05 € gegenüber dem Einzelmodell. Im Kombinationsmodell „Mobilität“ sinken die Kosten auf 4,79 €/kg$H_2$ und damit sogar um 6,86 €; im Kombinationsmodell „Gasnetz“ auf 11,64 ct/kW$hH_2$ und somit um 9,34 ct. Wie der Vergleich mit den jeweiligen Referenzwerten ergibt, werden die im Mobilitätsbereich maximal zulässigen Kosten von 5,96 €/kg$H_2$ erreicht beziehungsweise unterschritten. Es wird gegenüber dem Einzelmodell eine Kostenreduktion von 64 Prozent erzielt. Während in den anderen beiden Kombinationsmodellen die Kostenvorgaben nicht erreicht werden, erfolgt doch eine deutliche Annäherung. Insbesondere im Industriebereich legen zusätzlich zu den Referenzwerten erhobene Angaben relevanter Akteure eine Annäherung an akzeptable Kosten nahe. Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse werden auch die Kostensenkungspotenziale verminderter Strombezugskosten und technologischer Verbesserungen untersucht. Die Kostensenkungspotenziale beider Optionen sind beträchtlich und können die Wirtschaftlichkeit der oben skizzierten Pfade noch deutlich verbessern.

**FUE-BEDARF UND AUSBLICK** In der Metastudie werden auch die in den zugrundeliegenden Studien ermittelten FuE-Bedarfe abgeglichen und punktuell aktualisiert (3). Beispielsweise werden als wichtige Zielsetzungen künftiger elektrolysebezogener FuE die Optimierung des Wirkungsgrads, eine verbesserte Eignung für dynamischen Betrieb sowie eine Reduzierung der spezifischen Investitionskosten genannt. Schließlich werden anhand der Gegenüberstellung von FuE-Bedarfen und bereits realisierter Demonstrationsprojekte Ideen zur Ausgestaltung zukünftiger Projekte entwickelt (4). Angesichts der Vorteilhaftigkeit der Kombination verschiedener Nutzungspfade und der im Zuge der Sensitivitätsanalyse aufgezeigten zusätzlichen Optimierungsmöglichkeiten wird geraten, Demonstrationsprojekte entsprechend besonders vielversprechenden Kombinationsmodellen zu konzipieren und dabei auch weitere Optimierungsmöglichkeiten zu verfolgen. Beispielsweise wird empfohlen, die Aussagen des Kombinationsmodells „Mobilität“ im Rahmen eines Demonstrationsprojektes zu verifizieren und dabei wesentliche FuE-Bedarfe abzuarbeiten. ||



Literatur

[1] Stolzenburg, K., Crotogino, F., u. a., Integration von Wind-Wasserstoff-Systemen in das Energiesystem, NOW-Abschlussbericht, Mär. 2014

[2] Müller-Syring, G., Henel, M., u. a., Entwicklung von modularen Konzepten zur Erzeugung, Speicherung und Einspeisung von Wasserstoff und Methan ins Erdgasnetz, Feb. 2013.

Autoren:
Dr. Oliver Ehret, NOW, → Oliver.Ehret@now-gmbh.de

Gert Müller-Syring, Marco Henel, Anja Wehling,
alle DBI Gas- und Umwelttechnik

Martin Weiße, MW-quadrat

Die Metastudie wurde vom Forschungsinstitut DBI Gas- und Umwelttechnik unter Beteiligung des Planungsbüros MW-quadrat durchgeführt. Sie wurde von NOW und DVGW mit je 20.000 Euro netto finanziert und basiert auf Daten mit Stand Mitte 2015.

→ www.now-gmbh.de

# LINDE BEENDET GESPRÄCHE

Nachdem die Anteilseignervertreter im Aufsichtsrat der Linde AG von einer Fortsetzung der Gespräche mit Praxair, Inc. über einen möglichen Zusammenschluss abgeraten hatten, hat Dr. Wolfgang Büchele, der Vorstandsvorsitzende des Münchener Gaseunternehmens, die vorläufigen Verhandlungen mit den US-Amerikanern Mitte September 2016 abgebrochen. ||

**Thema:** Energiespeicherung | **Autor:** Sönke Tangermann

# MEHR WINDGAS FÜR MEHR KLIMASCHUTZ

## *Kommentar zu Flexibilität und Sektorenkopplung*

**Langzeitspeicher und eine Kopplung der energiewirtschaftlich relevanten Sektoren sind wichtige Voraussetzungen für eine erfolgreiche Energiewende – dies belegen diverse wissenschaftliche Studien. Einen vielversprechenden Lösungsansatz bietet die Windgastechnologie. Doch obwohl Power-to-Gas für Deutschland ein entscheidender Faktor zum Erreichen der Pariser Klimaziele ist, wird es von der Bundesregierung auch im EEG 2017 de facto ignoriert.**

Den Anstieg der Erderwärmung bis 2050 möglichst auf 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau begrenzen – so lautet das ebenso wegweisende wie ambitionierte Ziel des Pariser Weltklimagipfels vom Dezember 2015. Auch die Bundesregierung hat das völkerrechtlich verbindliche Abkommen unterzeichnet. Das ist lobenswert. Doch nun muss sie sich an Taten messen lassen.

Wenn Bundeskanzlerin Merkel, Wirtschaftsminister Gabriel und Umweltministerin Hendricks den globalen Klimapakt wirklich ernst nehmen, muss die Regierung die Energiewende noch einmal drastisch beschleunigen: Nicht wie geplant bis 2050 muss Deutschland seine Wirtschaft klimafreundlich umgebaut haben, belegt die aktuelle „Sektorkopplungsstudie" der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Berlin von Juni 2016. Nicht um 80 bis 95 Prozent, wie bislang von der Bundesregierung angestrebt, müssen wir unsere Treibhausgasemissionen senken, vor allem den Ausstoß von $CO_2$. Eine vollständige Dekarbonisierung sämtlicher Wirtschaftsbereiche müssen wir vielmehr – so erfordern es die Paris-Ziele nach der Analyse der Berliner Wissenschaftler um Professor Volker Quaschning – schon bis zum Jahr 2040 schaffen.



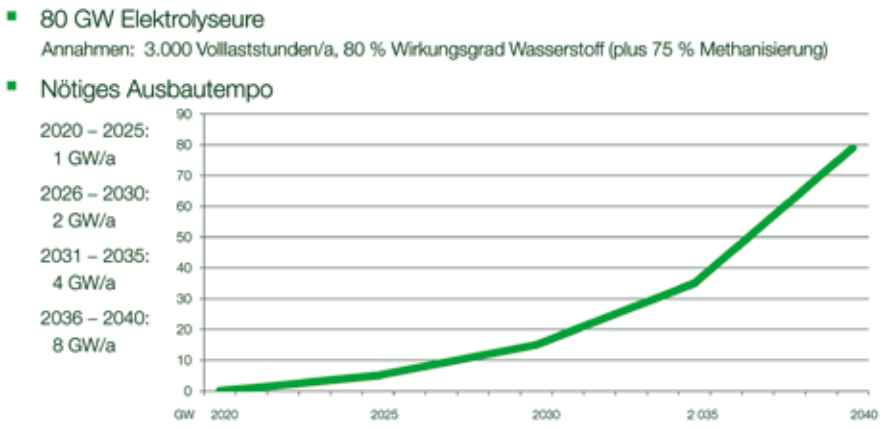



Abb. 1: Mindestbedarf an Windgas-Elektrolyseuren [Quelle: Greenpeace Energy, 2016]

Der dazu notwendige Wandel wird auf viele Widerstände stoßen, aber er ist möglich, wenn wir zügig die Konsequenzen aus Paris ziehen. Neben einer deutlich effizienteren Nutzung von Energie in den Haushalten und in der Wirtschaft haben die Berliner Forscher als zentrale Voraussetzungen für den Erfolg der Energiewende vor allem drei Elemente identifiziert:

1. Ein konsequenter Kohleausstieg bis 2030. Die Bundesregierung verschleppt das Thema jedoch, allen voran das CDU-geführte Kanzleramt und Wirtschaftsminister Gabriel von der SPD.
2. Laut Quaschning muss in Deutschland die Wind- und Solarenergie drei- bis sechsmal schneller ausgebaut werden als derzeit von der Bundesregierung geplant – und dies reicht nur, wenn erhebliche Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz umgesetzt werden. Bis zum Jahr 2040 könnte dann ein Energiebedarf von jährlich 1.320 Terrawattstunden durch erneuerbaren Strom gedeckt werden. Das ist mehr als doppelt so viel, wie heute an Strom verbraucht wird, Kohle- und Atomstrom mit eingerechnet. Dieser deutlich höhere Strombedarf entsteht, weil auch Verkehr, Wärme und Industrie zum Erreichen der Klimaschutzziele in Deutschland von fossilen Energieträgern auf erneuerbaren Strom umschwenken müssen. Mit dem bisher eingeschlagenen Tempo bei der Dekarbonisierung des Energiebedarfs würde dieses Ziel erst um das Jahr 2150 erreicht. Das ist völlig unverantwortlich.
3. Ebenfalls wichtig ist der Ausbau großer Speicherkapazitäten für erneuerbare Energien. Schließlich ist es für eine Industrienation wie Deutschland natürlich von entscheidender Bedeutung, dass auch in einem Stromsystem mit regenerativer Vollversorgung der Energiebedarf jederzeit zuverlässig gedeckt wird – selbst über längere Phasen hinweg, in denen Flaute herrscht und die Sonne hinter Wolken verschwunden ist.

**MINDESTENS 80 GW ELEKTROLYSEURLEISTUNG** Das nötige Speicherpotenzial bietet nur die Windgastechnologie (Power-to-gas). Mit ihr werden aus (idealerweise überschüssigem) Wind- und Solarstrom Wasserstoff und Methan erzeugt. Die im vorhandenen Gasnetz speicherbaren Windgasmengen reichen aus, um die Stromversorgung für bis zu drei Monate zu sichern. Damit wir den von Quaschnings Team ermittelten Energiebedarf durch erneuerbare Speicher absichern können, muss Deutschland bis 2040 eine Elektrolyseurleistung von mindestens 80 Gigawatt aufbauen. Nur so lassen sich die nötigen Wasserstoffmengen erzeugen, wie Berechnungen von Greenpeace Energy zeigen. Für einen wirksamen Klimaschutz müssen wir also ohne Verzögerung damit beginnen, diese Kapazitäten aufzubauen. Die Bundesregierung ignoriert dieses wichtige Thema im neuen EEG 2017 jedoch komplett.

Dabei sind die Voraussetzungen eigentlich günstig: So steigen im Zuge der Energiewende mit dem Ausbau der Erneuerbaren, vor allem von Wind- und Photovoltaikanlagen, auch die Stromüberschüsse stetig an, hat Prof. Michael Sterner von der Ostbayerischen Technischen Hochschule in Regensburg 2015 berechnet – auf bis zu 154 Terrawattstunden im Jahr 2050. Das wären 20 Prozent der deutschen Stromproduktion im Jahr 2012 – eine enorme Menge. Auch wenn im Strom-

bereich statt Windgas zunächst einmal andere, günstigere Flexibilitätsoptionen eingesetzt werden, wäre es volkswirtschaftlicher Unsinn, die dennoch anfallenden Überschüsse nicht für eine umfassende Energiewende zu nutzen. So ist der Auf- und Ausbau von Windgaskapazitäten in jedem Fall eine reuefreie Option.

Mit Windgas ist zudem sowohl der räumliche wie zeitliche Ausgleich von Stromerzeugung und -bedarf möglich. Damit ist auch ein häufig vorgetragenes Argument von Energiewende-Kritikern widerlegt, demzufolge in einem erneuerbaren Stromsystem keine Versorgungssicherheit zu gewährleisten sei.

**WINDGAS ERSPART MILLIARDEN** In der Politik scheint diese Botschaft noch nicht angekommen zu sein. Die Bundesregierung fürchtet offensichtlich, gerade die letzten 20 Prozent erneuerbarer Kraftwerke im Stromsystem würden die Kosten der Energiewende noch einmal drastisch nach oben treiben.

Das Gegenteil ist der Fall, konstatiert eine neue Analyse des Berliner Analyseinstituts Energy Brainpool von Februar 2015: Spätestens ab einem Erneuerbaren-Anteil von rund 75 Prozent (der laut Quaschning zwischen 2025 und 2030 erreicht sein müsste) ist ein Stromsystem mit Windgas günstiger als eines ohne. Ab dann erspart die Windgastechnologie der Volkswirtschaft jährlich wachsende Milliardenbeträge. Und dies bei einer Stromversorgung, die zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energien gedeckt wird. In einem System ohne Windgas hingegen wären maximal 86 Prozent Stromanteil aus Erneuerbaren erreichbar, egal wie viele Windräder oder Solarkollektoren zugebaut würden. Denn bei den wetterbedingt fluktuierenden erneuerbaren Energien sind Produktionslücken unvermeidbar und müssten mit Hilfe fossiler Kraftwerke gefüllt werden – mit entsprechenden $CO_2$-Emissionen.

**APPELL AN DIE POLITIK** Damit die Windgas-Produktionskapazitäten entstehen, die in Zukunft gebraucht werden, müssen Politik und Marktakteure allerdings heute schon handeln. Bislang behindern unfaire Regeln den Durchbruch der Technologie. Und so sind es deshalb nur wenige Anbieter wie die Energiegenossenschaft Greenpeace Energy, die mit *proWindgas* ein funktionierendes Geschäftsmodell entwickelt hat und ihren Kunden durch die Beimischung von Wasserstoff zum Erdgas ein ebenso zukunftsfähiges wie klimafreundliches Produkt anbietet und zugleich die Windgastechnologie fördert.

Inzwischen haben aber auch Stadtwerke, Technologiefirmen und Energiekonzerne das Potenzial der Technik erkannt, und die Deutsche Energie-Agentur dena betreibt ihre Power-to-Gas-Plattform, um Akteure zu vernetzen und die Politik mit Handlungsempfehlungen zu versorgen. So langsam wird das Thema Mainstream. Nun müssen nur noch das Wirtschaftsministerium und das Kanzleramt aufwachen – und den Weg für die Windgastechnologie und damit für eine erfolgreiche Sektorkopplung freimachen.

Das macht auch ökonomisch Sinn: Schließlich werden wegen zu erwartender Effizienzsprünge bei Elektrolyseuren und anderen Wandlungstechnologien sowie sinkender Modulpreise bei einsetzender Serienfertigung zukünftig wohl noch nicht einmal Subventionen für den Windgasausbau fällig. Die zuständigen Ministerien müssen lediglich regulatorische Hindernisse aus dem Weg räumen und faire Marktbedingungen ermöglichen: Noch zahlen Betreiber von zum Beispiel Windgasanlagen selbst für überschüssigen Strom mehr als den Marktpreis. Obwohl sie sowohl positive wie negative Regelenergie bereitstellen könnten, sind sie dabei durch die geltenden Regeln benachteiligt. Auch wird das ökologisch höchst wertvolle Windgas in der Wärmeversorgung im EE-Wärme-Gesetz nicht als „erneuerbar" eingestuft und im Verkehrssektor nicht analog zur Elektromobilität behandelt.

Die längst überfällige Dekarbonisierung aller Wirtschaftsbereiche – von Kanzlerin Angela Merkel beim G7-Gipfel auf Schloss Elmau vollmundig verkündet – wie auch die für Deutschland verpflichtenden Klimaziele von Paris dulden keinen Aufschub mehr. Die Ziele sind klar, die Mittel sind vorhanden. Nun muss die Bundesregierung den Willen beweisen, Deutschland 100 Prozent erneuerbar zu machen – durch Taten. ||

Literatur


- Greenpeace Energy, Bedeutung und Notwendigkeit von Windgas für das Gelingen der Energiewende, Aug. 2015
- Greenpeace Energy, Minimaler Bedarf an langfristiger Flexibilität im Stromsystem bis 2050, Feb. 2016
- Quaschning, V.; Sektorkopplung durch die Energiewende, Jun. 2016

Autor:

Sönke Tangermann
Vorstand der Energie-Genossenschaft
Greenpeace Energy eG, Hamburg

**Thema:** Energiespeicherung | **Autoren:** Michael Brodmann, Ulrich Rost

# HOCHDRUCKELEKTROLYSEUR IN TASCHENBAUWEISE

## *Modulares Konzept für zukünftige PtG-Anwendungen*

**An der Westfälischen Hochschule Gelsenkirchen Bocholt Recklinghausen haben Wissenschaftler des Westfälischen Energieinstituts (WEI) einen PEM-Wasserelektrolyseur in Taschenbauweise entwickelt. Dieser Elektrolyse-Stack beruht auf dem vom WEI vorgeschlagenen Prinzip der hydraulischen Verpressung von Einzelzellen [1] unter Anwendung einer patentierten Systemregelung [2]. Damit ist es möglich, den Hydraulikdruck dem Gasdruck am Ausgang des Systems nachzufahren. Hierdurch kann ein nahezu beliebiges Druckniveau des produzierten Wasserstoffs am Ausgang des Systems erreicht werden. Da das Druckniveau zur notwendigen Verpressung der Einzelzellen im Stack in allen Betriebspunkten regelungstechnisch optimal gehalten werden kann, ist nur die mechanische Stabilität der verwendeten Komponenten zu berücksichtigen.**

Dieser Vorteil soll in zukünftigen Wasserelektrolyse-Anlagen zur direkten Einspeisung von Wasserstoff, welcher insbesondere aus regenerativen Energiequellen generiert wird, in das Erdgas-Pipelinenetz ausgenutzt werden. Auf einen zusätzlichen mechanischen Verdichter kann das neuartige Elektrolyseursystem verzichten. Zum einen resultiert hieraus eine Steigerung des Gesamtwirkungsgrades, zum anderen entfällt eine wartungsanfällige mechanische Komponente, wodurch die Systemkosten reduziert werden können. Die gezeigte Entwicklung ist im Rahmen eines öffentlich geförderten ZIM-Projekts zusammen mit der Firma iGas engineering GmbH aus Solingen erarbeitet worden (Förderkennzeichen KF2697002ZG3).

**PRÄSENTATION AUF DER WES 2016** Im April 2012 wurde in der *HZwei* bereits ein ähnliches Stack-Konzept für PEM-Brennstoffzellen vorgestellt, bei dem im Gegensatz zu der heute üblichen bipolaren Zellenanordnung mit mechanischer Verbindung Einzelzellen über ein Hydraulikmedium verpresst werden. Hierbei wurden die Vorteile der homogenen Druckverteilung und Temperierung der Zellen herausgestellt. Zwischenzeitlich ist basierend auf diesem Ansatz das Labormuster eines PEM-Elektrolyseurs entwickelt worden, bei dem der produzierte Wasserstoff oder auch der Sauerstoff mit hohen Ausgangsdrücken, beispielsweise bei einem für Power-to-Gas-Anlagen günstigem Druckniveau, direkt bereitgestellt werden können. Ein entsprechendes Labormuster soll auf der *World of Energy Solutions* ab dem 10. Oktober 2016 in Stuttgart vorgestellt werden.

Das Labormuster umfasst einen Druckbehälter, in den vier Taschen eingebracht sind (s. Abb. 1), sowie einen den Aufbau umgebenden Druckbehälter (s. Abb. 2), welcher der erwähnten Drucknachführung dient. Die Taschen werden aus handelsüblichen Schlauchstücken gebildet, welche an dem oberen und an dem unteren Deckel des Behälters über keilförmige Klemmelemente angebracht sind. Durch die Öffnungen in den Klemmelementen können aktuell bis zu vier elektrisch seriell verschaltete Elektrolyseurzellen eingesetzt werden. Die elektrische Kontaktierung der Zellen erfolgt über vergoldete Kupferschienen im Außenbereich der Taschen. Eine Zelle wird auf der Anode wie auf der Kathode mit Wasser versorgt, wobei die Medien über zwei separate Gasverteiler zugeführt werden. Die Schnittstelle zwischen Zelle und Gasverteiler wird über ein Klippsystem im Kopfbereich einer jeden Zelle ausgebildet [3, 4].

Für die Validierung der Funktionen des PEM-Elektrolyseursystems ist eigens ein Prüfsystem entwickelt worden, welches die Anforderungen an hydraulisch verpresste Elektrolyseursysteme erfüllt. Hierbei sind drei separate Wasserkreisläufe realisiert worden, wobei die Druckniveaus in den Zellzuläufen (Anode und Kathode) sowie im Hydraulikkreislauf separat geregelt werden. Mit diesem Prüfsystem konnte in den Laboren des WEI erfolgreich der Funktionsnachweis des Labormusters bis zu einem Ausgangsdruck von 5 bar erbracht werden [5]. Die Drucknachführung hat in jedem Punkt den Anpressdruck konstant gehalten, so dass die Zellen optimal betrieben werden konnten.

Abb. 1: Schematischer Aufbau des modularen PEM-Elektrolyseur-Stacks in Taschenbauweise [3]

Abb. 2: WEI-Mitarbeiter (Dr. U. Rost, J. Roth und P. Podleschny, v. l.) verschrauben den Druckbehälter (Quellen: WH/MV)

Es ist darüber hinaus gezeigt worden, dass das Hydraulikmedium ausgekoppelt werden kann, um die Verlustwärme aus dem System auszutragen. Über einen externen Wärmetauscher kann die Abwärme weiter genutzt werden. Für zukünftige Anwendungen mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) leistet das vorgestellte Stack-Konzept somit einen Beitrag zur klimafreundlichen Wärmeerzeugung. Die Wasserstoffproduktion bei Druckniveaus größer 50 bar ist Gegenstand laufender Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Im Rahmen eines Investitionsprogramms des Bundesforschungsministeriums wird im kommenden Jahr ein Komponentenprüfstand aufgebaut, auf dem die Arbeitsgruppe des WEI zukünftig ihre Entwicklung bis zu einem Druckniveau von 50 bar testen kann.

**ENTWICKLUNG EINES VOLLMODULAREN PEM-ELEKTROLYSEURS MIT SEGMENTIERTEN POLPLATTEN** Seit März 2016 erarbeitet ein Konsortium aus den Firmen iGas engineering GmbH, ProPuls GmbH und Obitronik GmbH sowie der WH die nächsten Schritte zur Überführung des dargestellten Hochdruckelektrolyseurs in den Prototypenmaßstab (Leitmarktwettbewerb des Landes NRW, Förderkennzeichen EFRE-0800099). Es wird angestrebt, einen PEM-Elektrolyseurstack zu entwickeln, bei dem durch eine Segmentierung der Zellen in der Ebene das Spannungsniveau pro „Zelle“ angehoben sowie der absolute Strom reduziert werden kann. Dies ermöglicht ein günstigeres Wandlungsverhältnis für die angestrebte zu entwickelnde Leistungselektronik sowie eine Reduktion der stromabhängigen Verluste und dient der Erhöhung des Systemwirkungsgrads – weitere Informationen zum benannten Forschungsprojekt sind auf der Homepage des Westfälischen Energieinstituts [6] zu finden. ||

DER ENERGIEDISKURS 2016
Energiewende, erneuerbare Energie und die Zukunft der Energieversorger – drei bedeutende Themen, die hinsichtlich technischer, wirtschaftlicher und insbesondere politischer Aspekte viel diskutiert und debattiert werden.
Für Interessierte, Studenten und Experten – keine Anmeldung nötig – kostenfreie Veranstaltung
Am 27. Oktober 2016, 18 Uhr, an der Westfälischen Hochschule Gelsenkirchen Bocholt Recklinghausen, Standort Gelsenkirchen

Literatur


- [1] M. Brodmann u. a., Energy Conversion Apparatus in Particular Fuel Cell Stack or Electrolyzer, WO002011069625A1
- [2] M. Brodmann u. a., Method and System for Operating an Electrolyser, WO0020140407 46A1
- [3] U. Rost u. a., Ein neuartiges Konzept für Hochdruckelektrolyseursysteme in modularer Bauweise zur Produktion von Wasserstoff aus Überschussenergie erneuerbarer Quellen, smart energy, Dortmund, 2015, Tagungsband S. 67-73
- [4] U. Rost u. a., Modular Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell and Electrolyser Stack Design with Hydraulic Compression, PESS, Dortmund, 2015, DOI: 10.17877/DE290R-7265
- [5] U. Rost u. a., A Newly Designed PEM Electrolysis System with Dynamic Hydraulic Compression for Optimized High Pressure Operation, 5th International Energy and Sustainability Conference, Köln, 2016
- [6] www.energie.w-hs.de

Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Michael Brodmann
→ michael.brodmann@w-hs.de

Dr. Ulrich Rost
→ ulrich.rost@w-hs.de

Beide Westfälische Hochschule Gelsenkirchen Bocholt Recklinghausen





ENERGY STORAGE EUROPE
International Renewable Energy Storage Conference IRES
MESSE UND KONFERENZ
14. – 16. März 2017
Düsseldorf
www.ESEexpo.de
▶ DIE WELTWEIT GRÖSSTE ENERGY STORAGE FACHMESSE & KONFERENZ
▶ REKORD-TEILNAHME IN 2016
▶ MEHR ALS 3.000 EXPERTEN AUS 54 LÄNDERN
POWERED BY BVES GESA
IRES ORGANIZED BY EUROSOLAR
ENERGY STORAGE EUROPE ORGANIZED BY Messe Düsseldorf
FKM CERTIFIED

# DEN DIESEL IN RENTE SCHICKEN

## *Interview mit Thomic Ruschmeyer vom BSM*

**Der Bundesverband Solare Mobilität e. V. (BSM) dürfte zumindest denjenigen bekannt sein, die ab und zu auf Automobil- oder Energiemessen unterwegs sind. Bei zahlreichen dieser Veranstaltungen ist der BSM seit seiner Gründung im Jahr 1989 mit einem großen Stand vertreten und bietet die verschiedensten Fahrzeugtypen – vom Solarmobil bis zum E-Bus – zum Anfassen und Fachsimpeln an. Für manch einen mag der Verein zwar zunächst wie eine Anlaufstelle für visionäre Solarpioniere erscheinen, tatsächlich aber leisten die Mitglieder unermüdlich überaus wichtige Informationsarbeit an der Basis, ohne die Elektromobilität nicht beim Endkunden ankommen würde. Seit einigen Jahren hat sich der BSM zudem politisch einen Namen gemacht, indem er unter anderem aktiv an der Ausgestaltung der Ladesäulenverordnung sowie an der Umsetzung der AFI-Richtlinie mitwirkte. HZwei besuchte den BSM-Vorstandsvorsitzenden Thomic Ruschmeyer in der Berliner Geschäftsstelle unweit des Brandenburger Tors.**

Abb. 1: Thomic Ruschmeyer



HZwei: Im April 2016 hat die Bundesregierung die Kaufprämie beschlossen. Jetzt ist der Gesetzentwurf auch im Bundesanzeiger erschienen. Konnten Sie daraufhin jetzt bereits einen merklichen Schub beim Kauf von Elektroautos verzeichnen?

*Ruschmeyer:* Ich hab gerade gelesen, es sind doch tatsächlich schon 1.700 Einträge [2. August 2016; Anm. d. Red.] eingegangen. Der Ansturm hält sich also noch in Grenzen. Es ist gut, dass endlich, endlich, endlich mal irgendwas passiert ist, aber die Spreizung von 3.000 Euro für ein Hybrid- und 4.000 Euro für ein Elektrofahrzeug ist ein bisschen mau.

HZwei: Meinen Sie, dass Hybridfahrzeuge zu gut wegkommen?

*Ruschmeyer:* Die Förderung ist auf das ausgerichtet, was die deutsche Automobilindustrie kann: Verbrennungsmotoren – Elektroantrieb gibt es dann in der Hybridvariante dazu. Viele dieser Plug-in-Hybridautos sind aber so dimensioniert, dass sie eher über einen Elektroturbo verfügen. Um weite Strecken elektrisch zu fahren, sind sie derzeit nicht gemacht, aber dafür erhalten sie vergleichsweise viel Förderung.

HZwei: Wie ist denn jetzt der aktuelle Stand auf dem Markt?

*Ruschmeyer:* Als reine deutsche Elektroautos gibt es den VW e-up!, den e-Golf und den BMW i3. Ford bietet was an, Daimler bietet was an, aber es ist immer noch nicht so, dass man ins Autohaus gehen und wie gewohnt was kaufen kann. Zudem stehen die Elektrofahrzeuge, wenn überhaupt vorhanden, eher im hinteren Bereich des Showrooms und dann gibt es zumeist nur Leasing-Angebote. In der allgemeinen Sprechweise spricht man trotzdem von 30 angebotenen Elektrofahrzeugen und 50.000 zugelassenen E-Autos, wobei hier die Zahlen immer sehr stark hin und her springen.

HZwei: Gibt es denn bereits ein Einlenken, so dass auch die Automobilindustrie jetzt signalisiert, zukünftig wirklich verstärkt in den Elektromobilitätssektor vorzustoßen?

*Ruschmeyer:* Wir waren neulich bei einem Workshop, auf dem ein Vertreter des Verbands der Automobilindustrie (VDA) den Eindruck vermittelte, als würde man einschwenken auf eine Linie der Vernunft. Es schien, als könnte man sich vorstellen, ein bis zwei Cent auf den Benzinpreis draufzuschlagen – als $CO_2$-Steuer zweckgebunden für den Aufbau der Infrastruktur – primär für Strom, aber auch für Wasserstoff. Weiter hat er sich nicht ausgelassen. Das sind immerhin neue Töne, bei denen man sagen muss, dass „Dieselgate" sicherlich eine ganze Menge bewirkt hat. Der Diesel ist zwar jetzt noch nicht klinisch tot, er geht aber jetzt in Richtung Rente, auch wenn er in ganz vielen Anwendungen noch bleiben wird, beispielsweise bei Schiffen, Baumaschinen und Lkw.

HZwei: Kommen wir zum Elektromobilitätsgesetz. Sind Sie damit zufrieden?

*Ruschmeyer:* Wir haben hier bereits hinlänglich kritisiert, dass Plug-in-Fahrzeuge überhaupt ein E-Kennzeichen bekommen. Das E-Kennzeichen selber ist zwar etwas, was wir gewollt haben und auch als Erfolg verzeichnen, aber wenn dann ein Porsche Panamera – ich übertreibe jetzt – als Plug-in-Hybridfahrzeug solch eine Plakette bekommt und dann brüllend über die Busspur fährt, ich aber mit einem City EL oder eScooter mit Mopedkennzeichen das nicht darf, dann ist das eigentliche Ziel nicht so ganz getroffen. Zudem ist dies für die Öffentlichkeitswirkung eher kontraproduktiv.

HZwei: Wie viele Busspuren sind denn bislang freigegeben worden?

*Ruschmeyer:* So gut wie keine.

HZwei: Und wie sieht es mit dem Rest des Elektromobilitätsgesetzes aus?

*Ruschmeyer:* Das zeigt keine Wirkung, außer dass jetzt geregelt ist, dass E-Autos an Ladesäulen parken dürfen und Verbrenner dort offiziell auch abgeschleppt werden können. Allerdings darf man eigentlich nur vier Stunden laden. Das ist aber wiederum offiziell nicht zu kontrollieren, da die Ladedaueranzeigen der Autos sehr unterschiedlich sind. Beim e-up! muss man beispielsweise erst den Stecker ausstöpseln und die Zündung anmachen, um sehen zu können, wie voll die Batterie ist. Bei dem i-MiEV, iON, C-Zero ist es so, dass die kleine Energieanzeige so weit unten sitzt, dass man min-

destens die Tür aufmachen muss, um grob abschätzen zu können, wie weit die Ladung ist. Da ist zwar Besserung in Sicht, aber auch wenn diese Zeitbegrenzung durchaus Sinn macht und unbegrenztes Verweilen an der Ladesäule unterbinden soll, verhindert diese Regelung eine Netzintegration von Elektrofahrzeugen und erneuerbaren Energien. Darüber hinaus wird es eventuell über die Ladesäulenverordnung eine Regelung geben, nach der man Ladeplätze zukünftig reservieren kann und dann bezahlen muss, egal ob man lädt oder nicht.

HZwei: Gibt es ansonsten positive Ansätze in diesem Themenspektrum seitens der Regierung?
*Ruschmeyer:* Die zehn Jahre Steuerbefreiung für E-Autos, die zwar nicht im E-Mobilitätsgesetz verankert ist, aber für die sich die Regierung häufig rühmt, ist ja eigentlich ein Witz. Ähnlich ist es mit der Ladesäulenverordnung: Wenn man sich anschaut, wie das Prozedere ist, um einen Ladepunkt im öffentlichen Straßenraum in Deutschland genehmigt zu bekommen, muss man mit Vorlaufzeiten von sechs bis acht Monaten rechnen – mit entsprechenden Personalkosten für denjenigen, der das Projekt betreut. In Holland ist das beispielsweise deutlich kürzer und somit auch günstiger.

HZwei: Wie ist denn aktuell das Engagement von Bundesverkehrsminister Dobrindt in diesem Bereich? Bei der Abschlusskonferenz der Schaufenster in Leipzig war er nicht vor Ort. War er denn bei der Fachkonferenz der Bundesregierung im Juni 2016 in Berlin?
*Ruschmeyer:* Dort war kein Minister – und auch kein OEM-Chef.

HZwei: Wie muss denn rückblickend der deutsche Weg, die Förderung über Schaufenster vorzunehmen, beurteilt werden?
*Ruschmeyer:* Das war ein guter Weg, um in der Breite möglichst viele Anwendungen ausprobieren zu können. Allerdings wurden Projekte teils gedoppelt beziehungsweise ziemlich ähnlich angelegt, was teilweise vielleicht gut war, um unterschiedliche Ergebnisse gegeneinander abwägen zu können. Aus unserer Sicht waren da aber auch Vorhaben dabei, wo wir sagen mussten: Das haben wir früher schon mal gemacht. Wir selber haben uns ja auch mit zwei Vorhaben engagiert, deswegen will ich gar nicht alles schlechtreden. Die Schaufenster waren schon gut und notwendig für die Entwicklung. Was aber durchaus ein Problem darstellt, ist, dass man jetzt ins Leere läuft. Wir haben zwar Grundkenntnisse erlangt, aber man bräuchte jetzt ein Anschlussprojekt.

HZwei: Wie könnte es denn jetzt weitergehen? Über Volkswagen wird berichtet, dass die angeblich eine eigene Batteriefabrik aufbauen wollen. Ist das glaubhaft?
*Ruschmeyer:* Volkswagen hat jetzt einen gewissen Handlungszwang. Außerdem haben sie das Problem, dass sie einiges Geld für Strafzahlungen erwirtschaften müssen. Die Batteriefabrik nehme ich denen in dieser Form deswegen nicht ab. Das macht man nicht mal eben so, dass man in Kassel das Motorenwerk schließt und dann dort Batterien baut. Was ich mir eher vorstellen kann, ist, dass sie Zellen konfigurieren und sich in der Leistungselektronik engagieren. Dass allerdings ein so großer Tanker wie VW auf einmal im rechten Winkel um die Ecke fährt, das geht ja schon strukturell gar nicht. Auch bei anderen Unternehmen wie beispielsweise BMW sind die Techniker, die an Elektrofahrzeugen arbeiten, immer noch eher die Exoten.

HZwei: Wenn jetzt aber doch mehr E-Autos auf die Straße kommen, wie könnte denn zukünftig die Aufladung der Akkus aussehen? Heute ist da ja insbesondere die Abrechnung noch sehr kompliziert.
*Ruschmeyer:* Wenn ich das E-Auto unterwegs einfach so aufladen möchte, dann wäre das Idealziel dafür, dass man einen eigenen Fahrstromzähler in das Auto einbaut – das wäre relativ einfach zu machen. Dieser Zähler bekäme dann eine eigene Zählernummer und diese Nummer melde ich bei meinem Stromanbieter an. Über verschiedene SIM-Karten können die Zähler dann nach Hause telefonieren und Verbräuche des Autos melden.

HZwei: Wäre das nicht auch für induktives Laden sehr viel sinnvoller als die kabelgebundene Variante? Und ab wann werden wir denn keine Kabel mehr herumschleppen müssen?
*Ruschmeyer:* Ganz ohne Ladekabel wird es, glaube ich, nicht gehen, weil der Aufwand für Induktionsladung nicht unerheblich ist. Ich persönlich habe auch eine gewisse Skepsis, weil man die Technik in den Boden einlassen muss. Wenn dann Feuchtigkeit und Frost in Verbindung mit Strom auftreten, ist das nicht unbedenklich. Ich verweise da nur auf die Schlaglöcher, die im Winter immer größer werden. Induktion sehe ich aber durchaus in vielen Anwendungen: bei Bussen, bei Taxen und im Lieferverkehr, also dort, wo Elektrofahrzeuge an bestimmten Punkten immer für eine gewisse Zeit verweilen und wo es sich nicht lohnt, ein Kabel herauszuholen. Im privaten Sektor wird es sicherlich Leute geben, die einen vierstelligen Betrag dafür in der eigenen Garage investieren, aber das wird meiner Meinung nach nicht Standard werden.

HZwei: Wie sieht es denn mit Wasserstoff aus: Mittlerweile gibt es Stimmen, die sagen, wenn mehr E-Autos wie der Tesla eine Reichweite von 500 km gewährleisten, dann bräuchte man keine Brennstoffzellenautos mehr. Deswegen wird vermehrt über Brennstoffzellen als Range Extender gesprochen. Was halten Sie für sinnvoll?
*Ruschmeyer:* Letzteres sehe ich auf jeden Fall, weil Range Extender eine recht smarte Lösung sind. Den Akku also nicht nur als kleinen Puffer für die Bremsenergie nutzen, sondern grundsätzlich batterieelektrisch fahren und ansonsten Strom aus einer Brennstoffzelle, die man vielleicht auch nur optional einbaut, verwenden. Dieses Konzept sehe ich überall da, wo mehr Energie gebraucht wird, bis hin zum Flugzeug, wo ich der Brennstoffzelle eher zutraue, dass sie fliegt, als dass man hierfür Akkus nutzt. Brennstoffzellen in städtischen Geländewagen halte ich dagegen nicht für sinnvoll.

HZwei: Und wie wird Ihrer Meinung nach zukünftig die Steuerfrage gelöst? Wenn immer mehr Fahrzeuge elektrisch fahren, Strom und Wasserstoff aber von der Mineralölsteuer befreit sind, wo wird sich dann die Regierung die fehlenden Milliarden herholen?
*Ruschmeyer:* Dann wird es wahrscheinlich Maut geben. Bei Elektrofahrzeugen könnte man es dann mit einem eingebauten Zähler so machen, wie es momentan in der Schweiz diskutiert wird: Morgens zwischen sieben und neun Uhr kostet die Fahrt in die Stadt 1,50 Euro, zwischen neun und elf kostet sie hingegen nur 70 Cent. Damit könnte man das Verkehrsaufkommen steuern, aber gleichzeitig fördert man damit auch elitäre Kreise.

HZwei: Wird es denn solche Konzepte erst nach einem möglichen Regierungswechsel, beispielsweise mit Schwarz-Grün, geben?
*Ruschmeyer:* Dann wären die Chancen wahrscheinlich größer, noch größer wären sie allerdings mit Grün-Schwarz (lacht). ||

Abb. 1: $H_2$-Betankung an der $H_2$-Tankstelle in Berlin



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

# SAUBER, LEISE UND ÄUSSERST KOMFORTABEL

## *Erfahrungsbericht: Hyundai ix35 Fuel Cell*

**Hyundai ist bereits seit dem Jahr 2013 mit der serienmäßigen Brennstoffzellenversion seines *ix35* auf dem Markt. 2015 wurden 250 Exemplare davon nach Europa geliefert, wovon allein in Deutschland 120 Exemplare vornehmlich an Unternehmen verkauft beziehungsweise verleast wurden. 2016 gründete die Linde AG das Unternehmen BeeZero, das allein 50 *ix35 Fuel Cell* bestellte, um diese in München im Carsharing anzubieten. Auch wenn das BZ-Modell in den nächsten Monaten noch nicht in jedem Hyundai-Autohaus im Showroom zu finden sein wird, hat die *HZwei*-Redaktion das Auto neun Tage lang getestet, um – ergänzend zu dem Langstreckenfahrbericht von Mortimer Schulz auf Seite 28 – auch Technik und Ausstattung vorstellen zu können.**

Der BZ-Testwagen wird gut verpackt in einem geschlossenen Anhänger direkt aus Offenbach an die Verlagsadresse geliefert. Er ist voll betankt und tadellos sauber, hat ja auch erst 4.500 km runter. Anstelle eines Autoschlüssels händigt mir der Fahrdienst einen Funkschlüssel für das Keyless-Entry-System aus. Mehr ist nicht notwendig. Nur noch eine Unterschrift, dann stehe ich allein da mit diesem großen, weißen Geländewagen.

Der *ix35 Fuel Cell* basiert auf dem Hyundai *Tucson,* einem fünftürigen Sport Utility Vehicle mit fünf Sitzplätzen. Dies ist bei Hyundai die mittlerweile vierte Fahrzeuggeneration eines Brennstoffzellenautos (nach dem *Santa Fe FCEV* im Jahr 2000, dem *Tucson FCEV* in 2004 und dem *ix35 FCEV* in 2012). Im März 2013 startete in Südkorea die Serienproduktion. Somit ist es trotz der derzeit noch sehr überschaubaren Stückzahlen das erste und gleichzeitig auch das am meisten gekaufte Brennstoffzellenauto in Deutschland.

**KOMFORTABLES FAHREN** Ich setze mich auf die bequemen Ledersitze und drücke den Startknopf: Die Bordelektronik erwacht zum Leben und es ertönt eine kurze, freundliche Begrüßungsmelodie. Ich schiebe den Schaltknüppel auf D, drücke vorsichtig das Strompedal und der *ix35* setzt sich leise in Bewegung – genauso wie es bei einem Elektroauto sein soll. Kein lautes Brummen, kein nerviges Surren, einfach nur still dahingleiten. Und beim Bremsen Energie wieder zurückgewinnen. Verbrenner sind verglichen damit träge, laut und dreckig – einfach ineffizient.

Trotz seines Leergewichts von 1,9 t beschleunigt der maximal 100 kW leistende Elektromotor das als Kombilimousine eingestufte Auto relativ flott, wenn auch nicht so spritzig wie elektrisch angetriebene Sportwagenmodelle. Laut Fahrzeugschein verfügt der *ix35 Fuel Cell* aber auch nur über eine Nennleistung von 53 kW. Wie ich auf dem Energieflussdiagramm auf dem Cockpit-Display sehen kann, wird die Brennstoffzelle zeitweise vom Akku unterstützt, zum Beispiel, wenn angefahren oder beschleunigt wird.

Die Hochvoltbatterie verfügt über eine Kapazität von 24 kWh. Der 144 l (= 5,6 kg) fassende $GH_2$-Speicher beinhaltet über 188 kWh, so dass mit diesem Auto insgesamt eine Reichweite von 594 km möglich sein soll. Als Spitzengeschwindigkeit erreiche ich während einer Autobahnfahrt maximal 165 Stundenkilometer – schneller geht‘s nicht.

**$H_2$-TANKEN GANZ EINFACH** Innerhalb der neun Tage, die ich das Brennstoffzellenfahrzeug testen darf, fahre ich zweimal zum Tanken: Beim ersten Mal, direkt nach der DWV-Mitgliederversammlung, wird ein Vereinsmitglied, das ich zum Berliner Hauptbahnhof mitnehme, Zeuge, wie solch eine Wasserstoffbefüllung an der Total-Tankstelle Heidestraße abläuft: An der Zapfsäule vorfahren – aussteigen – Tankkarte in den Automaten einführen – Tankkupplung ansetzen – abwarten – Tankkupplung zurückhängen – fertig.

Trotz dieses einfachen Prozederes klappt es erst beim zweiten Mal – und auf der Quittung steht dann 0 kg. Der Tank ist aber trotzdem voll. Sicherheitshalber fragen wir noch kurz an der Kasse nach, aber dort heißt es schlichtweg: „Mit Wasserstoff haben wir nichts zu tun." Die $H_2$-Betankung läuft also noch komplett über die Clean Energy Partnership.

Wenige Tage später an der Tankstelle Holzmarktstraße läuft alles tadellos, obwohl ich – wie schon zuvor bei der Heidestraße – nicht vorab online auf www.cleanenergypartnership.de nach der Zugänglichkeit der Station gefragt habe. Auch die Quittung weist ganz korrekt 20,52 Euro für 2,16 kg $H_2$ aus, die über die CEP-Tankkarte abgerechnet werden. Solange also die $H_2$-Tankstellen geöffnet sind, läuft alles.

Vielmehr gibt es fahrzeugseitig dann auch schon nicht mehr zu berichten, außer, dass man anfangs nicht genau weiß, ob das Auto jetzt noch an- oder schon ausgeschaltet ist, aber das legt sich mit der Zeit.

**PREIS ZU HOCH – TROTZ BONUS** Der *ix35 Fuel Cell* belegt unzweifelhaft, dass die Brennstoffzellentechnik im Mobilitätssektor längst reif für den Markt ist. Allein Preis und Infrastruktur behindern die Kommerzialisierung – und natürlich die Selbstblockade einiger maßgeblicher Player.

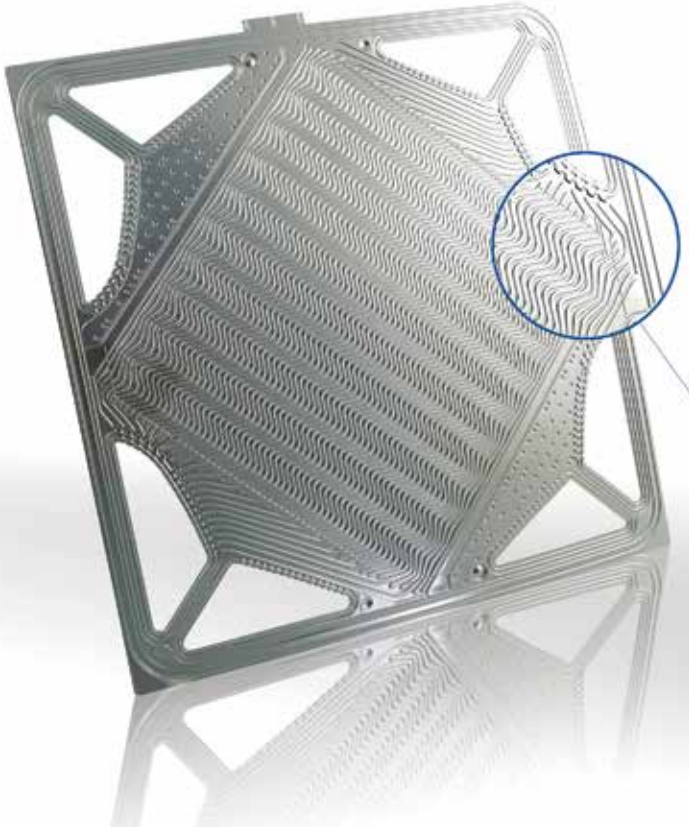
Hyundai gibt auf seiner Homepage als Bruttopreis 65.450 Euro (599 Euro finanzierte Monatsrate) für den *ix35 Fuel Cell* an. Somit liegt der Nettopreis mit 55.000 Euro unterhalb des Grenzwerts für den Umweltbonus, so dass potentielle Käufer in den Genuss der 4.000 Euro Zuschuss (s. S. 30) kommen. Der *ix35 Fuel Cell* ist damit derzeit das einzige BZ-Auto, das in Deutschland eine direkte finanzielle Förderung erhält.

In Südkorea sieht es verglichen damit sehr viel günstiger aus: Dort erhalten Käufer Subventionen und Steuererleichterungen in Höhe von 21.400 Euro pro Fahrzeug. Auf diese Weise will das dortige Wirtschaftsministerium die Zahl der $H_2$-Autos bis 2020 auf 9.000 erhöhen – bis 2030 auf 630.000. Außerdem plant die koreanische Regierung den Bau von 80 $H_2$-Stationen bis 2020.

**NEUE FAHRZEUGGENERATION** Währenddessen kümmert sich der asiatische Hersteller bereits um die nächste Fahrzeuggeneration. Wie die Hyundai Motor Corp. bekanntgab, soll Ende dieses Jahrzehnts (voraussichtlich 2018 vor den Olympischen Winterspielen in Pyeongchang) ein neues Modell erhältlich sein, das wieder auf der *Tucson*-Plattform aufbauen könnte, dann aber 180 km/h schafft und primär für Privatkunden konzipiert – also günstiger – ist. Wie Frank Meijer, Leiter Fuel Cell Electric Vehicles bei Hyundai Motor Europe, gegenüber *motoring.com.au* mitteilte, dürfte es – allein schon wegen der räumlichen Anforderungen – wieder ein Geländewagen werden, irgendetwas zwischen Crossover und Sport Utility Vehicle (CUV oder SUV). ||



Wir laden Sie ein
Besuchen Sie uns auf der WES Messe in Stuttgart:
10. - 12. Oktober 2016 / Halle C2, Stand 2C20
GRAEBENER MASCHINENTECHNIK
www.graebener-maschinentechnik.de



Vom Erstmuster bis zur Aufskalierung
einbaufertig für Ihr System
Ihr kompetenter Technologie-Partner für
- metallische Bipolarplatten
- Separatorplatten
- Mikrostrukturplatten

Präzision bis ins Detail

Gräbener Maschinentechnik GmbH & Co. KG Mr. Achim Edelmann: a.edelmann@graebener-group.com Tel. +49 2737 989-367

Abb. 1: Testfahrt mit dem ix35 Fuel Cell quer durch Europa [Foto: M. Schulz]

**Thema:** Elektromobilität | **Autor:** Mortimer Schulz

# IM ix35 FUEL CELL GEN SÜDEN

## *Langstreckentest von Bergen nach Bozen*

**Im Mobilitätssektor ist Hyundai einer der wenigen Autohersteller, der die Brennstoffzelle im Straßenverkehr bereits serienmäßig einsetzt. Hyundai Europa organisierte eine mehrtätige Tour von Bergen in Norwegen bis nach Bozen in Italien, um Fahrerinnen und Fahrern aus ganz Europa umfassende Erprobungsmöglichkeiten auch über längere Strecken zu bieten. Am 12. Juni 2016 starteten insgesamt neun Hyundai *ix35 Fuel Cell* im hohen Norden. Innerhalb von fünf Tagen absolvierten sie eine Strecke von über 2.300 km bis Italien, zeitweise begleitet von sechs weiteren Fuel Cell Electric Vehicles, die jeweils über Kurzstrecken in Offenbach, München und Innsbruck dazustießen. Für die *HZwei* nahm Mortimer Schulz an dieser einmaligen Pioniertour teil, für die Hyundai nicht nur die Autos stellte, sondern auch die Kosten für die An- und Abreise, die Unterbringung sowie die Verpflegung übernahm.**

### TAG 1 – BERGEN, NORWEGEN:

Nach individueller Anreise der Teilnehmer am Vortag fällt der Startschuss bereits um 6:00 Uhr. Rund 20 Teilnehmer (Journalisten, Fotografen, Firmenvertreter, Hyundai-Mitarbeiter) setzen sich an die Steuer der neun FCEVs sowie der zwei Begleitfahrzeuge. Auch ich mache mich startklar. Von früheren kürzeren Testfahrten ist mir dieses BZ-Modell zwar schon vertraut, aber eine „Hydrogen Journey“ in diesem Umfang ist doch etwas völlig Neues – und aufregend.

Die erste Teilstrecke führt 101 km von Bergen zum Hafen Gjermundshamn entlang atemberaubenden Hügelformationen und Wasserfällen bei schönstem Sonnenschein mit skandinavisch-blauem Himmel, hauptsächlich auf der Landesstraße Fv 48. Die erlaubte Höchstgeschwindigkeit liegt in Norwegen bei 80 km/h auf Landstraßen und bei 50 km/h innerorts, was die Reichweite pro Tankfüllung durchaus erhöht. Dennoch schrumpft die vom Bord-Computer angegebene mögliche Fahrstrecke schneller zusammen, als ich Kilometer fahre. Entweder fahre ich sportlicher, als mir bewusst ist, oder aber die morgendlichen 10 °C Außentemperatur wirken sich nachteilig auf den Spritverbrauch aus. Später rät mir diesbezüglich ein Hyundai-Kollege, einfach mal den E-Modus statt des D-Modus auszuprobieren („Hebel nach links und einmal nach vorne drücken“).

Auf der Landesstraße Fv 551 geht es teilweise in Kolonne weiter mit ein paar Fotostopps entlang der Schneelandschaften des Folgefonna-Nationalparks. Auf der Bundesstraße Rv 36 eilen wir weitere 325 km in Richtung Porsgrunn, der ersten planmäßigen $H_2$-Betankung auf unserer Route. Bis dahin nähert sich die Tanknadel stetig dem Reservebereich, bis ich nur noch einen Tankstrich angezeigt bekomme, der dann auch noch blinkt, obwohl noch 36 km bis Porsgrunn zu fahren sind. Nach einer gewissen Selbstanalyse, der Überprüfung aller Bordinstrumente, einer Kontrolle, welche elektrischen Verbraucher ich ausschalten kann, fahre ich weiter und nehme jeden Hügel mit, um Energie zurückgewinnen zu können.

Um 14:49 Uhr erreiche ich Porsgrunn. Einige andere sind schon da. Ich tanke an der von HYOP seit 2007 betriebenen

$H_2$-Tankstelle 4,89 kg Wasserstoff. Der Geschäftsführer erklärt, dass der Wasserstoff 100 Meter entfernt industriell erzeugt wird und durch eine Gasleitung mit geringem Druck zur Tankstelle gelangt. Erst an der Tankstelle wird auf 700 bar verdichtet. Der $H_2$-Kilopreis beträgt 90 Kronen (9,60 €), aber die Bezahlung wird über Hyundais Reisekasse geregelt.

Weitere 33 km fahren wir bis zum Fährhafen Larvik, und alle Teilnehmer schaffen es rechtzeitig, die Fähre um 16:00 Uhr zu erwischen. Um 19:45 Uhr erreichen wir Hirtshals in Dänemark und fahren die verbleibenden 67 km in der Abenddämmerung nach Aalborg.

Nach 526 Kilometern am ersten Tag und knapp neun Stunden reiner Fahrzeit komme ich – durch das elektrische Fahren – recht entspannt am Hotel an. Da man im *ix35 Fuel Cell* etwas erhöht und sehr bequem sitzt, das Fahrwerk gut abgestimmt ist und man den Straßenbelag kaum spürt, genießt man ein leichtes „Wasserstoff-Fahrgefühl" und hat Muße, die Landschaft durch die großen Scheiben zu genießen. Die Bordinstrumente sind auf puristische Funktionalität reduziert, und neben gewöhnlichen Fahrgeräuschen nimmt man die Brennstoffzellentechnologie kaum wahr, bis auf ein gelegentliches kurzes Pfeifen, wenn Wasserdampf abgelassen wird.

### TAG 2 – AALBORG, DÄNEMARK:

Der zweite Tag beginnt mit der Abfahrt um 8:26 Uhr. Heute sind 453 km mit den Stationen Aarhus, Kolding und Hamburg eingeplant. Zunächst erfolgt eine Betankung in Aarhus an einer von H2 Logic betriebenen Station (4,04 kg $H_2$). Während einer Präsentation von Hyundai Denmark in Kolding erklären Vertreter der dänischen Wasserstoffbewegung, dass es bereits neun $H_2$-Tankstellen in Dänemark gibt sowie zwei weitere im Bau sind und noch in 2016 eröffnet werden.

Die Fahrt von Dänemark über die Grenze nach Deutschland spielt sich ausschließlich auf Autobahnen ab, und es grüßen diverse Herdentiere. Ebenso wie in Norwegen gibt es hier zahlreiche Elektroautos und Plug-in-Fahrzeuge diverser Marken zu sehen. Wir sind also Teil einer Zukunftsvision, bei der Reise die Umwelt weniger zu belasten.

Nach 453 km tanke ich 4,61 kg Wasserstoff in der Hamburger HafenCity an der Vattenfall-Station.

### TAG 3 – HAMBURG, DEUTSCHLAND:

Aufgrund der stetigen Reisegeschwindigkeit von 110 bis 120 km/h bleibt viel Zeit, um über $H_2$-Mobilität zu diskutieren. Mein heutiger Mitfahrer, ein Hyundai-Kollege, weist mich freundlich auf den Wasserstoffsensor hin, der im Wagenhimmel eingebaut ist. Und er erklärt mir den Bord-Computer und die Funktion der Energieflüsse live auf dem Bildschirm: Hier sieht man schematisch, wie der Wasserstoff der Brennstoffzelle zugeführt wird, die Strom für den 100-kW-Elektromotor generiert. Beim Bremsen wird elektrische Energie in die Batterie eingespeist, die wiederum bei spontaner Beschleunigung zum Einsatz kommt.

Nach 399 Kilometern sind wir in Düsseldorf am Höherweg bei der Air-Liquide-Tankstelle angekommen. Dort warten schon mehrere Kollegen von Air Liquide, einige Erfrischungen und eine kurze Präsentation über das Unternehmen sowie die $H_2$-Infrastruktur. Während wir dem Vortrag lauschen, tanken die Kollegen mein Auto mit 4,67 kg. Besonderes Augenmerk fällt auf den digitalen Bedienbildschirm an der Zapfsäule und die Formel-I-artigen Rundinstrumente, die den rasanten Anstieg des Wasserstoffdrucks anzeigen.

Nach fünf weiteren Kilometern sind wir beim Hotel und am Ende des dritten Tages in einem empfehlenswerten Lokal.

### TAG 4 – DÜSSELDORF, DEUTSCHLAND:

Dieser Tag ist mit 628 Kilometern die längste Etappe mit Stationen bei Hyundai in Offenbach und einer $H_2$-Betankung in Geiselwind. Abfahrt um 8:23 Uhr – Ankunft in München-Unterhaching um 19:40 Uhr.

In Offenbach präsentiert uns Hyundai Deutschland sein neues Modell *Ioniq* in zweifacher Ausführung: Einmal rein elektrisch und einmal als Hybrid. Eine dritte Ausführung als Plug-in-Hybrid wird 2017 vorgestellt.

Nach nur 154 km kommen die meisten FCEV-Fahrzeuge fast zeitgleich in Geiselwind an, was zur Folge hat, dass nicht alle gleichzeitig tanken können. Zudem muss die Station nach einigen Betankungen jeweils wieder neuen Druck aufbauen, so dass es zu unvorhergesehenen Wartezeiten kommt, während es bei allen anderen Stationen bislang reibungslos lief. Letztlich bekomme ich 4,13 kg Wasserstoff und fahre weitere 245 km bis München-Unterhaching.

Vor dem Hotel steht ein dunkelblauer FCEV mit einer Biene drauf – umringt von zahlreichen Journalisten. Es folgt eine Präsentation der Firma Linde, die ihre Carsharing-Firma BeeZero mit 50 FCEVs im Münchner Raum vorstellt. Innovativ ist hierbei der Einsatz von Apps und sozialen Medien, die aktuell den Zeitgeist der BZ-Technologie und -Mobilität begleiten und sich somit gut ergänzen. Vor allem gefällt mir der moderne Gedanke, „das Auto nicht zu besitzen, sondern die Mobilität zu nutzen".

Die Betankung in der Detmoldstraße übernimmt freundlicherweise am späten Abend das Support-Team.

### TAG 5 – MÜNCHEN, DEUTSCHLAND:

Mit 305 km Gesamtstrecke München-Innsbruck-Bozen ist der letzte der fünf Tage der kürzeste. Nach Süden hin wird das Panorama wieder zunehmend hügeliger, und nach 162 km kommt es zu einem weiteren Event in Innsbruck: der Eröffnung des *Green Energy Centers Europe*. Von hier aus geht es nach dem obligatorischen Fototermin zur dritten $H_2$-Tankstelle Österreichs – von Linde in der Andechsstraße in Innsbruck erbaut –, für mich jedoch ohne Betankung – die Brennerstraße entlang Richtung Bozen – die letzten 128 km bis zum Ziel.

Dort hat das Institut für Innovative Technologie (IIT, s. HZwei-Interview Jul. 2015) an der Autobahnausfahrt Bozen-Süd eine selbstversorgende $H_2$-Tankstelle errichtet, bei der die örtliche Wasserkraft den Strom für die Wasserelektrolyse zur Verfügung stellt. Der Wasserstoff wird also vor Ort erzeugt und gespeichert. Derzeit unterhält die Stadt Bozen fünf $H_2$-Busse der Marke Van Hool. Diese werden dort täglich mit 350 bar betankt.

Mit der finalen Präsentation, einem köstlichen Mittagessen und einem Gruppenfoto werden diese fünf unglaublichen Tage abgerundet: 2.316 Kilometer; reine Fahrzeit: 30 Stunden und 41 Minuten; 22,34 Kilogramm selbstgetankter Wasserstoff. Inklusive der Betankung in München sowie dem bis zum Ziel verfahrenen Kraftstoff komme ich insgesamt schätzungsweise auf 30 kg Wasserstoff innerhalb von fünf Tagen. ||

Autor:

Mortimer Schulz ist Gründer und Eigentümer von solutions in energy mit Sitz in Wien. Er ist selbständig, berät im Bereich erneuerbare Energien, Energiespeicherung und Energieeffizienz in Verbindung mit Finanzierungsfragen rund ums Thema Brennstoffzellen und ist seit Jahren ein Fan der $H_2$-Mobilität.

→ www.solutionsinenergy.eu
→ www.facebook.com/solutionsinenergy

## GREEN-GT-VISION WIRD REAL

Quelle: Green GT

Eine Jahre alte Vision könnte tatsächlich Realität werden: Am 30. August 2016 kündigte die italienische Designerfirma Pininfarina an, sie werde das Antriebskonzept von Green GT in Kleinserie in ihren *H2 Speed* einbauen, allerdings nicht für die Straße, sondern für die Rennpiste. Zuletzt hatte Pininfarina, die im Dezember 2015 für 28 Mio. US-$ von Mahindra übernommen worden war, eine Studie ihres Flitzers Anfang des Jahres auf dem Genfer Autosalon als leistungsstarken LeMans-Prototyp mit Wasserstoffantrieb und extremer Fahrdynamik präsentiert. Die Antriebseinheit des schweizerischen Unternehmens Green GT befindet sich seit 2012 in Arbeit und wurde 2015 vom Formel-1-Fahrer Olivier Panis erstmals im *Green GT H2* auf dem Circuit Paul Ricard in Frankreich und im Juli 2016 in Le Mans getestet, nachdem 2013 die Präsentation verschoben worden war. Zum Einsatz kommt hierbei eine 210 kW leistende PEM-Brennstoffzelle von SymbioFCell, die zwei Elektromotoren mit insgesamt 370 kW versorgt. Geplant ist, zehn bis 100 Exemplare davon für betuchte Rennwagen-Fans zu bauen – zum Stückpreis von rund 2,5 Mio. US-$. Der fahrbereite Prototyp soll Anfang 2017 bereitstehen, das Serienmodell Ende nächsten Jahres. ||



## UMWELTBONUS ZIEHT (NOCH) NICHT

Die Kritiker der Kaufprämie für Elektrofahrzeuge können sich vorerst bestätigt fühlen: Der so genannte Umweltbonus stößt bislang nur auf relativ geringes Interesse. Innerhalb von zwei Monaten (bis 5. Sept. 2016) gingen beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle lediglich 3.027 Anträge ein. Bei den Zulassungszahlen sieht es indes etwas anders aus: So wurden im August 2016 in Deutschland knapp 900 rein batterieelektrisch betriebene Autos und fast 4.000 mit Hybridantrieb zugelassen.

Demgegenüber wurden in den USA im ersten Halbjahr durchschnittlich 11.600 Elektrofahrzeuge pro Monat verkauft, rund 25 Prozent mehr als im Vorjahr. Auch im August waren es mehrheitlich „richtige“ Elektroautos (8.601 reine Batterie- und 6.372 Plug-in-Hybride), so dass der Bestand an Steckerautos jetzt die 500.000-Marke überschritt. In China gingen nach Auskunft des Centers of Automotive Management (CAM) durchschnittlich 30.000 Elektro- und Hybridautos auf die Straße, was einer Verdoppelung der Elektrofahrzeug-Neuzulassungen im Vergleich zum Vorjahreszeitraum entsprach. Selbst in europäischen Ländern wie Norwegen, Frankreich und Großbritannien stieg die Zahl der Stromer im ersten Semester 2016 schneller als in Deutschland (z. B. Norwegen um monatlich 3.600).

Kritiker bemängeln, die niedrige Nachfrage läge unter anderem daran, dass hier einige Autohändler das staatliche Förderprogramm nutzen würden, um bislang gewährte Nachlässe zu streichen. Andreas Knie vom Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel (InnoZ) argumentierte, die Preisdifferenz zwischen konventionellem und elektrischem Fahrzeug läge trotz Umweltbonus noch bei rund 15.000 Euro, so dass sich die Anschaffung eines Elektroautos bei den aktuell niedrigen Spritpreisen nicht rentiere. ||

## $H_2$-STATION FÜR DEN OSTEN

Abb. 1: G. Larroque, Total; N. Iwan, H2MOBILITY; K. Bonhoff, NOW; C. Pegel, Energieminister; C. Schmidt, WIND-projekt; D. Hempel, Nordex (v. l.) [Quelle: Danny Gohlke, Total]

Jetzt bekommt auch der Osten Deutschlands eine eigene Wasserstofftankstelle: Am 2. September 2016 erfolgte in Rostock der erste Spatenstich für eine Station, die sowohl eine rasche $H_2$-Betankung als auch eine zügige Stromladung ermöglichen soll. Der Startschuss für den Umbau der Total-Tankstelle an der Tessiner Straße fand unmittelbar vor der Landtagswahl in Mecklenburg-Vorpommern im Beisein von Energieminister Christian Pegel statt.

Die zukünftige Multi-Energie-Tankstelle in der Hansestadt wird direkt an den nahegelegenen Windpark in Dummerstorf angeschlossen, von wo aus zwei Windkraftanlagen (je 2,4 MW) ab Mitte 2017 Ökostrom liefern sollen, der in einer Pufferbatterie zwischengespeichert und für Betankung sowie die Komprimierung genutzt werden kann. Neben konventionellem Kraftstoff soll an diesem Standort Grünstrom an einer 3-in-1-Elektroschnellladesäule für Elektrofahrzeuge mit CCS-, CHAdeMO- und Typ-2-Stecker angeboten werden und an einer $H_2$-Zapfsäule auch per Elektrolyse erzeugter sauberer 700-bar-Wasserstoff. Die Inbetriebnahme der mit rund 700.000 Euro vom Bund geförderten Anlage soll im Frühjahr 2017 erfolgen. Sollte zuvor bereits die ebenfalls geplante $H_2$-Station in Neuruppin fertiggestellt werden, wäre dies – abgesehen von den Berliner Standorten – die zweite Wasserstofftankstelle in einem der östlichen Bundesländer. ||

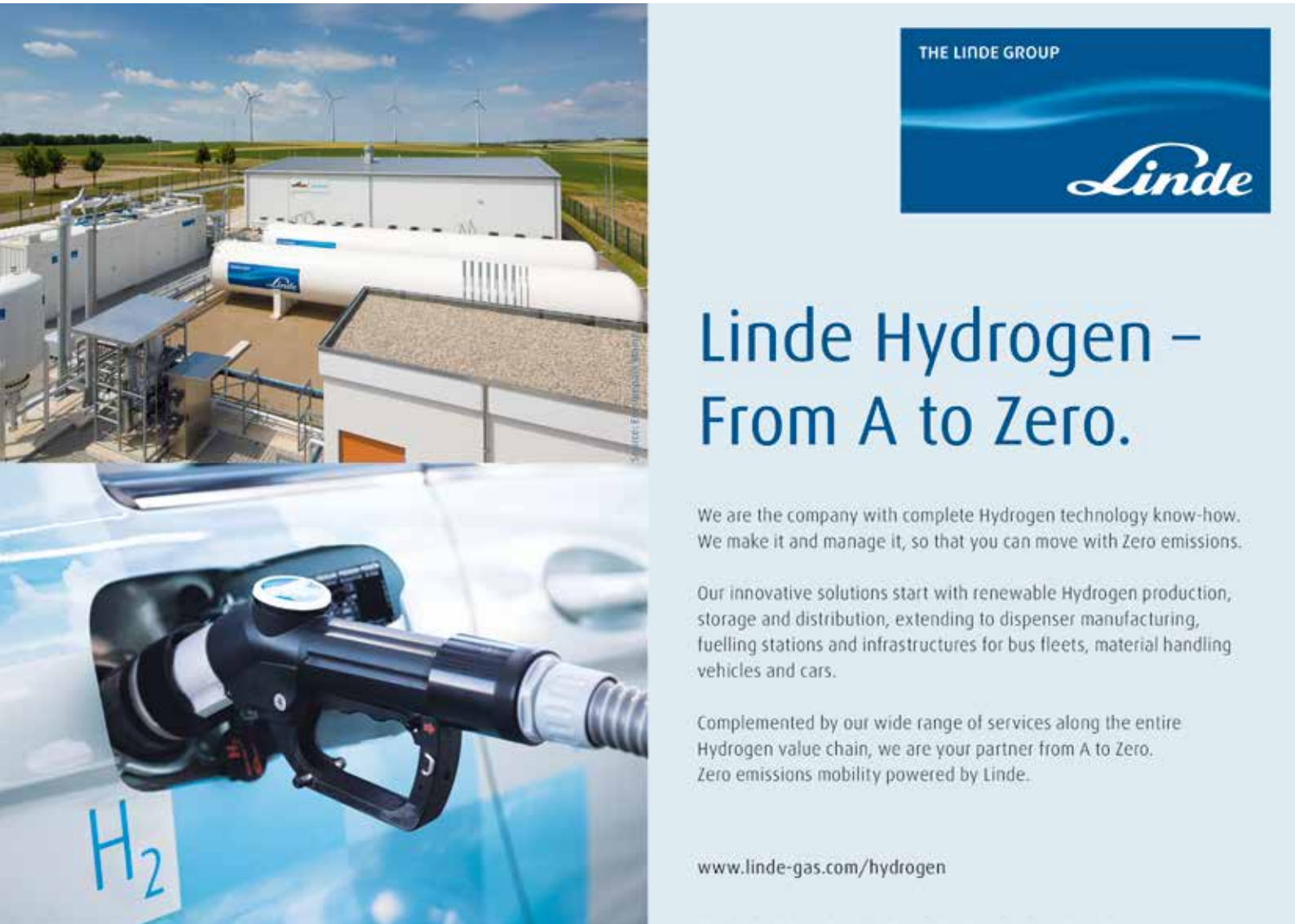
# DREI NEUE $H_2$-TANKSTELLEN

Quelle: Daimler

Seit diesem Sommer gibt es zwei neue Betankungsmöglichkeiten für $H_2$-Autos in Deutschland: Am 19. Juni 2016 wurde zunächst die Station in Wuppertal, die nach Aussage der Clean Energy Partnership als Prototyp für das geplante bundesweite $H_2$-Netz angesehen wird, eröffnet. Die Zapfsäule für Wasserstoff wurde in die konventionelle Shell-Tankstelle an der Schmiedestraße am Autobahnkreuz Wuppertal-Nord integriert, wofür insgesamt 670.000 Euro an Fördergeldern bereitgestellt wurden. Stijn van Els, Vorsitzender bei der Shell Deutschland Oil GmbH, stellte dazu in Aussicht, „dass dieser alternative Antrieb ab den zwanziger Jahren in Märkten wie Deutschland, England, Benelux und den USA eine immer größere Rolle spielt".

Die zweite Einweihung fand am 15. Juli in Ulm statt. Angesiedelt ist die dortige Betankungsstation auf dem Institutsgelände des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) in der Helmholtzstraße. Sie stellt einen wichtigen Lückenschluss auf der südlichen Ost-West-Verbindung zwischen München und Stuttgart/Karlsruhe dar. Mit diesen beiden Stationen waren in Deutschland Anfang September 2016 insgesamt 17 Stationen offiziell in Betrieb, 17 weitere im Bau und 19 in Planung. Tatsächlich waren allerdings drei Standorte wegen Wartungsarbeiten oder Störungen geschlossen und zwei meldeten keine Live-Informationen über ihren Betriebszustand. Am 23. September kommt allerdings noch ein weiterer Standort in Metzingen südlich von Stuttgart neu hinzu. ||





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

# CPN – LEUCHTTURM ODER GLIMMSTÄNGEL?

## *Wettbewerbsfähigkeit in greifbarer Nähe*

Abb. 1: GenStoreTM-Anlage bei MTN in Südafrika [Quelle: Heliocentris]



**Eigentlich sollte der USV-Sektor der vierte Leuchtturm im Nationalen Innovationsprogramm für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) werden. Stattdessen ist von dieser als innovativ geltenden Nische bis dato noch nicht viel mehr zu sehen als ein zaghaftes Glimmen. Das Branchennetzwerk *Clean Power Net (CPN)* versucht zwar, mit Mut machenden Meldungen Zuversicht zu verbreiten, tatsächlich warten einige der hier involvierten Player jedoch noch auf die richtigen Rahmenbedingungen, die etwas mehr Schwung in die Entwicklung und einen Wachstumsschub für ihre Produkte mit sich bringen könnten. Dass hier durchaus ein großes Potential schlummert, bestreitet indes kaum einer.**

*Clean Power Net* wurde 2010 gegründet, um unterschiedliche Unternehmen aus dem Bereich der unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV – damals: „frühe Märkte") zusammenzubringen. Am 15. März 2016 hielt der Verbund, dem inzwischen 21 Unternehmen und FuE-Institutionen angehören, in Berlin seine fünfte Vollversammlung unter dem Motto „Markt für Brennstoffzellen weiter im Aufwind" ab. In der entsprechenden Meldung verwies CPN zwar darauf, dass „erfolgreiche Referenzprojekte den Weg der Brennstoffzelle in neue Märkte ebnen", dass die BZ-Technologie zur Notstromversorgung „zunehmend gefragter" wird und „zahlreiche Kunden die Brennstoffzelle bereits erfolgreich als Dieselersatzlösung im Notstrombereich einsetzen". Einen selbsttragenden Volumenmarkt gibt es heute aber noch nicht.

**BRENNSTOFFZELLEN FÜR BEHÖRDENFUNK** Dabei sind die Aussichten gar nicht so schlecht: So werden beispielsweise zunehmend Brennstoffzellen als Notstromversorgungslösung für den digitalen Polizeifunk eingesetzt. Erste Feldversuche bei Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (kurz: BOS – s. HZwei-Heft Okt. 2015) wurden im März 2016 erfolgreich abgeschlossen. Dr. Henrik Colell, CTO der Heliocentris Energy Solutions AG und seit der Gründung Sprecher von *Clean Power Net,* freute sich: „Als Referenzprojekt hat BOS Brandenburg eine enorme Leuchtkraft für unser gesamtes Netzwerk."

Zudem waren Mitglieder von CPN auch an der Ausschreibung des Landes Bayern beteiligt, das bei der Stromversorgung seines Behördenfunks im Notfall künftig ebenfalls auf die Brennstoffzelle statt auf Dieselgeneratoren als Netzersatzlösung setzen möchte, womit dann allein im Behördenfunk in Summe rund 220 Systeme in Betrieb sein werden.

Dementsprechend zeigte sich Colell zuversichtlich: „Wir haben die Bekanntheit und die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten der Technologie nachhaltig vermitteln und die Brennstoffzelle fest als Alternative für eine sichere Stromversorgung in den Köpfen von Entscheidern aus Politik und Wirtschaft verankern können." Damit spielte er darauf an, dass künftig auch Energieversorgungslösungen für Signal- und Verkehrsleitsysteme im Bahnverkehr, bei Banken oder in Krankenhäusern verstärkt nachgefragt werden könnten, da beispielsweise die Deutsche Bahn von den Vorteilen dieser Technologie überzeugt und ihre Tochtergesellschaft, die DB Bahnbau Gruppe GmbH, als neues Mitglied gewonnen werden konnte. Die DB Bahnbau Gruppe hatte erst im Juli 2015 eine Kooperationsvereinbarung mit der Proton Motor Fuel Cell GmbH über den Verkauf und den Service von Brennstoffzellen-USV-Systemen unterzeichnet. Zudem engagiert sich Proton derzeit vermehrt im europäischen Ausland, von der Schweiz bis zu den Orkney-Inseln (s. HZwei-Heft Jul. 2016).

**EXPORTFONDS ÜBER 350 MIO. EURO** Gegenüber *HZwei* räumte Colell allerdings gleichzeitig ein, dass es den CPN-Playern trotz intensiver Bemühungen „bisher nicht gelungen ist, ein nationales Markteinführungsprogramm für USV-Systeme in die Wege zu leiten". Demonstrationsprojekte sowie F&E-Aktivitäten sollen zwar auch im NIP 2.0 gefördert werden, um die Systemperformance weiter zu verbessern und die Kosten weiter zu reduzieren. Damit aber darüber hinaus die Auslandsaktivitäten der verschiedenen Akteure bestmöglich flankiert werden, wird derzeit über eine fondsgebundene Maßnahme zur Unterstützung des Exports deutscher BZ-Technik nachgedacht (s. Bonhoff-Interview HZwei-Heft Jul. 2016).

Angedacht ist ein Exportfonds zur Projektfinanzierung von bis zu 90.000 Brennstoffzellenanlagen weltweit, der über sechs Jahre läuft und ein kumuliertes Fördervolumen in Höhe von 350 Mio. Euro umfasst. Dieses Geld könnte in Form von zinsgünstigen Projektdarlehen bereitgestellt werden, um den Unternehmen die Realisierung größerer Projekte zu ermöglichen, damit über Skaleneffekte Kostensenkungspotentiale erschlossen werden können. Bislang ist dies jedoch nur ein Gedankenexperiment, das mit dem Bundeswirtschaftsministerium diskutiert wird.

**AKTIENKURS ABGERUTSCHT** Unabhängig von diesen CPN-Aktivitäten kämpfen jedoch derzeit einige Partner – zum Teil alteingesessene Firmen wie Heliocentris und SFC

Abb. 2: DMFC-System von SFC auf der Hannover Messe 2015

– darum, dass ihre Investoren bei der Stange bleiben. Beide Firmen sind bereits seit den Anfängen der intensivierten Brennstoffzellenentwicklung Ende des letzten Jahrhunderts im Geschäft, laufen aber Gefahr, dass der äußerst langsam verlaufende Kommerzialisierungsprozess die Geduld der Geldgeber strapaziert. So dümpelt der Aktienkurs der SFC Energy AG seit sieben Jahren auf dem gleichen Niveau vor sich hin. Dieses Niveau liegt wohlgemerkt 80 Prozent unterhalb des ursprünglichen Ausgabepreises von 2006, woran auch die letzte Kapitalerhöhung (Bruttoemissionserlös: ca. 1,5 Mio. Euro) Mitte August 2016 kaum etwas änderte.

Einerseits vermeldet das Unternehmen zwar regelmäßig den Abschluss neuer Millionenaufträge, andererseits ist der Kurs in den vergangenen Jahren aber nicht mehr über 7 Euro hinausgekommen. Dementsprechend verhalten ist die Stimmung unter den Anlegern. Hinzu kommt, dass seit 2015 ein weiteres Unternehmen mit vergleichbaren Produkten auf den bislang noch recht überschaubaren Markt drängt: Keymile hat sich unlängst mit dem dänischen BZ-Hersteller IRD zusammengetan und deren DMFC-Generator *Modell 800* in die eigenen USV-Systeme integriert. Während der Hannover Messe 2016 präsentierte das Unternehmen aus Niedersachsen erstmals seine Aggregate, die ebenso wie bei SFC mit Methanol betrieben werden. Ähnlich wie das Brunnthaler Unternehmen visieren die Hannoveraner Einsatzgebiete wie Flugleit-, Pipeline- und Grenzüberwachungssysteme an, bei denen eine unterbrechungsfreie Energieversorgung auch bei Stromausfall beziehungsweise komplett unabhängig vom Netz gewährleistet sein muss.

Ähnlich sieht es bei der Heliocentris Energy Solutions AG aus, die ebenfalls 2006 an die Börse ging. Bei dem seit 1995 in Berlin-Adlershof ansässigen Unternehmen setzte der Absturz allerdings erst Ende 2015 ein. Auch hier lag der aktuelle Kurs 80 % unterhalb des Ausgabepreises, zuletzt sogar 90 % drunter, obwohl er im Sommer 2015, ein halbes Jahr nach der Übernahme der FutureE Fuel Cell Solutions GmbH, noch bei plus 25 % rangierte (Weiteres s. S. 34).

**NOW-STUDIE: ATTRAKTIVE ALTERNATIVE** Eine optimistisch stimmende Studie haben kürzlich Dr. David Hart und Franz Lehner von E4tech für die NOW GmbH angefertigt. Bei dieser Untersuchung des europäischen Marktes für Netzersatzanlagen bis 100 kW Leistung kamen die Autoren zu folgendem Schluss: „Der Einsatz von Brennstoffzellen anstelle von konventionellen Netzersatzanlagen in einer Vielzahl von Pilotprojekten in den vergangenen Jahren hat dazu beigetragen, die Vorteile dieser neuen Technologie unter Beweis zu stellen und sie als ausgereifte Alternative, die betriebliche Vorteile liefert, am Markt zu positionieren. […] Dank spezieller Steuererleichterungen für Brennstoffzellensysteme in den Vereinigten Staaten von Amerika konnten sich hier BZ-Lösungen in den vergangenen Jahren bereits als attraktive Alternative zu Dieselgeneratoren etablieren. […] Brennstoffzellensystemen als Gesamtlösung werden im unteren Leistungsbereich bis etwa 10 kW im derzeitigen Marktumfeld die besten Chancen eingeräumt, mit konventionellen Anlagen zu konkurrieren."

Weiter heißt es in dieser Analyse, dass derzeit die hohen Anschaffungskosten die größte Barriere für eine weitere Verbreitung darstellen. Diesen Kosten stehen allerdings geringere Betriebsausgaben entgegen, wodurch die Wettbewerbsfähigkeit der Brennstoffzelle bis 2020 beziehungsweise 2025 in greifbare Nähe rücke. ||

**USV-WORKSHOP**
Die EnergieAgentur.NRW und *Clean Power Net* veranstalten am 6. Oktober 2016 am Zentrum für BrennstoffzellenTechnik (ZBT) in Duisburg einen gemeinsamen Workshop zum Thema „Netzersatzanlagen (NEA/USV/Backup) mit Brennstoffzellen".

Literatur


- Sichere Stromversorgung für die digitale Gesellschaft, NOW & E4tech, Berlin, Juni 2016
- Wasserstoffversorgung von BZ-Notstromanlagen, U. Groos, C. Voglstätter, Fraunhofer ISE, Freiburg, 2015





h2herten
Wasserstoff-Kompetenz-Zentrum

ANWENDERZENTRUM H2HERTEN

- Erstes Technologiezentrum für Firmen der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnik
- Büroräume und Technika
- Integrierte Wasserstoffversorgung
- $H_2$-basiertes Energiekomplementärsystem
- Meetingräume inkl. Präsentationstechnik

**Kontakt:**
info@h2herten.de
www.h2herten.de

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

# HELIOCENTRIS SORTIERT SICH NEU

## *Kurzportrait eines börsennotierten BZ-Unternehmens*

**Heliocentris war 1995 als Hersteller von Unterrichtsmaterialien gegründet worden. Nach der Übernahme von P21 GmbH im Jahr 2011 diversifizierten die Berliner ihr Tätigkeitsfeld. Seitdem bieten sie Hybridlösungen für die Energieversorgung, insbesondere für die Telekommunikationsbranche, an. Das erklärte Ziel lautet nach wie vor: „Ersatz des Dieselaggregats durch die Brennstoffzelle." Zu diesem Zweck ist auch viel Geld in die Elektrolyse investiert worden. 2012 startete eine Kooperation mit der italienischen Firma Acta, die platinfreie Elektrolyseure produziert, so dass mittlerweile Notstromversorgungssysteme sowohl mit $H_2$-Flaschenbündeln als auch mit Elektrolyseur zur Verfügung stehen.**

Abb. 1: Ayad Abul-Ella [Quelle: Heliocentris]

Im vergangenen Jahr fiel jedoch der Kurs der Heliocentris Energy Solutions AG deutlich ab. Unternehmensgründer Dr. Henrik Colell erklärte dies gegenüber *HZwei* unter anderem mit den verfehlten Wachstumserwartungen einiger Investoren, die sich in 2015 ein Umsatzwachstum über mehr als 17 % versprochen hatten. „Bereits ein einziger Fonds, der dann aus der Aktie aussteigen möchte, kann einen so kleinen Börsenwert wie Heliocentris massiv unter Druck setzen und zu einem solchen Kursrutsch führen", so der technische Geschäftsführer. Sowohl Ende 2015 als auch im Juni 2016 veräußerte ein Londoner Fonds erst den einen, dann den zweiten Teil seiner Anteile.

Ein weiterer Knackpunkt war, dass die Aktien des Brennstoffzellenherstellers seit Mai 2015 nicht mehr im Entry- sondern im Prime-Standard gehandelt werden, wodurch der Druck seitens der Investoren gestiegen ist. Colell erläuterte: „Der geringere Umsatz basiert vor allem auf Auftragsverzögerungen aus dem Nahen Osten und Asien aufgrund des niedrigen Dieselpreises sowie Unsicherheiten, die nach der Wahl in Myanmar auftraten und dort zu einem Geschäftsstillstand führten". Außerdem hätten sie sich mit den „irre langen Produktzyklen" verschätzt, so Colell.

Seit Januar 2016 ist mit Sabine Kauper ein neuer CFO bei Heliocentris, mit dem jetzt einige „Restrukturierungsmaßnahmen" umgesetzt werden. So wurden in diesem Jahr einige Arbeitskräfte entlassen, nachdem die Firma „zuvor ziemlich schnell auf 200 Mitarbeiter gewachsen" war. Durch die Konzentration auf weniger Märkte (Länder) soll nun versucht werden, politische Einflussfaktoren zu minimieren. Außerdem soll „der Fokus auf mehr eigene Produkte, in die in den letzten drei Jahren massiv investiert wurde, gelegt werden. Colell erklärte: „Wir sind noch nicht profitabel und mussten deshalb unsere Fixkosten senken." 45 Mitarbeiter verließen demzufolge zum 30. Juni 2016 das Unternehmen. Trotz kleiner Mannschaft wollen die Berliner jedoch „weiter wachsen – mit mehr Marge".

Ein jüngster Teilerfolg war, dass Heliocentris im April 2016 einen Folgeauftrag für die Lieferung von 22 BZ-Netzersatzanlagen zur Notstromversorgung von Standorten des BOS Digitalfunknetzes vermelden konnte. Zudem wurde im zweiten Quartal ein Rahmenkaufvertrag mit einem führenden Netzwerkausrüster Nordeuropas sowie ein weiterer Auftrag für die Hybridisierung von 50 Mobilfunkbasisstationen des Mobilfunknetzes von Etisalat in den Vereinigten Arabischen Emiraten abgeschlossen. Diese Abschlüsse mit einem Umsatzvolumen von insgesamt rund 4 Mio. Euro trugen jedoch bislang nicht dazu bei, den Abwärtstrend des Aktienkurses zu stoppen, so dass Ayad Abul-Ella, der Heliocentris-Vorstandsvorsitzende, während der diesjährigen Hauptversammlung feststellte: „Wir befinden uns in einer kritischen Situation." Sein Ziel ist derzeit, „die Firma in eine nachhaltig stabile Situation zu führen". Dennoch passt Heliocentris seine Prognose für das Geschäftsjahr 2016 Ende August an und halbierte die Höhe der erwarteten Umsatzerlöse, nachdem im Juli noch 20 bis 25 Mio. Euro erwartet worden waren.

**SPONTANER WECHSEL IM AUFSICHTSRAT** Ende Mai 2016 hatte Heliocentris Energy Solutions zudem bekannt gegeben, dass sich mit Oliver Borrmann ein langjähriger Wegbegleiter fortan anderen Aktivitäten zuwenden möchte. Oliver Borrmann, der seit Mai 2006 Vorsitzender des Aufsichtsrats war, sagte: „Nach dem Ausstieg der bmp aus dem Aktionärskreis ist für mich die Zeit gekommen, nach nunmehr gut zehn Jahren den Aufsichtsrat der Heliocentris AG zu verlassen." Henrik Colell erklärte, dass bmp seit 1999 Heliocentris unterstützt hat und für einen Venture-Capital-Geber bereits vergleichsweise lange dabeigeblieben sei.

Als Nachfolger Borrmanns wurde zunächst Bernd Brunke vorschlagen, der von 2014 bis 2016 Senior Vice President bei der Hypovereinsbank war. Brunke sollte während der Hauptversammlung am 5. Juli 2016 in den Aufsichtsrat und dann zu dessen Vorsitzendem gewählt werden. Tatsächlich wurde dann aber Klaas de Boer, der bereits seit 2015 als Nachfolger von Oliver Krautscheid dem Aufsichtsrat angehört, für die nächsten vier Jahre in das Gremium gewählt. De Boer ist Geschäftsführer der Entrepreneurs Fund Management Services Ltd. sowie Managing Partner der Entrepreneurs Fund Management LLP. Zum neuen Vorsitzenden wurde Michael Stammler bestimmt, der seit 2008 dem Aufsichtsrat angehört. Der Diplom-Ingenieur und Diplom-Kaufmann war von 2011 an als selbständiger Berater aktiv, bis er im Mai 2013 Präsident des Verwaltungsrates der schweizerischen Taunus Trust Group AG und Geschäftsführer der Taunus Trust GmbH wurde. Zudem ist er stellvertretender Vorsitzender des Aufsichtsrats der bmp Holding. ||

Mit der Gründung der Home Power Solutions GmbH (HPS) im Dezember 2014 unter der Leitung von Henrik Colell und Zeyad Abul-Ella hat Heliocentris einen möglicherweise profitablen Zweig (Energiemanagement und Brennstoffzelle im Hausenergiebereich) ausgegliedert. Währenddessen bleibt die Weiterbildungssparte (Academia) personalintensiv und nicht sonderlich profitabel, weshalb ihre Zukunft ungewiss ist. Sicher erscheint indes, dass das Unternehmen noch frisches Geld benötigt, bevor es die Gewinnschwelle erreicht.

**Thema:** Entwicklung | **Autoren:** Marcus Tegel, Lars Röntzsch

# WASSERSTOFF OHNE TANKSTELLENNETZE

## *PowerPaste für mobile und autarke Brennstoffzellen*

Abb. 1: GenStoreTM-Anlage bei MTN in Südafrika [Quellen: Fraunhofer IFAM]

**Die wichtigsten Vorteile von Wasserstoff als Sekundärenergieträger sind lange bekannt: hohe spezifische Energie, gute Wirkungsgrade, emissionsfreie Nutzung. Wasserstoff konnte sich jedoch bislang für viele denkbare Anwendungen noch nicht am Markt etablieren. Häufig erweisen sich die für diese Bereiche verfügbaren Speicherlösungen als zu kostenintensiv oder technisch problematisch. Ein größeres Hindernis stellt aber oft die fehlende Infrastruktur beziehungsweise die für diese Fälle zu teure Logistik dar. *PowerPaste,* eine Neuentwicklung des Fraunhofer IFAM, bietet das Potenzial, dies grundlegend zu ändern.**

Seit langem ist als Alternative zu heute gebräuchlichen $H_2$-Speichern (Druck- oder Kryo-Tanks) die $H_2$-Erzeugung durch die chemische Reaktion von Metallhydriden oder anderen leicht oxidierbaren Materialien mit Wasser in so genannten Hydrolysereaktionen (altgriech. hýdor: Wasser; lýsis: Zersetzung) bekannt. So wurde Calciumhydrid unter dem Handelsnamen Hydrolith bereits seit 1910 als portable, kommerziell erhältliche Wasserstoffquelle zur Befüllung von Wetterballons und sogar Luftschiffen eingesetzt. [1, 2]

Calciumhydrid reagiert mit Wasser zu Calciumhydroxid und Wasserstoff, wobei pro Kilogramm Calciumhydrid 1.070 l Wasserstoff bei Standardbedingungen in einer exothermen Reaktion freigesetzt werden:

$$CaH_2 + 2\ H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 2\ H_2\ \Delta H_R = -186\ \text{kJ/Mol}$$

Während diese Art der chemischen Erzeugung hauptsächlich aufgrund der hohen Kosten, einer besseren Verfügbarkeit von Gasflaschen, aber auch wegen zunehmender Sicherheitsbedenken und -regulierungen [3] für den Einsatz von Wasserstoff als Auftriebsgas zwischenzeitlich in den Hintergrund geriet, erhalten chemische $H_2$-Erzeugungstechnologien heute durch den kommerziellen Einsatz von Brennstoffzellen wieder neue Fahrt.

**NATRIUMBORHYDRID ALS $H_2$-SPEICHER** Der Einsatz metastabiler Natriumborhydrid-Lösungen zur autarken $H_2$-Herstellung wurde ursprünglich von Schlesinger im Jahre 1953 vorgeschlagen [4], insbesondere aber seit den 1980er-Jahren intensiver erforscht und für BZ-Anwendungen propagiert. [5] Natriumborhydrid reagiert auf ähnliche Weise wie Calciumhydrid mit Wasser: Neben Wasserstoff entsteht hier der Gefahrstoff Natriummetaborathydrat als Abfallprodukt (reizend und vermutlich reproduktionstoxisch, Kat. 2):

$$NaBH_4 + (2+n)\ H_2O \rightarrow NaBO_2 \cdot n\ H_2O + 4\ H_2\ (n = 2..4)\ \Delta H_R = -212\ \text{kJ/Mol}$$

Vorteilhaft sind die höhere nominale $H_2$-Kapazität im Vergleich zu Calciumhydrid sowie die etwas bessere Steuerbarkeit der $H_2$-Freisetzung durch einen katalytischen Prozess. Einigen Lesern dürfte noch das ehemalige US-basierte Unternehmen Millennium Cell bekannt sein: Es wollte kurz vor seiner Insolvenz im Jahre 2008 als Hauptprodukt den tragbaren Stromgenerator *HydroPak* vertreiben, der durch Hydrolyse einer durch den Anwender anzumischenden Natriumborhydridlösung zunächst Wasserstoff erzeugen und diesen dann in einer PEM-Brennstoffzelle in Strom umwandeln sollte, um damit portable Geräte wie Laptops oder Fernseher mit Strom versorgen zu können. [6] >>

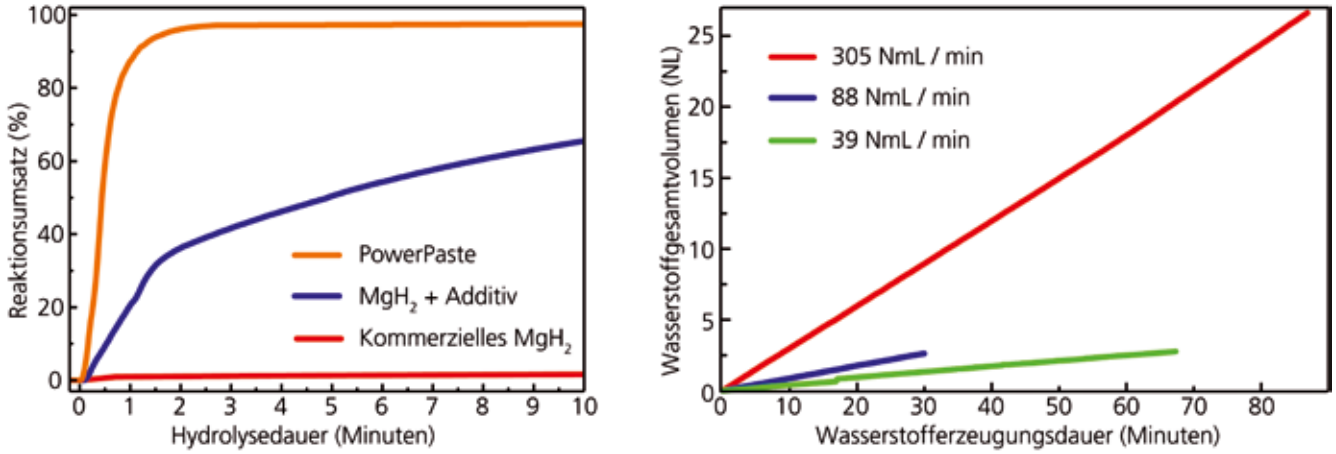



Abb. 2: Links – ungeregelte Hydrolysereaktionen von unbehandeltem Magnesiumhydrid, Magnesiumhydrid mit Fraunhofer IFAM-Additiv und PowerPaste; rechts – geregelte $H_2$-Erzeugungsreaktion von PowerPaste und Wasser mittels spezieller Dosiervorrichtung und Mikrocontroller

Ähnliche Kartuschenkonzepte verfolgen derzeit myFC mit den am Markt erhältlichen bzw. angekündigten deutlich kleineren Stromgeneratoren *PowerTrekk* (s. HZwei-Heft Apr. 2015) und *JAQ* oder HES mit der *AEROPAK* L-Serie als hydrolysebasierte Ultraleicht-Stromversorgung für unbemannte Luftfahrzeuge bzw. Drohnen.

Die Herausforderungen der Technologie bestehen jedoch unter anderem darin, dass bei allen genannten Lösungen der benötigte Gesamtenergiebedarf im Vorfeld abgeschätzt werden muss, da das Hydrid mit Wasser langsam zu Wasserstoff abreagiert, wenn beide Komponenten einmal vermischt sind – unabhängig davon, ob die Energie auch benötigt wird. Zudem kann prinzipbedingt nur ein vergleichsweise enger, vorher festzulegender Leistungsbereich abgedeckt werden.

Weiterhin wird die volle theoretische Ausbeute an Wasserstoff in der Praxis oft nicht erreicht. Es verbleibt dann giftiges, nicht abreagiertes Natriumborhydrid im Abfallprodukt, und es wird ein großer Überschuss an Wasser benötigt, was die spezifische Energie entsprechender Gesamtsysteme stark verringert. Besonders gravierend dürfte aber sein, dass aufgrund hoher Materialkosten, des Einsatzes teurer Katalysatoren und aufwändiger Verpackungen sowie nicht gehaltener Recyclingversprechen die Stromgestehungskosten der genannten Lösungen so hoch sind, dass diese nur für Nischenmärkte attraktiv sind.

Gemäß eigener Rechnungen betragen heutige Stromgestehungskosten auf $NaBH_4$-Basis mehr als 20 €/kWh. Selbst perspektivisch sind bei diesem Materialsystem kaum weniger als 10 €/kWh erreichbar.

**MAGNESIUMHYDRID IST BESSER** Noch vergleichsweise wenig bekannt ist, dass sich auch Magnesiumhydrid für die $H_2$-Erzeugung durch Hydrolyse eignet:

$$MgH_2 + 2\,H_2O \rightarrow Mg(OH)_2 + 2\,H_2\;\Delta H_R = -276\ \text{kJ/Mol}$$

Magnesiumhydrid reagiert mit Wasser in einer ebenfalls exothermen Reaktion zu ungefährlichem Magnesiumhydroxid und Wasserstoff, wobei pro Kilogramm des Materials 1.700 l Wasserstoff (= 150 g $H_2$ oder 5 kWh) freigesetzt werden. Besonders attraktiv ist Magnesiumhydrid aber vor allem aufgrund seiner Ungiftigkeit, seiner besonders hohen Lagerstabilität, einer hohen Verfügbarkeit des zur Herstellung benötigten Ausgangsstoffs Magnesium sowie vergleichsweise geringer Materialherstellungs- und damit Stromherstellungskosten. Ein erstes Beispiel einer kommerziellen Umsetzung der Hydrolyse von Magnesiumhydrid in einer BZ-Anwendung ist der werkzeugkoffergroße 33-W-Stromgenerator *MAGPOPO* von Ryoden / Biocoke Lab, der auf der Hannover Messe 2016 vorgestellt wurde.

Problematisch für die Anwendung bleibt jedoch eine vergleichsweise langsame Reaktion zwischen Magnesiumhydrid und Wasser. Die Bildung von Passivierungsschichten bei Kontakt der beiden Reaktanten setzt die Reaktionsgeschwindigkeit der Hydrolysereaktion stark herab (s. Abb. 2 li., rote Kurve). Außerdem ist die Steuerbarkeit der Reaktion durch Zudosierung von Wasser zu einem Vorrat von Magnesiumhydrid nur stark eingeschränkt gegeben und die mögliche Leistungsdichte der Reaktion bleibt beschränkt. Die Realisierung einer kontinuierlichen oder beliebig start- und unterbrechbaren $H_2$-Erzeugung ist auf diese Weise ebenfalls nicht möglich.

**PASTE ERMÖGLICHT GUTE DOSIERUNG** Diese Herausforderungen haben zu einer starken Weiterentwicklung der Hydrolysetechnologie am Fraunhofer IFAM, Institutsteil Dresden, geführt – sowohl materialseitig als auch in der systemtechnischen Umsetzung: Materialseitig konnte Magnesiumhydrid durch die Zugabe ungiftiger kostengünstiger Additive zunächst so modifiziert werden, dass die Bildung störender Passivierungsschichten wirkungsvoll unterbunden wurde (s. Abb. 2 li., blaue Kurve). [7, 8] Im nächsten Schritt wurde durch Zugabe sogenannter Ester ein pastöses Material – die so genannte PowerPaste (s. Abb. 1) – hergestellt. Diese kann so dynamisch mit Wasser reagieren (s. Abb. 2 li., orangefarbene Kurve), dass mittels einer speziellen

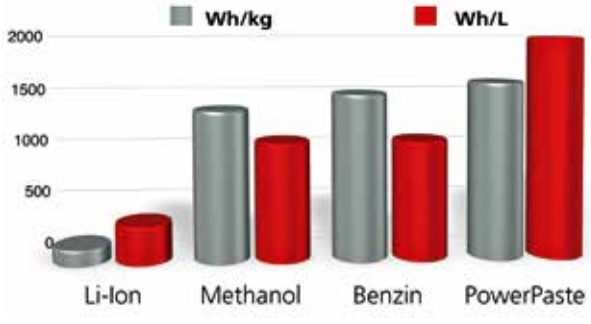



Abb. 3: Vergleich von spezifischer Energie und Energiedichte von Lithium-Ionen-Batterien, Methanol (DMFC), Benzin (Generator) und PowerPaste (PEMFC) inklusive Wirkungsgradverlusten bei Stromumwandlung (Annahme: 1 kW Maximalleistung)

Dosiervorrichtung vollständig geregelte $H_2$-Erzeugungsreaktionen mit konstantem Volumenstrom möglich werden (s. Abb. 2, re.).

Im Gegensatz zu bekannten Slurry-Konzepten mit Mineralöl [9] sind alle Stoffe in PowerPaste ungiftig und nicht flüchtig, was eine hohe Reinheit des erzeugten Wasserstoffs zur Folge hat und PowerPaste besonders geeignet für PEM-Brennstoffzellenanwendungen macht. Die tatsächlich nutzbare Energiedichte in PowerPaste ist aufgrund des sehr großen Feststoffanteils äußerst hoch (s. Abb. 3). Außerdem sind die Stromgestehungskosten vergleichsweise gering. Heutige materialseitige Stromgestehungskosten auf Basis von PowerPaste betragen laut eigenen Rechnungen ca. 4,50 €/kWh. Die perspektivisch erreichbaren materialseitigen Stromgestehungskosten betragen – je nach Szenario – ca. 1,40 bis 2,00 €/kWh, was dieser Technologie aus unserer Sicht den Vorzug gegenüber anderen chemischen Wasserstofferzeugungsmethoden gibt.

**50-W- UND 300-W-DEMONSTRATOR** Die Machbarkeit funktionsfähiger Stromgeneratoren auf Basis dieser Technologie konnte ebenfalls bereits demonstriert werden. An einem stationären 50-W-Demonstrator des Technologiereifegrads 4 sowie einem mobilen 300-W-Stromgenerator des Technologiereifegrads 5 (s. Abb. 4), die beide innerhalb von weniger als einem Jahr im Rahmen von Projekten am Fraunhofer IFAM entwickelt wurden, konnte nachgewiesen werden, dass sich Hydrolyse zur dauerhaften und dynamischen Stromerzeugung mit PEM-Brennstoffzellen eignet. In den Stromgeneratoren kommt eine Mikroprozessorsteuerung sowie speziell entwickelte Dosiertechnologie zum Einsatz, die auch bei stark unterschiedlichen Lastszenarien jeweils genau so viel PowerPaste mit Wasser zu Wasserstoff umsetzt, wie gerade von der Brennstoffzelle benötigt wird.

Insgesamt bietet die chemische Wasserstofferzeugung durch Hydrolyse von PowerPaste ein großes wirtschaftliches Potenzial – nach eigenen Einschätzungen insbesondere für mobile und portable Brennstoffzellenanwendungen im Leistungsbereich von etwa 10 Watt bis zu einigen Kilowatt und bei einem zu transportierenden Energiegehalt von etwa 500 Wh bis 100 kWh. In diesem Leistungs- und Energiebereich stoßen normale Akkumulatoren heute für viele Anwendungen an Kosten- oder Gewichtsgrenzen. Je mehr Energie transportiert werden muss und je schwieriger sich ein Wiederaufladen der Batterie in einer Anwendung gestaltet, desto günstiger fällt die Bilanz zu Gunsten der chemischen Wasserstofferzeugung mit Brennstoffzelle im Vergleich zur konventionellen Batterie aus. Dies macht die Technologie insbesondere für energiehungrige Anwendungen wie Leichtelektromobilität (z. B. Consumer- und Flotten-eBikes), Logistikanwendungen, Drohnen und unbemannte Luftfahrzeuge, Ad-hoc-Telekommunikation, Generatoren für den Expeditions- und Outdoorbereich, militärische Anwendungen, aber auch für Elektrorollstühle und Lebenserhaltungsgeräte attraktiv.

Neben den mobilen und portablen Anwendungen bietet sich die chemische Wasserstofferzeugung auch für stationäre Anwendungen an, bei denen eine Unabhängigkeit vom Stromnetz, hohe Zuverlässigkeit, lange Haltbarkeit, ein einfaches Nachfüllen des Betriebsmittels sowie geringe Installations- und Wartungskosten erforderlich sind, was PowerPaste für brennstoffzellenbasierte Notstromsysteme sowie für energieautarke Sicherheits- und Überwachungssysteme prädestiniert.

Aus wirtschaftlicher Sicht besonders interessant ist sicher auch ein Kostenvergleich zwischen der Bereitstellung von

Abb. 4: Demonstrator zur Hydrolyse von PowerPaste mit 300-Watt-PEM-Brennstoffzelle an einem Lasten-Elektrofahrrad

Wasserstoff durch Druckspeicher (Gasflaschen oder Drucktanks) oder durch Hydrolyse von PowerPaste. Auch wenn eine genauere Betrachtung der einzelnen Anwendungsszenarien noch nicht vorliegt, kann bereits heute davon ausgegangen werden, dass PowerPaste für mehr als nur Nischenmärkte Relevanz erlangen kann. ||

Literatur


1. G. F. Jaubert, The Manufacture of Hydrogen for Filling Balloons, Rev. Gen. Chim. 13 (1911), 341.
2. H. S. Redgrove, Hydrogen in aeronautics, Chem. Trade J. and Chem. Engineer., 60 (1917), 359.
3. U.S. Department of Transport, FAA, Airship Design Criteria, FAA-P-8110-2, 44.
4. H. I. Schlesinger *et al.*, Sodium Borohydride, its hydrolysis and its use as a Reducing Agent and in the Generation of Hydrogen, J. Am. Chem. Soc. 75 (1953) 215.
5. C. M. Kaufman, B. Sen, Hydrogen generation by hydrolysis of sodium tetrahydroborate: effects of acids and transition metals and their salts, J. Chem. Soc., Dalton Trans.: Inorg. Chem. 2 (1985) 307.
6. Horizon, Millennium Cell's HydroPak enters pre-production stage, Fuel Cells Bulletin 3 (2008), 6.
7. M. Tegel, L. Röntzsch, B. Kieback, DE102013211106, WO14198948, EP3008012.
8. M. Tegel *et al.*, An efficient hydrolysis of $MgH_2$-based materials, Int. J. Hydrogen Energy, eingereicht.
9. W. McClaine *et al.*, Hydrogen Transmission/Storage with Metal Hydride-Organic Slurry and Advanced Chemical Hydride/Hydrogen for PEMFC Vehicles, Proceedings of the 2000 U.S. DOE Hydrogen Program Review NREL/CP-570-28890.
10. M. Tegel, L. Röntzsch, B. Kieback, DE102014211422, WO2015189247.

Autoren:

Dr. rer. nat. Marcus Tegel
→ marcus.tegel@ifam-dd.fraunhofer.de

Dr. rer. nat. Lars Röntzsch
→ lars.roentzsch@ifam-dd.fraunhofer.de

beide Fraunhofer IFAM, Dresden

**Thema:** Entwicklung | **Autor:** Edgar Lange

# KRAFTSTOFF AUS KÜNSTLICHEN BLÄTTERN

## *Wasserstofferzeugung mittels Photosynthese*

Abb. 1: Rekordwirkungsgrad: Die kleine Zelle wandelt rund 14 % der einfallenden Solarenergie in Wasserstoff um [Quelle: HZB, M. May]

**Wasserstoff gilt als hocheffizienter und nahezu idealer Energiespeicher. Seine Bedeutung wächst im Zuge der unsteten Gewinnung erneuerbarer Energien. Allerdings verursacht der Umweg der klassischen Wasserstofferzeugung aus Solarstrom mit anschließender Elektrolyse Wirkungsgraddefizite. Daher könnte die künstliche Photosynthese eine interessante Alternative werden. An entsprechenden Verfahren arbeiten Forscher weltweit. Entscheidend für das Gelingen und die Effizienz sind geeignete Werkstoffe für die Zellen. Technologisch ist der Kampf um die besten Wirkungsgrade, die sich in den letzten Jahren fast verdoppelt haben, voll entbrannt.**



Pflanzen gelingt es seit Urzeiten, Sonnenlicht mittels Photosynthese in chemische Energie umzuwandeln. Technisch gewonnene Solarenergie ist zwar weltweit und reichlich verfügbar, aber leider nicht stets und überall. Lösungen, bei denen der solare Strom mittels Batterie oder Wasserstoff gespeichert wird, sind derzeit noch eher unzulänglich. Dabei ließe sich die gewonnene Solarenergie in Form von Wasserstoff deutlich besser speichern als elektrischer Strom. Prof. Roel van de Krol, Leiter des Instituts für Solare Brennstoffe beim Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB), erläutert: „Ein Kilogramm Brennstoff, wie etwa Wasserstoff, speichert circa 100-mal so viel Energie wie eine entsprechende Batterie." Eine besonders interessante Speicherlösung ist die künstliche Photosynthese nach dem Vorbild der Natur, woran derzeit weltweit geforscht wird.

**KÜNSTLICHES BLATT ERZEUGT WASSERSTOFF** Es ist heute bereits möglich, mit künstlichen Systemen auf Halbleiterbasis Sonnenlicht in chemische Energie umzuwandeln. Ein dafür benötigtes „künstliches Blatt" besteht aus einer Solarzelle, zwei Elektroden und einer Membran, kombiniert mit weiteren funktionalen Schichten. Wird solch ein Element in Wasser getaucht und mit Sonnenlicht bestrahlt, spaltet die gewonnene elektrische Energie an der Fotoanode Wasser in Sauerstoffatome, Protonen und Elektronen, also Wasserstoff. Während der Sauerstoff in einer Kammer verbleibt, werden die Elektronen und Protonen durch die Membran in eine zweite Kammer transportiert, wo eine Fotokathode sie in einem zweiten Schritt zu Wasserstoff kombiniert.

Gegenwärtig gibt es jedoch noch mehrere Probleme zu lösen: So muss trotz der zusätzlich nötigen Materialschichten noch ausreichend Licht in die Solarzelle gelangen, um die Spannung für die Wasserspaltung zu erzeugen. Darüber hinaus halten die Halbleitermaterialien, aus denen Solarzellen in der Regel bestehen, dem mit Säure versetzten Wasser gegenwärtig nicht lange stand. Daher braucht das künstliche Blatt eine stabile Schutzschicht, die gleichzeitig transparent und leitfähig sein muss. Die Siliziumelektroden werden dabei jeweils mit einer Nanoschicht aus Titandioxid umhüllt, die vor Korrosion im Wasser schützt. Mit diesem neuen Verfahren konnten die Forscher des Helmholtz-Zentrums kürzlich eine Sonne-zu-Wasserstoff-Effizienz von immerhin rund zwölf Prozent erreichen.

**FIRMEN-EINTRAG**

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

---

Firma

---

Adresse

---

Tel., Fax, Internet

*Rubrik:*

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

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

**WIRKUNGSGRADE ÜBER 15 %** Einem internationalen Forscher-Team vom Helmholtz-Zentrum Berlin, der der Technischen Universität Ilmenau, dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme und dem Joint Center for Artificial Photosynthesis (JCAP) des California Institute of Technology ist es gelungen, den Wirkungsgrad für die direkte solare Wasserspaltung weiter zu steigern. Der neue Bestwert liegt nun bei 14 Prozent. Dafür nutzten sie Tandemsolarzellen aus sogenannten III-V-Halbleitern. Damit sind nach Angaben der Forscher Effizienzsteigerungen auf über 15 Prozent und eine Stabilität der Zellen von über 1.000 Stunden zu erreichen. Bei der Langzeitstabilität gibt es riesige Fortschritte: Anfänglich hielten die Proben nur wenige Sekunden, bevor ihre Leistung einbrach. Nach rund einem Jahr Optimierung bleiben sie über 40 Stunden lang stabil. Dazu wurden die empfindlichen Halbleiter mit einer extrem dünnen organischen und transparenten Schutzschicht aus vernetzten Kohlenstoffatomen versehen.

„Prognosen zeigen, dass die direkte Erzeugung von Wasserstoff aus Sonnenlicht mit Hocheffizienz-Halbleitern ab einer Effizienz von 15 Prozent wirtschaftlich konkurrenzfähig zu fossilen Energieträgern werden könnte. Dies entspricht einem Preis pro Kilogramm Wasserstoff von etwa vier US-Dollar“, sagen die Experten vom Fachgebiet Photovoltaik der TU Ilmenau. Prof. Hans-Joachim Lewerenz vom JCAP, der eng mit dem HZB zusammengearbeitet hat, sagt: „Da sind wir nun schon nah dran. Wenn es uns jetzt noch gelingt, die Ladungsträgerverluste an den Grenzflächen etwas stärker zu reduzieren, könnten wir mit diesem Halbleitersystem sogar über 17 Prozent der einfallenden Solarenergie chemisch in Form von Wasserstoff speichern.“

**SUCHE NACH GÜNSTIGEN KATALYSATOREN** Die höhere Effizienz geht in der Forschung mit der Suche nach kostengünstigen und effizienten Katalysatoren einher, die an der Anode für die Wasseraufspaltung sowie die Beschleunigung der Reaktionsgeschwindigkeit benötigt werden. Bislang werden dazu zwar effektive, aber teure Metalle wie Platin genutzt. Im künstlichen Blatt steckt nun eine preiswerte, 2 Nanometer dünne Nickelschicht, die das JCAB beigesteuert hat und die als Katalysator zudem für eine höhere Effizienz sorgt. Ein 62,5 Nanometer dünner Film aus einem $TiO_2$-layer verhindert zudem Korrosion und verbessert die Stabilität

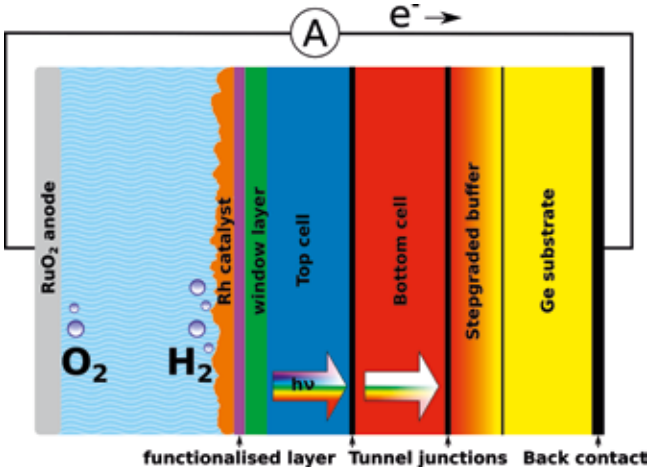



Abb. 2: Die Tandemzelle ist mit einem Katalysator beschichtet, an dem sich Wasserstoff bildet [Quelle: HZB, M. May]

der Galliumarsenid-Photoelektrode. Ein wesentlicher Teil der JCAP-Entwicklung ist auch die Kunststoffmembran, die den Sauerstoff und die Wasserstoffgase getrennt hält und so die Knallgasbildung vermeidet.

Das Helmholtz-Institut experimentiert zudem mit Katalysatormaterialien aus Eisen-Stickstoff-Komplexen in Graphen, die eigentlich für Brennstoffzellen entwickelt wurden. Sebastian Fiechter, stellvertretender Institutsleiter Solare Brennstoffe, sagt: „Die Erkenntnisse, die wir aus diesen Metall-N-C-Katalysatoren gewonnen haben, können wir aber auch für die Entwicklung von Katalysatormaterialien für die solare Wasserstoffproduktion nutzen, die wir am HZB vorantreiben. Eine systematische Erforschung der Fe-N-C-Katalysatoren gestaltete sich zunächst jedoch schwierig, da die meisten Ansätze zu sehr heterogenen Materialien führen, die neben den gewünschten $FeN_4$-Zentren auch anorganische Verbindungen wie Eisencarbide oder Nitride enthalten.“ Mit einem speziellen Reinigungsverfahren gelang dann jedoch die Trennung.

Inzwischen funktioniert die künstliche Photosynthese im Labormaßstab mit kleinen Zellen von wenigen Quadratzentimetern Fläche recht gut, erklärt Prof. van de Krol. Für praktisch nutzbare Anwendungen der $H_2$-Gewinnung müssten die Materialsysteme jedoch noch größer werden und lange stabil >>



High pressure storage solutions
for stationary and transport requirements
Wystrach
Worldwide art of precision
Wasserstoff - Energie der Zukunft.
500 bar
transportable Hydrogen storage
H2 He CNG
www.wystrach-gmbh.de
Wystrach GmbH | Industriestraße 60 | 47652 Weeze | Germany
Tel.: +49 (0) 28 37 / 91 35-0 | Fax: +49 (0) 28 37 / 91 35-30 | info@wystrach-gmbh.de

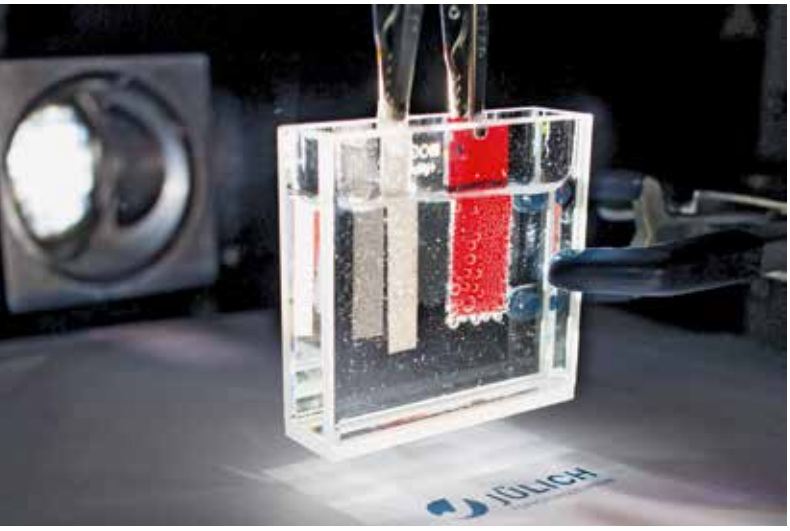



Abb. 3: Wasserstoffentwicklung an der Photokathode mit Silizium-Dünnschichtsolarzelle (rot), an der Metallelektrode (silber) bildet sich Sauerstoff [Quelle: Forschungszentrum Jülich]

bleiben. In Arbeit sind Materialsysteme mit einer Fläche von 50 Quadratzentimetern und einer Stabilität von mehr als tausend Stunden. „Entscheidend dafür sind die Werkstoffe", sagt van de Krol. Derzeit gibt es wahlweise Materialien, die stabil und preiswert sind, oder Werkstoffe, die stabil sind mit einem guten Wirkungsgrad, oder aber billige Stoffe mit perfektem Wirkungsgrad, aber noch kein Material, was alle Anforderungen erfüllt. „Wenn man heute Wasserstoff mit den besten verfügbaren Solarzellen, Lichtkonzentratoren und teuren Edelmetallkatalysatoren erzeugt, käme man zwar schon auf einen Wirkungsgrad von 20 Prozent, doch das wäre unrealistisch aufwändig", erklärt van de Krol. So wird es wohl noch zehn bis 15 Jahre dauern, bis erste Systeme marktfähig sind.

**MEHR LAGEN LEISTEN MEHR** Auch an anderer Stelle wird rege an solarer Wasserstoffgewinnung geforscht: Wissenschaftler des Instituts für Energie- und Klimaforschung am Forschungszentrum Jülich haben eine Mehrfachsolarzelle aus Silizium entwickelt, die sich vergleichsweise kostengünstig produzieren lässt und Wasserstoff nach dem Prinzip der „künstlichen Photosynthese" direkt aus Sonnenlicht erzeugt. Der Gesamtwirkungsgrad liegt dort derzeit bei 9,5 Prozent. Die besondere Schwierigkeit besteht allerdings darin, eine ausreichend hohe Photospannung zu erzeugen. In der Praxis sind etwa 1,6 Volt notwendig, um die Wasserspaltungsreaktion voranzutreiben. Mit gängigen kristallinen Siliziumsolarzellen, deren Photospannung deutlich unter einem Volt liegt, ist das nicht zu schaffen", erklärt Dr. Jan-Philipp Becker vom Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung.

„Durch einen mehrlagigen Aufbau von übereinandergestapelten Zellen lässt sich das Sonnenlichtspektrum, das über verschiedene Wellenlängen reicht, viel effizienter einfangen", erläutert sein Kollege Félix Urbain vom Forschungszentrum Jülich. „Gleichzeitig erhöht sich die Spannung auf bis zu 2,8 V und bietet damit sogar noch ausreichend Spielraum, um statt teurer Platinkatalysatoren auch weniger edle Metalle wie Nickel als Katalysator einzusetzen", so der Jülicher Doktorand. Bei der Wasserstoffgewinnung zahlt sich dabei die höhere Spannung der Dünnschichtsolarzelle aus. Tests zeigen, dass sich Silizium-Dünnschichtsolarmodule effizient zur Erzeugung von Wasserstoff einsetzen lassen (s. Abb. 3). „Gesamtwirkungsgrade von über zehn Prozent erscheinen damit durchaus machbar", schätzt Prof. Uwe Rau, Leiter des Instituts für Energie- und Klimaforschung.

**ALGEN UND CYANOBAKTERIEN** Wissenschaftler vom Centrum für Biotechnologie der Universität Bielefeld (CeBiTec) sind dabei, Proteine aus Algen und Halbleiter-Nanomaterialien die Energie des Sonnenlichts einfangen zu lassen. Diese wird dann von neuen künstlich hergestellten Katalysatoren verwendet, um energiegewinnend Wasserstoff zu erzeugen. Forscher der Hebräischen Universität in Jerusalem konnten schon lichtabsorbierende Teile von Cyanobakterien mit einer Elektrode für die biokatalytische Stromgewinnung koppeln. Der Lichtsammel- und Reaktionskomplex des Photosystems aus Cyanobakterien ließ sich mit einem Polymer und Nanoteilchen aus Platin über Sauerstoffmoleküle an eine Elektrode andocken. Fiel Sonnenlicht auf eine solche Zelle, konnten Glukosemoleküle in Gegenwart von speziellen Enzymen in Gluconsäure umgewandelt werden. Die dabei freigesetzten Elektronen wanderten zur Elektrode und ließen sich in einen Stromkreis einspeisen. Aktuell allerdings liegt der Wirkungsgrad solcher Bakterien erst nur bei einem bescheidenen Prozent. ||

Autor: Edgar Lange, freier Fachjournalist



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

# $H_2$-LOK FÜR STADE

## *Immenses Potential BZ-betriebener Triebwagen*

**Mit Wasserstoff betriebene Züge sollen zukünftig auf nichtelektrifizierten Strecken als Alternative zu Dieselloks zum Einsatz kommen. Auch wenn Triebwagen mit Brennstoffzellen-Batterie-Antrieb derzeit noch bis zu eine Million Euro teurer sind als die heute gängige Dieselvariante, könnten Effizienzvorteile der Brennstoffzelle und geringere Instandhaltungskosten mittelfristig zu Kosteneinsparungen in Höhe von bis zu 25 Prozent führen. Dies ergab eine Wirtschaftlichkeitsanalyse. Die neue Technologie soll zunächst in Niedersachsen und Hessen erprobt werden.**

Nachdem Alstom bereits im Jahr 2015 angekündigt hatte, Züge mit Brennstoffzellen erproben zu wollen (s. HZwei-Heft Juli 2015), meldete das französische Unternehmen nun, dass im September dieses Jahres eine entsprechende $H_2$-Lok auf der *InnoTrans,* der Leitmesse für Verkehrstechnik, vorgestellt wird. Außerdem wurde im Rahmen einer Fachtagung in Niedersachsen bekannt gegeben, dass die erste Teststrecke im Landkreis Stade liegen wird. Die Pilotbahn, die auf dem Modell 54 der *Coradia-LINT*-Nahverkehrstriebwagenfamilie basiert, könnte dann ab 2018 von Buxtehude über Bremervörde und Bremerhaven nach Cuxhaven fahren. Bei erfolgreichem Verlauf der Tests könnten bis 2021 insgesamt 50 bis 60 Exemplare im Regelbetrieb zum Einsatz kommen.

Dr. Jens Sprotte, Leiter Geschäftsentwicklung bei Alstom, rechnete vor, dass eine derartige Flotte brennstoffzellenbe-

Abb. 1: BZ-betriebener Triebwagen der Hermann-Hesse-Bahn – G. Brunnhuber, Bahnprojekt Stuttgart-Ulm; M. Lange und J. Sprotte von Alstom Deutschland; Landrat H. Riegger (v. l.) [Quelle: Alstom]

triebener LINT-54-Züge pro Tag etwa zehn bis zwanzig Tonnen Wasserstoff benötigt, wenn die jeweilige Fahrleistung bei 600 bis 800 km liege. Sprotte hatte im Rahmen des Projekts *Bethy* (brennstoffzellenbetriebener Hybridtriebzug), das im Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie mit 8 Mio. Euro gefördert wurde und bis Sommer 2016 lief, den Nachweis für die Bahntauglichkeit von BZ-Antriebssystemen erbracht.

**BMVI-STUDIE ZUM BZ-ZUGVERKEHR** In einer weiteren Studie, die das NOW im Namen des BMVI bei der Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft in Auftrag gegeben hatte, kam passend dazu heraus, dass es keinerlei operative Einschränkungen durch die Wasserstofftechnik gebe. Außerdem komme es zu einer erheblichen Reduzierung von Dieselemissionen. Im Rahmen der Begleitforschung „Auf dem Weg zur Emissionsfreiheit im Zugverkehr", die von Ende 2015 bis März 2016 durchgeführt worden war, wurde zudem gemeinsam mit Partnern wie der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH und Becker Büttner Held analysiert, wie die Infrastrukturvoraussetzungen für den Einsatz von Brennstoffzellentriebwagen in Deutschland sind.

Anlässlich der Vorstellung der Studienergebnisse erklärte Rainer Bomba, Staatssekretär im Bundesverkehrsministerium: „Wir haben den Schienenverkehr zu einem Förderschwerpunkt unseres Nationalen Innovationsprogramms gemacht." Der niedersächsische Wirtschaftsminister Olaf Lies sieht in diesem Technologiezweig ein „immenses Potenzial für nachhaltige Mobilität". Vertreter anderer Bundesländer (Hessen – s. Kasten, Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg) erwägen mittlerweile ebenfalls die Anwendung dieser Technologie. ||

### $H_2$-SCHIENENFAHRZEUGE IN HESSEN

Ab dem Jahr 2020 möchte die Rhein-Main-Verkehrsverbund GmbH (RMV) bis zu 20 BZ-Regionalzüge im Taunusnetz einsetzen. In Hessen bieten sich für den Testbetrieb vornehmlich Strecken vom deutschen Verkehrsdrehkreuz Frankfurt (Main) Hbf. zu Endhaltestellen im Taunus an. Denn die entsprechenden Linien führen unmittelbar vorbei am Industriepark Höchst, wo große Mengen Wasserstoff in der chemischen Industrie anfallen.

In einer Machbarkeitsstudie, die die HA Hessen Agentur GmbH (Hessen Agentur) in Auftrag gegeben hatte und die Ende 2015 abgeschlossen wurde, kristallisierte sich der Industriepark Griesheim als geeigneter Standort heraus. Die InfraServ GmbH Höchst & Co. KG, die im benachbarten Industriepark Höchst angesiedelt ist und die Studie durchführte, bewertete insbesondere den Anschluss an die 6-bar-$H_2$-Pipeline, an die auch das Wasserstoffzentrum in Höchst angeschlossen ist, als positiv. Von Vorteil seien zudem die günstige geographische Lage zum Liniennetz sowie bereits vorhandene Gleisanlagen und eine Wartungshalle der Bahn im nördlichen Randbereich des Industrieparks.

Laut einer ersten Kostenschätzung wird mit einem Investitionsbedarf im unteren bis mittleren zweistelligen Millionenbereich zur Realisierung einer geeigneten Betankungsinfrastruktur einschließlich der erforderlichen Gleisanlagen gerechnet. Diese Investition könnte sich aufgrund des zu erwartenden hohen Wasserstoffumsatzes von bis zu vier Tonnen pro Tag innerhalb einiger Jahre, auch bei einem Wasserstoffpreis unter zehn Euro pro Kilogramm, amortisieren. Noch nicht berücksichtigt wurden bei der Kalkulation eventuelle Förderungen durch die Europäische Union und/oder den Bund.

Weitere Details werden im September auf der *InnoTrans* sowie im Oktober 2016 auf der *World of Energy Solutions* in Stuttgart vorgestellt.

Abb. 2: Möglicher Standort einer $H_2$-Tankstelle für Schienenfahrzeuge [Quelle: Openstreetmap Lizenz CC-BY-SA 2.0 / InfraServ Höchst]

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

# BALLARD GIBT RICHTIG GAS

## *Die perfekte Asien- und Weltstrategie*

**Nach der Veröffentlichung der Zahlen von Ballard Power Systems für das zweite Quartal per Ende Juni 2016 gingen diverse sehr gute Meldungen ein, die klar unterstreichen, welche enormen Potenziale der kanadische Brennstoffzellenhersteller in China und Japan zu entwickeln im Stande ist. Die Aktie konnte über 60 Prozent zulegen.**

Abb. 1: Verlauf der Aktienkurse der vier besprochenen Unternehmen [Quelle: www.wallstreet-online.de ] Kurse vom 19. September 2016

**KOOPERATION MIT BROAD-OCEAN** Als neuen Partner konnten die Kanadier zuletzt den chinesischen Konzern Broad-Ocean gewinnen. Der produziert jährlich weltweit über 50 Mio. Motoren für eine Reihe von Top-Fahrzeugunternehmen (Caterpillar, Tata, u. a.), vor allem auch für führende Bushersteller wie King Long und Van Hool. Im ersten Schritt beteiligten sich die Asiaten mit 9,9 % an Ballard und überwiesen dafür bereits US-$ 28,5 Mio. Broad-Ocean könnte seine Beteiligung auf 20 % aufstocken, erhält aber keinerlei Position im Vorstand beziehungsweise im Aufsichtsrat von Ballard. Er könnte sich aber zu einem sehr großen Kunden entwickeln – indirekt auch über ein spezielles Abkommen:

Broad-Ocean erteilte einen Auftrag über die Produktion von Bus-Stacks, nachdem Ballard ein umfassendes Abkommen mit Guangdong Nation Synergy Hydrogen Power Technology Ltd. (Synergy) abgeschlossen hatte. Synergy baut derzeit in einem Venture (90 : 10) zusammen mit Ballard Produktionskapazitäten für BZ-Bus-Stacks in China auf. Genannt wird ein Betrag von US-$ 450 Mio., den der Konzern selbst in die Hand zu nehmen plant. Laut Telefonkonferenz ist vorgesehen, in 2017 die Fertigung zu starten. Das Ziel sind zunächst 6.000 Stacks im ersten Jahr; 10.000 im folgenden und letztendlich sogar 20.000 pro Jahr.

Ballard wird die wichtigen MEA-Komponenten (Membrane Electrode Assembyl; 60 % Wertanteil eines Stacks) liefern und besitzt die Exklusivität für den Weltmarktvertrieb für die BZ-Stacks, während sich Synergy auf China konzentriert. So kann Ballard perfekt die Skalierungseffekte nutzen, die sich aus der BZ-Massenproduktion in China ergeben. Interessant ist am Rande, dass Ballard umfangreiche Kontroll- und Einflussrechte erhält. Ein Umsatz allein dieser Kooperation in Höhe von US-$ 168 Mio. über einen Zeitraum von fünf Jahren gilt als Minimum, wobei das so zu verstehen ist, dass dieser Betrag nur auf Ballard entfällt, also für die Zulieferung, den technischen Support und die Ausbildung von Mitarbeitern.

**STACKS FÜR TELEKOMMUNIKATIONSMASTEN** Wasserstoffbetriebene BZ-Stacks für Telekommunikationsmasten konnte Ballard ebenfalls verkaufen. Käufer ist auch hier Synergy, die damit perfekt den chinesischen Markt bedienen können. Potentieller Ansprechpartner für Synergy ist das Großunternehmen China Tower, in dem die Telekommunikationskonzerne China Telecom, China Mobile und Unicom ihre Infrastrukturaktivitäten gebündelt haben – mit Assets im Wert von US-$ 36 Milliarden. Für Ballard bedeutet dies, weiterhin über Lizenzerlöse beteiligt zu sein, ohne selbst investieren zu müssen. Außerdem verhandelt ein chinesischer Großkonzern wie Synergy – aber auch Broad-Ocean – sicherlich besser mit Unternehmen im eigenen Land, als es ein ausländischer könnte.

**NEUER PARTNER: TOYOTA TSUSHO** Die nächste Meldung kommt aus Japan: Toyota Tsusho, ein Tochterkonzern von Toyota mit über US-$ 76 Mrd. Jahresumsatz, wird Ballard-Produkte in Japan vertreiben. In einer Pressemittelung heißt es sogar, dass man mit Ballard zusammen einen wichtigen Beitrag dafür leisten wolle, Japan zu einer „Hydrogen Socie-

BROAD-OCEAN
Die Zhongshan Broad-Ocean Motor Co., Ltd. ist weltweit aktiv, insbesondere aber in fünf chinesischen Großstädten, wo auch große führende Bushersteller ihre Produktionsstätten haben. Da bereits ein Auftrag für 10.000 BZ-Fahrzeuge seitens Broad-Ocean an Synergy vergeben worden ist, lässt dies die Vermutung zu, dass Broad-Ocean die BZ-Stacks an verschiedene chinesische Bushersteller liefert bzw. in Busse integriert. Es ist naheliegend, dass der Großauftrag damit in direktem Zusammenhang steht. Zusammen mit Broad-Ocean kann Ballard damit weltweit den Vertrieb der mit Synergy produzierten BZ-Stacks perfekt managen – besser geht es nicht. Übrigens: Synergy hatte auch den ersten Großauftrag über 300 BZ-Bus-Stacks an Ballard vergeben.

ty“ zu machen. Das Rahmenabkommen, über das inhaltlich nur spekuliert werden kann, gilt vorerst bis ins Jahr 2020.

Bemerkenswert ist, dass gerade Toyota als Front-Runner in Sachen Brennstoffzelle mit Ballard kooperiert und damit ausdrückt, welche Wertschätzung Ballard erfährt. So wird in der Pressemeldung explizit davon gesprochen, dass Ballard das führende Unternehmen der BZ-Branche sei. Der Deal kann somit vieles bedeuten: Ich setze darauf, dass Ballard-Produkte, die z. B. zusammen mit Synergy und Broad-Ocean in China gefertigt werden (BZ-Stacks für Busse und andere Fahrzeuge, aber auch für Gabelstapler, bei denen Toyota Weltmarktführer ist), über Toyota in verschiedenen japanischen Märkten zum Einsatz kommen könnten. Man bedenke, dass Ballard die exklusiven weltweiten Vermarktungsrechte diverser Stacks aus der Produktion von Synergy erhalten hat. Die Kanadier haben also die Rechte, die außerhalb Chinas liegen. Somit gibt es viel Spielraum für die Interpretation dieses Deals – auf jeden Fall positiv.

**HYDROGENICS ALS ÜBERNAHMEOBJEKT?** Das Kostensenkungsprogramm von Ballard scheint währenddessen seine volle Wirkung zu entfalten. Auch der Verkauf von Backup-Powersystemen für Telekommunikationsmasten an zwei Partner ($H_2$-BZ in China und Methanol-BZ in Südkorea) wird hier in den kommenden Quartalen einen positiven Swing ermöglichen. Erstens konnten sich die Kanadier so von den kostenstarken und margenschwachen Aktivitäten trennen. Und zweitens kann Ballard via Lizenz und Zulieferung nun ohne eigene Investitionen mit diesen Partnern Geld verdienen. Der Umsatz stieg im zweiten Quartal um beachtliche 58 %, wobei die Bruttogewinnmarge stark auf 29 % anzog.

Durch die erfolgte Ausgabe von 17,25 Mio. Aktien an Broad-Ocean verfügt Ballard mit mehr als US-$ 70 Mio. nun über eine gut gefüllte Kasse. Es ist daher vorstellbar, dass hierdurch und durch die Neuausgabe weiterer Aktien strategisch interessante Akquisitionen durchgeführt werden. In Frage kommende Unternehmen sollen mindestens US-$ 15 Mio. Umsatz machen und über eine Bruttogewinnmarge von über 30 % verfügen (we will see). Das könnte noch 2016 realisiert werden. Von vier Targets sollen noch zwei übrig sein. Ich selbst würde an Ballards Stelle Hydrogenics übernehmen, um hierdurch die $H_2$-Infrastruktur/$H_2$-Tankstellen und Elektrolyseure als ergänzende BZ-Gebiete dem Konzern anzudocken. BZ-Busse in China brauchen ebenfalls $H_2$-Tankstellen, und mit Synergy sowie Broad-Ocean, aber auch mit Toyota, würde Hydrogenics – als Ballard-Tochter – hiervon profitieren (rein theoretisch). Zudem ist Hydrogenics (mit Alstom) beim Bau von wasserstoffbetriebenen Zügen tätig – eine weitere Synergie zu den Aktivitäten von Ballard. Und beide sind Kanadier.

**AUSBLICK** Die Kooperation mit dem Schienenfahrzeugkonzern CRRC läuft ausgezeichnet, teilte Ballard in einer Pressemitteilung mit. Hier wurden bereits BZ-Prototypen für wasserstoffbetriebene Züge bzw. Straßenbahnen abgeliefert bzw. BZ-Systeme integriert. Aufträge daraus sind nur noch eine Frage der Zeit. Die Verbindungen mit Broad-Ocean sowie Synergy in China wie die mit Toyota in Japan und verschiedene Projekte u. a. mit VW sollten die Aktie von Ballard perspektivisch völlig anders und vor allem höher bewerten lassen. Gute Nachrichten auch von der Ballard-Tochter Protonex, die kürzlich sehr wichtige Ein- und Ausfuhrgenehmigungen der US-Behörden für zivil genutzte Drohnen erhielt – ein weiterer sehr großer Weltmarkt in Sachen Brennstoffzelle; man denke an die Pläne von Logistikunternehmen wie Amazon.

Abb. 2: BZ-Bus mit FCveloCity-Module von Ballard [Quelle: Ballard]

Je mehr der neue Megatrend BZ und $H_2$ in der Wahrnehmung der Weltöffentlichkeit Konturen annimmt, umso mehr wird Ballard als Leader wahrgenommen, und das drückt sich dann im Aktienkurs aus. Ich erwarte zweistellige Notierungen in den kommenden drei Jahren. Spannend wird es auch, wenn Ballard den ersten Quartalsgewinn in der Firmengeschichte vermelden kann – das Unternehmen ist auf dem besten Wege dahin. Und wer auf die BZ an der Börse setzen will, kommt an Ballard als Marktführer nicht vorbei.

## FUELCELL ENERGY: ENTSCHEIDUNG ÜBER BEACON FALLS

Eigentlich sollte die letzte Entscheidung und damit die feste Auftragsvergabe für das 63-MW-Projekt Beacon Falls bereits bis Ende Juli 2016 erfolgen, dann bis zum 5. September, und nun wird es der 26. Oktober. Der Grund für diese Verzögerungen scheinen Konkurrenzangebote zu sein, die Wind- und Solarenergie mit einbeziehen. Meines Erachtens besitzt das BZ-Kraftwerk erheblichen Vorteile, geht es doch nicht nur um die Effizienz der Generierung von Strom und Wärme, sondern auch um Dinge wie den Platzbedarf einer solchen Anlage. Würde hier der Zuschlag für Wind- und/oder Solarparks erfolgen, so würde ich dies rein subjektiv allein vom Flächenbedarf her in Frage stellen.

Parallel hat sich FuelCell Energy „Kapital auf Zuruf“ besorgt, welches meiner Meinung nach dann zum Tragen kommen wird, wenn der Beacon-Falls-Deal zu Gunsten von FuelCell entschieden ist, da damit aus eigener Kraft manche Vorfinanzierung erfolgen könnte. Es geht ja um bis zu US-$ 80 Mio., die das Unternehmen über die Ausgabe von Aktien generieren kann. Spannend ist dabei, dass der Finanzier in spe nicht genannt werden will, bis der Deal durch ist.

**DIE ZAHLEN DES DRITTEN QUARTALS** Auf den ersten Blick: enttäuschend. Der Umsatz fiel im Vergleich zum Vorjahresquartal von US-$ 41,4 Mio. auf US-$ 21,7 Mio. Der Verlustausweis fiel mit einem Minus von US-$ 11,8 Mio. heftig aus. Indes: Das Unternehmen ist Projektentwickler und hat damit große Ausschläge in der quartalsmäßigen >>

Abb. 3: BZ-Kraftwerk in Riverside, Kalifornien [Quelle: FuelCell Energy]

Abrechnung von Projekten. Flüssige Mittel liegen bei beachtlichen US-$ 128 Mio. und weitere Finanzierungsrahmen bei über US-$ 50 Mio. Dass da ein bislang unbenannter Investor bis zu US $ 80 Mio. in Aktien in FuelCell investieren will und dies zum Teil schon mit Kursen von über US-$ 5 pro Aktie getan hat, ist indes ein Zeichen, dass man darauf setzt, dass das Unternehmen diverse Großaufträge erhalten wird. Der Auftragsbestand in Höhe von US-$ 392 Mio. (vor allem Serviceverträge) ist auf einem sehr hohen Niveau. Zu den Zahlen werde ich in der nächsten Ausgabe eingehen, geht es doch jetzt erst einmal um drei Großprojekte über zusammen 127 MW, die bis dahin entschieden sein müssten. An der Börse würde man heute sagen: Buy on bad news.



## PLUG POWER: WECHSEL DER RECHNUNGSLEGUNG

Die neue Rechnungslegung auf Non-GAAP sorgt noch immer für Verwirrung. Nach Non-GAAP konnte Plug den Umsatz im zweiten Quartal erheblich auf über US-$ 36 Mio. steigern. Indes haben sich die Verluste mit über US-$ 13 Mio. angesichts des Wachstums zwar verringert, wirken sich aber weiterhin belastend auf den Kurs aus. Da viele Verträge via Leasing abgeschlossen sind, müssen diese Umsätze über die Vertragslaufzeiten aufgeteilt werden. Plug arbeitet daran, hier Klarheit zu schaffen, so die Eigenaussage.

Sehr wichtig sind gesetzliche Zusagen über die steuerliche Förderung von BZ-Systemen, da die betreffenden Regelungen Ende 2016 auslaufen. Eine klare und positive Entscheidung zu Gunsten der steuerlichen Förderung/Absetzbarkeit wird den Kurs von Plug erheblich beflügeln. Weitere Großkunden wie Carrefour in Frankreich bestätigen das Geschäftsmodell von Plug. Spannend könnte es auch werden, wenn ein Unternehmen wie Federal Express nach erfolgreich durchgeführten Testreihen einen Großauftrag für die Umrüstung einer ganzen Flotte von Zulieferfahrzeugen auf Flugplätzen und Kurierfahrzeugen an Plug vergibt. So ein Auftrag könnte eine beträchtliche Größenordnung erzielen, wobei ich mir vorstellen kann, dass dieser US-$ 100 Mio. über die Zeit ausmachen könnte. Plug verdient dabei vor allem durch den Verkauf von Wasserstoff, rüstet aber auch die Fahrzeuge um.

## TESLA: VIELE VISIONEN ODER NICHTS ALS VISIONEN?

Mit großem Tamtam erklärte Tesla-Chef Elon Musk, was er als Masterplan Deux (2) ausgeheckt hat. Demnach soll der Konzern nicht nur Akkus für sein *Powerpack* und seine *Powerwall* produzieren, sondern auch die ergänzenden Solarmodule liefern (Übernahme von Schwesterfirma SolarCity läuft). Außerdem sollen auch diverse andere Elektrofahrzeuge konzipiert werden – vom Lkw über kleinere Transportfahrzeuge bis hin zu Bussen. Angesichts der vielen offenen Fragen in Bezug auf die Produktion des *Modell 3* erscheinen die „neuen" Visionen als noch sportlicher als die vorherigen (= 0,5 Mio. in 2018 und gar 1 Mio. e-Kfz in 2020).

Die Gigafactory wird ebenfalls sehr viel weiteres Kapital benötigen. Bislang sollen erst 14 % der Anlage fertiggestellt sein. Der Gesamtkomplex wird mit einem Investitionsvolumen von US-$ 5 Mrd. angegeben. Tesla-Partner Panasonic investiert dort mit, wobei die genaue Art der Beteiligung nicht ganz durchsichtig ist. Denn: Es handelt sich bei der Mitfinanzierung durch Panasonic wohl um Investitionen in Maschinen und Anlagen, die Tesla selbst zu übernehmen hat. So klar wurde das bislang nicht kommuniziert. Womöglich ist dies eine Art Lieferantenkredit und kein Direktinvestment von bis zu US-$ 1,6 Mrd.? Parallel wird Panasonic Tesla weiterhin Zellen für die Batterien liefern, wobei es auch da Fragen gibt, welche Abnahmeverpflichtung (Volumen, Preise) Tesla hier eingegangen ist.

Am Rande ist von Interesse, dass Tesla der Finanzaufsichtsbehörde (SEC) mitgeteilt haben soll, dass es zu Verzögerungen beim Bau der Gigafactory kommen könnte und auch die Finanzmittel erhöht werden müssten. Neue Aktien? Weitere Kapitalerhöhungen gelten bis Jahresende 2016 als sicher, so Unternehmensmeldungen. Aktuell hat der Konzern über US-$ 3 Mrd. in der Bank, wovon ein bereits kürzlich getilgter Kredit über US-$ 668 Mio. abzuziehen ist wie auch US-$ 422 Mio. einer Wandelanleihe (3. Quartal). Aber auch dieser Betrag darf nicht darüber hinwegtäuschen, welche enormen Summen Tesla benötigt, die Produktion des *Modell 3* auf das Level zu hieven, wie es CEO Musk plant. 375.000 Vorbestellungen soll es ja geben, allerdings ist mittlerweile vorstellbar, dass diese Zahl tendenziell eher fällt.

**SOLARCITY MIT VIELEN FRAGEZEICHEN** Tesla hat formal das Angebot abgegeben, SolarCity für US-$ 2,6 Mrd. im Tausch gegen eigene Aktien im Verhältnis 1 : 0,11 zu übernehmen. SolarCity, bei dem Musk mit über 20 % der Anteile größter Einzelaktionär ist, baut Solarmodule und wird von Musks Cousins geleitet. Das Unternehmen hat aber auch Schulden in Höhe von circa US-$ 3 Mrd., die dann ebenfalls zu übernehmen sind (Einspruchsrechte der Tesla-Gläubiger von Anleihen?) und damit in die Bilanz von Tesla übergehen. Da SolarCity kürzlich einen Quartalsverlust in Höhe von circa US-$ 250 Mio. meldete (Tesla erzielte nach GAAP ein Minus von fast US-$ 300 Mio. im 2. Quartal), ist die zeitliche Nähe des Übernahmeangebotes kritisch zu sehen.

Eine andere Musk-Firma, SpaceX (sendet Satelliten via Raketen in den Orbit), hat SolarCity US-$ 250 Mio. durch den Kauf von Anleihen „Solar-Bonds" geliehen. Will Musk durch die Übernahme von SolarCity eventuell nebenbei a) die Schulden von SolarCity an SpaceX absichern und b)

Abb. 3: Elon Musk [Quelle: Tesla]

SolarCity „entschulden"? Da an Tesla nur 13 Fonds zusammen mit Musk die Mehrheit besitzen (im engeren Sinne sind es gar nur vier Fonds) und sie demnach alle wichtigen Entscheidungen durchwinken können, stellen sich hier auch Fragen der Nähe. Allein die Fidelity Fonds sind größter Einzelaktionär bei SolarCity und parallel auch bei Tesla.

Angesichts des sehr hohen Quartalsverlustes bei SolarCity und der Laufzeiten der Schulden (es soll 2016 noch Fälligkeiten geben – ohne Obligo) drängt sich die Frage auf, ob SolarCity überhaupt überlebensfähig wäre, wenn das Tesla-Angebot nicht gekommen wäre. Tesla-Aktionäre selbst müssten geschockt sein, dass sie nicht nur über 10 Mio. Aktien als Kaufpreis für ein Unternehmen mit weniger als einer Milliarde Dollar Umsatz akzeptieren sollen, sondern noch US-$ 3 Mrd. Schulden zu denen von Tesla dazukommen. Es gibt daher schon Klageandrohungen via Class-Action-Klage (Sammelklagen), aber da stehen oft gewiefte Anwaltskanzleien dahinter, die am Ende des Tages das Gros der Vergleichssumme erhalten. Die Übernahme scheint indes eine klare Sache zu sein, wenn man die Äußerungen diesbezüglich von CEO Musk liest und Interessen von Großaktionären berücksichtigt.

**WANDELANLEIHEN** Die US-$ 3 Mrd. Schulden von Tesla wurden vor allem in Wandelanleihen aufgenommen. Um Fremdkapital in Eigenkapital zu wandeln, müsste die eine oder andere Anleihe fällig gestellt werden. Zur Rückzahlung wird dann nicht Bargeld verwendet, sondern es werden Aktien ausgegeben. Die Anzahl hängt indes vom Wandlungsverhältnis ab. Und auch von den Anleihebedingungen, ob Tesla selbst oder die Anleihenhalter auf Wandlung drängen können. Es soll seitens einiger Halter einer bestimmten Anleihe zur Rückzahlung/Wandlung von Anleihen kommen, deren Umwandlungskurs (ca. US-$ 160/Aktie) relativ niedrig zum aktuellen Börsenkurs von Tesla notiert und hohe außerordentliche Gewinne (Kursgewinne neben dem Zins) ermöglicht. Man spricht von einem Betrag von nominal US-$ 422 Mio. Die Fälligstellung deutet an, dass man sich absichern will, bevor die Schulden von SolarCity nach deren Übernahme in die Tesla-Bilanz einfließen.

Mein Fazit: Die nächste Kapitalerhöhung ist noch für 2016 offiziell angedacht, denn selbst die Bargeldhöhe von über US-$ 2 Mrd. reicht nach der Aussage von Fachleuten bei weitem nicht aus, um das Unternehmenswachstum aus eigener Kraft zu finanzieren. Über US-$ 3 Mrd. mehr Schulden nach erfolgter Übernahme von SolarCity könnten zudem den Druck, diese durch die weitere Neuausgabe von Aktien abzudecken, erheblich erhöhen. Die kommenden Quartale werden zeigen, ob Tesla seine Ziele erreicht oder nicht. Der Börsenkurs wird meines Erachtens gegenwärtig künstlich „gepflegt", bis die SolarCity-Übernahme abgeschlossen ist, denn es besteht ja ein festes Wandlungsverhältnis von Aktien von SolarCity- in Tesla-Aktien. Das müsste im vierten Quartal über die Bühne gehen.

**STRATEGIE** Es fällt auf, dass vier Fonds (aber mehrere Fonds jeweils ein und derselben Fonds-Dachgesellschaft) allein im zweiten Quartal weitere Aktien von Tesla im Wert von über US-$ 4 Mrd. zugekauft haben, obwohl diese schon sehr stark engagiert sind und zusammen – rechnerisch – bereits mit CEO Musk die Mehrheit kontrollieren. Sich prozentual so hoch und beteiligungstechnisch zu engagieren ist nicht ganz üblich für Fonds. Für Musk ist dies aber natürlich perfekt, denn er könnte sich nur mit diesen Managern gut verständigen. Die nächste Kapitalerhöhung steht vor der Tür und soll bis Jahresende kommen – gefühlt kann es aber auch schon im Oktober passieren. Börse kann auch Krimi sein!

Katalysator für kurzfristig höhere Kurse könnte die Menge der im dritten Quartal produzierten Elektroautos sein, denn da werden Zahlen von 20.000 bis 22.000 Einheiten genannt – unabhängig von dem zu erwartenden Verlustausweis (oder gar rechnerischer Non-GAAP-Gewinn?) dieses Quartals.

**THEORETISCHES KURSSZENARIO** Nach Kapitalerhöhung weiterer Rückgang der Aktie. Kurse von unter US-$ 150 erscheinen mir möglich. Dies hängt alles davon ab, ob Tesla gute Nachrichten liefern kann (Absatzzahlen) oder aber die Verluste gar noch zunehmen. Via SolarCity – wenn das Unternehmen im vierten Quartal in der Tesla-Bilanz konsolidiert sein sollte – könnten aber die Verluste eher noch kräftig zulegen. Es bleibt spannend.

Überlegungen: Wer hohe Buchgewinne hat, sollte diese entweder in steigende Kurse absichern (Puts) oder eventuell realisieren. Langfristige Verkaufsoptionen (2017/18) mit sehr tiefen Ausübungskursen (US-$ 100 – 200) sind hochspekulativ (Totalverlustrisiko), aber als Beimischung für erfahrene Anleger spekulativ recht interessant – mit tieferen Limits basierend auf der Annahme, dass die Aktie erst einmal noch hochgezogen wird.

Bitte bedenken: Anfang dieses Jahres fiel die Aktie von Tesla von über US-$ 240 bis auf US-$ 140 in nur eineinhalb Monaten. Warum soll so etwas nicht wieder passieren? Gründe dafür gibt es einige. ||

RISIKOHINWEIS

Jeder Anleger muss sich immer seiner eigenen Risikoeinschätzung bei der Anlage in Aktien bewusst sein und auch eine sinnvolle Risikostreuung bedenken. Die hier genannten BZ-Unternehmen bzw. Aktien sind aus dem Bereich der Small- und MidCaps, d. h. es handelt sich nicht um Standardwerte, und ihre Volatilität ist auch wesentlich höher. Es handelt sich bei diesem Bericht nicht um Kaufempfehlungen – ohne Obligo. Alle Angaben beruhen auf öffentlich zugänglichen Quellen und stellen, was die Einschätzung angeht, ausschließlich die persönliche Meinung des Autors dar, der seinen Fokus auf eine mittel- und langfristige Bewertung und nicht auf einen kurzfristigen Gewinn legt. Der Autor kann im Besitz von einigen der hier vorgestellten Aktien sein.

# CHINA GEHT SCHNELL UND PRAGMATISCH VOR

## *Interview mit dem Börsenexperten Sven Jösting*

Abb. 1: Sven Jösting während seines Besuchs in der Metal Eco City in Jieyang im Juni 2016 [Quelle: ZhongDe Metal Group]

**Blickt man heute nach China, könnte die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie die Lösung für eine nachhaltige Zukunft sein. Im Rahmen einer Wirtschaftsreise fuhr der HZwei-Börsenexperte Sven Jösting als Vertreter des Umweltverbandes B.A.U.M. e.V. im Juni 2016 ins Reich der Mitte und nahm in Jieyang an der zweitägigen 2. Deutsch-Chinesischen Mittelstandskonferenz teil. Dort referierte er vor 800 Teilnehmern über die Frage „Wird Wasser die Kohle der Zukunft?". Anschließend besuchte er den Industriepark Metal Eco City (MEC – Die Stadt des Mittelstandes) im Osten der südchinesischen Provinz Guangdong. Nach dieser Reise führte die ZhongDe Metal Group, der Investor und Betreiber der Metal Eco City, das folgende Interview mit Jösting.**

Umweltschutz steht auf der Agenda des 13. Fünfjahresplans der chinesischen Regierung ganz oben. China stellt im Bereich Forschung und Entwicklung die Weichen, um international bei den Themen saubere Mobilität sowie Einsatz von erneuerbaren Energien in der Energieversorgung aufzuschließen. Welche Rolle spielt die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie?

*Jösting:* „Grüner" Wasserstoff – gewonnen aus regenerativen Energiequellen wie Wind und Solarenergie – kann perspektivisch eine sehr große Rolle in China spielen. Es geht um vielfältige Einsatzmöglichkeiten – von der Mobilität (Autos, Lkw, Schienenfahrzeuge, Fahrräder, Motorräder) bis zu stationären Brennstoffzellensystemen. Via BZ-Kraftwerken kann Strom und Wärme generiert werden – mit Wirkungsgraden von über 90 Prozent. Via Power-to-Gas-Systemen kann grüner Wasserstoff mit $CO_2$ (z. B. aus Kohlekraftwerken/Industrieanlagen) verbunden und daraus Methan generiert werden. So lassen sich hocheffektiv Strom und Wärme produzieren, und zwar umweltfreundlich, da der „Abfall" nur Wasserdampf ist. So werden schädliche Emissionen in saubere Energie umgewandelt – ein effektives Vorgehen gegen starke Luftverschmutzung, das auch manches Kohlekraftwerk überflüssig macht.

Ist Wasser die Kohle der Zukunft? Der französische Autor Jules Verne schrieb dies schon 1870 ...

*Jösting:* Klares Ja, denn die Art und Weise, wie grüner Wasserstoff generiert werden kann, wird aufgrund immer besserer Elektrolyseurtechnologie effizienter, kostengünstiger und auch sicherer sein. Jules Verne wird Recht bekommen. Rein theoretisch gedacht: Wäre es nicht geradezu ideal, wenn



**EINTRAG IM HZWEI-FIRMENVERZEICHNIS (s. S. 52)**

*Basiseintrag:* Kontaktdaten des Unternehmens
- in allen vier Print- und Digital-Ausgaben
- online unter www.hzwei.info/firmen
- ca. 150 Zeichen, Rubrik ist frei wählbar
- inkl. HZwei Jahres-Abonnement als Beleg
- inkl. Abonnement des Hydrogeit-Newsletters
- inkl. Verlinkung zur Unternehmens-Homepage
- Kosten: 120 Euro im Jahr (zzgl. MwSt.)

*Premiumeintrag:* Einbindung des Logos
- in allen vier Print- und Digital-Ausgaben
- online unter www.hzwei.info/firmen
- alle Leistungen des Basiseintrags
- zzgl. Logo-Einbindung im monatlich erscheinenden Hydrogeit-Newsletter (10.000 Abonnenten) inkl. Verlinkung
- Kosten: 520 Euro im Jahr (zzgl. MwSt.)

Firma

Adresse

Tel., Fax, Internet

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

China längsseits der Seidenstraße in bestimmten Abständen Wasserstofftankstellen – gespeist mit Wasserstoff aus der jeweiligen Umgebung – und Stromladestationen einrichten würde? BZ-Busse könnten hier ebenso tanken wie Autos, Lkw, Motorräder und sogar Fahrräder. Das chinesische Sprichwort, nachdem Wasser Reichtum bedeutet, bekommt so eine ganz neue Bedeutung.

Sie haben die Metal Eco City in Jieyang vor wenigen Wochen besucht. Welche Möglichkeiten sehen Sie hier für den Einsatz der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie?

*Jösting:* Die Metal Eco City eignet sich meines Erachtens sehr gut für die Ansiedlung von Brennstoffzellentechnologie. Die industrielle Struktur in Jieyang gepaart mit Wasser, Sonne und Wind bietet gute Voraussetzungen dafür. Man könnte ein Pilotprojekt aufbauen (z. B. $H_2$-Tankstellen installieren). Ich werde die Verantwortlichen in Jieyang mit der HySolutions GmbH zusammenbringen. Die Gesellschaft gehört der Stadt Hamburg und ist für E-Mobility zuständig. Das habe ich dem Oberbürgermeister der Stadt Jieyang, Chen Dong, bereits vorgeschlagen. Er war sehr interessiert.

In der Provinz Guangdong wird eine Produktion von BZ-Stacks für wasserstoffbetriebene Busse aufgebaut. Diese kommen in mehreren chinesischen Städten zum Einsatz. Bei Ihrem Besuch in Jieyang haben Sie Hu Chunhua, den Parteisekretär der Provinz Guangdong, getroffen und sich mit ihm zum Thema Brennstoffzellen ausgetauscht. Welche Erkenntnisse haben Sie mitgenommen?

*Jösting:* In Guangdong hat sich die kanadische Firma Ballard Power, der technologische Weltmarktführer in Sachen Brennstoffzelle, mit chinesischen Unternehmenspartnern, die Brennstoffzellensysteme für Busse in großer Zahl bauen werden, verbunden. Herr Hu hat persönlich das Unternehmen am Stammsitz in Vancouver, Kanada, Anfang dieses Jahres besucht, was die Bedeutung unterstreicht, die die BZ in China erhält. Und: Es ist ein chinaweites Programm initiiert worden, an dem sich 48 Städte beteiligen. Jede Stadt wird jeweils 1.000 Elektrobusse verschiedener Systeme anschaffen: Brennstoffzelle-Wasserstoff, aber auch Diesel-Hybrid, rein batteriebetrieben und Gas. Auch der kürzlich verabschiedete Investitionsplan über US-$ 770 Mrd. für einen Dreijahreszeitraum geht in diese Richtung. Ballard arbeitet mit den größten Schienenfahrzeugkonzernen Chinas zusammen, um wasserstoffbetriebene Züge und Straßenbahnen auf die Schienen zu bekommen. Stromleitungen entfallen dann.

Der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Primärenergiemix soll in China bis zum Jahr 2020 auf 15 Prozent steigen. In diesem Aktionsplan sind gleichzeitig 20 Schlüsselbereiche für Energieinnovationen definiert worden. Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien gehören explizit dazu. Welche Chancen sehen Sie hier für deutsche Unternehmen?

*Jösting:* Da sehe ich vor allem die Autoindustrie gefordert. Daimler ist dabei, Volkswagen in den Startlöchern, wobei dort Audi das Ruder in der Hand hält. Der chinesische Minister für Wissenschaft und Technologie, Dr. Wan Gang, hat als Ingenieur bei Audi gearbeitet. Er sieht die Brennstoffzelle als eine ganz wichtige Lösung in Themenbereichen wie Energie und Mobilität. Er hat dies im April 2016 in Berlin anlässlich des „H2-Mobility-Kongresses", an dem ich teilgenommen habe, ausgeführt (s. HZwei-Heft Juli 2016). Firmen wie Siemens sind Front-Runner der Technologie für die Umwandlung von Wasser mittels Elektrolyseuren. Aber auch der Anlagenbau ist technologisch weit vorne. Linde ist Vorreiter für Wasserstofftankstellen.

Könnte China Vorreiter bei der BZ-Mobilität werden? Wie ist Ihre Vision für die Zukunft?

*Jösting:* Klares Ja, denn China geht da bei vielen Projekten schneller und pragmatischer vor. Während in Deutschland bis zum Jahr 2023 geplante 400 Wasserstofftankstellen installiert sind, könnte China beschließen, 10.000 $H_2$-Tankstellen in fünf Jahren zu etablieren. Parallel gibt es immer mehr Anwendungsbereiche und Produkte, die mittels Wasserstoff angetrieben werden. Brennstoffzellen-Hybrid-Fahrzeuge wird es immer mehr geben (z. B. Toyota mit dem Mirai). Schiffe werden mittels Brennstoffzelle und Wasserstoff angetrieben (s. U-Boote von HDW) – ebenso Gabelstapler. Langfristig sehe ich auch Flugzeuge. Die Batterie wird ersetzt durch eine Brennstoffzelle. Tanken ist innerhalb von drei Minuten möglich. Ein Hinweis: Japan will es der Welt zeigen: 2020 zur Olympiade in Tokio will man den BZ-Einsatz im großen Stil vorstellen.

Interviewerin: Anja Barlen-Herbig, ZhongDe Metal Group GmbH, Stuttgart

**Thema:** International | **Autorin:** Kerry-Ann Adamson

# JAPAN LIEGT VOR SÜDKOREA UND DEUTSCHLAND

## *4th Energy Wave liefert internationalen Marktüberblick*

**Obwohl die Brennstoffzellenindustrie derzeit merklich wächst, bleibt sie doch nach wie vor pyramidenartig: Oben an der Spitze befinden sich die Stack- und Systemhersteller, die bereits kommerzielle Produkte anbieten und eine klare Vorstellung von Kosten sowie Kundenwünschen haben. Diese Unternehmen unterliegen entweder einer politischen Einflussnahme – so wie in Japan – oder stellen sich bereits den Marktkräften – so wie FuelCell Energy. Von den insgesamt weltweit über 200 Stack- und Systemanbietern befinden sich allerdings an der Spitze aktuell nur weniger als 30 Unternehmen.**

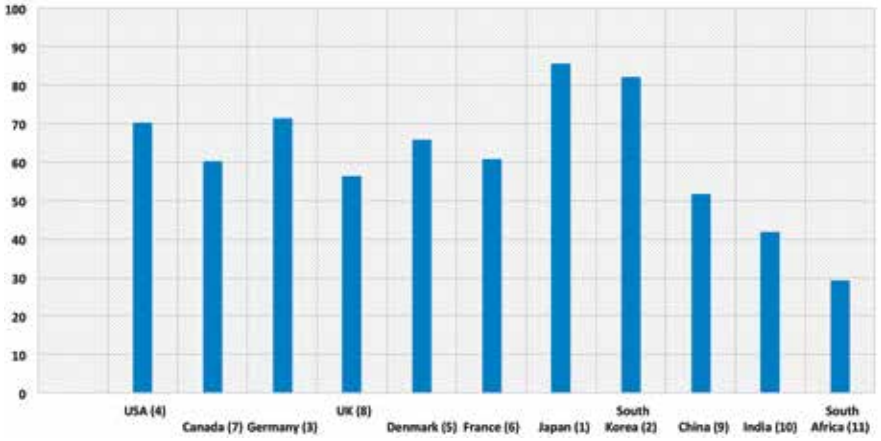



Abb. 1: Länder-Attraktivitätsvergleich 2015

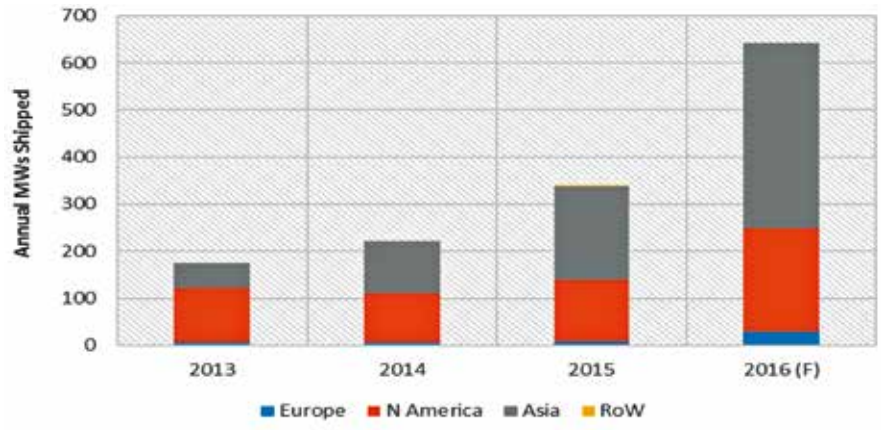



Abb. 2: Weltweit verschickte Brennstoffzellen nach MW und Region 2013 bis 2016 (Vorschau)

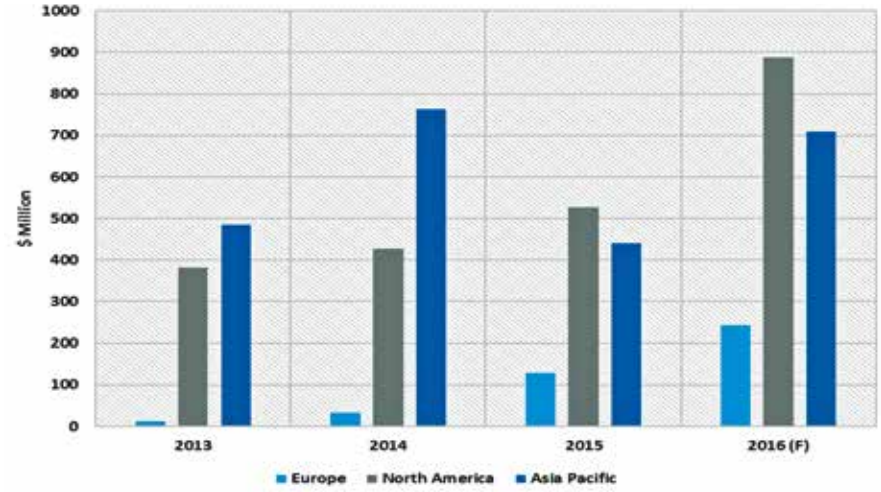



Abb. 3: Umsatz mit Brennstoffzellensystemen, weltweit 2013 bis 2016 (Vorschau) [Quellen: 4th Energy Wave, 2016]

Die zweite Ebene der Pyramide bildet eine Gruppe von Firmen, die aktuell marktnah oder quasikommerziell sind und an Kostenprofilen für ihren Businessplan arbeiten. Hierbei handelt es sich um Unternehmen ähnlich wie die Tier-1-Firmen, die über Investitionen aus dem privatem Sektor verfügen und derzeit dabei sind, einen Kundenstamm aufzubauen. Dies sind weltweit weniger als 60 Unternehmen.

Die Basis der Pyramide, die die große Mehrheit darstellt, umfasst den Rest der Stack- und System-Hersteller. Diese Firmen sind immer noch sehr stark auf Forschungs- und Entwicklungsthemen fokussiert und somit noch weit entfernt von den späteren tatsächlichen Kostenstrukturen der Stacks oder Systeme.

Für den Brennstoffzellensektor bedeutet diese Aufteilung, dass wir eine weitere Aufspaltung sehen werden zwischen einerseits den Tier-1- und Tier-2-Firmen und andererseits der restlichen Industrie. Erstere werden zukünftig weiterhin den Großteil der Verkäufe beisteuern und auch die meisten Investitionen abbekommen, während der Rest der Industrie ein potentielles Ziel für Fusionen und Firmenübernahmen darstellt. Dementsprechend verstärkte sich diese Aufteilung im Jahr 2015 immer weiter mit einer wachsenden Anzahl an Konsolidierungen sowie Übernahmen.

Generell lässt sich feststellen, dass die Gesamtanzahl der im Brennstoffzellensektor engagierten Unternehmen derzeit zunimmt. Einer der Gründe für diesen Anstieg innerhalb der Bran-

che ist eine Reduzierung bisheriger Hürden, die überwunden werden mussten, um sich hier zu engagieren, speziell auf Systemebene. Bisher besagte eine Grundregel von 4th Energy Wave, dass für Forschung und Entwicklung sowie die Produktkommerzialisierung eines neuen PEM-Brennstoffzellensystems eine Größenordnung von U-$ 1 Mrd. an Investitionen erforderlich ist, entsprechend mehr für ein SOFC-System. Aber jetzt, wo wir den Beginn der Stack-Standardisierung verzeichnen können, konnten diese Vorabinvestitionen deutlich reduziert werden. Auch wenn sicherlich noch ein langer Weg zurückzulegen ist, nimmt die Zahl kleiner Marktzugänge weiter zu, weil durch Innovationen und Standardisierung die ehemals vorhandenen Markteintrittsbarrieren merklich verringert wurden.

**LÄNDER-ATTRAKTIVITÄTSINDEX** Der in diesem Jahr von 4th Energy Wave neu eingeführte *Country Attractiveness Index* hat klar und deutlich die führenden Länder identifiziert: Japan vor Südkorea und Deutschland an dritter Stelle.

Die Regierungsbehörden der meisten Länder sind momentan nach wie vor damit beschäftigt, auf hoher Ebene über die Möglichkeiten zu diskutieren, die der Brennstoffzellen- und der Wasserstoffsektor für sie darstellen. Dabei übersehen sie jedoch vielfach die für die Etablierung sehr viel wichtigere Diskussion über die Identifikation und Beseitigung lokaler Hürden, die sehr viel aufwändiger, langwieriger und komplexer sind.

Lediglich Japan bewegt sich kontinuierlich weiter vorwärts auf seinem zielstrebigen Weg hin zur Implementierung einer Wasserstoffgesellschaft. Das asiatische Land ist inzwischen weltweit dafür bekannt, dass die Regierung ein langfristiges und gut koordiniertes Konzept verfolgt, um die Entwicklung und Herausbildung einer stabilen lokalen Brennstoffzellenindustrie zu ermöglichen. Infolge der langjährigen und nachhaltigen Investitionen, der klaren politischen Vorgaben bei der Produktentwicklung und -einführung sowie der immer wieder bestätigten Zielvorhaben und der gut koordinierten Aktivitäten liegt das Land heute vor allen anderen und verfügt über einen starken einheimischen Brennstoffzellensektor.

Unter den Brennstoffzellen, die in Japan entwickelt werden, befinden sich derzeit vornehmlich PEM-Stacks und -Systeme. Insbesondere im Bereich der Hausenergieversorgung erscheint dies nicht verwunderlich, obwohl es sich demnächst voraussichtlich ändern wird, wie 4th Energy Wave voraussagt, da eine zunehmende Anzahl von Firmen verstärkt an Hochtemperatursystemen arbeitet.

**ANZAHL DER AGGREGATE** Hinsichtlich der Verkäufe in den verschiedenen Regionen liegt gemessen an der jeweils abgesetzten Leistung der asiatische Raum nach wie vor vorne und wird diese Führerschaft voraussichtlich auch in 2016 verteidigen.

Europa hinkt immer noch sehr, sehr stark dem Rest der Welt hinterher, was die Produktion von Systemen angeht. Von den Firmen mit kommerziellen Produkten werden die meisten entweder nicht in Europa hergestellt oder es sind Kleingeräte mit 5 kW oder weniger Leistung. Der einzige Bereich, in dem die Europäer sehr stark vertreten sind, ist der Markt für portable Brennstoffzellen. Dementsprechend unterschiedlich sieht das entsprechende Diagramm aus, wenn man sich die Anzahl der verkauften Systeme anschaut.

Bei der Umsatzanalyse konzentrierte sich 4th Energy Wave auf den Umsatz, der durch verkaufte Brennstoffzellen- >>



smart energy
renewable. efficient. intelligent.
DER THEMENBEREICH FÜR DIE NEUE ENERGIEWELT
AUSSTELLUNG
NETWORKING
FACHFOREN
E-WORLD ENERGY & WATER
7. - 9. FEBRUAR 2017, ESSEN, GERMANY
SMARTENERGY.E-WORLD-ESSEN.COM
MESSE ESSEN
con energy
E-world energy & water
SMART ENERGY IST EINE MARKE DER E-WORLD ENERGY & WATER
WWW.E-WORLD-ESSEN.COM

komplettsysteme generiert wurde. Dementsprechend zeigt Abbildung 3, dass in 2015 Nordamerika den höchsten Umsatz verzeichnete, während 2014 noch Asien dominierte. Nordamerika profitierte hier signifikant von einigen Abschlüssen mit äußerst hohen Umsätzen, einschließlich der Verkäufe von Ballards Brennstoffzellenbussen nach China sowie eines 1,4-MW-Brennstoffzellenkraftwerks von FuelCell Energy an die US-amerikanische Handelskette Pepperidge Farm. Auch 2016 dürften die Umsätze Nordamerikas weiterhin hoch liegen, voraussichtlich bei US-$ 900 Mio., insbesondere infolge von 2015 eingeleiteten Verträgen im stationären Sektor, die jedoch erst in 2016 abgerechnet werden (s. auch S. 44).

**FAZIT** 2015 war ein schwieriges Jahr für den Brennstoffzellensektor. Es hat sich wieder einmal gezeigt, dass der Übergang von einer auf Forschung und Entwicklung basierenden Branche hin zu einer komplett kommerziellen Branche nicht nur erhebliche Herausforderungen mit sich bringt, sondern dass zuvor auch viele Hürden gemeistert werden müssen, bevor hier ein Erfolg verzeichnet werden kann. ||

Freier Review-Download (76 Seiten und Chartbook mit Grafiken):
→ www.4thenergywave.com

Literatur

Adamson, K.-A., 4th Energy Wave Fuel Cell and Hydrogen Annual Review, 2016



Autorin:
Dr. Kerry-Ann Adamson
→ kerry-ann@4thenergywave.com

Die jährliche Marktübersicht von 4th Energy Wave ist die Weiterführung des *Fuel Cell Annual Review*, der im Jahr 2008 von Dr. Kerry-Ann Adamson und ihrem Team gestartet wurde und den bis 2014 *Fuel Cell Today* herausbrachte. Die in dieser Analyse dargestellten Daten kombinieren beide Quellen – die damaligen von FCT sowie frisch gesammelte und zusammengestellte von 4th Energy Wave. Die diesjährige Übersicht stellt somit die insgesamt neunte Publikation dieser Art dar – die dritte des unabhängigen Analyse- und Strategiehauses 4th Energy Wave.

INTERNATIONAL NEWSLETTER
ON HYROGEN AND FUEL CELLS

H2 international
E-JOURNAL ON HYDROGEN AND FUEL CELLS
www.h2-international.com

BATTERY DAY NRW
ADVANCED BATTERY Power
March, 28-30, 2017 in Aachen/Germany
BATTERY CONFERENCE 2017
More Information: www.battery-power.eu

CALL FOR PAPERS
DEADLINE: 10/31/2016
Please send your abstract at latest by October 31th, 2016 via upload on www.battery-power.eu
Contact:
Bernd Hömberg, Haus der Technik e.V., Essen | Phone: +49 201 1803-249 | Email: b.hoemberg@hdt.de

# TERMINKALENDER

## OKTOBER

**05.-06.10. California Hydrogen and Fuel Cell Summit**
Konferenz, Sacramento, CA, California Environmental Protection Agency, Tel. +1- 310-455-6095, *www.californiahydrogensummit.com*

**06.10. Netzersatzanlagen mit Brennstoffzellen**
Workshop, Duisburg, ZBT, Tel. 0203-75982-190, Fax -222, *www.next-energy.de*

**07.-08.10. Transport von Lithium-Batterien**
Seminar, Ulm, WBZU, Tel. 0731-17589-21, Fax -10, *www.wbzu.de*

**10.-12.10. World of Energy Solutions**
Kongress & Messe, Stuttgart, Peter Sauber Agentur Messe & Kongresse, Tel. 0711-656960-52, Fax -99, *www.world-of-energy-solutions.de*

**13.10. Elektrisches Fahren**
Seminar, Stuttgart, Haus der Technik, Tel. 0201-1803-211, Fax -280, *www.hdt-essen.de*

**18.-20.10. eCarTec & eMove360°**
Kongress & Messe, München, Munich-Expo, Tel. 089-3229911-2, Fax -9, *www.emove360.com*

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

**25.-26.10. eMobility Summit**
Kongress, Berlin, Tagesspiegel, Fax 030-29021-29224, *www.emobility-summit.de*

**25.-27.10. EuroMold**
Messe, Frankfurt/M., Demat, Tel: 069 / 27 40 03 - 0, Fax -40, *www.euromold.com*

**26.-27.10. Lithium-Ionen-Batterie-technologie**
Seminar, Ulm, WBZU, Tel. 0731-17589-21, Fax -10, *www.wbzu.de*

## NOVEMBER

**01.-02.11. Battery Safety & Lithium Battery Power**
Konferenz, Bethesda MD/USA, The Knowledge Foundation, Tel. +1-617-232-7400, Fax -9171, *www.knowledgefoundation.com*

**03.11. Materials Handling & Intralogistics**
Workshop, Berlin, NOW, Tel. 030-3116116-15, *www.now-gmbh.de*

**03.-05.11. Nutzung erneuerbarer Energiequellen & Wasserstofftechnik**
Symposium, Stralsund, FH Stralsund, Tel. 03831-45-6713, Fax -711713, *www.fh-stralsund.de*

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

**07.11. Vernetzungskonferenz Elektromobilität**
Konferenz, Berlin, DLR-PT, Tel. 02203-6013-586, Fax -317, *www.vernetzungskonferenz-elektro-mobilitaet.de*

**08.-09.11. HYPOS-Forum**
Konferenz, Bitterfeld-Wolfen, HYPOS, Tel. 0341-60016-20, Fax -13, *www.hypos-eastgermany.de*

**08.-10.11. gat & wat**
Kongress & Messe, Essen, DVGW, Tel. 0228-9188-611, Fax -990, *www.gat-dvgw.de*

**10.-11.11. Forum Neue Energiewelt**
Konferenz, Berlin, Solarpraxis, Tel. 030-726296-305, *www.neue-energiewelt.de*

**17.11. Wasserstoff auf dem Weg zur Industrialisierung**
Konferenz, Ostfildern, TAE, Tel. 0711-34008-29, Fax -30, *www.tae.de*

**17.11. Mikro- und Mini-BHKW**
Seminar, Ulm, WBZU, Tel. 0731-17589-21, Fax -10, *www.wbzu.de*

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

**21.-22.11. Elektrochemische Speichertechnik**
Kolloquium, Ostfildern, TAE, Tel. 0711-34008-29, Fax -30, *www.tae.de*

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

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

**28.-30.11. China Int. Hydrogen & FC Conference**
Konferenz & Messe, Peking/China, China Machinery Industry Federation, Tel. 086-01082194945, Fax -13651156785, *en.chfce.com*

**30.11.-01.12. Zero Emission Bus Conference**
Konferenz, London/UK, CHIC, Tel. +32-49789014, *www.gofuelcellbus.com*

## DEZEMBER

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

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

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

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

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

## JANUAR 2017

**23.-24.01. Kraftstoffe der Zukunft**
Kongress, Berlin, BBE & UFOP, Tel. 0228-81002-22, Fax -58, *www.kraftstoffe-der-zukunft.com*

**31.01.-02.02. Fundamentals & Development of Fuel Cells**
Konferenz, Stuttgart, DLR, Tel. 0711-6862-513, Fax -712, *www.dlr.de/tt/*

## FEBRUAR

**01.-02.02. CAR-Symposium**
Konferenz, Bochum, Center Automotive Research, Tel. 0203-379-1111, Fax -4157, *www.car-symposium.de*

# FIRMENVERZEICHNIS

## BERATUNG & PLANUNG

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

**H2Gate,**
Rosenhagenstr. 42, 22607 Hamburg, Tel. 040-89018247, *www.h2gate.de*

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

## BETANKUNGSTECHNIK

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

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

## BRENNSTOFF- UND LUFTVERSORGUNG

**Andreas Hofer Hochdrucktechnik GmbH,**
Neuman Esser Group, Ruhrorter Str. 45,
45478 Mülheim a. d. Ruhr, Tel. 0208-46996-0, Fax -11, *www.andreas-hofer.de*

**Gebr. Becker GmbH,** Hölker Feld 29-31, 42279 Wuppertal, Tel. 0202-697-255, Fax -38255, *info@becker-international.com, www.becker-international.com*

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

**Celeroton AG,** hochkompakte Turbo-Kompressoren für die Luftversorgung von Brennstoffzellen, Industriestr. 22, 8604 Volketswil, Schweiz, Tel. +41-44-25052-20, Fax -29, *info@celeroton.com, www.celeroton.com*

## BRENNSTOFFZELLEN

**FuelCell Energy Solutions GmbH,** Stationäre Brennstoffzellen für Industrie & Gewerbe: KWK, $H_2$-Produktion & Energiespeicherung, Winterbergstr. 28, 01277 Dresden, Tel. 0351-2553739-0, Fax -1, *www.fces.de*

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

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

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

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

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

## ELEKTROLYSEURE

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

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

**Giner, Inc.,**
89 Rumford Avenue, Newton, Massachusetts 02466, USA, Tel. 001-781-529-0500, *information@ginerinc.com, www.ginerinc.com*

**H-Tec Systems GmbH,**
PEM-Elektrolyseure für industrielle Anwendungen,
Maria-Goeppert-Str. 9a, 23562 Lübeck,
Tel. 0451-39941-0, Fax -799,
*info@h-tec-systems.com, www.h-tec.com*

**h2agentur Uwe Küter & Matthias Bromeis GbR,**
Handelsvertretung – Beratung – Projektmanagement,
Beckergrube 87, 23552 Lübeck, Tel. 0451-7072-7210,
*info@h2agentur.de, www.h2agentur.de*

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

HYDROGENICS
SHIFT POWER | ENERGIZE YOUR WORLD

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

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

**McPhy Energy Deutschland GmbH,** Schmiedestr. 2, 15745 Wildau, Tel. 03375-497210-0, Fax -9, *www.mcphy.com*

sunfire

**sunfire GmbH,** Gasanstaltstraße 2, 01237 Dresden,
Tel. 0351-896797-0, Fax -885, *www.sunfire.de*

## ENERGIESPEICHERUNG

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

## FORSCHUNG & ENTWICKLUNG

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

Fraunhofer ISE

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

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

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

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

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

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

## GAS-DIFFUSIONS-LAGEN (GDL)

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

SGL GROUP
THE CARBON COMPANY

**SGL Carbon GmbH,** Werner-von-Siemens-Str. 18,
86405 Meitingen, Tel. 08271-83-3360, Fax -103360,
*fuelcellcomponents@sglgroup.com, www.sglgroup.com*

## INFRASTRUKTUR

**$H_2$ MOBILITY Deutschland GmbH & Co.KG,**
Linienstraße 160, 10115 Berlin, Tel. 0162-3783500,
*presse@h2-mobility.de, www.h2-mobility.de*

## MESSDATENMANAGEMENT UND MONITORING

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

SMART TESTSOLUTIONS

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

## MESS- UND REGELUNGSTECHNIK

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

**neo hydrogen sensors GmbH,**
Hersteller von Wasserstoffsensoren, Bussardweg 12, 41468 Neuss, Tel. 02131-2090112, Fax -6629600, *www.neohysens.de*

## ORGANISATION

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

## PRÜFTECHNIK

GREENLIGHT INNOVATION

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

**SL TecH2 GmbH,**
Weinbergweg 13, 73230 Kirchheim,
Tel. 07021-993968-0, Fax, -1, *www.sl-tech2.de*

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

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

## RECHTSBERATUNG

**Becker Büttner Held,**
Rechtsanwälte – Wirtschaftsprüfer – Steuerberater,
Magazinstr. 15-16, 10179 Berlin, Tel. 030- 6112840-0, Fax -99,
*www.bbh-online.de*

## SERVICE & INSTANDHALTUNG

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

## SPEICHERTECHNIK

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

**Hydrogenious Technologies GmbH,**
Weidenweg 13, 91058 Erlangen, Tel. 09131-12640-220, Fax -29,
*www.hydrogenious.net*

**McPhy Energy Deutschland GmbH,**
Schmiedestr. 2, 15745 Wildau,
Tel. 03375-497210-0, Fax -9,
*www.mcphy.com*

## SYSTEMINTEGRATION

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

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

**McPhy Energy Deutschland GmbH,**
Schmiedestr. 2, 15745 Wildau, Tel. 03375-497210-0, Fax -9,
*www.mcphy.com*

## TESTSTÄNDE

**FuelCon AG,**
Steinfeldstr. 1, 39179
Magdeburg-Barleben,
Tel. 039203-5144-00,
Fax -09, *info@fuelcon.com,*
*www.fuelcon.com*

## TECHNOLOGIEZENTREN

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

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

## VERANSTALTER

**23th Group Exhibit Hydrogen + Fuel Cells + Batteries,**
HANNOVER MESSE 2017,
24.-28. April, Tobias Renz FAIR
Tobias Renz, *tobias@h2fc-fair.com,*
*www.h2fc-fair.com*

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

**Peter Sauber Agentur Messen und Kongresse GmbH,**
World of Energy Solutions,
Wankelstr. 1, 70563 Stuttgart,
Tel. 0711-656960-55,
Fax -9055, *www.world-of-energy-solutions.de*

## VEREINE & VERBÄNDE

**Deutscher Wasserstoff- & Brennstoffzellen-Verband e.V.,**
Moltkestr. 42, 12203 Berlin,
Tel. 030-398209946-0, Fax -9,
*www.dwv-info.de*

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

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

**H2BZ-Initiative Hessen e.V.,**
Konradinerallee 9, 65189 Wiesbaden, Tel. 0611-95017-8959,
*info@h2bz-hessen.de, www.h2bz-hessen.de*

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

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

H Y P O S HYDROGEN POWER STORAGE & SOLUTIONS EAST GERMANY

**HYPOS – Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany,**
Blücherstraße 26, 06120 Halle (Saale), Tel. 0341-6001620,
*info@hypos-eastgermany.de, www.hypos-eastgermany.de*

## WEITERBILDUNG

**H-Tec Education GmbH,**
Demonstration & Ausbildung für Schulen, Universitäten,
Maria-Goeppert-Str. 9a, 23562 Lübeck,
Tel. 0451-39941-0, Fax -799,
*info@h-tec-education.com, www.h-tec.com*

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

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

## ZULIEFERER

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

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

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

**Buschjost GmbH (trading as IMI Precision Engineering),**
Detmolder Str. 256, 32545 Bad Oeynhausen,
Tel. 05731-791-0, Fax -179,
*www.imi-precision.com/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*

**FUMATECH BWT GmbH,**
Carl-Benz-Str. 4,
74321 Bietigheim-Bissingen,
Tel. 07142-3737-900, Fax -999,
*www.fumatech.de*

**Gräbener Maschinentechnik GmbH & Co. KG,**
Metallische Bipolarplatten & Separatorplatten, Am Heller 1,
57250 Netphen-Werthenbach, Tel. 02737-989-367,
*a.edelmann@graebener-group.com,*
*www.graebener-maschinentechnik.de*

**Heraeus Deutschland GmbH & Co. KG,**
Heraeus Electronics, Heraeusstr. 12-14, 63450 Hanau,
Tel. 06181-35-5466, Fax -7850,
*www.heraeus-electronics.com*

**Miba Coating Group, High Tech Coatings GmbH,**
Beschichtungen für Brennstoffzellen,
Dr.-Mitterbauer-Str. 3,
4655 Vorchdorf, Österreich,
Tel.: +43-(0)7614-6541-0, Fax -8400,
*michael.hiller@miba.com,*
*www.miba.com*

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

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

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

# ZUKUNFT TANKEN: WASSERSTOFF BEI TOTAL.

Neue Konzepte bringen Bewegung in die Mobilität. TOTAL testet bereits heute die Technologien von morgen. So ermöglicht z. B. Wasserstoff, produziert mit umweltfreundlichem Wind- und Solarstrom, eine Elektromobilität mit großer Reichweite. Mehr unter www.total-wasserstoff.de

**www.total.de**

**Auftanken und wohlfühlen.**
**Tag für Tag.**

TOTAL