Hydrogeit Verlag / www.hzwei.info / 18. Jahrgang / Heft 2 / April 2018 / 8 €

HZwei

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN

→ MARKTÜBERSICHT: STATIONÄRE BZ-KRAFTWERKE IM MW-BEREICH

→ JOI SCIENTIFIC: NEUER WEG ZUR EFFIZIENTEREN H_2-HERSTELLUNG

04018
9 771862 393005

18./19. September 2018

Marktplatz

Der Messebereich ist Dreh- und Angelpunkt der f-cell.

Konferenz

Aktuelle Branchenneuigkeiten in kurzer Zeit.

Moderierte Thementische

Diskutieren Sie Ihre speziellen BZ- und H2-Themen.

Wir stehen mit Herzblut hinter der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Das bewegt und verbindet uns. Lassen Sie uns zusammen etwas daraus machen!

f-cell
Das Impulstreffen

für Wasserstoff und Brennstoffzellen

Sind sie dabei?

Kontaktieren Sie uns:

Peter Sauber Agentur Messen und Kongresse GmbH
Wankelstraße 1, 70563 Stuttgart
silke.frank@messe-sauber.de | +49 711 656960-55
julia.kraegeloh@messe-sauber.de | +49 711 656960-56

Achtung Übernachtung!

Stuttgart ist aufgrund anderer Messen im September schon ziemlich ausgebucht. Buchen Sie schnell Ihr Hotelzimmer:
hotels@stuttgart-tourist.de | +49 711 2228-100
Online-Link auf f-cell.de | Passwort f-cell2018

f-cell.de

INHALTSVERZEICHNIS

3 Impressum

4 Editorial

5 Meldungen
Simone Peter wird BEE-Präsidentin
H2 Energy expandiert
Swiss Hydrogen wird Französisch
DWV: Votum für gemeinsame H_2-Gesellschaft

8 Messen
Hannover Messe sortiert Energy-Bereich um
H_2-Konferenz in Rio

12 Stationäre Systeme
Marktübersicht Brennstoffzellenkraftwerke
IBZ mit neuer Struktur

20 Energiespeicherung
Interview mit dem CEO von Joi Scientific
Methanisierung von Biogas mit grünem Wasserstoff
Die mobile Energieversorgungszentrale
Ergebnisse des Projekts WESpe

32 Elektromobilität
Hyundai präsentiert neues Brennstoffzellenmodell
Erfahrungen mit der realen H_2-Mobilität
H_2-Betankung versus elektrisches Laden
Der H^2esla aus Hoogezand
Gemeinden entdecken E-Auto-Carsharing
Riversimple versucht's über Crowdfunding

44 Entwicklung
Photoelektrochemische H_2-Herstellung
Demo-Solarturm in Almeria installiert
H_2-Anreicherung in Gasturbinen
10-MW-Elektrolyseur geplant

50 Aktienanalyse

54 Produktmeldungen

55 Weiterbildung

58 International
Aufbruchstimmung in Japan

61 Terminkalender

62 Firmenverzeichnis

Quelle: Minimax

12-17 Stationäre Brennstoffzellen im MW-Sektor

32 Hyundai präsentiert neuen *Nexo* in Offenbach

Quelle: DLR

46 Hydrosol – Kombination von Solar- und H_2-Technik

IMPRESSUM HZwei

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN
HZwei

ISSN: 1862-393X
Jahrgang: 18. (2018) / Heft 2, April 2018

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

USt-ID.: DE 221143829

ViSdP: Dipl.-Ing. Sven Geitmann
Tel./Fax: +49 (0)33055 – 21322/20
E-Mail: kontakt@hydrogeit.de
Internet: www.hydrogeit-verlag.de, www.hzwei.info
Redaktion. Mitarbeit: Sven Geitmann, Eva Augsten, Niels Hendrik Petersen, Sven Jösting, Robert Rose

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

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

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

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

Einzelpreis (Inland): 8,00 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_2YDROGEIT Verlag

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

Titelbild:
Hyundai Nexo

DIE RICHTUNG STIMMT

Liebe Leserinnen und Leser!

Die Diskussion über Stickstoffdioxid- beziehungsweise Feinstaubbelastungen, blaue Plaketten und Dieselverbote ist immer noch in vollem Gange, kein Wunder, denn fast täglich gibt es neue Informationen. Dasselbe gilt für die Automobilkonzerne, die ebenfalls – gewollt oder ungewollt – regelmäßig neue Schlagzeilen produzieren. Obwohl – oder gerade weil – die Medien über die Tricksereien rund um die Abgaswerte fortwährend informieren, ist es inzwischen schwierig geworden, hier den Überblick zu behalten.

Wichtig erscheint mir bei diesem ganzen Hickhack um Fahrverbote und Entschädigungszahlungen letztlich nur eines: Endlich reden wir mal darüber, wo wir hinwollen, und nicht länger über Althergebrachtes und die Beibehaltung des Status quo. Endlich diskutieren wir über neue Optionen, über bessere Luft und eine sauberere Zukunft.

Die Zeiten, in denen starr an konventioneller Verbrennertechnologie festgehalten wurde, scheinen nun endgültig vorbei zu sein. Jetzt wird ausgiebig über den Weg hin zu mehr Elektromobilität gestritten, aber zum Glück nicht mehr grundsätzlich darum, ob Elektroautos überhaupt eine Zukunft haben, denn die haben sie – das haben die vergangenen Monate unzweifelhaft bewiesen.

Natürlich gibt es momentan noch viele unterschiedliche Ansichten darüber, ob der Staat mit Verboten den Betrieb der alten Technik einschränken sollte oder ob es dem freien Markt überlassen werden sollte, attraktive Alternativen anzubieten, damit sich der Verbraucher freiwillig für oder gegen den Wandel entscheiden kann. Der wechselseitige Austausch über diese teils konträren Meinungen ist dabei überaus wichtig und stellt eine Grundlage für unsere demokratische Gesellschaftsordnung dar, in der letzten Endes die Mehrheit entscheidet – und zwar frei und eigenständig.

Deswegen ist es zunächst einmal zweitrangig, ob nun eine blaue Plakette eingeführt wird oder ob einige Straßen für Dieselautos gesperrt werden. Viel wichtiger ist, dass endlich ein Prozess der Meinungsbildung vonstattengeht, bei dem sich jeder einzelne Verkehrsteilnehmer selber Gedanken darüber machen kann, wie er sich künftig fortbewegen möchte. Dazu gehört aber auch, dass jeder Hausbesitzer und jeder Mieter darüber nachdenkt, wie er in Zukunft heizen möchte beziehungsweise was für Strom er beziehen möchte.

Und genau dann, wenn sich diese Grundstimmung etabliert hat, dass jeder mit seinem eigenen Handeln ein Stück weit über den Zustand der Erde mitentscheidet, dann sind wir auf dem richtigen Weg. Denn dann – so wage ich zu behaupten – wird sich der Verbraucher beim Autokauf aus freien Stücken für die bessere Antriebstechnik entscheiden, mit der er nämlich auch in zwanzig Jahren noch in die Städte fahren kann. Und dann wird vielleicht auch mal ein Konzernchef über das Quartalsergebnis hinausschauen und eine Entscheidung fällen, die sein Unternehmen nicht nur kurz-, sondern langfristig auf den richtigen Kurs bringt.

Vor diesem Hintergrund ist es auch reine Interpretationssache, wie man die Anzahl der sich aktuell bereits auf der Straße befindenden Brennstoffzellenautos bewerten möchte: Der europäische Wasserstoffverband EHA (European Hydrogen Association) meldete im Februar 2018, weltweit seien seit 2013 annähernd 6.500 BZ-Pkw verkauft worden – über die Hälfte davon in den USA, insbesondere in Kalifornien, nicht ganz ein Zehntel in Europa. Aber ist dies nun viel oder wenig?

Ich weiß es ehrlich gesagt nicht, und ich will diese Zahl auch gar nicht quantitativ beurteilen. Denn einerseits ist sie erschreckend klein, wenn man sich die Ziele vergegenwärtigt, die eigentlich schon vor vielen Jahren hätten erreicht sein sollen. Aber andererseits sind 6.500 wasserstoffbetriebene Autos auch eine ganze Menge, wenn man bedenkt, dass sie noch längst nicht in Massenfertigung produziert werden und für die meisten Kunden eigentlich noch gar nicht bezahlbar sind.

Was sagt uns das alles? Können wir jetzt zufrieden sein mit der aktuellen Entwicklung?

Ich denke schon, dass es momentan gar nicht so schlecht aussieht. Es könnte sogar sein, dass diese Monate und Jahre in die Geschichte eingehen werden als die Zeit, in der die Energiewende geglückt ist. Die Epoche also, in der sich die als reine Stromwende gestartete Entwicklung auf den Verkehrs- und dann auch auf den Wärmebereich ausgeweitet hat.

Der Anfang dafür ist auf jeden Fall gemacht, jetzt müssen nur noch all die hehren Ziele in die Realität umgesetzt werden.

Ach ja, eins noch: Der Anteil asiatischer Automobilhersteller liegt bei den 6.500 BZ-Autos bei 100 Prozent. ||

Herzlichst

Sven Geitmann
HZwei Herausgeber

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

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

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

DWV
Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband

DWV und BVES gründen gemeinsame Gesellschaft ... Schweizer bieten grünen Wasserstoff auch in Deutschland an ... 2017: 24 neue öffentliche Wasserstoff-Tankstellen in Deutschland ...

SIMONE PETER WIRD BEE-PRÄSIDENTIN

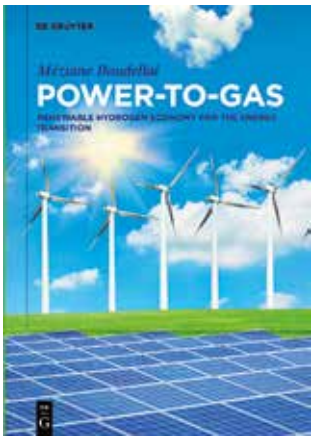
BEE-Präsidentin
Dr. Simone Peter [Quelle: BEE]

Der Bundesverband Erneuerbare Energie e. V. (BEE) hat sich Dr. Simone Peter als neue Präsidentin ins Boot geholt. Die ehemalige Bundesvorsitzende von Bündnis 90/Die Grünen, die erst im Januar 2018 ihr Amt abgegeben hatte, wurde im Februar von der Mitgliederversammlung des Vereins einstimmig gewählt und folgt damit auf Dr. Fritz Brickwedde, der seit Oktober 2013 Präsident des Dachverbands war. Brickwedde gab sein Amt aus persönlichen Gründen ab.

Simone Peter ist promovierte Biologin und war zunächst bei EUROSOLAR sowie der Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) beschäftigt, bevor sie in die Politik ging, Mitglied des Landtags im Saarland wurde und dort 2009 bis 2012 als Ministerin für Umwelt, Energie und Verkehr agierte. Die 52-Jährige erklärte: „Wir brauchen neben dem weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien im Stromsektor auch klare Ausbaupfade im Wärme- und Verkehrssektor sowie die Kopplung dieser Sektoren. […] Perspektivisch bietet ein nationaler CO_2-Mindestpreis, gerade auch in Kooperation mit anderen europäischen Ländern, die Möglichkeit eines effizienten Klimaschutzes und der Kostensenkung für die Verbraucher."

Der BEE vertritt 48 Verbände und Unternehmen mit 30.000 Einzelmitgliedern. Im August 2017 war gerade erst Peter Röttgen zum neuen BEE-Geschäftsführer ernannt worden, so dass die Neuaufstellung und Neuausrichtung des Verbandes weiter Konturen annimmt. ||

POWER-TO-GAS AUF ENGLISCH



Dr. Méziane Boudellal hat bereits diverse Bücher über Wasserstoff geschrieben. Jetzt ist im Februar 2018 die Übersetzung seines 2016 auf Französisch herausgekommenen Fachbuchs „Power-to-Gas" ins Englische erschienen. Unter dem Untertitel „Renewable Hydrogen Economy for the Energy Transition" (Erneuerbarer Wasserstoff für die Energiewende) listet der Franzose darin ausführlich verschiedene Elektrolysetechnologien, PtG-Strategien und auch konkrete Vorhaben sowie wirtschaftliche Geschäftsansätze auf. ||

Boudellal, M., Power-to-Gas, De Gruyter Verlag, Berlin, 2018, 212 S., ISBN 978-3-11-055881-4, Preis: 69 €

H2 ENERGY EXPANDIERT

Rolf Huber
[Quelle: Pionierpreis]

Die schweizerische H2 Energy AG dehnt ihren Wirkungskreis immer weiter aus. Wie es seitens des im Glattpark in der Gemeinde Opfikon bei Zürich ansässigen Unternehmens hieß, will sich das Team um Geschäftsführer Dr. Philipp Dietrich zukünftig zunehmend in Richtung Deutschland orientieren, weshalb H2 Energy Mitte Januar 2018 ein Joint Venture mit dem Automobildienstleister Global Automotive Partners gründete. Die neue H2 Energy Deutschland GmbH soll fortan von Pliening-Landsham (nordöstlich von München) aus erneuerbaren Wasserstoff produzieren, diesen vertreiben und Applikationen für seine Verwendung entwickeln. Zuvor hatten die Schweizer bereits eine Niederlassung in Norwegen ins Leben gerufen.

Rolf Huber, Präsident des Verwaltungsrats, erklärte: „Deutschland ist ein Zukunftsmarkt für erneuerbar hergestellten Wasserstoff und ein Sprungbrett für weitere EU-Länder – ein ideales Umfeld.“ Michael Spitznagel, Geschäftsführer sowohl von Global Automotive Partners als auch der neuen Gesellschaft, ergänzte: „Die Global Automotive Partners GmbH sieht in der Zusammenarbeit mit H2 Energy eine große Möglichkeit, ihre Rolle als verbindendes Element in der Industrie zu stärken und die Angebotsvielfalt zu erweitern.“

Darüber hinaus kann H2 Energy einen neuen Teilhaber vorweisen: Ende Januar 2018 gab die Osterwalder St. Gallen AG bekannt, dass sie sich zunehmend in Richtung erneuerbare Energien orientieren werde und mit Wasserstoff als Treibstoff einen neuen Geschäftszweig etablieren wolle, weshalb sich das St. Gallener Mineralölunternehmen an dem Technologiedienstleister beteiligt. Martin Osterwalder, Verwaltungsratsmitglied in dem Familienbetrieb, sitzt fortan auch im Verwaltungsrat von H2 Energy. Bezüglich Wasserstoff erklärte er: „Ich bin überzeugt, das wird die Zukunft im Schwerlastverkehr.“ Weiter hieß es von Osterwalder St. Gallen, auch AVIA plane, das bisherige Tankstellennetz langfristig um den Kraftstoff Wasserstoff zu erweitern. In der AVIA-Vereinigung schlossen sich bereits 1927 verschiedene unabhängige Schweizer Importeure von Erdölprodukten, so wie Osterwalder St. Gallen einer ist, zusammen. ||

SWISS HYDROGEN WIRD FRANZÖSISCH

Das Brennstoffzellenunternehmen Swiss Hydrogen SA hat neue Aktionäre. Wie der schweizerische Energieversorger Groupe E Ende 2017 mitteilte, verkaufte er seine Anteile an den französischen Automobilzulieferer Plastic Omnium, der auch die Anteile anderer Aktionäre – von dem Unternehmer Marco Simeoni, von der Risikokapital Freiburg AG und vom Paul Scherrer Institut – erwarb. Die bislang enge Zusammenarbeit mit dem PSI will Swiss Hydrogen jedoch weiterführen. Dazu erklärte Geschäftsführer Alexandre Closset in einem Interview: „Unsere Firma hat tatsächlich nur überlebt, weil wir die Montage und die Tests am PSI durchführen konnten. […] Die Brennstoffzellenforschung des PSI ist nicht nur schweizweit, sondern auch international überall anerkannt. Das PSI ist und bleibt unser engster akademischer Partner.“ Das 2008 als Tochterunternehmen der Belenos Clean Power Holding gegründete Unternehmen Swiss Hydrogen beschäftigt sich sowohl mit Elektrolyseuren als auch mit Brennstoffzellen für stationäre und mobile Anwendungen (z. B. H_2-Lkw von Coop, s. HZwei-Heft Juli 2017). ||

GASTEIGER IM PAJARITO-BEIRAT

Hubert Gasteiger
[Quelle: Pajarito]

Der US-amerikanische Katalysatorhersteller Pajarito Powder, LLC greift auf österreichisches Know-how zurück. Wie das Unternehmen aus Albuquerque Ende Oktober 2017 mitteilte, ist Prof. Dr. Hubert Gasteiger dem technischen Beirat beigetreten. Webb Johnson, der ebenfalls als Berater für Pajarito aktiv ist, erläuterte gegenüber *HZwei*, das Unternehmen habe große Fortschritte bei neuartigen edelmetallfreien Katalysatoren (PMF) und Engineered-Catalyst-Support-Materialien (ECS) gemacht. Gasteiger ist Inhaber des Lehrstuhls für technische Elektrochemie an der Technischen Universität München (TUM) und zählt weltweit zu den führenden Experten auf dem Gebiet der Elektrokatalyse. Er sagte: „Ich freue mich sehr, dem technischen Beirat von Pajarito Powder beizutreten, um ihnen bei ihrem Ziel zu helfen, die Einführung von Elektrofahrzeugen durch eine bessere Elektrokatalyse zu beschleunigen.“ Pajaritos CEO Thomas J. Stephenson ergänzte: „Dr. Gasteigers Beitritt ist eine bemerkenswerte Ehre und ein Hinweis auf die Bedeutung der Arbeit unseres Unternehmens bei der Senkung der Gesamtkosten von Brennstoffzellen.“ ||

KÜHN STEHT VOR GERICHT

Die eZelleron GmbH hat bereits im April 2016 Insolvenz angemeldet (s. HZwei-Heft Juli 2016), aber jetzt wurde ihr Geschäftsführer Sascha Kühn im Februar 2018 in Dresden wegen Insolvenzverschleppung angeklagt. Wie die *Dresdner Neuste Nachrichten* meldeten, wirft ihm die Staatsanwaltschaft Verletzung der Buchhaltungspflichten, Untreue und Insolvenzverschleppung vor. Kühn, der mittlerweile im Silicon Valley in den USA kraftwerk Inc. und eZelleron Inc. leitet, soll Bilanzen zu spät erstellt und zudem die Pleite seiner Firma nicht fristgerecht angezeigt haben, obwohl er als Geschäftsführer von der drohenden Zahlungsunfähigkeit wusste. Außerdem sollen Patente an seine Eltern übergeben worden sein, so die Staatsanwaltschaft. Der Ex-Firmenchef bestreitet dies, da die Patente nur als Sicherung gedient hätten, aber nach wie vor der GmbH gehörten.

Weiter hieß es, dass inzwischen eine Einigung mit dem Insolvenzverwalter vorliege. Was jedoch aus den vielen Crowdfunding-Kunden wird, ist weiterhin offen. Gegenüber der *BILD*-Zeitung erklärte Kühn: „Das Produkt kommt, aber wann ist nicht fixierbar. Wir müssen frische Geldgeber finden.“ ||

DWV UND BVES WOLLEN KOOPERIEREN

In einer außerplanmäßig einberufenen Versammlung haben die Mitglieder des Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verbandes e. V. am 7. Februar 2018 in Berlin dafür gestimmt, gemeinsam mit dem Bundesverband Energiespeicher (BVES) eine Gesellschaft zu gründen, um gemeinsam die Markteinführung von Wasserstoff professioneller als bisher zu gestalten. Ziel sei, „den Markteintritt des Wasserstoffs in der Energiewirtschaft voranzutreiben". Die ursprüngliche Überlegung, einen hauptamtlichen Geschäftsführer zu installieren, sei aus finanziellen Gründen für einen „kleinen, aber feinen Verband" wie den DWV nicht realisierbar, so hieß es. Deswegen hatte der Vorstand beschlossen, „das Projekt der Gründung einer GmbH in Angriff zu nehmen", wobei beide Verbände als gemeinnützige Idealvereine erhalten bleiben, kommerzielle Aktivitäten aber über die GmbH laufen sollen.

Der DWV-Vorstand hatte die außerordentliche Versammlung in der Januarausgabe seiner Mitgliederzeitung angekündigt, nachdem zuvor über einige Jahre hinweg zwar über eine „Professionalisierung" des Verbands diskutiert, aber wenig Konkretes verändert worden war. Den Weg zu dieser Mitgliederversammlung im Siemens-Forum in Berlin fanden knapp über fünfzig Personen. Diese mit zahlreichen Vollmachten ausgestatteten Vertreter stimmten nach ausgiebiger Diskussion mit nur einer Gegenstimme für den Antrag des Vorstandes. Nach dessen Vorstellung könnte besagte Gesellschaft aus rund einem halben Dutzend Mitarbeitern bestehen und mit einem Jahresetat in mittlerer sechsstelliger Größenordnung ausgestattet werden. Inhaltliche Details würden die Vorstände untereinander klären, so hieß es.

Nach einer ganzen Reihe von Gesprächen zwischen DWV-Vorstand und BVES Mitte Dezember 2017 hatte Mitte Januar 2018 dann auch der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches signalisiert, dass er ebenfalls an einer Intensivierung der Zusammenarbeit interessiert sei. Daraufhin hatten sich DWV und DVGW darauf verständigt, die Sektorenkopplung durch Power-to-Gas, die H_2-Einspeicherung sowie die Mitnutzung der Gasinfrastruktur gemeinsam weiter zu erhöhen und gleichzeitig die Akzeptanz der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in Politik und Öffentlichkeit weiter zu steigern. Hierzu unterzeichneten sie kurz vor der Mitgliederversammlung eine Kooperationsvereinbarung. Seitdem laufen Gespräche darüber, ob auch der DVGW Partner einer gemeinsamen GmbH werden könnte.

Nachdem der DWV seine Kooperationsbereitschaft mit dem BVES in einer Pressemeldung verkündet und auch über die geplante Zusammenarbeit mit dem DVGW berichtet hatte, zeigte sich der Energiespeicherverband „irritiert" von der Idee, auch den DVGW mit ins Boot zu holen. Der BVES-Bundesgeschäftsführer Urban Windelen machte gegenüber *HZwei* klar, dass er dafür kein Mandat habe. Grundsätzlich sei sein Verband an einer Zusammenarbeit mit dem DWV zwar weiterhin sehr interessiert. Für derartige bilaterale Verhandlungen hätte ihm die Mitgliederversammlung des BVES auch Ende 2017 einen Auftrag erteilt, nicht aber für die Miteinbeziehung eines weiteren Verbandes, dessen Kerngeschäft zudem vorrangig im Bereich fossiler Energieträger liegt.

Über weitere Hintergründe wird dann sicherlich die nächste reguläre DWV-Mitgliederversammlung, die am 30. Mai 2018 in Salzgitter stattfinden soll, Aufschluss geben. ||

→ DWV in Hannover: Halle 27, Stand C51

Hydrogen + Fuel Cells + Batteries

23.– 27. April 2018
Hannover ▪ Germany

Europas größte Wasserstoff-, Brennstoffzellen- und Batterien-Plattform mit 150 Ausstellern aus 25 Ländern auf 5.000 m².

h2fc-fair.com

Hydrogen + Fuel Cells NORTH AMERICA

24.– 27. September 2018
Anaheim ▪ CA ▪ USA

Auf der Solar Power (SPI), Nordamerikas größter Solarmesse und parallel zur Energy Storage (ESI), Nordamerikas größter Energiespeicher-Messe.

h2fc-fair.com/usa

Deutsche Messe
Energy
HANNOVER MESSE

Abb. 1: Das Public Forum in Halle 27 2017 – zentrale Anlaufstelle für H_2- und BZ-Interessierte

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

NEUER FOKUS AUF INFRASTRUKTUR

Hannover Messe sortiert den Energy-Bereich um

Weltweit befinden sich sowohl die Industrie als auch das Energie- und Verkehrssystem im Umbruch. Allerorts wird nach zukunftsfähigen Lösungen gesucht. Es geht darum, die Wirtschaft in vielerlei Belangen neu aufzustellen, sie in Umweltfragen nachhaltig und gleichzeitig in Energiefragen effizienter zu gestalten. Wie das gehen soll, wird während der diesjährigen Hannover Messe, die vom 23. bis zum 27. April stattfindet, demonstriert werden. Im Mittelpunkt des Interesses steht dort wieder einmal die *Energy,* eine von insgesamt fünf Leitmessen, zu der allein rund 100.000 Fachbesucher erwartet werden.

Nach dem Elektromobilitäts-Hype und dem rasanten Wachstum der *MobiliTec* 2012 war das Interesse an Elektrofahrzeugen auf der Hannover Messe in den vergangenen Jahren wieder deutlich zurückgegangen. Auf der damaligen Leitmesse für hybride und elektrische Antriebstechnologien war die Anzahl der Aussteller immer weiter zurückgegangen, so dass die Deutsche Messe die *MobiliTec* jetzt durch den Bereich *Electric Transportation Systems* ersetzt hat. Die *MobiliTec* gibt es also nicht mehr.

Stattdessen soll der Fokus jetzt – parallel zu den Bereichen *Renewable Energies* mit dem *Integrated Energy Plaza* und *Decentralized Energy Supply* – auf Infrastrukturfragen gerichtet und der tiefgreifende Umbau der bisherigen Industriestrukturen diskutiert werden. Dazu sagte Benjamin Low, Global Director Energy bei der Deutschen Messe AG: „Welche Infrastrukturen benötigt werden und welche Lösungen es bereits heute für eine nachhaltige Elektromobilität gibt, erfahren die Besucher in den Energiehallen der Hannover Messe. Mit dem Ausstellungsschwerpunkt *Electric Transportation Systems* legen wir den Fokus auf die Integration elektromobiler Lösungen in das bestehende Energiesystem."

Passend dazu wird beispielsweise ABB technische Neuheiten vorstellen, die die Aufenthaltsdauer an Ladesäulen ganz beträchtlich verkürzen sollen. Der Technikkonzern wird eine Schnellladestation präsentieren, die Akkumulatoren in wenigen Minuten auflädt, so dass – wie bei konventionellen Benzinautos – ein kurzer Stopp für den Energienachschub reicht.

SPANNENDER TRANSFORMATIONSPROZESS Das neuerlich gestiegene Interesse an Elektromobilität – auch bedingt durch wiederholt aufgedeckte Betrügereien der Hersteller klassischer Automobile und das Gerichtsurteil rund um Dieselabgase – hat dazu geführt, dass sich zahlreiche Unternehmen, insbesondere klein- und mittelständische, strategisch neu ausrichten. So erklärte beispielsweise Peter Renz von der ElringKlinger AG, sein Unternehmen setze bereits seit Jahren sowohl auf Batterien als auch auf Brennstoffzellen. Sein Vorstandsvorsitzender, Dr. Stefan Wolf, sagte: „Als klassischer Automobilzulieferer befindet sich unser Unternehmen inmitten eines spannenden Transformationsprozesses, genau

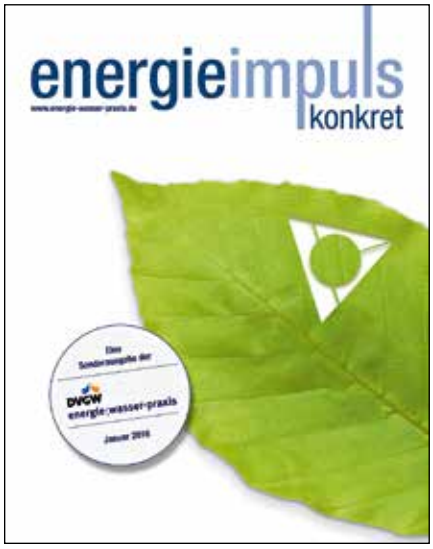
wie die gesamte Automobilindustrie. Für die automobile Zukunft sind beide Konzepte, Batterie und Brennstoffzelle, mit ihren jeweiligen Eigenschaften und Vorteilen sinnvoll. Zudem können sie als Duo ihre Stärken ausspielen."

NACHHALTIGKEITSPREIS Auf dem mittlerweile vierundzwanzigsten Gemeinschaftsstand Wasserstoff + Brennstoffzellen + Batterien werden in diesem Jahr über 150 Aussteller erwartet. Besonders erfreut zeigte sich Tobias Renz im Vorfeld über die Teilnahme zweier großer Automobilzulieferer: Faurecia ist ein weltweit aktiver Konzern mit 110.000 Mitarbeitern, der gerade erst im September 2017 eine fünfjährige Kooperationsvereinbarung mit CEA-Liten unterschrieben hat. (Liten arbeitete mit dem französischen Autobauer PSA von 2003 bis 2010 am *Genepac*®-Brennstoffzellensystem.) Und Plastic Omnium übernahm jüngst Swiss Hydrogen (s. S. 6) und wird in Hannover gemeinsam mit dem ZBT Duisburg und Anleg eine mobile Betankungseinheit präsentieren (s. S. 26). Passend dazu wird drei Stände weiter der *GLC F-Cell* von Daimler ausgestellt.

Zudem wird auch wieder die Eisenhuth GmbH & Co. KG, die im Dezember 2017 gemeinsam mit der TU Clausthal den deutschen Nachhaltigkeitspreis für ihre bioelektrochemische Brennstoffzelle erhalten hat, unter den Ausstellern sein. Das Firmenkonsortium, zu dem auch das Cutec-Institut sowie die technischen Universitäten aus Braunschweig und Karlsruhe zählen, wurde in der Kategorie Forschung für die Entwicklung ihrer Brennstoffzelle, die bei Kläranlagen direkt regenerativ Strom erzeugt und gleichzeitig das Abwasser reinigt, ausgezeichnet. Die Pilotanlage steht auf dem Gelände der Goslarer Kläranlage der Eurawasser Betriebsgesellschaft mbH. Über die Vorzüge dieser Biobrennstoffzelle sagte Prof. Michael Sievers: „Autarke, wartungsarme und verbesserte Abwasserbehandlung, kaum Klärschlamm, dafür Strom und Wasserstoff, zum Beispiel für Elektroautos."

Eisenhuth wird aber nicht nur diese Biobrennstoffzellen vorstellen, sondern auch Flussbatterien, bei denen ebenfalls Graphitplatten benötigt werden, ein Spezialgebiet von Geschäftsführer Dr. Thorsten Hickmann. Darüber hinaus informiert das Unternehmen aus dem Harz über Spezialdichtungen sowie die Fertigung von 3D-Bauteilen, seien sie aus Gummi, Kunststoff, Silicon oder Stahl.

KONKRETE ENERGIEWENDEPROJEKTE Der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW, s. auch S. 7) belegt sein gestiegenes Interesse an Wasserstoff, indem der Verband in Hannover einen eigenen – wenn auch kleinen – Ausstellungsbereich auf dem Gemeinschaftsstand von Organisator Tobias Renz angemietet hat. Dort am Stand Nr. 70/1 in Halle 27 direkt beim technischen Forum wird auch das neue Bookazine über die Transformation des Energiesystems erhältlich sein, das der DVGW im Januar 2018 veröffentlichte. Auf über 100 Seiten sind in „Energie-Impuls konkret" zahlreiche erfolgreich umgesetzte Best-Practice-Beispiele aufgelistet, die darlegen, wie bereits heute die Energiewende konkret umgesetzt werden kann.



Anlässlich der Präsentation dieses Bookazines hatte der DVGW-Vorstandsvorsitzende Prof. Gerald Linke erklärt: „Unsere Autoren sprechen aber auch Hürden an, mit denen ihre Leuchtturmprojekte zu kämpfen haben. Denn unser ordnungspolitischer Rahmen behindert nach wie vor die Umsetzung volkswirtschaftlich sinnvoller Technologien, Beispiel Power-to-Gas. Zudem werden dem erdgasbasierten Güter- und Personentransport mit erneuerbaren synthetischen Gasen immer noch Steine in den Weg gelegt. Diese Hürden zu überwinden und sich gemeinsam mit weiteren Playern aus Politik und Energiewirtschaft auf einen sektorenübergreifenden Weg zu machen – das sind Herausforderungen, die wir für ein Gelingen der Energiewende zu bewältigen haben und denen wir uns weiterhin stellen."

Neben insgesamt 25 französischen Institutionen reist auch wieder Haskel International aus dem Ausland an. Das kalifornische Unternehmen aus Burbank bei Los Angeles wird in der *Energy*-Halle mit Robert Kelly vertreten sein, dem neuen Manager für Geschäftsentwicklungen im Bereich globaler Wasserstoffaktivitäten. Für den Hersteller von Hochdruckprodukten will er vor Ort neue Beziehungen zu Unternehmen der gesamten H_2-Wertschöpfungskette aufbauen und neue Betätigungsfelder im Bereich der H_2-Betankung sowie bei Power-to-Hydrogen-Anwendungen erschließen. ||

KOSTENLOSE FACHBESUCHER-TICKETS

Der Hydrogeit Verlag bietet den Leserinnen und Lesern der Zeitschrift *HZwei* wieder die Möglichkeit, kostenlos auf das Hannoveraner Messegelände zu gelangen. Die einzige Voraussetzung ist, dass Sie sich vorher online registrieren. Dafür bitte einfach unter www.hannover-messe.de bei der Ticketregistrierung anmelden und Freikarten anfordern mit dem Aktionscode: wmv3r

→ Eisenhuth in Hannover: Halle 27, Stand D53
→ Haskel in Hannover: Halle 27, Stand D70

auto motor und sport
i-MOBILITY
AUSSTELLUNG FÜR INTELLIGENTE MOBILITÄT
Mitten im Markt Messe Stuttgart
Die auto motor und sport i-Mobility ist **die** Präsentationsplattform für intelligente Mobilität. Sie suchen ein Elektroauto, City-Bike oder ein Pedelec? In Stuttgart präsentiert sich ein boomender Markt! Er**fahren** Sie hier in zahlreichen In- und Outdoor-Parcours Innovationen aus dem 4- und 2-Rad-Bereich.
5.– 8. April 2018
www.messe-stuttgart.de/i-mobility
Baden-Württemberg MINISTERIUM FÜR VERKEHR
NEUE MOBILITÄT bewegt nachhaltig

H_2-KONFERENZ IN RIO

Quelle: Fotolia, Dominik Ruetz

Vom 17. bis 22. Juni trifft sich in diesem Jahr die Wasserstoffwelt in Rio de Janeiro. Fünf Tage lang werden Experten aus den verschiedensten Ländern in der brasilianischen Küstenmetropole während der *22. World Hydrogen Energy Conference* miteinander diskutieren. Unter den Rednern werden unter anderem Bart Biebuyck von der Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH-JU) aus Brüssel, Sunita Satyapal vom Department of Energy (DoE) aus den USA sowie Yoshihiro Mizutani vom Umweltministerium aus Japan sein. Aber auch hochrangige Persönlichkeiten von Ballard und Hydrogenics sowie Pierre-Etienne Franc vom Hydrogen Council haben eine Präsentation angekündigt. Insgesamt soll es etwa 200 Vorträge und über 330 Poster geben.

Parallel zur Konferenz wird wie gewohnt eine begleitende Ausstellung organisiert, auf der auch ein deutscher Pavillon von der NOW und vom DWV zu finden sein wird. An drei Tagen finden zudem Workshops statt: So veranstaltet der kanadische Wasserstoff- und Brennstoffzellenverband CHFCA eine wissenschaftliche Veranstaltung über H_2- und BZ-Technik, während die öffentliche Universität von São Carlos (UFSCar) zum Thema H_2-Speicherung in Metalllegierungen informiert. Außerdem organisiert das Climate Technology Centre & Network (CTCN) mit dem europäischen Wasserstoffverband (EHA) einen Workshop mit dem Titel „Energiewende jetzt zur Minderung des Klimawandels“. Ergänzend werden vier Technik-Touren angeboten, sowohl zum Wasserstofflabor LabH2 des Instituts Alberto Luiz Coimbra der Bundesuniversität von Rio de Janeiro Coppe als auch zum National Institute of Technology (INT) des Ministeriums für Wissenschaft, Technologie, Innovationen und Kommunikation sowie zum National Institute of Metrology, Quality and Technology (INMETRO). Oder aber man besucht den Itaipu-Staudamm, das – gemessen an der Jahresenergieproduktion – größte Wasserkraftwerk der Welt.

Organisator Peter Sauber schwärmte bereits im Vorfeld gegenüber *HZwei:* „Rio ist super – schöner als erwartet.“ Der Veranstaltungsort ist südlich von Rio de Janeiro – fast direkt am Strand – gelegen. *HZwei* wird live von dort berichten. ||

→ www.whec2018.com

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

BMVI FÖRDERT BZ-NETZERSATZANLAGEN

Über das Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie werden ab sofort auch Brennstoffzellensysteme zur autarken Energieversorgung finanziell unterstützt. Christian Schmidt, kommissarischer Bundesverkehrsminister, sagte im Februar 2018: „Wir wollen kritische und netzferne Infrastrukturen in Deutschland autark und umweltschonend absichern. Deshalb fördern wir brennstoffbasierte Anlagen, um deren Kosten zu senken und die Verbreitung vor-

anzutreiben. Gerade in den Bereichen Verkehrsleittechnik und Digitalfunk für Behörden sind diese Geräte essentiell.“ Gemäß Förderaufruf sind von dieser mit 5 Mio. Euro ausgestatteten Maßnahme sogenannte Netzersatzanlagen mit BZ-Systemen in der Leistungsklasse bis 20 kW betroffen. Insgesamt sollen auf diese Weise bis zu 600 Geräte aus den Segmenten Digitalfunk für Behörden sowie Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) und Verkehrsleittechnik installiert werden. Die Förderquote im Rahmen des NIP 2 beläuft sich auf maximal 40 Prozent der Investitionsmehrkosten im Vergleich zur konventionellen Technologie. Anträge können bis zum 31. Mai 2018 über das easy-Online-Portal eingereicht werden. ||

→ https://foerderportal.bund.de/easyonline
→ NOW in Hannover: Halle 27, Stand B59

ESE – AUSSTELLER-ZAHLEN STAGNIEREN

Die diesjährige Energy Storage Europe hat vom 13. bis zum 15. März in Düsseldorf stattgefunden. Auf der *7. Energy Storage Europe Conference* und der *12. International Renewable Energy Storage Conference (IRES)* von Eurosolar hielten mehr als 200 Redner ihre Vorträge. In bis zu fünf parallelen Vortragsreihen stellten Experten aus Wissenschaft, Praxis, Politik und Gesellschaft neuste Erkenntnisse vor. Anstelle des ehemaligen *Power-to-Gas-Kongresses* von OTTI (OTTI meldete Ende 2016 Insolvenz an) fand ein Power2X-Workshop in Kooperation mit dem DWV, dem BVES und der kanadischen Botschaft unter fachlicher Leitung von Dr. Christopher Hebling vom Fraunhofer ISE statt.

Zum dreizehnten Mal fand zudem der *StorageDay,* der ganz im Zeichen der Sektorenkopplung stand, statt. Frank Scheibe von der veranstaltenden SolarAllianz Network SAN GmbH erklärte: „Wir wenden uns an diejenigen Marktteilnehmer, die für die praktische Umsetzung einer nachhaltigen Energieversorgung jeden Tag wichtige Handarbeit leisten, beraten, überzeugen, planen, installieren und warten. Denn nur mit fähigen Handwerkern, zuverlässigen Installateuren und kompetenten Energieberatern lassen sich die gemeinsamen Ziele der Erneuerbare-Energien-Branchen erreichen.“

Auf der Ausstellung machte die Home Power Solutions GmbH (HPS; s. HZwei-Heft Juli 2017) Werbung für ihre *Picea*-Anlage. Das Unternehmen aus Berlin-Adlershof hatte gerade erst Mitte Februar 2018 den Vertriebsstart ihres Hausenergieversorgungssystems verkündet. Die ersten 50 Exemplare der Kompaktanlage für Ein- und Mehrfamilienhäuser können seitdem für 54.000 Euro (netto) bestellt werden. HPS hat mit seiner rund 45 Mitarbeiter umfassenden Mannschaft, zu der seit März 2018 auch der neue Vertriebsleiter Mark-Uwe Oßwald gehört (ehemaliger CEO von FutureE), erste Testanlagen sowohl in einem Bestandshaus als auch in einem Neubau installiert. Nun soll laut Geschäftsführer Zeyad Abul-Ella stückweise die Serienfertigung aufgebaut werden. Mit der Auslieferung der ersten kommerziellen Geräte rechnet er daher nicht vor Ende des Jahres. Gleich nebenan präsentierte die Electrochaea GmbH erstmals ihr Bioreaktoren-Portfolio. Hierbei handelt es sich um eine standardisierte Speichertechnologie auf Basis von Biokatalysatoren, die mit Urzeit-Mikroorganismen (Archaeen) arbeiten. Weiteres dazu im Oktober-Heft der HZwei 2018.

Die Anzahl der Aussteller lag mit 170 geringfügig über der der Vorjahre (2017: 160 bzw. 2016: 142). Das rasante Wachstum in der Anfangszeit der ESE mit rund 50 Prozent gehört somit der Vergangenheit an. ||

Thema: Stationäre Systeme | **Autor:** Sven Geitmann

BZ-KRAFTWERKE IM WETTBEWERB

MCFC, PAFC, PEMFC oder SOFC

Abb. 1: DEMOSOFC-Anlage bei Waste Water Treatment Plant (WWTP) in Collegno, Turin [Quelle: DEMOSOFC]

Im Bereich der stationären Brennstoffzellensysteme ist der Kraftwerkssektor die Königsklasse. Entsprechend schwierig ist es, dorthin vorzustoßen und auch dort zu bestehen: immer wieder war in der Vergangenheit von krachenden Pleiten oder spektakulären Rettungen zu hören. Doch natürlich gibt es auch alteingesessene Unternehmen – ebenso wie neue Start-ups. Hier – in Ergänzung zu der Tabelle auf den Seiten 16/17 – eine grobe Übersicht über Akteure, Projekte und Technologien.

Bei den stationären Brennstoffzellensystemen gibt es mittlerweile über ein halbes Dutzend Unternehmen, die Anlagen im Leistungsspektrum von hundert Kilowatt bis zehn Megawatt anbieten. Während dieser Anwendungsbereich vor Jahren noch auf Festoxid- (Solid Oxid Fuel Cell – SOFC) und Schmelzkarbonatbrennstoffzellen (Molten Carbonate Fuel Cell – MCFC) beschränkt war, gibt es inzwischen auch Polymer-Elektrolyt-Membran-Systeme (Proton Exchange Membrane Fuel Cell – PEMFC). Obwohl es zwischenzeitlich recht ruhig um die phosphorsauren Brennstoffzellen (Phosphoric Acid Fuel Cell – PAFC) war, ist auch diese Technologie weiter im Geschäft.

BLOOM ENERGY Bloom Energy betrat erst Anfang 2010 die Bildfläche, obwohl die Kalifornier bereits seit 2001 an Festoxidbrennstoffzellen arbeiten. Lange Zeit drangen jedoch kaum Informationen über das finanzstarke Start-up nach außen. Auch heute ist es schwierig, Details über Blooms Anlagen in Erfahrung zu bringen. Geschäftsführer Dr. KR Sridhar gelang es mit dieser Strategie jedoch, unbeobachtet weitreichende Erfahrungen mit Hochtemperaturbrennstoffzellen zu sammeln.

Das Unternehmen aus Sunnyvale, USA, produzierte bereits vor acht Jahren eine *Bloom Box* pro Tag, so dass mittlerweile etliche Standorte großer Wirtschaftskonzerne mit diesen Aggregaten ausgestattet werden konnten. Die erste kommerzielle 100-kW-Anlage ging im Juli 2008 an Google. 2009/2010 wurden weitere *Bloom Boxes* auf dem Gelände der Firmenzentrale von eBay in San Jose aufgestellt. Weitere Kunden waren bereits damals Coca-Cola, FedEx und Walmart.

Abb. 2: Bloom Boxes beim Kunden Fedex [Quelle: Bloom Energy]

Im August 2017 gab Bloom zudem bekannt, dass Equinix, Inc. einen auf 15 Jahre angelegten Energieversorgungsvertrag mit einer Tochtergesellschaft von Southern Company unterzeichnet habe. Im Rahmen dieses Vorhabens sollen Bloom Boxes in zwölf Rechenzentren in den USA, sogenannten International *Business Exchange™* (IBX®), installiert werden. Insgesamt will das weltweit agierende Unternehmen für netzbetreiberunabhängige Rechenzentren und Interconnection-Dienstleistungen eine Gesamtkapazität von mehr als 40 MW an 15 Standorten bis 2019 aufbauen.

„Es gibt kein größeres Kompliment und keine bessere Validierung unserer Energieplattform als die Tatsache, dass unsere bestehenden Kunden die Aufstellung von Bloom-Energy-Servern weiter ausbauen, und Equinix tut dies heute im großen Stil."

KR Sridhar

CONVION Auch das 2012 ins Leben gerufene Unternehmen Convion arbeitet an SOFC-Systemen. Ihre keramischen Stacks beziehen die Finnen unter anderem von Elcogen AS, einem Brennstoffzellenhersteller aus Tallinn, Estland, der inzwischen mit 28 Mitarbeitern an dieser Technologie forscht. Gegründet wurde Elcogen 2001 von dem Physiker und Geschäftsführer Enn Õunpuu.

Elcogen wirbt damit, dass seine Niedertemperatur-Festoxidzellen bei nur 600 bis 650 °C arbeiten, einen Wirkungsgrad von über 74 % ermöglichen und weniger als 500 Euro pro Kilowatt kosten. Die für SOFC-Anlagen vergleichsweise niedrigen Temperaturen (750 bis 900 °C bei anderen Herstellern) sollen nicht nur dafür verantwortlich sein, dass günstige Materialien verwendet werden können, sondern auch zur Reduzierung der Degradation beitragen.

Convion verwendet diese Stacks, um daraus Kraftwerke im Leistungs-

Nach Einschätzung der DEMOSOFC-Partner könnten 90 Prozent der Abwasseraufbereitungsanlagen in Europa (mehr als 26.890 Standorte) selbige Technologie nutzen.

spektrum von 50 bis 300 kW zu bauen. Dabei greifen die Nordmänner auch auf Know-how von Wärtsilä zurück, dessen Brennstoffzellenprogramm im Januar 2013 von Convion übernommen wurde. Zudem bestehen Kooperationen mit dem Fraunhofer Institut für keramische Technologien und Systeme (IKTS) sowie mit Plansee und mPower.

Convions Technologie wird unter anderem in dem europäischen Förderprojekt DEMOSOFC erprobt, bei dem seit Oktober 2017 aus einem Nebenprodukt der Abwasseraufbereitungsanlage nutzbare Energie gewonnen wird (s. Abb. 1). Das für dieses Waste-to-Energy-Konzept verwendete System ist die derzeit größte Biogas-Brennstoffzellenanlage in Europa und besteht aus drei BZ-Modulen, die jeweils 58 kW Wechselstrom erzeugen können. Die installierte Gesamtleistung beträgt somit 174 kW_{elek} und kann rund 30 % des Eigenstrombedarfs der angeschlossenen Abwasseraufbereitungsanlage abdecken. Die Abwärme des Abgases wird verwendet, um die Faulbehälter mit Energie zu versorgen.

Ein weiterer Akteur, der an SOFC-Technik forscht, ist LG Fuel Cell Systems Inc. Das US-amerikanische Unternehmen erhielt im September 2017 die Zusage des Energieministeriums (Department of Energy, DoE) über 5,7 Mio. US-$ an Fördergeldern für den Einsatz eines erdgasbetriebenen 250-kW-Festoxid-Brennstoffzellensystems auf dem Gelände des Stark State Colleges in North Canton, Ohio.

Auch General Electric arbeitet in diesem Segment. Ab 2014 verfügte der Konzern mit GE Fuel Cells über ein eigenes Tochterunternehmen speziell für Brennstoffzellen. Seit Ende 2016 gehört der in Saratoga County im US-Bundesstaat New York angesiedelt Standort jedoch zu GE Global Research. Damals wurden rund zwei Dutzend Mitarbeiter aus dem Team der technischen Geschäftsführerin Johanna Wellington entlassen. Anschließend wurde die Brennstoffzellentechnik für das geplante 1-MW-Kraftwerk wieder zurück ins Labor geschickt, um die Entwicklung eines Pilotprodukts voranzutreiben. Ursprünglich war geplant gewesen, noch 2017 ein SOFC-System auf den Markt zu bringen. Bislang ist es aber eher ruhig um GE.

MITSUBISHI Währenddessen verkündete die Mitsubishi Hitachi Power Systems, Ltd. (MHPS), sie habe die erste Bestellung für ihr integriertes Brennstoffzellen- und Gasturbinen-Hybrid-Kraftwerk erhalten. In der mit Erdgas betriebenen Hybridanlage erzeugt die Festoxidbrennstoffzelle zunächst Strom aus der Reaktion von Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid mit Luft. Anschließend werden die heißen „Abgase" in einer Mikrogasturbine umgesetzt, so dass ein elektrischer Wirkungsgrad von über 65 % erreicht wird. Bei Nutzung der Abwärme liegt die Gesamteffizienz bei 73 %. Der Betrieb im Marunouchi-Gebäude von Mitsubishi Estate Co., Ltd. in Tokio soll im Februar 2019 aufgenommen werden. Vorausgegangene Tests mit 250-kW-Demonstrationssystemen verliefen 2016 erfolgreich, so dass MHPS im Sommer 2017 mit Marketingmaßnahmen startete.

FUELCELL ENERGY Eine maßgebliche Rolle in diesem Leistungsspektrum spielt seit über 20 Jahren FuelCell Energy Inc., allerdings im Bereich der Schmelzkarbonatbrennstoffzellen (engl. Molten Carbonate Fuel Cell – MCFC). >>

GRAEBENER MASCHINENTECHNIK
HANNOVER MESSE
Hall 27 | Booth D52
Your Custom Machine Builder
for Forming. Cutting. Welding.
Start Smart and benefit from our prototyping center
Get Ready and order your first small series
Think Big and discuss with us your customized production technology
www.graebener-maschinentechnik.com

In Deutschland kooperierten die US-Amerikaner zunächst mit MTU Friedrichshafen. Diese gliederte ihre Brennstoffzellensparte zunächst in MTU CFC Solutions und dann in die MTU Onsite Energy aus, bevor alles zunächst in der Tognum Group neu zusammengefasst und dann dort stillgelegt wurde. 18 Monate später übernahmen die Amerikaner die Restbestände und gründeten die FuelCell Energy Solutions GmbH (FCES), die in Deutschland jahrelang von Andreas Frömmel geleitet wurde. Nach dessen Fortgang übernahm Klaus Ullrich im Mai 2017 seinen Posten, der inzwischen aber schon wieder vakant ist.

International ist FuelCell Energy insbesondere in Asien sowie in den USA aktiv. Eines der jüngsten Projekte ist der Bau eines Megawatt-Kraftwerks gemeinsam mit Toyota im Hafen von Long Beach, Kalifornien. Die Tri-Gen-Anlage *(SureSource™)* soll 2,35 MW Strom und 1,2 t Wasserstoff pro Tag produzieren, um ab 2020 die dortigen *Mirai*-Pkw sowie die neuen H_2-Lkw von Toyota zu versorgen. Der erzeugte Strom soll in das öffentliche Netz eingespeist werden, während die damit verbundenen Einnahmen den Betrieb finanziell absichern sollen.

VON UTC BIS ZU DOOSAN Im Bereich der phosphorsauren Brennstoffzellen (PAFC) war bereits vor fünfzig Jahren die United Technology Corporation unterwegs. Gemeinsam mit Toshiba gründete UTC Power 1985 International Fuel Cells. IFC und Toshiba gründeten wiederum 1991 ONSI Corp., die in der Folgezeit über 150 Exemplare des BZ-Kraftwerks vom Typ *ONSI PC 25* aufbaute. Die Kosten dieser Einheiten waren jedoch zu hoch und die Stack-Lebensdauer zu niedrig. Nach Jahren der Ungewissheit übernahm schließlich ClearEdge Power, ein über Venture-Capital finanziertes Unternehmen, das ursprünglich von UTC stammende Know-how. Aber auch ClearEdge musste 2014 Insolvenz anmelden – seine PAFC-Technologie überlebte jedoch. Seit Sommer 2014 wird das 400 kW leistende *PureCell® Model 400* von Doosan Fuel Cell gebaut, einem Tochterunternehmen des südkoreanischen Energiekonzerns Doosan Corp., der 43.000 Mitarbeiter in 38 Ländern beschäftigt.

Doosan Fuel Cell hat mittlerweile mehr als 240 MW an Brennstoffzellenleistung in rund 40 Einheiten installiert und über 50 Mio. US-$ in die Fertigungsanlagen in Connecticut, USA, sowie in Iksan, Korea, investiert. Bislang waren die Anlagen vornehmlich für Bio- und Erdgas konzipiert. Doosan arbeitet aber bereits daran, auch Systeme für Flüssiggas sowie direkt für Wasserstoff anbieten zu können. Das erste H_2-BZ-Kraftwerk ist für 2019 in Seosan, Südkorea, geplant. Im dortigen Daesan-Industriekomplex will Hanwha Energy insgesamt 114 Einheiten mit 50 MW installieren. Während der FC Expo in Japan (s. S. 58) suchte die koreanische Firma Kontakte zu Rechenzentren, um auch diesen Sektor für sich zu erschließen.

FUJI ELECTRIC Ebenfalls aktiv im Bereich der PAFC-Systeme ist Fuji Electric, allerdings ist deren Produkt zumindest hierzulande am ehesten im Brandschutzsektor bekannt. Die Fuji N_2telligence GmbH nutzt bereits seit Jahren Brennstoffzellen, indem deren sauerstoffarme Abluft gezielt den O_2-Gehalt von Innenräumen senkt, so dass kein Brand ausbrechen kann. Das kleine norddeutsche Start-up N_2telligence wurde 2015 von Fuji Electric übernommen und kooperiert mittlerweile auch mit Unternehmen wie der Minimax GmbH & Co. KG, die Brandschutzvorrichtungen in verschiedenen Ausführungen anbietet und deren Produkt *Oxeo EcoPrevent FC* im Januar 2017 die Auszeichnung *Produkt des Jahres 2018* in der Kategorie Anlagentechnischer Brandschutz erhielt.

HYDROGENICS Seit vielen Jahren etabliert im Bereich der PEM-Technologie ist Hydrogenics, das sowohl im stationären Bereich als auch im Mobilitätssektor kommerzielle Lösungen anbietet. Das an der Börse notierte nordamerikanische Unternehmen (s. S. 50) bietet einen ganzen Baukasten an Brennstoffzellenmodulen an. Die Palette beginnt bei 10 kW *(R10)* und reicht über *R20, R30* sowie *R120* bis in den Megawattbereich, für den dann mehrere der 120 kW leistenden Racks miteinander kombiniert werden.

TOSHIBA Toshiba ist diesbezüglich schon etwas weiter: Das japanische Unternehmen, das bereits 1978 mit seinen Arbeiten an PAFC startete, nahm im April 2017 seine fünfte *H2One*™-Anlage in Betrieb. Das autonome, netzunabhängige Wasserstoffenergiesystem, das aus erneuerbaren Energien per Elektrolyse Wasserstoff erzeugt und ihn in Brennstoffzellen rückverstromt, versorgt seitdem ein Bahnhofsgebäude der Japan-Railways (JR) in Kawasaki City, so dass der

Abb. 3:
Oxeo EcoPrevent FC –
1: Brennstoffzelle,
2: Steuerzentrale,
3: Sauerstoffsensoren,
4: Rohrnetz zur N_2-Gaseinspeisung,
5: Monitor und Alarm
[Quelle: Minimax]

Abb. 4: R120-Racks können beliebig kombiniert werden [Quelle: Hydrogenics]

Energiebedarf aus dem öffentlichen Stromnetz reduziert wird. Gleichzeitig dient es bei Stromausfall zur unterbrechungsfreien, netzunabhängigen Energie- und Warmwasserversorgung. Außerdem wird das erzeugte Warmwasser im Winter durch die Sitzbänke des Bahnhofs geleitet, um diese zu erwärmen. Hiroyuki Ota, Projektleiter der Toshiba Energy Systems & Solutions Company, erklärte: „Unser Ziel ist es, zur Umsetzung einer kohlenstoffarmen Wirtschaft beizutragen, in der in großem Umfang CO_2-freier Strom aus Wasserstoff verwendet wird." Vergleichbare Anlagen stehen bereits in den Häfen von Kawasaki und von Yokohama. ||

MARKTÜBERSICHT BZ-KRAFTWERKE

Für diese Marktübersicht hat die HZwei-Redaktion zwölf Anbieter von BZ-Kraftwerken gebeten, einen Online-Fragebogen mit Produktdaten auszufüllen. Dieser Bitte sind leider nur vier Anbieter mit fünf Produkten nachgekommen. Weitere Produkte wurden von der Redaktion nachträglich anhand von Datenblättern ergänzt (s. Tab. S. 16/17). Außerdem haben die Unternehmen Fragen zum Markt für BZ-Kraftwerke beantwortet. Aufgrund der geringen Teilnehmeranzahl verzichten wir allerdings auf eine statistische Auswertung und greifen nur einige Übereinstimmungen heraus:

Als relevante Märkte nennen die Anbieter die asiatischen Hightech-Staaten Südkorea und Japan sowie Europa und die USA. Erneuerbare Energien und Wasserstoff könnten sich dabei gegenseitig voranbringen. Übereinstimmend halten die Anbieter eine stärkere öffentliche Förderung für BZ-Kraftwerke für sinnvoll. Ein Hersteller wünscht sich, dass H_2-Technologie stärker öffentlich sichtbar sein sollte, damit die Installationszahlen weiter steigen und die Preise sinken können. Ein anderer kritisiert, dass mit erneuerbaren Energien erzeugter Wasserstoff regulatorisch genauso behandelt werde wie Diesel. „Das ist das größte Hindernis für eine wachsende Nachfrage nach BZ-Kraftwerken", schreibt er. ||

Autorin: Eva Augsten

Thema: Stationäre Systeme | **Autoren:** Eva Augsten, Sven Geitmann

MARKTÜBERSICHT BZ-KRAFTWERKE

FIRMA	BLOOM ENERGY CORP.*	DOOSAN FUEL CELL AMERICA, INC.*	DOOSAN FUEL CELL AMERICA, INC.*
PRODUKT	Energy Server 5	PureCell 400	PureCell Hydrogen
ENTWICKLUNGSSTAND	kommerziell	kommerziell	vorkommerziell
ANWENDUNGEN	Stromversorgung, Back-up-Betrieb	Stromversorgung, Back-up-Betrieb	Stromversorgung, Back-up-Betrieb
BZ-ART	SOFC	PAFC	PAFC
BRENNSTOFF	Erdgas, Biogas	Erdgas, Biogas	Wasserstoff
NENNLEISTUNG ELEKTR.	250 kW	460 kW	440 kW
NENNLEISTUNG THERM. [KW]		301 kW / 212 kW	
AC ODER DC	AC	AC	AC
FREQUENZ	60 Hz		
WIRKUNGSGRAD ELEKTR.	53 bis 65 %	43 %	45 %
GESAMTWIRKUNGSGRAD		90 %	90 %
SPANNUNG	480 V		
AUSGANGSTEMPERATUR		60 °C / 120 °C	120 °C
HÖHE		250 cm	250 cm
BREITE		300 cm	300 cm
LÄNGE		830 cm	830 cm
GEWICHT	14300 kg		
BETRIEBSTEMPERATUR	-20 bis 45 °C		

*: Produktdatenblatt
**: eigene Angaben des Herstellers

FUELCELL ENERGY SOLUTIONS GMBH**	FUJI N2TELLIGENCE GMBH**	FUJI N2TELLIGENCE GMBH**	HYDROGENICS CORP.**
SureSource	QuattroGeneration	HyCoGeneration	Fuel Cell MW Power Plant
kommerziell	kommerziell	kommerziell	kommerziell
Stromversorgung, Back-up-Betrieb, Carbon Capture	Stromversorgung, Brandschutz	Stromversorgung	Stromversorgung, Back-up-Betrieb
MCFC	PAFC	PAFC	PEM
Erd-, Bio-, Deponiegas, LNG	Erdgas, LNG	Wasserstoff	Wasserstoff
1400 kW	100 kW	100 kW	1000 kW
750 kW	120 kW	100 kW	1500 kW
AC	AC	AC	AC
50 Hz / 60 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz / 60 Hz
47 %	42 %	48 %	49 %
	92 %	92 %	
400 V	400 V	400 V	380 bis 480 V
	75 °C	90 °C	70 °C
700 cm	340 cm	340 cm	292 cm
15000 cm	590 cm	590 cm	243 cm
20000 cm	220 cm	220 cm	1219 cm
50000 kg			32000 kg
-20 bis 50 °C	-20 bis 40 °C	-20 bis 40 °C	

Thema: Stationäre Systeme | **Autor:** Sven Geitmann

IBZ MIT NEUER STRUKTUR

Kehler und Lücke als neue Sprecher

Abb. 1: SOLIDpower produzierte und installierte zum Jahreswechsel seinen tausendsten BlueGEN [Quelle: SOLIDpower]

Die Initiative Brennstoffzelle hat sich Anfang des Jahres neu erfunden: Der Firmenzusammenschluss, der bislang aus Herstellern und Energieversorgern bestand, die sich um Brennstoffzellenheizgeräte kümmern, wurde jetzt an den Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie (BDH) sowie an Zukunft Erdgas (Interessenvertretung von über 100 Gasversorgungsunternehmen und Gasnetzbetreibern) angegliedert. Deren Chefs – BDH-Hauptgeschäftsführer Andreas Lücke und Dr. Timm Kehler, Vorstand von Zukunft Erdgas – sind jetzt auch die neuen IBZ-Sprecher.

Wie es heißt, soll auf diese Weise „der Weiterentwicklung des Marktes und den damit einhergehenden neuen Aufgaben Rechnung getragen" werden. Die neuen Zuständigkeiten sehen vor, dass sich der BDH zukünftig vornehmlich um die politische Arbeit kümmert, während Zukunft Erdgas insbesondere die Marktkommunikation übernimmt. Darüber hinaus sind seit März 2017 auch der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) sowie die Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW) als Kooperationspartner mit eingebunden.

Die IBZ war 2001 von EWE, MVV Energie, Ruhrgas und VNG gegründet worden, „um die Entwicklung und Erprobung der ‚kleinen' Erdgas-Brennstoffzellen voranzutreiben". Zwischenzeitlich wirkten zwölf Partner mit: Energieversorger, Gerätehersteller sowie die Deutsche Energie-Agentur (dena). Jetzt sind nur noch die sechs Heizgerätehersteller Bosch, Elcore (mittlerweile von Freudenberg übernommen, s. unten), SenerTec, SOLIDpower, Vaillant und Viessmann mit dabei. Die hatten im März 2017 beschlossen, gemeinsam mit etablierten Verbänden der Gaswirtschaft und der Geräteindustrie eine koordinierte Marktentwicklung mit einer effizienten Kommunikationsoffensive anzugehen. Kehler erklärte: „Die Vorbereitung der Markteinführung ist damit abgeschlossen, jetzt kümmern wir uns gemeinsam um den Markthochlauf."

Während der sogenannten „Raustauschwochen", einer Marketingaktion von BDH, Zukunft Erdgas und SHK-Fachhandwerk, die im März 2018 gestartet wurde, war die Brennstoffzelle allerdings noch kein Thema. Hierzu hieß es seitens der Initiative der deutschen Erdgaswirtschaft lediglich: „Im Fokus der Raustauschwochen steht aber durchaus auch die Masse an Modernisierungen – und die findet mit Brennwerttechnik statt." ||

VAILLANT IST „NICHT AUSGESTIEGEN"

Auf Nachfrage von *HZwei*, warum sich Vaillant in der IBZ engagiere, obwohl das Unternehmen Anfang 2017 der BZ-Technik den Rücken zugewandt hat, sagte Alexander Dauensteiner: „Wir möchten nochmals darauf hinweisen, dass Vaillant nicht ‚aus der BZ-Technik ausgestiegen' ist. Vielmehr haben wir auf der ISH 2017 bekanntgegeben, dass die Vaillant Group vor dem Hintergrund der politischen Dekarbonisierungsziele und der daraus abgeleiteten strategischen Fokussierung ihre Entwicklungskapazitäten im Bereich der Brennstoffzellentechnologie reduzieren und die Markteinführung ihres BZ-Heizgerätes für Einfamilienhäuser bis auf weiteres aussetzen wird. Wir sind nach wie vor in allen relevanten Verbänden zur Brennstoffzelle aktiv, so auch in der neuen IBZ."
Michael Schaarschmidt von Zukunft Erdgas erklärte gegenüber *HZwei*: „Vaillant war in der bisherigen IBZ ein sehr aktiver Partner und wird es auch zukünftig bleiben. [...] Sollte es den anderen Marktteilnehmern, der Politik und dem Handwerk gelingen, den Markt nennenswert auszubauen, wird man sich bei Vaillant sicher dazu Gedanken machen, ob und wie man wieder in den Markt einsteigt."

ELCORE WIRD FREUDENBERG

Anfang Januar 2018 wurde bekannt, dass es sich bei dem Elcore-Investor (s. HZwei-Heft Jan. 2018) um die Unternehmensgruppe Freudenberg & Co. KG handelt, genauer gesagt um den Teilkonzern Freudenberg Sealing Technologies. Mitte Dezember 2017 hatten die neuen Partner die Übernahme besiegelt, im Rahmen derer der Weinheimer Dichtungsspezialist einzelne Vermögenswerte erworben hatte.

Der Betrieb der Gesellschaften Elcore GmbH, elcomax GmbH und Efficiencity GmbH wurde indes eingestellt, nachdem im Vorfeld eine Neubewertung von Gewährleistungsansprüchen erfolgt und eine Finanzierungsrunde gescheitert war. Über das Vermögen der Gesellschaften ist durch Beschluss des Amtsgerichts München vom 1. Januar 2018 das Insolvenzverfahren eröffnet worden. Die Gesellschaften wurden infolge dieser übertragenen Sanierung aufgelöst.

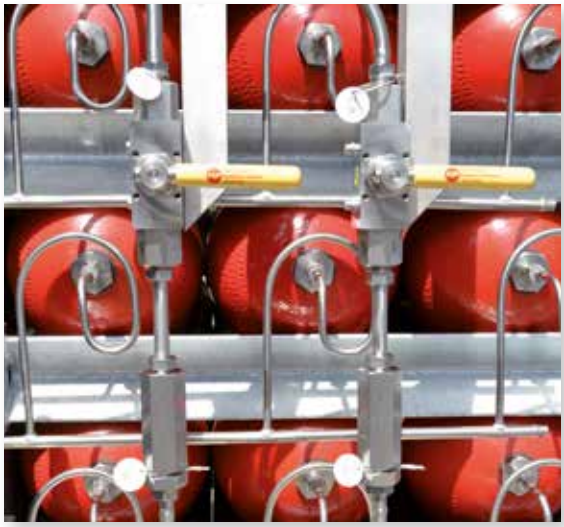
Dr. Manfred Stefener, ehemaliger Geschäftsführer von Elcore, Elcomax und Efficiencity, wird nach eigenen Angaben auch bei Freudenberg in leitender Funktion tätig sein. Auch das Brennstoffzellenheizgerät *elcore 2400* soll weiterhin produziert und auch der Name beibehalten werden. Nach Aussage des Insolvenzverwalters werden jedoch aufgrund von „Synergieeffekten" etwa 50 Prozent der ehemals über 100 Mitarbeiter nicht weiterbeschäftigt. Freudenberg forscht seit rund 20 Jahren an der Verbesserung der Brennstoffzellentechnik, insbesondere im Bereich von Gasdiffusionsschichten, Stack-Dichtungen, Filtern und Befeuchtern. ||

www.theisen-gmbh.de

HYDROGEN TECHNOLOGY

Customized
NEVER THE USUAL

- Rohrleitungen für Wasserstoff 500 bar bis 1.400 bar, verschraubte oder geschweißte Ausführung
- Individuelle Lösungen für H2-Füllsysteme
- Kälteanlagen zur Kühlung von Wasserstoff gemäß SAE
- Wärmetauscher für GH2 oder Wasserbadverdampfer für LH2
- Füllsysteme für U-Boote, Züge und Busse
- Vakuumisolierte Rohrleitungen für LH2
- Steuerschränke zur Druck- oder Durchflussregelung
- Druckbehälter
- Kompakte Druckerhöhungsanlagen für H2
- Anschlussarmaturen, Fittings und Übergänge nach den verschiedensten internationalen Regelwerken
- Abfüllanlagen für technische Gase und Wasserstoff für Drücke bis 420 / 700 bar



THEISEN
VERSORGUNGSTECHNIK

Theisen GmbH & Co. KG | Deipenbrook 17 | 48607 Ochtrup | fon +49.2553.97010 | info@theisen-gmbh.de

Thema: Energiespeicherung | **Interviewpartner:** Traver Kennedy

DIE EXTRAKTION VON WASSERSTOFF AUS WASSER

Interview mit dem CEO von Joi Scientific™, Traver Kennedy

Hinter Joi Scientific Inc. verbirgt sich nach wie vor ein großes Fragezeichen. Wer sind diese US-Amerikaner, die seit Monaten auf der Bildfläche sind, aber nicht wirklich darüber aufklären, was sie eigentlich machen? Was will das Unternehmen, das viele Millionen an Investorengeldern eingesammelt zu haben scheint, überhaupt anbieten? Ein konkretes Produkt oder irgendwelche Dienstleistungen? Und warum diese ganze Heimlichtuerei? *HZwei* hatte die Gelegenheit, dazu den Geschäftsführer von Joi, Traver Kennedy, zu befragen.

Traver Kennedy

HZwei: Sehr geehrter Herr Kennedy, wie beginnt man am besten ein Interview, bei dem man kaum etwas über den Interviewpartner weiß? Am besten chronologisch: Joi Scientific wurde 2009 gegründet – mit welchem Ziel?

Kennedy: Unsere Mission war es immer, Wasserstoff zu einem erschwinglichen Brennstoff zu machen, der für alle verfügbar ist. Wie Ihre Leser wissen, ist Wasserstoff einfach der beste Kraftstoff der Welt. Wenn er lokal erzeugt wird, entstehen im Gegensatz zu anderen Alternativen keine Treibhausgase oder andere negative Auswirkungen auf die Umwelt. Zum Beispiel gibt es in den Niederlanden Erdbeben aufgrund der Erdgasförderung. Sie verlangen daher, dass 200 der größten Unternehmen des Landes innerhalb von vier Jahren auf eine alternative Energiequelle umsteigen.

HZwei: Wer war anfangs mit dabei?

Kennedy: Die Mitbegründer von Joi Scientific sind Robert Koeneman, unser Präsident und Senior Vice President of Technology, sowie Jim Kirchoff, unser Vice President of Engineering, und ich. Ich bin Chairman und CEO. Insgesamt haben wir mittlerweile 27 Mitarbeiter.

HZwei: Und was genau haben Sie in den ersten Jahren gemacht?

Kennedy: Unsere Wasserstoffforschung bestand aus einer Reihe von Experimenten, die H_2-Extraktionsverfahren bei Raumtemperatur und ohne Druck unter Verwendung von Wasser als Haupteinsatzstoff für unseren Brennstoff untersuchten. Die Extraktion von Wasserstoff aus Wasser ist traditionell ein sehr ineffizienter Prozess. Ich kann noch nicht auf die wissenschaftlichen Details eingehen, aber wir haben eine effiziente Methode entwickelt, Wassermoleküle zu knacken, um Wasserstoff freizusetzen.

HZwei: Warum haben Sie Ihr Hauptquartier ausgerechnet am Space Life Sciences Lab (SLSL) des Kennedy Space Centers platziert?

Kennedy: Im Jahr 2010 hatte ich Gelegenheit, mich mit dem damaligen Präsidenten Barack Obama im Kennedy Space Center in Florida zu treffen, um ihn über die Technologie und Mission von Joi Scientific zu informieren. Anschließend lud er Joi Scientific ein, in Zusammenarbeit mit NASA und Space Florida ins Space Life Sciences Lab zu ziehen. Dieser Schritt hat sich als unschätzbar wichtig für die Weiterentwicklung unserer Technologie erwiesen. SLSL ist ein Zentrum der technologischen Innovation mit großartigen Einrichtungen, aber auch mit einer Atmosphäre von Erfindungen, die durch das Kollektiv von großartigen Köpfen, die dort arbeiten, angetrieben wird. Aufgrund der umfangreichen Geschichte der Region und des Vermächtnisses der Exploration gibt es eine neue, kritische Masse, die an der Raumfahrt-Küste Floridas, einschließlich SpaceX, Blue Origin und kleineren Unternehmen wie dem unseren, ernsthafte Impulse erhält. Die Energie hier ähnelt den frühen Tagen des Silicon Valleys.

HZwei: Vor über zwei Jahren, im Februar 2016, erschien die Pressemeldung, Joi Scientific habe die Series-A-Finanzierungsrunde zur Kommerzialisierung einer neuen Technologie zur Gewinnung von Wasserstoff als Brennstoff beendet. Worum ging es bei dieser Finanzierungsrunde?

Kennedy: Die Serie-A-Runde bestand hauptsächlich darin, die von uns durchgeführte laborbasierte Forschung aufzunehmen und den Prozess für industrielle Anwendungen zu erweitern. Wir wollten auch gleichgesinnte professionelle Investoren für das Unternehmen gewinnen. Es war gut für Joi Scientific, gemeinsam mit diesen Erfahrungen zu sammeln hinsichtlich der Technologie, unseres Geschäftsmodells und der rechtlichen Vorgehensweise.

HZwei: War dies also der erste Schritt an die Öffentlichkeit?

Kennedy: Es war Teil des laufenden Forschungs- und Entwicklungsprozesses, der jetzt Früchte trägt.

HZwei: Es schien damals so, als wenn Sie gleich voll durchstarten wollten, professionelle Website, Image-Trailer, aber monatelang war dann kaum etwas darüber zu hören, was Sie eigentlich planen. Was haben Sie in den letzten zwei Jahren gemacht?

Kennedy: Ich glaube, es war Bill Gates, der einmal sagte, dass wir dazu neigen, die Veränderungen, die in zwei Jahren passieren werden, zu überschätzen und den Wandel zu unterschätzen, der in zehn Jahren erreicht werden kann. Die letzten zwei Jahre waren hinter den Kulissen sehr produktiv, aber wir haben die Entscheidung getroffen, uns nicht öffentlich zu äußern, bis wir bestimmte Meilensteine erreicht haben.

HZwei: Sie waren im Mai 2017 auf der Collision, einer Technologie-Konferenz in New Orleans. Haben Sie dort schon über Details Ihrer Pläne berichtet? Bis dahin hieß es immer nur, Sie böten „Lösungen für saubere Energie, Wasser und Luft".

Kennedy: Wir wurden von Accenture Strategys Global Sustainability Practice als eines der „elf erfolgreichsten Start-

ups der Welt“ ausgewählt und zur Teilnahme an der Collision-Konferenz im letzten Jahr eingeladen, basierend auf fünf Kriterien, darunter Produktreife, Wachstumspotenzial und Durchführbarkeit. Die elf Start-ups, die auf der Veranstaltung vorgestellt wurden, wurden nach dem Potenzial ausgewählt, globale Entwicklungen durch innovative und nachhaltige saubere Energie, Engineering, Packaging und mehr beeinflussen zu können. Aus unserer Sicht lässt sich unser Erfolg anhand der Rendite, die wir für unsere Investoren, Partner und Mitarbeiter erzielen, und der Anzahl an Gigatonnen Kohlenstoff, die wir mit unserer Wasserstoff-2.0-Technologie aus der Atmosphäre eliminieren, bemessen.

HZwei: Nachdem Sie in der ersten Finanzierungsrunde 5 Mio. US-Dollar eingesammelt hatten, erhielten Sie im September 2017 nochmals 2 Mio. US-Dollar. Wofür war dieses Geld?

Kennedy: Um die Produktentwicklung und Vermarktung unserer Technologie weiter voranzutreiben. Es ist nicht nur ein grundlegend neuer Prozess bei der Herstellung von sauberem und bezahlbarem Wasserstoff, der am Ort der Nutzung aus Wasser gewonnen werden kann, wir erweitern auch den Prozess für industrielle Anwendungen.

HZwei: Was hat sich denn jetzt Gravierendes geändert, dass Sie auf einmal an die Öffentlichkeit gehen?

Kennedy: Mit einem Wort: Kunden. Wir beginnen damit, unsere Technologie aus dem Labor in die Kommerzialisierungsphase zu überführen und engagieren uns in mehreren kommerziellen Projekten. Dementsprechend hatten wir das Gefühl, dass es an der Zeit war, etwas offener zu sein in Bezug auf das, was wir tun.

HZwei: Kommen wir also endlich mal zum Punkt: Was genau wollen Sie eigentlich machen? Es geht um Wasserstoffherstellung, aber weder um Elektrolyse noch um Dampfreformierung. Worum geht es?

Kennedy: Richtig. Unser Ansatz ist keine Elektrolyse oder Dampfreformierung. Wir haben einen neuen Weg gefunden, Wasserstoff effizienter zu gewinnen als herkömmliche Verfahren. Wir haben noch nicht die Einzelheiten unserer Technologie bekannt gegeben, aber wir wurden und werden von externen Bewertungsgruppen umfassend bewertet und überprüft.

HZwei: Sie nennen Ihr Konzept „Hydrogen 2.0™“. Die grundlegende Idee, die Sie präsentieren, ist aber gar nicht so neu. Was machen Sie bei Joi anders als andere?

Kennedy: Die erschwingliche Produktion von sauberem Wasserstoff zum Zeitpunkt der Nachfrage ist sehr neu. Wir nennen diesen Prozess *Wasserstoff 2.0,* und er ist sehr innovativ. *Wasserstoff 2.0* bietet eine neuartige Möglichkeit, Wasserstoff in wässrigem Zustand bei Raumtemperatur und ohne Druck zu speichern, bevor der Wasserstoff extrahiert wird. Aufgrund seiner On-Demand- und On-Board-Natur wird Wasserstoff am Einsatzort in ein Gas umgewandelt, so dass keine besonderen Anforderungen an die Lagerung und den Transport gestellt werden. Wir heißen andere Akteure, die uns in der neuen Wasserstoff-2.0-Ära begleiten möchten, herzlich willkommen.

HZwei: Warum ist dies noch niemand anderem gelungen?

Kennedy: Es erfordert eine Menge Arbeit, um aus Biomethan oder aus Ammoniak Wasserstoff herstellen zu können. Wir begannen mit der Prämisse, dass extrem viel Wasser auf diesem Planeten vorhanden ist, das viel Wasserstoff enthält.

HZwei: Wurde Ihr Verfahren denn von unabhängiger Seite bereits begutachtet und zertifiziert?

Kennedy: Sowohl Investoren als auch kommerzielle Partner haben wissenschaftliche Teams zur Evaluierung unserer Technologie entsandt. Alle, die unsere Labors besucht haben, sind davon überzeugt, dass wir das liefern können, was wir versprechen. Die Sorgfaltspflicht unserer Handelspartner und Investoren ist sehr hoch.

HZwei: Sie geben an, Ihre Methode würde auch mit Salzwasser funktionieren. Geht es auch mit Regen- oder Schmutzwasser? Welche Reinheitsvoraussetzungen müssen erfüllt sein?

Kennedy: Ich fürchte, das ist immer noch vertraulich, da wir zu diesem Zeitpunkt noch nicht die wissenschaftlichen Details unserer Wasserstoff-2.0-Technologie öffentlich gemacht haben.

HZwei: Sie haben erstaunlich viele prominente Manager für Ihre Idee gewinnen können. Wie haben Sie das gemacht?

Kennedy: Tolle Ideen ziehen interessante und inspirierende Menschen an. Viele talentierte Menschen sind von dem Konzept des bezahlbaren Wasserstoffs auf Abruf als eines sauberen Kraftstoffs der Zukunft fasziniert.

HZwei: Als jüngsten Neuzugang konnten Sie Stefan Sjöström, einen ehemaligen Microsoft-Manager, in Ihr Team holen. Womit haben Sie ihn gelockt?

Kennedy: Stefan ist mehr als einfach nur ein Manager, er ist ein sehr erfahrener Geschäftsmann in der gesamten Technologiebranche. Ich glaube, er sah Joi Scientific nicht nur als ein weiteres Technologieunternehmen, sondern auch als etwas, das die Welt zum Besseren verändern könnte. Denken Sie darüber nach: Er war zuständig für eine Multi-Milliarden-Dollar-Abteilung von Microsoft für den gesamten Asien-Pazifik-Raum – von Australien über Südostasien bis nach China, Japan und Südkorea und westlich bis nach Indien, Sri Lanka und Bangladesch. Nachdem er alles gewissenhaft überprüft hatte, entschloss sich Stefan, sich und seine Karriere der Mission von Joi Scientific zu widmen.

HZwei: Wie es inzwischen aussieht, wollen Sie Ihr spezifisches Know-how über Lizenzen vermarkten, wahlweise im Technologie-, Industrie- oder Vertriebsbereich. Sie haben bereits seit längerem Filialen in Deutschland, Lateinamerika und Asien. Haben Sie schon Geschäftspartner für Ihr Vorhaben gewinnen können?

Kennedy: Wir haben eine Reihe von Geschäftsbeziehungen auf der ganzen Welt, in unterschiedlichen Stadien der Realisierung. Wir werden diese öffentlich machen, wenn sie abgeschlossen sind, was bei den ersten sehr bald der Fall sein sollte.

HZwei: Was planen Sie als Nächstes?

Kennedy: Ich denke, dass die Bereitstellung von bezahlbarem On-Demand-Wasserstoff ausreicht, um uns für eine Weile zu beschäftigen.

HZwei: In Ordnung, letzte Frage: Wann können wir denn die ersten konkreten Ergebnisse von Joi einmal live ansehen?

Kennedy: Der Einsatz von Produktionssystemen wird von unseren Handelspartnern abhängen. Wir werden im Laufe der Zeit entsprechende Projekte und Produktionssysteme vorstellen. Wir finden das alles sehr aufregend. Lassen Sie uns gerne in Kontakt bleiben.

HZwei: Herzlichen Dank!

Thema: Energiespeicherung | **Autoren:** Andreas Kunz, Julia Witte, Serge Biollaz, Tilman Schildhauer

AUSBEUTE UM 60 PROZENT GESTEIGERT

Direkte Methanisierung von Biogas mit grünem Wasserstoff

Abb. 1: Cosyma-Versuchscontainer [Quelle: Energie 360°]

Im Jahr 2030 soll der Anteil von erneuerbarem Gas im schweizerischen Wärmemarkt dreißig Prozent betragen – heute liegt er bei etwa einem Prozent. Um die bestehenden Rohgasquellen besser nutzen zu können, arbeiten Energie 360° und das Paul Scherrer Institut (PSI) gemeinsam an einer neuen Power-to-Gas-Technologie, die in einer Demonstrationsanlage erprobt wurde. Im Dauerbetrieb konnte bewiesen werden, dass dieses Verfahren die Anforderungen für eine unbeschränkte Einspeisung in das Gasnetz erfüllt und dass die Produktion von erneuerbarem Gas aus Klär- und Vergäranlagen um 60 Prozent gesteigert werden kann. Dieser Beweis ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg, die ambitionierten Ziele zu erreichen.

Der Anteil von inländischem Biogas im Schweizer Gasnetz liegt derzeit erst bei rund einem Prozent, obwohl die Produktion von Biogas im letzten Jahrzehnt stark zugenommen hat. Bis 2030 gibt es somit noch viel zu tun. Hier setzen der Züricher Energiedienstleister Energie 360° und das PSI an: Rohbiogas, das durch die Vergärung von biogenen Abfällen und in Klärwerken anfällt, besteht zu einem großen Anteil aus Methan. Es enthält aber auch etwa 40 Prozent CO_2, das in herkömmlichen Biogasaufbereitungsanlagen vor der Einspeisung ins Gasnetz durch entsprechende Verfahren abgetrennt wird. Wird dieses CO_2 mit der Power-to-Gas-Technologie durch Zugabe von Wasserstoff direkt in zusätzliches Methan umgewandelt, könnte die Produktion von erneuerbarem Gas um 60 % gesteigert werden.

Würden sämtliche bestehenden Schweizer Klär- und Vergärwerke, die Biogas produzieren und sich in der Nähe des Gasnetzes befinden, auf Power-to-Gas umgebaut und das Gas ins Netz einspeisen, könnten insgesamt 1.400 Gigawattstunden erneuerbares Gas zusammenkommen, eine Vervierfachung gegenüber den derzeit 308 GWh. Es wäre damit möglich, mehr als 900 Gigawattstunden Strom im Gasnetz zu speichern.

Das vorhandene Potenzial für mögliche Power-to-Gas-Anlagen erstreckt sich in der Schweiz auf fast 100 Anlagen, wobei der größte Anteil (64 Anlagen) im Bereich der Klärwerke liegt. Die meisten dieser Anlagen verfügen über noch keine Einspeisung, sondern erzeugen Strom und Wärme aus dem gewonnenen Klärgas durch Wärme-Kraft-Kopplung, was im Sinne einer optimalen ökologischen Energienutzung unvorteilhafter ist.

WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG Im Vergleich zu Erdgas weist Biogas einen ökologischen Mehrwert auf, beinhaltet aber auch höhere Herstellungskosten. Der daraus resultierende Mehrpreis für Biogas wird vollumfänglich durch die umweltbewusste Kundschaft akzeptiert und getragen. Biogas ist von der Mineralölsteuer sowie der CO_2-Abgabe befreit. Unter diesen Bedingungen können heute konventionelle Biogasaufbereitungsanlagen ohne staatliche Fördermittel wirtschaftlich betrieben werden. Dieses Grundkonzept soll als Benchmark auch für die Power-to-Gas-Anlagen gelten. In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde geprüft, ob es möglich ist, eine PtG-Anlage mit vergleichbaren oder niedrigeren Investitions- und Betriebskosten pro Kilowattstunde erzeugtes Gas zu betreiben.

Die Befreiung von der Mineralölsteuer und der CO_2-Abgabe gilt seit 2016 analog zum Biogas auch für erneuerbares Methan, sofern der Wasserstoff aus erneuerbaren Energieträgern hergestellt wurde und das CO_2 nicht aus Prozessen stammt, die explizit CO_2 für die Methanisierung produzieren. Basierend auf diesen Rahmenbedingungen wird synthetisches Gas dem heutigen Biogas gleichgesetzt. Es wird folglich angenommen, dass auch der zu erzielende Marktpreis mit den Preisen für Biogas identisch sein wird.

Entsprechend sind neun bis zehn Euro-Cent pro kWh für einspeisefähiges Biogas ab Produktionsanlage und vor Verteilung, Handel und Verkauf gewählt worden. Dieser Preis schließt neben dem Energiepreis des Gases den ökologischen Mehrwert mit ein. Mit tendenziell zunehmendem Wettbewerb am Biogasmarkt ist dies eine eher optimistische Annahme. Es ist zu erwarten, dass dieser Wert in Zukunft abnehmen wird. Für den Vergleich ist eine Anlagegröße im mittleren Segment mit 200 Nm^3 Rohbiogas pro Stunde definiert worden, eine für die Schweiz typische Anlagegröße mit etwa 11 GWh pro Jahr.

Durch die Nutzung des CO_2 aus dem Rohbiogas mittels PtG kann die eingespeiste Biogasmenge auf 160 % gesteigert werden. Die Investitionskosten der PtG-Anlage einschließlich aller Aufbereitungsschritte für eine uneingeschränkte Einspeisung in das Gasnetz steigen im Vergleich zur konventionellen Anlage um den Faktor 1,9. Da die Investitionskosten nicht nur durch das zusätzliche Methan, sondern auch durch das bereits im Rohgas enthaltene Methan getragen werden können, sind die spezifischen Investitionskosten pro kWh nur leicht höher als bei einer konventionellen Anlage (Abb. 1). Es wird erwartet, dass die Kosten mit zunehmender Anzahl von Anlagen in Zukunft merklich sinken werden.

Die spezifischen Kosten für Betrieb und Wartung sinken durch die um 60 % erhöhte Produktionsmenge und kompensieren so die höheren Investitionskosten von PtG. So ergeben sich für Betrieb (ohne Rohbiogas und Strom für Elektrolyse) und Kapital bei beiden Varianten identische spezifische Kosten pro kWh. Somit ist die Wirtschaftlichkeit von PtG primär von den Stromkosten abhängig. Diese müssen unter 4 Cent/kWh liegen, damit das PtG-Verfahren mit der konventionellen Biogasherstellung durch CO_2-Abtrennung Schritt hält. Dies ist zurzeit nur realistisch, wenn Netzgebühren bei den Stromkosten entfallen. Weiter kann die Wirtschaftlichkeit einer PtG-Anlage durch Verwertung der anfallenden

Abwärme sowie des Sauerstoffs aus der Elektrolyse je nach Projektstandort und Gegebenheiten optimiert werden.

TECHNISCHE REALISIERBARKEIT Am PSI ist eine Demonstrationsanlage in einem Container aufgebaut (*Cosyma: Container-based System for Methanation,* s. Abb. 1) worden, um neben der wirtschaftlichen auch die technische Machbarkeit der Methanisierung ohne vorherige Abtrennung des CO_2 vom Biogas zu demonstrieren. Nach der Inbetriebnahme mit Flaschengas auf der Energy-System-Integration-Plattform (ESI) des PSI Ende 2016 wurde der Container im Januar 2017 zur Biogasaufbereitungsanlage in Zürich-Werdhölzli transportiert, einer der größten Anlagen der Schweiz (800 Nm^3 Methan pro Stunde).

Das Rohgas aus dem Klär- und dem Vergärwerk besteht aus etwa 60 % Methan sowie 40 % CO_2 und enthält Verunreinigungen wie etwa Schwefelverbindungen. Das CO_2 wird nach einer Gasreinigung durch Aktivkohle mittels einer Aminwäsche abgetrennt, bevor das Biomethan (> 96 % CH_4) getrocknet und eingespeist wird. Für die Demonstrationsanlage des PSI wird ein Teilstrom von 1 bis 2 m^3/h des Rohbiogases vor der Aktivkohle abgetrennt und nach der Biogasaufbereitungsanlage als methanreiches Biomethan in das Gasnetz eingespeist (s. Abb. 2).

DER COSYMA-CONTAINER Im Container sind im Wesentlichen vier Abschnitte zusammengefasst (s. Abb. 3): Als Erstes wird das Rohbiogas mithilfe eines Kompressors auf etwa 6 bar komprimiert. Danach erfolgt eine Gasreinigung zur Abtrennung von Schwefelverbindungen und Siloxanen, die den Katalysator der Methanisierung vergiften können. Das gereinigte Gas wird aufgeheizt und mit etwas Wasserdampf sowie mit der notwendigen Menge Wasserstoff gemischt. Im dritten Anlagenabschnitt befindet sich der Methanisierungsreaktor, in dem jeweils ein Teil CO_2 mit vier Teilen Wasserstoff zu einem Teil Methan und zwei Teilen Wasserdampf sowie Wärme umgesetzt wird.

Der Reaktor ist als sogenannte „Wirbelschicht" ausgeführt. Dies bedeutet, dass das von unten in den Reaktor einströmende Gas die sandkorngroßen Katalysatorpartikel anhebt und beim Aufsteigen durchmischt, was unter anderem eine sehr effektive Kühlung des Reaktors und damit eine freie Temperaturwahl für die Reaktion erlaubt. Darüber hinaus hat dieser Reaktortyp in der Vergangenheit gezeigt, dass er deutlich robuster gegen Verkokung des Katalysators ist als andere thermochemische Methanisierungsreaktoren.

Nach dem Reaktor folgt eine Filtrierung des Gases, um Partikel abzuscheiden, sowie eine Kondensation des Wasserdampfes. An dieser Stelle besteht das Biomethan bereits aus 85 bis 90 % Methan, 1 bis 2 % Kohlendioxid und 8 bis 14 % Wasserstoff, je nach Betriebsbedingungen. Im Vergleich zu der im Gasnetz transportierten Gasmenge ist die Menge des erzeugten Biomethans so gering, dass sie eingespeist werden kann, ohne die Gasqualität zu verändern (sog. eingeschränkte Einspeisung).

Um die Bedingungen für eine uneingeschränkte Einspeisung ins Erdgasnetz zu erfüllen, wäre bei einer industriellen Anlage eine H_2-Membran vorhanden. Durch solch eine H_2-Abtrennung würde die Methankonzentration auf über 96 % gehoben und gleichzeitig der H_2-Gehalt unter 2 % gesenkt. Der Wasserstoff würde wieder zur Methanisierung zurückgeführt, wodurch die Gesamteffizienz der H_2-Umsetzung gesteigert würde. >>

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

Besuchen Sie uns !
Wir freuen uns auf interessante Gespräche mit Ihnen !

www.arevah2gen.com

HyVolution
Paris, April 4-5, 2018
Stand : 12

HANNOVER MESSE
HYDROGEN FUEL CELLS BATTERIES
April 23-27, 2018
Stand : C53

AREVA

OPTIMIERUNGSMASSNAHMEN Für die Methanisierung mithilfe von nickelbasierten Katalysatoren sind Temperaturen von 250 bis 400 °C notwendig. Unter diesen Bedingungen können mindestens 95 %, wegen der Thermodynamik aber keineswegs alles CO_2, umgewandelt werden. Gleichzeitig braucht es auch immer einen leichten H_2-Überschuss im Reaktor, um den Katalysator vor Verkokung und Aktivitätsverlust zu schützen. Beides zusammen führt im Ergebnis zu einem Rest-H_2-Gehalt im Biomethan von ungefähr zehn Prozent. Während der gesamten Versuchsdauer von 1.000 Stunden gelang es, diese Werte wie auch den hohen Methangehalt (85 bis 90 %) konstant auf diesem Niveau zu halten. Dies belegt die stabile Aktivität des Katalysators und die genügend hohe Wirksamkeit der Gasreinigung.

Vor allem in den ersten einhundert Stunden des Dauerversuchs wurden verschiedene Optimierungsexperimente vorgenommen, um den besten Betriebspunkt zu finden und die vorgängig durchgeführten Modellrechnungen zu bestätigen. Wegen der thermodynamischen Begrenzung dieser Wärme freisetzenden Reaktion sinkt der maximal mögliche Umsatz in einem Methanisierungsreaktor mit steigender Temperatur. Andererseits ist der Katalysator bei tieferen Temperaturen nicht ausreichend aktiv. Deshalb bildet sich ein Temperaturoptimum, bei dem die höchsten Methangehalte möglich sind. Wie vom Modell vorhergesagt, liegt das Optimum für diesen Fall bei 340 bis 350 °C.

Eine weitere wichtige Betriebsbedingung ist das Verhältnis von CO_2 zum zugesetzten Wasserstoff. Je höher die H_2-Zugabe ist, desto mehr CO_2 kann in Methan umgewandelt werden. Allerdings verdünnt dann der nicht umgesetzte Wasserstoff das Biomethan und muss mittels Membran abgetrennt und zurückgeführt werden. Umgekehrt sinkt die Methanausbeute aus CO_2 mit sinkendem H_2-Gehalt des Reaktors. Zusätzlich muss eine Katalysatordeaktivierung vermieden werden. Wie die Experimente zeigen, geht der Reaktor bis an das thermodynamische Maximum heran, was mit der Modellrechnung übereinstimmt.

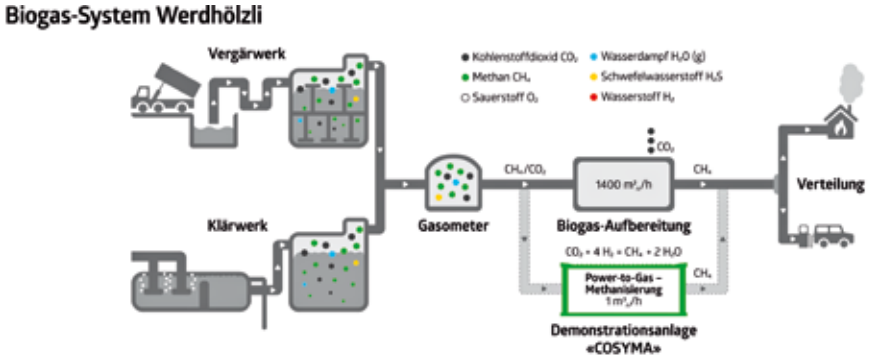


Abb. 2: Verschaltung der Cosyma-Demonstrationsanlage [Quelle: Energie 360°]

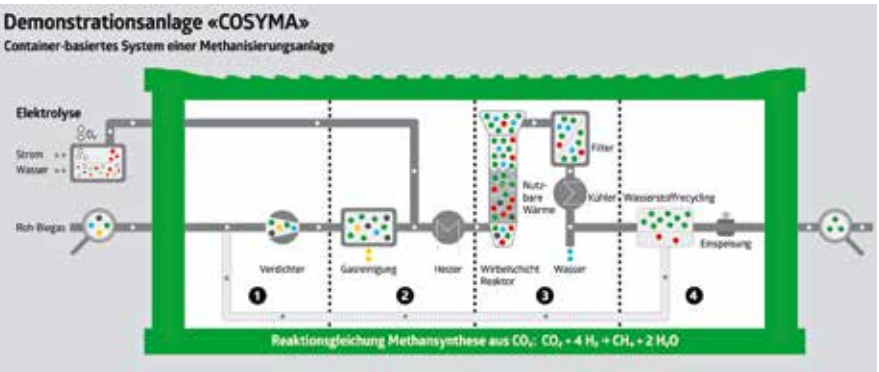


Abb. 3: Innenleben des Cosyma-Containers [Quelle: Energie 360°]

FAZIT Im Rahmen des 1.000-stündigen Dauerversuchs konnten die optimalen Betriebsbedingungen im Reaktor verifiziert und unter realen Bedingungen bestätigt werden: Bei zu tiefen Temperaturen ist der Katalysator kinetisch gehemmt, während zu hohe Temperaturen eine thermodynamische Limitierung nach sich ziehen. Hohe H_2-Zugaben erlauben eine gute Ausbeute, aber verdünnen das Biomethan durch überschüssigen Wasserstoff. In Zukunft könnte hier eine Membran eingesetzt werden, um den Wasserstoff zurückzuführen. Um die Membranfläche und damit die Kosten niedrig zu halten, sollte der H_2-Überschuss aber möglichst gering sein. Zu wenig Wasserstoff senkt die Ausbeute an Methan und führt allenfalls zu einer Verkokung des Katalysators. Der 1.000-Stunden-Versuch in der Wirbelschichtmethanisierung läuft stabil mit optimierten Parametern, wobei eine vergleichsweise geringe H_2-Zugabe gewählt wurde und trotzdem relativ hohe Methankonzentrationen erreicht werden konnten.

Abb. 4: Einer der vier Abschnitte im Container – der Wirbelschichtreaktor [Quelle: PSI]

Damit ist der technische Nachweis erbracht, dass die direkte Methanisierung von Biogas mit erneuerbarem Wasserstoff (Power-to-Gas) in einem Wirbelschichtreaktor 60 % mehr erneuerbares Gas aus der gleichen Rohbiogasmenge für die Einspeisung ins Gasnetz bereitstellen kann, als es eine Biogasaufbereitung mittels CO_2-Abtrennung vermag. Die nächsten technischen Schritte sind Experimente im Pilotmaßstab (100 bis 200 kW_{Methan}), für die eine Versuchsanlage am PSI im Bau ist. Diese sollen einige technische Details weiter erhellen (dynamischer Betrieb, Wärmeauskopplung) und Daten für eine Validierung des prediktiven Simulationsmodells liefern. Da mit diesem Reaktortyp bereits Erfahrungen bis in den MW-Bereich vorliegen, kann zusammen mit den jetzt vorhandenen Untersuchungsergebnissen bestätigt werden, dass die Wirbelschichttechnologie für die Umsetzung nunmehr bereitsteht. ||

Das Cosyma-Projekt wurde anlässlich der Neujahrsveranstaltung des Bundesamts für Energie BFE am 11. Januar 2018 in Bern mit dem Preis *Watt d'Or 2018* in der Kategorie „Erneuerbare Energien" ausgezeichnet.

Autoren:
Andreas Kunz, Energie 360°

Julia Witte, Serge Biollaz, Tilman Schildhauer. Alle drei vom Paul Scherrer Institut

Thema: Energiespeicherung | **Interviewpartner:** Sebastian-Justus Schmidt

AUS ACTA WIRD ENAPTER

Interview mit Sebastian-Justus Schmidt über Heliocentris Italy

Über den Werdegang des Berliner Brennstoffzellenunternehmens Heliocentris und die Übernahme der deutschen Standorte wurde in der HZwei bereits mehrfach berichtet (s. Hefte Jul. 2017 und Jan. 2018), ebenso wie über das Comeback von FutureE und das Coming-out von Home Power Solutions. Aber was ist mit der italienischen Tochterfirma passiert? HZwei sprach darüber mit Sebastian-Justus Schmidt, dem neuen Eigentümer des Ablegers in der Toscana.

HZwei: Sehr geehrter Herr Schmidt, angefangen hat es in Pisa ja mit ACTA. Bitte schildern Sie doch zunächst einmal, was aus diesem italienischen Unternehmen wurde.

Schmidt: Die Firma ACTA S.p.a. (später Heliocentris Italien, heute Enapter) ging zunächst 2004 im Börsensegment Alternative Investment Market (AIM) in London an die Börse. Ende 2014 führte ein verlorenes Gerichtsverfahren zu finanziellen Aufwendungen in Höhe von 1,35 Mio. Euro – zusätzlich zu dem bereits negativen Vorergebnis, was das Unternehmen dazu brachte, Insolvenz anmelden zu müssen (Concordato, italienische Version von Kapitel 11 in den USA). Von der Gründung bis dahin hatte die Firma insgesamt mehr als 35,9 Mio. Euro integrale Kapitalrücklagen von AIM und von verschiedenen anderen Investitionen verloren.

HZwei: Womit beschäftigten sich die Italiener denn bis dahin?

Schmidt: ACTA hatte mit einem kleinen Chemietechnik-Team begonnen, Brennstoffzellen zu entwickeln. Im Jahr 2007 wechselte die Ausrichtung allmählich zur Entwicklung von alkalischen Elektrolyseuren. Die ersten Ergebnisse waren vielversprechend, und die Unternehmensführung beschloss 2010, sich ausschließlich auf Elektrolyseure zu konzentrieren. Im Jahr 2011 lieferte ACTA die ersten Elektrolysegeräte an einige Institute und unterzeichnete eine Vertriebsvereinbarung mit der Heliocentris AG.

HZwei: Zunächst lief die Zusammenarbeit mit dem deutschen Unternehmen auch ganz positiv.

Schmidt: Ja, nach der Insolvenz von ACTA baute die Heliocentris AG zur Unterstützung die Tochtergesellschaft Heliocentris Italy auf, die zunächst die Assets von ACTA ein Jahr lang mietete. Anfang 2015 erwarb Heliocentris Italy dann das gesamte Vermögen und unterzeichnete eine entsprechende Vereinbarung mit der Insolvenzverwaltung.

HZwei: Was passierte dann?

Schmidt: Im Oktober 2016 ging die Heliocentris AG selbst in Konkurs. Inabata, die japanische Handelsgesellschaft, die sowohl mit ACTA als auch mit Heliocentris im Geschäft stand, hatte sich allerdings zuvor ein Floating-Darlehen mit einem Minderheitsbeteiligungspaket von Heliocentris Italy gesichert. Deswegen wurden nach dem Konkurs der Heliocentris AG entsprechende Aktienanteile an Inabata übertragen.

HZwei: Bei der angeblichen Rettung durch Odasco kam es dann aber zu Problemen, richtig?

Abb. 1: Sebastian-Justus Schmidt

Schmidt: Im Januar 2017 schloss der Insolvenzanwalt der Heliocentris AG eine Vereinbarung mit Odasco, Dubai. Der arabische Konzern gründete das Unternehmen Odasco Heliocentris Europe mit offiziellem Sitz in Düsseldorf und übernahm auch die Kontrolle über Heliocentris Italy. Odasco Heliocentris brachte einige Wochen frisches Kapital herein, stoppte dann aber plötzlich die Zahlung – ohne Ankündigung – und ließ den italienischen Ableger handlungsunfähig werden. Da jedoch von Odasco nicht der gesamte Betrag über den Kauf der Heliocentris-Anteile bezahlt worden war, erklärte der Insolvenzverwalter der Odasco Heliocentris im Oktober 2017 die Übernahme als „nicht vollzogen". Daraufhin wurde mir die Mehrheit der Anteile von dem Insolvenzverwalter der Heliocentris AG angeboten, die ich dann auch gerne übernommen habe.

HZwei: Was hat Sie zu diesem Schritt bewegt?

Schmidt: Ich bin mit meiner Initiative www.phisueahouse.com seit 2015 Nutzer von ACTA-Elektrolyseuren. Ich habe gesehen, wie die Geräte funktionieren und kenne die Schwachstellen, aber auch die Vorteile. Ich glaube fest daran, dass Wasserstoff das große Thema für die nächsten Jahre sein wird.

HZwei: Was ist seitdem passiert?

Schmidt: Alle elf Mitarbeiter wurden übernommen, fünf weitere am Standort Pisa eingestellt. Darüber hinaus sind freie und feste Mitarbeiter im Bereich Software/UX/UI hinzugekommen. Außerdem wurden umfangreiche, dringend erforderliche Renovierungsmaßnahmen eingeleitet, von denen einige bereits abgeschlossen wurden. Zudem werden wir im März mit den Vorbereitungen für unser „Hauptstadtbüro" in Berlin beginnen und unser neues Unternehmen Enapter im April während der Hannover Messe vorstellen (Halle 27, Stand D57). Wir sind sehr glücklich mit der jetzigen Entwicklung und dem Team, aber sehr viel Arbeit liegt noch vor uns. ||

Thema: Energiespeicherung | **Autoren:** Joachim Jungsbluth, Bernd Oberschachtsiek

DIE MOBILE ENERGIEVERSORGUNGSZENTRALE

MobFuelH2 liefert Elektrizität, Wasserstoff und Licht

Im Rahmen eines Förderprojektes des Landes Nordrhein-Westfalen baut die Anleg GmbH gemeinsam mit dem Zentrum für Brennstoffzellentechnik eine mobile Energieversorgungszentrale für Elektrizität, Wasserstoff und Licht, mit dem Ziel, verschiedene Kleinanwendungen auch in schwierigem Gelände versorgen zu können. Als Basis dieser Anlage dient ein geländegängiger Lkw mit einem Kofferaufbau, in dem alle notwendigen Komponenten von Brennstoffzelle über Wasserstoffspeicher und Verdichter bis hin zu Abgabeeinrichtungen verbaut sind. Ein Funktionsmuster wird auf der diesjährigen Hannover Messe (Halle 27 Stand B77) erstmals der Öffentlichkeit vorgestellt.

Mobile Energieversorgungseinheiten sowie stationäre Notstromsysteme basieren aktuell zu einem großen Teil auf fossilen Energieträgern wie zum Beispiel auf Diesel oder Flüssiggas. Wasserstoff stellt in diesem Segment eine gute Alternative dar, insbesondere da das Gas über die Verwendung regenerativer Energiequellen ohne schädliche Emissionen erzeugt werden kann.

Aufgrund fehlender Infrastruktur können sich mit Wasserstoff betriebene Anwendungen zur Bereitstellung von elektrischer Energie zurzeit jedoch kaum im Markt durchsetzen. Zum einen fehlen für stationäre Systeme kostengünstige, maßgeschneiderte Lösungen für die Belieferung mit dem Energieträger, zum anderen stehen nur wenige Lösungen im mobilen Bereich für Demonstrationsvorhaben zur Verfügung.

Die hier aufzubauende Energieversorgungszentrale erfüllt daher mehrere wesentliche Anforderungen/Funktionen:

1. Bereitstellung von Wasserstoff zur Versorgung stationärer Anwendungen, z. B. USV-Anlagen für kritische Infrastruktur sowie für die Befüllung von Fahrzeugen
2. Aufbau eines elektrischen Inselnetzes für den temporären Anschluss von Kleinverbrauchern
3. Verfügbarkeit insbesondere bei netzfernen und schwer zugänglichen Standorten

KONZEPT UND REALISIERUNG Die aktuell deutschlandweit zur Verfügung stehenden Wasserstoffquellen sollen möglichst flexibel zur Versorgung dieser Energiezentrale genutzt werden können. Dafür stehen an dem Fahrzeug Anschlusspunkte für die Befüllung an Wasserstofftankstellen für Busse bei 350 bar oder mit Hilfe konventioneller Wasserstoffbündel bei 200 beziehungsweise 300 bar bereit. Eine Befüllung an 500-bar-Abfüllpunkten ist ebenfalls möglich.

Das im Fahrzeug realisierte autarke System setzt sich im Wesentlichen aus mehreren, in Segmenten unterteilten Druckwasserstoffspeichern, einer PEM-Brennstoffzelle zur elektrischen Versorgung, einem elektrisch angetriebenen Wasserstoffverdichter, Abgabeeinrichtungen für unterschiedliche Druckstufen, der Steuerung sowie der notwendigen Verrohrung und den Mess- und Steuerelementen zusammen.

Der für die Brennstoffzelle oder die Abgabe benötigte Wasserstoff wird bei einem Druck von bis zu 500 bar in acht Behältern des Typs 4 (Kohlefaserspeicher mit Kunststoffliner) bereitgehalten. Damit stehen auf dem Lkw maximal 50 kg Wasserstoff zur Verfügung. Die Speichersegmente können einzeln befüllt oder geleert werden und so die Befüllung stationärer Speicher durch Überströme ermöglichen.

Um den Wasserstoff weitgehend bei einer hohen Druckstufe nutzen zu können, kann der elektrisch betriebene Verdichter das Gas aus jeweils einem Segment bei minimalem Saugdruck von etwa 65 bar in einer Stufe bis auf 500 bar in ein anderes Segment komprimieren. Der so bereitgestellte Wasserstoff wird über verschiedene Kupplungseinrichtungen externen Anwendungen zur Verfügung gestellt. Damit lässt sich die Abgabe von Wasserstoff für dezentrale H_2-Speicher von USV-Anlagen im Bereich 200 bis 300 bar ebenso realisieren wie die Abgabe von Wasserstoff für mobile Applikationen im Bereich 350 bar (Bus- oder Schienenfahrzeug-Notbetankungen) und die Abgabe von Wasserstoff für mobile Applikationen im Bereich 700 bar für Brennstoffzellenfahrzeug-Notbetankungen.

Zur Eigenenergieversorgung der Steuerung und des Verdichters sowie zur Bereitstellung von elektrischer Energie ist eine PEM-Brennstoffzelle in der Energieversorgungszentrale integriert, die mit dem auf dem Fahrzeug vorgehaltenen Wasserstoff eine Nettoleistung von etwa 4 kW_{el} für bis zu 180 Stunden abgeben kann. Das Spannungsniveau beträgt 230 V, so dass sich ein Inselsystem inklusive Batteriespeicher bis zu dieser Leistung aufbauen lässt.

Durch die Installation eines Teleskoplichtmastes mit einem LED-Fluter kann eine Beleuchtung mit einer Lichtleistung von 10.000 Lumen aufgebaut werden. Der Energievorrat reicht hierbei für rund 2.000 Stunden. Um die Erreichbarkeit von schwer zugänglichen Standorten zu ermöglichen, wurde eine geländegängige Fahrzeugbasis gewählt.

GEPLANTE ANWENDUNGEN UND EINSATZBEREICHE Bereits vor einigen Jahren sind Konzepte für dezentrale Befüllungen von stationären Wasserstoffspeichern insbesondere im Bereich der unterbrechungsfreien Stromversorgung ent-

Tab. 1: Technische Daten

Basisfahrzeug	Fuso Canter 6C18 4x4 mit langem Radstand
Zulässiges Gesamtgewicht	6.500 kg
Zuladung des Fahrzeugs	3.665 kg
Aufbau	fester Kofferaufbau
Anzahl und Größe der Wasserstofftanks	8 x 211 l
Speicherdruck	500 bar
Nutzbare Wasserstoffmasse an Bord	50,4 kg
Verdichter	elektrisch, bis 550 bar
Brennstoffzellensystem	PEM, Greenhub 5000
Stromleistung bei 230V AC	4.250 W
Lichtleistung Lichtmast	10.000 lm
Wasserstoffabgabedrücke	200, 300, 350, 500 bar
Länge der Abgabeschläuche	bis zu 20 m
Steuerung	Simatic S7

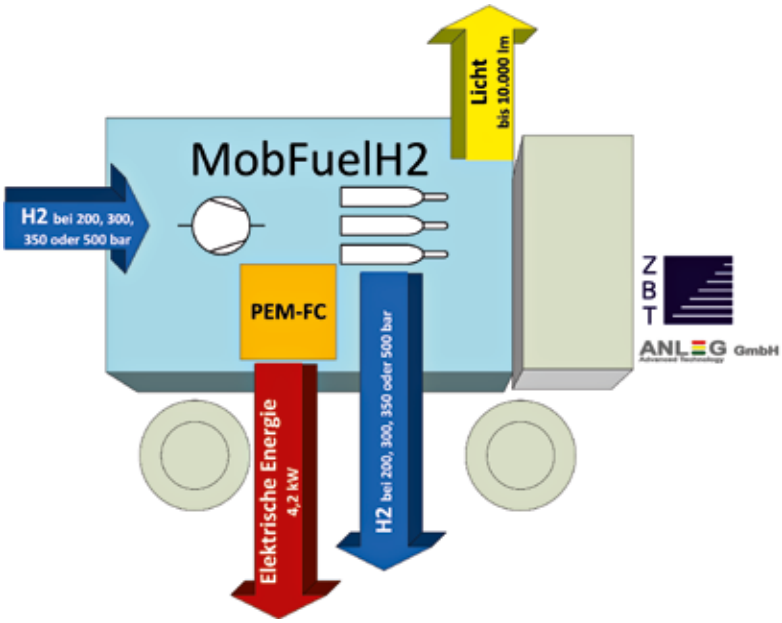


Abb. 1: Prinzipskizze des Aufbaus einer mobilen Energieversorgungszentrale

wickelt worden, die bisher in der Umsetzung durch das entsprechende Equipment gehemmt wurden. Mit der hier vorgestellten mobilen Energieversorgungszentrale lassen sich nun diese Funktionen bereitstellen.

Für die Nutzung als Energieversorgungszentrale sind unterschiedliche Szenarien vorstellbar. Bei Großeinsätzen von Rettungskräften oder Polizei sind temporäre Installationen für die Kommunikation von Behörden mit Sicherheitsfunktionen erforderlich, um den Digitalfunk dieser Einrichtungen aufrechtzuerhalten. Ebenso kann durch die Verknüpfung von erheblichem Energievorrat und einer Technologie, die lokal emissionsfrei ist, der Einsatzbereich auf Großveranstaltungen zur Licht- oder Energiebereitstellung erweitert werden.

Im Rahmen dieses Projektes soll die mobile Energieversorgungszentrale in unterschiedlichen Einsatzbereichen unter realen Bedingungen getestet und vermessen werden. Neben dem Aufbau und der Erprobung dieser Plattform sollen so verlässliche Daten durchgeführter Anwendungen und Füllvorgänge aufgenommen werden, die als Grundlage für Abschätzungen zu erforderlichen Energievorraten, Befüllzeiten und zum gegebenenfalls notwendigen technischen Zusatzaufwand dienen. Durch die entsprechende Messtechnik wird ein Datenpool geschaffen, welcher eine realistische Bewertung möglicher Betreibermodelle für eine spätere gewerbliche Nutzung unter wirtschaftlichen Aspekten ermöglicht.

Die Plattform soll insbesondere aber auch eine Lücke für die weitere Nutzung von Wasserstoff in bisher unerschlossenen Marktsegmenten schließen, indem eine Alternative zur Flaschen- beziehungsweise Bündel-Wechsel-Versorgung aufgezeigt wird. Gleichzeitig sind bestimmte Anwendungen, bei denen die bisherige Logistik für die Wasserstoffversorgung nicht möglich war, überhaupt erst durch eine solche Versorgungsmöglichkeit zu erschließen.

Das Projekt wird gefördert im Rahmen des *HydrogenHighway*-Programmes des Landes Nordrhein-Westfalen, mit einer Kofinanzierung der Europäischen Union, und hat einen Bewilligungszeitraum vom 01.04.2017 bis zum 31.12.2019. Anschließend wird das Fahrzeug für weitere wissenschaftliche Projekte im Bereich der Energieversorgung mit Wasserstoff am ZBT eingesetzt.

→ ZBT in Hannover: Halle 27, Stand B77

Autoren:
Joachim Jungsbluth
→ J.jungsbluth@zbt-duisburg.de

Bernd Oberschachtsiek
→ b.oberschachtsiek@zbt-duisburg.de
Beide vom ZBT GmbH – Zentrum für Brennstoffzellen-Technik, Duisburg

Thema: Energiespeicherung | **Autoren:** Ahmels, Voß, Gago, Lettenmeier, Voglstätter, Schmitz, Kleinickel, Barsch, Rockmann, Pumpa, Fischer, Voigt

WASSERSTOFF ZUR WINDENERGIESPEICHERUNG

Ergebnisse des Projektes WESpe

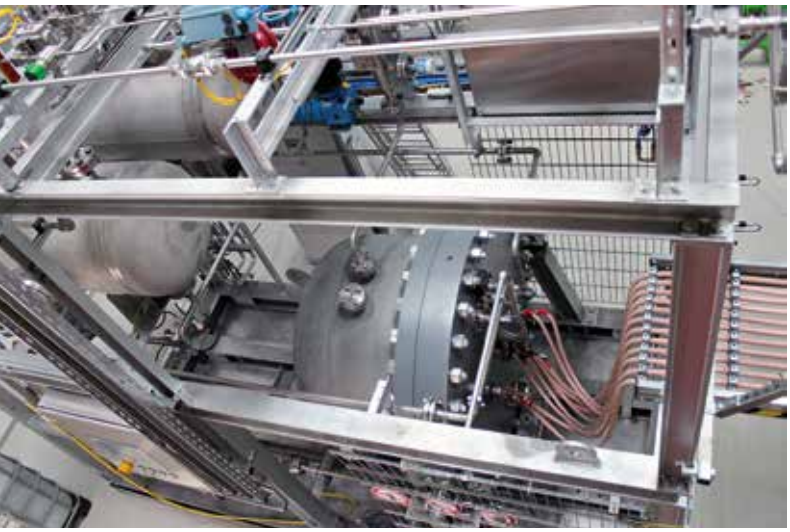


Abb. 1: Alkalische Druckelektrolyseanlage mit 60 bar der BTU

Wasserstoff als idealer chemischer Energieträger für die Langzeitspeicherung im Strom- und Wärmesektor und für die Verwendung in der Mobilität sowie als Grundstoff für die chemische Industrie hat für das zukünftig verstärkt sektorengekoppelte deutsche Energiesystem eine zentrale Bedeutung. Die unter dem Begriff Power-to-Gas (PtG) subsumierte elektrolytische Herstellung von Wasserstoff aus erneuerbaren Energien (Power-to-Hydrogen: PtH_2) und die sich daran anschließende mögliche Methanisierung ($PtCH_4$) werden daher in systemischen Studien auch mit bis zum Jahr 2050 erforderlichen Größenordnungen der Elektrolyseleistung von bis zu 110 GW (bei 90 % CO_2-Reduktion) quantifiziert [1].

Wie können in einem künftigen sektorengekoppelten Energiesystem konkrete Windwasserstoff-Systeme technisch konfiguriert und skaliert werden? Wie ist ihre Performance im Jahresverlauf und wie arbeiten sie am wirtschaftlichsten? Diese Fragen sind in dem Verbundforschungsprojekt *WESpe (Wissenschaftliche Forschung zu Windwasserstoff-Energiespeichern)* diskutiert worden. Wichtige Ergebnisse wurden auf der Abschlusskonferenz am 4. Dezember 2017 auf dem GLS-Campus in Berlin vor etwa 80 Gästen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik vorgestellt.

WESpe behandelte die gesamte Energieumwandlungskette von Erneuerbare-Energien-Quellen über elektrolytische H_2-Herstellung, Speicherung in Kavernen, Einspeisung in das Erdgasnetz bis hin zur H_2-Nutzung in verschiedenen Sektoren. Ein Schwerpunkt bildete dabei die Forschung in der Elektrolysetechnologie. Weitere Schwerpunkte waren die technische Weiterentwicklung von Komponenten zur H_2-Speicherung in Untergrundgasspeichern sowie zur Gasnetzeinspeisung und die technoökonomische Analyse repräsentativer Windwasserstoff-Verwertungspfade.

Ziel von WESpe war es, die wesentlichen Kernkomponenten vollständiger Windwasserstoff-Ketten weiterzuentwickeln und in detaillierten technoökonomischen Systemsimulationen repräsentative PtG-Systeme zu analysieren, wobei der Fokus auf PtH_2 gelegt wurde. Im Forschungskonsortium wurden dafür acht Konfigurationen selektiert, darunter für die Energiewende strategisch wichtige Pfade für Zeithorizonte bis 2050, z. B. für die großskalige Rückverstromung und Wasserstoffbereitstellung für die Industrie sowie bereits mittelfristig wirtschaftlich potenziell interessante Systeme, z. B. für die Mobilität.

WEITERENTWICKLUNG DER ELEKTROLYSETECHNOLOGIE

Die Partner ISE, DLR und BTU haben vergleichend die alkalische und PEM-Elektrolyse, insbesondere im dynamischen Betrieb, untersucht. Der Fokus des DLR lag auf der Untersuchung der Leistungsfähigkeit des PEM-Elektrolyseurs sowie seines Degradationsverhaltens im dynamischen und im Überlastbetrieb. Aus den Ergebnissen wurden Optimierungsmöglichkeiten erarbeitet, insbesondere Maßnahmen zur Kostenreduktion auf Basis von Leistungs- und Effizienzsteigerung sowie Erhöhung der Lebensdauer. Hierzu wurden experimentelle Daten unterschiedlich großer Laborzellen (bis 1,5 MW) ausgewertet. Wichtige Ergebnisse wurden auch bei der Entwicklung von Gasdiffusionslagen mit Gradientenaufbau sowie bei korrosionshemmenden Beschichtungen von Bipolarplatten erreicht. Der dynamische Betrieb wurde insgesamt nicht als überdurchschnittlich kritisch identifiziert.

Am alkalischen 60-bar-Druckelektrolyseur (120 kW) der BTU (Abb. 1) wurden systematische Testreihen mit Variation verschiedener Versuchsparameter (Druck, Temperatur, Stromdichte, Laugenumwälzung) sowie unter Verwendung statischer und dynamischer Lastgänge durchgeführt. Während der Temperatureinfluss deutlich ausgeprägt ist, ist der Druckeinfluss auf den Wirkungsgrad nur marginal. Sein dynamisches Verhalten ist mit einem Stromgradienten von > 50 A/s aus dem Hot-Standby geeignet für die direkte Kopplung mit Windkraftanlagen. Für das Gesamtsystem wurde die Wechselwirkung der Teilsysteme bei intermittierendem und im Standby-Betrieb, u. a. hinsichtlich Druckhaltung und Wärmemanagement, untersucht.

H_2-KAVERNENSPEICHERUNG UND -PIPELINE-EINSPEISUNG

Das Teilprojekt des DBI widmete sich der Technologieoptimierung und der Weiterentwicklung der Gasnetzeinspeisung, der Speicherung in geologischen Formationen sowie der dazu erforderlichen Ausrüstungen. Ausgehend von den Alterfahrungen mit Stadtgas, den Gegebenheiten aktueller deutscher Untergrund-Gasspeicher-Standorte (UGS) sowie den betrieblichen Anforderungen an H_2-UGS wurden Parameter zur technischen und geologischen Eignungsbewertung bestimmt. Diesbezüglich kann festgestellt werden, dass UGS in Salzkavernen für die H_2-Speicherung geeignet sind. Für Poren-UGS ist die geologische Eignung im Einzelfall zu prüfen (Temperatur, Geochemie der Reservoirgesteine und -fluide).

Für die Eignung der technischen Ausrüstung bestehender UGS zur H_2-Speicherung sind die verwendeten Materialien für die obertägigen und untertägigen Anlagen individuell zu prüfen. Verfügbare Stahlqualitäten wurden bewertet und Tiefbohrzemente laborativ geprüft. Nicht geeignete Stähle und Zemente an Bestandsanlagen sind bei Bedarf durch

geeignete Materialien zu ersetzen. Für neue H_2-UGS sind entsprechende geeignete Materialien anzuwenden.

Die Erkundungsprogramme sind mit Erweiterungen, speziell zur geo-bio-chemischen Umwandlung von H_2, auf die Erschließung neuer H_2-UGS angepasst worden. Mit den Untersuchungsprogrammen für bestehende UGS, den Erkundungsprogrammen für neue UGS sowie den Monitoring- und Überwachungskonzepten für einen sicheren Betrieb sind die Werkzeuge zur geologischen, technischen und betrieblichen Eignungsprüfung und -sicherung zur untertägigen H_2- sowie H_2-Erdgas-Mischgas-Speicherung gegeben.

Weiterhin wurde ein Speichermodell für die H_2-Kaverne inklusive der Bohrung entwickelt, um die thermodynamischen, fluiddynamischen und geomechanischen Prozesse bei der H_2-Speicherung zu berechnen. Zur Abbildung der Speicherkaverne in den PtG-Gesamtprozessen wurde ein analytisches H_2-Kavernenmodell erstellt und als Teilmodul für die Systemsimulation implementiert. Hierbei wurden die Subsysteme Verdichteranlage, Ausspeisungsanlage, Einspeisesystem und Transportleitungen modelliert sowie die Betrachtungen zu Zuverlässigkeit und Anlagenerneuerung durchgeführt.

MODELL 1: H_2-RÜCKVERSTROMUNG

Von den modellierten PtH_2-Gesamtsystemen sollen im Folgenden exemplarisch zwei Systeme genauer vorgestellt werden: Für das Beispiel einer großskaligen H_2-Rückverstromung in den Jahren 2030 und 2050 wird eine Systemkette mit Elektrolyse, Kavernenzwischenspeicherung und direkter Rückverstromung über H_2-Gasturbinen angenommen (Abb. 2). Um energiewirtschaftlich sinnfällige technische Skalierungen und dynamische Betriebsweisen abzuleiten, werden dynamische Eingangsdaten zur Elektrolyseleistung und zur Leistung der Rückverstromung aus der Studie [2] für ein repräsentatives Jahr übernommen, die vom Projektpartner ISE Freiburg zur Verfügung gestellt wurden. Des Weiteren wurden zur Berücksichtigung eines zukünftigen Ein- und Verkaufs zeitabhängige Grenzkosten für die Stromgestehung aus diesen Daten abgeleitet. Diese sektorenübergreifende Studie modelliert das deutsche Energiesystem mit der Prämisse, eine vorgegebene CO_2-Reduktion kostenoptimal zu erreichen. Die Modellierung liefert u. a. Zeitreihen für die Residuallast in Deutschland, wobei bei negativer Residuallast (Überschuss erneuerbarer Energien) prioritär stationäre und Kfz-Batterien und Pumpspeicherkraftwerke beladen werden und dann erst Elektrolyse zur H_2-Produktion betrieben wird. In den vorliegenden Untersuchungen wurde ein Szenario mit einer 85-%-CO_2-Reduktion verwendet, das z. B. im Jahr 2050 eine installierte Leistung von 201 GW Wind, 166 GW Photovoltaik und 159 GW Solarthermie bedingt.

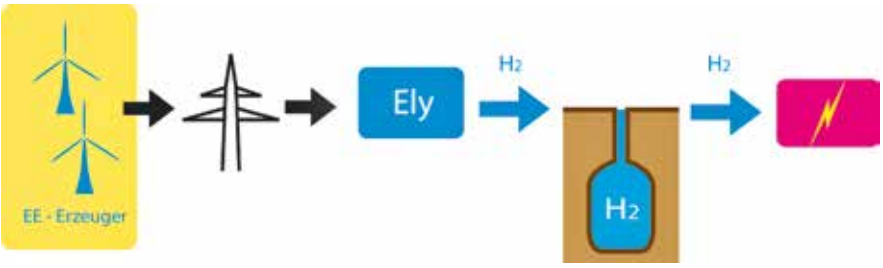


Abb. 2: Systempfad mit H_2-Kavernenspeicherung und direkter Rückverstromung über H_2-Gasturbine

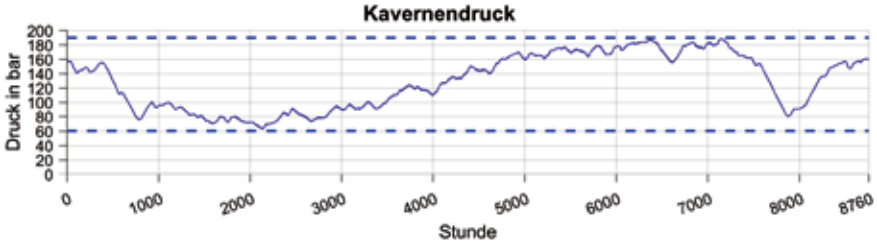


Abb. 3: Jahresverlauf der Kavernenfüllstände im Jahr 2050 [Quellen: BTU Cottbus-Senftenberg]

Für die dynamische Gesamtsimulation wurden das an der BTU entwickelte Modell der alkalischen Druckelektrolyse und das Modell für eine Standardkaverne (DBI) mit einem geometrischen Volumen von 500.000 m^3 und einem Druckwechsel zwischen 60 und 190 bar bei einem maximalen Druckgradienten von ca. 10 bar/d sowie aus dynamischen Gründen Gasturbinen implementiert. Im Ergebnis der mit der Software Matlab Simulink ausgeführten Simulationen wären für 2030 bei 4 GW Elektrolyseleistung mit 2.270 Volllastbetriebsstunden (VLS) acht Kavernen mit je 500.000 m^3 erforderlich, die im Jahresverlauf bei 4,9 kompletten Speicherzyklen 180.000 t Wasserstoff zwischenspeichern (Abb. 3) und eine Gasturbinenleistung von 1 GW mit 2.520 VLS speisen. Diese Werte steigern sich bis 2050 auf 67 GW Elektrolyse mit 2.130 VLS, 170 Kavernen mit vier kompletten Speicherzyklen und 3 Mio. t H_2 sowie 26 GW Gasturbinenleistung mit 1.630 VLS.

Ökonomisch ergeben sich 2050 für diesen Pfad H_2-Gestehungskosten von 5,52 €/kg_{H2} (umlagenfrei), wobei der Anteil der Strombeschaffungskosten mit 3,40 €/kg_{H2} dominiert. Die Investitions- und Betriebskosten der Elektrolyse lägen bei 1,92 €/kg_{H2}, während diese Kosten bei der Kaverne einschließlich Kopfanlage mit 0,20 €/kg_{H2} vergleichsweise gering wären. Nach der Rückverstromung über die Gasturbine erhielte man Stromgestehungskosten für diesen linearen Pfad von 42,9 Cent/kWh_{el}. Wohlgemerkt können einzelne systemdienlich notwendige Stromerzeugungspfade innerhalb einer kostenoptimierten Modellierung eines sektorenübergreifenden Energiesystems über dem Kostendurchschnitt liegen und müssen durch geeignete Marktmechanismen angereizt werden.

MODELL 2: VERSORGUNG VON VERKEHR UND INDUSTRIE

Ein weiteres repräsentatives System wurde durch das Fraunhofer ISE modelliert und optimiert. Mit der Motivation einer besseren Investitionssicherheit und Unabhängigkeit von veränderlichen Strommarktrandbedingungen wurde ein Windpark direkt mit einer großskaligen Elektrolyse gekoppelt. Die Elektrolyse versorgt über eine Kavernenzwischenspeicherung und ein H_2-Pipelinenetz Großverbraucher in Verkehr und Industrie. Für den Verkehr wurde ein synthetisches Kraftstoffprofil für 12.500 Pkw und 340 Busse angenommen, für die Industrie ein konstanter Verbrauch von zusätzlich 4,6 t/h. Weiterhin flossen reale Zeitreihen für Onshore-Windenergie mit Standort in Ostdeutschland ein.

In der systemischen Gesamtmodellierung wurden die validierten dynamischen Einzelmodelle der PEM-Elektrolyse (Fraunhofer ISE) und der Kaverne mit Kopfanlage (DBI) integriert. Mit der Prämisse bei der Einsatzstrategie des >>

Windwasserstoff-Systems, dass das H_2-Bedarfsprofil zu jeder Zeit gedeckt werden soll, können über einen am Fraunhofer ISE entwickelten und eingesetzten Optimierer die Skalierungen von Windpark, Elektrolyse und Speichergröße auf ein Optimum hin verändert werden. Zielgröße der Optimierung waren hierbei möglichst geringe H_2-Gestehungskosten.

Für 2017 ergaben sich so 970 MW_{peak} installierte Windkraftleistung, 590 MW Elektrolyse und eine Großkaverne mit einem geometrischen Volumen von 530.000 m^3. Die Elektrolyse hätte gemäß diesem Einsatzfall 7.700 Betriebsstunden im Jahr bei 4.300 VLS. Bei einer gesamten Investitionssumme von 1,4 Mrd. € lägen die Kosten (LCOHy) bei 4,0 €/kg_{H2}. Die Investitionskosten für die Kavernenspeicherung sind auch hier mit einem Anteil von 4,6 % nur marginal.

Bei Ersatz der Windkraftanlage durch eine Nutzung von zukünftig verfügbarer negativer Residuallast („Stromüberschüssen") können die Grenzkosten für die H_2-Gestehung noch weiter auf bis zu 3,7 €/kg_{H2} gesenkt werden. Dieser Preis ist sehr stark abhängig von den Stromeinkaufskosten (verursacht ca. 57 % des LCOHy) und hängt damit wesentlich von der zukünftigen Strommarktgestaltung und der Entwicklung der Stromgestehungskosten ab. Durch die Nutzung von negativer Residuallast reduzieren sich die Volllaststunden der Elektrolyse auf 2.360 VLS, und die installierte Elektrolyseleistung muss zur Deckung des festgelegten Wasserstoffbedarfs auf 1 GW anwachsen. Das Volumen des Kavernenspeichers und sein Anteil an den Gestehungskosten bleiben in ähnlicher Größenordnung.

Dies zeigt, dass mit H_2-Großanlagen mit Kavernenspeicherung eine saisonale Speicherung von Energie sowohl im Rahmen einer Inselanlage als auch verbunden mit dem Stromnetz kostengünstig möglich ist.

Der Schlussbericht des WESpe-Verbundforschungsprojektes wird im zweiten Quartal 2018 veröffentlicht.

PRAKTISCHE AKZEPTANZFORSCHUNG Hauptfragestellung der Deutschen Umwelthilfe (DUH) war, wie es gelingen kann, von Beginn an mehr Akzeptanz und Transparenz bei Windwasserstoffprojekten zu schaffen. In einem ersten Schritt wurde dafür ein Kommunikationskonzept erarbeitet, das folgende Fragestellungen untersucht hat:

- Welche Akteure spielen eine Rolle?
- Wo liegen die Hauptkonfliktpotentiale?
- Welche Sicherheitsbedenken haben Bürger?
- Trägt grüner Wasserstoff zur Akzeptanz bei?
- Welche Beteiligungsinstrumente können angewendet werden?

Der zweite Schritt führte von der Theorie in die Praxis. Im engen Austausch mit dem Projektkonsortium des Multienergiekraftwerks Sperenberg (MEKS) wurden einzelne Bausteine des Kommunikationskonzeptes entwickelt und umgesetzt. Als Standort hatte das Projektkonsortium das Gelände der ehemaligen Heeresversuchsanstalt Sperenberg in Brandenburg ausgewählt. Die angrenzenden Gemeinden setzen sich für die Ansiedlung des Modellprojektes ein. Dabei geht es um die Erzeugung von Strom aus Wind und Sonne für die umliegenden 145.000 Haushalte, die gleichzeitige Umwandlung überschüssigen Stroms per Elektrolyse und die H_2-Speicherung beziehungsweise Einspeisung ins angrenzende Erdgasnetz. Allerdings beherbergt das Areal Lebensräume von Rotmilan und Seeadler und ist gleichzeitig eine historisch wertvolle Liegenschaft.

Aus Erfahrung wissen wir, dass sich umfangreichere Vorhaben, die eines Raumordnungsverfahrens oder einer Planfeststellung bedürfen, mit zusätzlichen informellen Beteiligungsformaten sinnvoll ergänzen lassen. So können häufig Konflikte, die sonst erst zu einem späteren Zeitpunkt der Planung auftauchen, bereits zu Beginn einfacher und unkomplizierter gelöst werden. Deswegen boten die DUH, die kommunale Arbeitsgruppe der Region und das MEKS-Projektkonsortium einen Fachdialog für Naturschützer sowie zwei öffentliche Bürgerveranstaltungen und einen Dialog zum Denkmalschutz an. Derartige Maßnahmen ersetzen aber nicht ein reguläres Genehmigungsverfahren, bei dem die verschiedenen Belange formal gegeneinander abgewogen werden. ||

Das Verbundforschungsprojekt WESpe wurde vom BMWi im Rahmen der Förderinitiative Energiespeicher der Bundesregierung gefördert (Förderkennzeichen: 0325619A-E). Die Forschungspartner sind DBI – Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg, Deutsche Umwelthilfe e. V. (DUH), Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt e. V. (DLR), Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme Freiburg (ISE) sowie die Brandenburgische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU).

Literatur

[1] Ausfelder et al.: Sektorkopplung – Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems (Energiesysteme der Zukunft), München 2017

[2] H.-M. Henning, A. Palzer: Was kostet die Energiewende? Wege zur Transformation des deutschen Energiesystems bis 2050, Fraunhofer ISE, 2016

Autoren:
Dr. Peter Ahmels und Ulrike Voß, beide Deutsche Umwelthilfe e.V.
→ ahmels@duh.de

Dr. Aldo Gago und Philipp Lettenmeier
beide Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
→ aldo.gago@dlr.de

Christopher Voglstätter, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme
→ christopher.voglstaetter@ise.fraunhofer.de

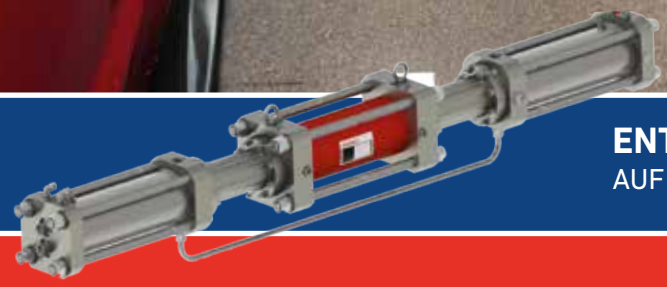
Steffen Schmitz, Cindy Kleinickel, Markus Barsch,
Dr. Rico Rockmann, Dr. Martin Pumpa
alle DBI Gastechnologisches Institut gGmbH
→ Steffen.Schmitz@dbi-gruppe.de

Dr. Ulrich Fischer und André Voigt
beide Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg
→ ulrich.fischer@b-tu.de

→ DBI in Hannover: Halle 27, Stand E49
→ DLR in Hannover: Halle 27, Stand D62
→ Fraunhofer ISE in Hannover: Halle 27, Stand C58

Resato
HIGH PRESSURE TECHNOLOGY

SUCHEN SIE NACH SICHEREN WASSERSTOFFLÖSUNGEN?



ENTDECKEN SIE UNSEREN GASVERDICHTER
AUF DER HANNOVER MESSE : HALLE 27 - STAND D46/1

Sichere und zuverlässige Lösungen zum Betanken, Verdichten von und Testen mit Wasserstoff.

Unsere Erfahrung mit dem Verdichten von Gasen unter hohem Druck aus der Öl & Gas Industrie machen uns zu einem Experten in der Gasverdichtung. Um Wasserstoffanwendungen sicherer und wirtschaftlich zu machen, haben wir eine Serie von Wasserstoffverdichtern entwickelt. Diese Verdichter sind das Herzstück einer Tankstelle und von Prüfanlagen zur Zertifizierung von Druckspreichern und Teilen.

Wasserstoff ist keine Zukunftsmusik mehr: Wasserstoff ist jetzt!

WWW.RESATO.COM/DE/WASSERSTOFF

YOUR HIGH PRESSURE EXPERT.

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

NEXO-PREMIERE IN OFFENBACH

Hyundai präsentiert neues Brennstoffzellenmodell

Abb. 1: Nexo – der nächste Schritt der Konzernstrategie

Die Hyundai Motor Group hat den Nachfolger des *ix35 Fuel Cell* Mitte Januar 2018 einem exklusiven Journalistenkreis in Offenbach vorgestellt. Nach der Weltpremiere während der *Consumer Electronics Show (CES)* in Las Vegas, wo der Konzern das neue Brennstoffzellenmodell am 9. Januar erstmals präsentiert hatte, war dies der zweite öffentliche Termin, und zwar nicht in Detroit oder Tokio, sondern am Main, wo sowohl Hyundai Motor Deutschland als auch Hyundai Motor Europe ihr Headquarter haben. *HZwei* nahm den *Nexo* dort genauestens in Augenschein.

Es war eine kleine, illustre Runde von Pressevertretern, die den mattgrauen SUV (Sport Utility Vehicle) sieben Wochen vor der eigentlichen Europa-Premiere in Genf vorgestellt bekamen. Erst im März während des internationalen Auto-Salons in der Schweiz wurde der neue Wasserstoff-Hyundai dann erstmals auf einer Automobilmesse der Öffentlichkeit dargeboten. Der südkoreanische Fahrzeugbauer setzte damit ein deutliches Zeichen, dass Deutschland als Zielmarkt für H_2-Technologie überaus wichtig ist – nicht nur wegen vergleichsweise vieler Wasserstofftankstellen, sondern auch, weil es „in Deutschland sehr schön vorangeht", wie es Frank Meijer, Leiter Eco Car und Mobility von Hyundai Motor Europe (s. Abb. 1), formulierte.

VOM FAST-FOLLOWER ZUM PIONIER In seiner Begrüßungsrede erinnerte der Niederländer an das Jahr 2013, als Hyundai als erster Automobilkonzern ein Brennstoffzellenauto auf den Markt brachte. Er sagte: „Bis dahin waren wir Fast-follower, aber seitdem sind wir Pioniere." Mittlerweile hat Hyundai über 500 BZ-Fahrzeuge in Europa abgesetzt (u. a. 50 bei BeeZero in München, 75 Taxen bei dem französischen Start-up STEP in Paris) und verfügt damit laut Meijer über einen Marktanteil von rund 80 Prozent. Der derzeit einzige direkte Mitbewerber Toyota gibt an, weltweit mehr als 6.000 Brennstoffzellenfahrzeuge in Betrieb zu haben.

Fünf Jahre nach dem Markteintritt des *ix35 Fuel Cell* bringen die Asiaten nun ihre zweite Modellgeneration heraus, die allerdings keine simple Weiterentwicklung des Vorgängers, sondern eine komplett neue Eigenentwicklung ist. Während bei der ersten Generation ein BZ-System in ein bereits bestehendes Fahrzeug, einen *Tucson,* integriert worden war, entwickelten die koreanischen Ingenieure dieses Mal ein speziell designtes Auto um die neue Antriebstechnik herum. Erste Eindrücke davon waren im Frühjahr 2017 mit dem Vorserienmodell Hyundai *FE Fuel Cell* zunächst in Genf (s. HZwei-Heft April 2017) und dann im August in Seoul gezeigt worden.

Wesentliche Neuerungen sind die drei gleich großen H_2-Druckbehälter, die jeweils 52,2 Liter Wasserstoff fassen und die beiden unterschiedlich großen Tanks des Vorgängers ersetzen. Ein Tank liegt im *Nexo* mitsamt dem Hochvoltakkumulator unter der Bodenplatte des Kofferraums, die beiden anderen unter der Rücksitzbank. Diese Lösung bietet die Vorteile, dass der Laderaum mit 461 l größer als zuvor ist und die Behälter günstiger bei den koreanischen Zulieferern eingekauft werden können, als wenn Behälter unterschiedlicher Größe verwendet werden.

Der neue BZ-Stack, mittlerweile eine Eigenentwicklung der Südkoreaner, leistet 95 kW. Er wird unterstützt von dem Lithium-Ionen-Akku, der mit seinen 40 kW als Puffer fungiert. Gemeinsam beschleunigen sie mithilfe des Elektromotors (120 kW) den Fünfsitzer auf maximal 179 Kilometer pro Stunde. Bei 100 km/h ist der Wagen innerhalb von 9,5 Sekunden, drei Sekunden schneller als der *ix35 Fuel Cell.*

Verbrauchswerte nennen die Verantwortlichen allerdings bislang noch nicht („sicherlich nicht schlechter als beim Vorgänger", Oliver Gutt, Leiter Produktmanagement), ebenso wenig einen Kaufpreis. Anvisiert wird aber eine Reichweite von rund 800 Kilometern im Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEDC). Diese soll unter anderem durch die effizientere Brennstoffzelle möglich sein (Wirkungsgrad: 60 Prozent). Ab Juli 2018 soll das neue Modell in Korea, ab August (noch vor den USA) in Deutschland sowohl für Privat- als auch für Gewerbekunden erhältlich sein, aber ob der Preis dann niedriger als beim *ix35 Fuel Cell* (65.000 Euro) liegen wird, war nicht herauszubekommen.

Technisch interessante Gimmicks sind die versenkbaren Türgriffe sowie die automatische Einparkhilfe, die – bei engen Parklücken – auch aktivierbar ist, wenn der Fahrer bereits ausgestiegen ist. Besonderheiten sind beispielsweise die Sprachsteuerung des „intelligenten Cockpits" sowie Müdigkeitssensoren in den Sitzen.

Zusätzlich zum Hochvolt-Akku wurde zudem getrennt davon eine 12-V-Batterie eingebaut. Ein Grund dafür sei ge-

NEXO
Der Name rührt von der dänischen Ostseeinsel Bornholm her, die durch vorbildliche ökologische Projekte bekannt geworden ist (das grüne Energielabor des Königreichs), und bezeichnet dort den zweitgrößten Ort Nexø. Außerdem hört sich der Name „schön futuristisch" an, so ein Firmensprecher.

Abb. 2: Das Cockpit mit 7"-Monitor plus 12"-Touchscreen

wesen, so berichtete Gutt, dass beim *ix35 Fuel Cell* mitunter Startprobleme aufgrund entladener Akkus aufgetreten seien. Wenn jetzt aber einmal die Heckklappe offen gelassen werden sollte, so dass die Innenraumbeleuchtung die Stromspeicher leer saugt, bleiben bei dieser Konstruktion stets ausreichende Stromreserven, um innerhalb von fünf Sekunden die Brennstoffzelle starten zu können, damit diese Strom generieren kann.

BEKENNTNIS ZUM WASSERSTOFF Es sei geplant, dass vorerst nur vergleichsweise wenige Exemplare in den Verkauf gehen, weil die Nachfrage derzeit noch nicht so hoch sei, erklärte Frank Meijer. Die Produktionskapazität sei allerdings ausreichend, sicherte er zu, da die Fertigung in den normalen Produktionsprozess integriert und nicht mehr – wie beim Vorgänger – separat ablaufen werde.

Ein wichtiger Absatzmarkt sei auch Norwegen, hieß es zudem von einem Firmensprecher, und zwar wegen der dort günstigen Förderbedingungen. Dänemark habe sich demgegenüber aufgrund geänderter Rahmenbedingungen aus dem Fokus herausmanövriert.

Mit dem *Nexo* belegt Hyundai, wie wichtig diese Antriebstechnologie für den asiatischen Konzern, zu dem auch Kia und Genesis gehören, ist. („Das ist für uns ein Leuchtturmprojekt", so Unternehmenssprecher Bernhard Voß.) Über die Planungen Letzterer wollten sich die Verantwortlichen allerdings nur insofern äußern, dass sie anmerkten, die Ergebnisse aus der Konzernforschung würden allen Schwesterunternehmen zugänglich gemacht.

Ähnlich wie verschiedene Mitbewerber engagiert sich aber auch Hyundai nach wie vor bei batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen und geht auch davon aus, dass in diesem Bereich in den kommenden Jahren bedeutend höhere Absatzzahlen zu erwarten sind als bei Brennstoffzellenautos.

Trotzdem will sich insbesondere Hyundai Motor Deutschland verstärkt dafür einsetzen, das Image von Wasserstoff und auch die Rahmenbedingungen für Wind-Wasserstoff weiter zu verbessern, da beispielsweise noch zu viele Irrtümer über Wasserstoff existierten. Zudem wolle man entsprechend vorbereitet sein, falls die Rohölpreise wieder steigen sollten. Gleichzeitig behalten die Firmenstrategen auch den Sektor der leichten Nutzfahrzeuge (Light Commercial Vehicles, LCV) sowie der Lastkraftwagen im Auge. „Wir fahren mehrgleisig", erklärte Hyundai-Pressesprecher Voß. ||

AUTONOM FAHRENDE BZ-AUTOS
Zunächst hieß es nur, das Assistenzsystem des *Nexos* erlaube „teilautonomes Fahren sowie komplett selbstständiges Ein- und Ausparken, ohne dass der Fahrer an Bord sein muss". Mitte Februar 2018 folgte dann allerdings die Meldung, drei Fahrzeuge seien „problemlos 190 Kilometer autonom nach Level 4 von Seoul nach Pyeongchang gefahren". (Level 4: Fahrzeug kann dauerhaft Verkehrssituationen bewältigen)

Wie die Nachrichtenagentur *Reuters* berichtet, beabsichtigt der Konzern nach Regierungsangaben insgesamt 17,6 Mrd. Euro in neue Technologien zu investieren. Innerhalb von fünf Jahren soll damit die Weiterentwicklung sowohl von Wasserstoff- und Batterieautos als auch von selbstfahrenden Fahrzeugen und künstlicher Intelligenz finanziert werden. Rund 45.000 neue Mitarbeiter sollen dafür eingestellt werden.

LEXUS BIETET GRENZENLOSES

Quelle: Lexus

Während der *North American International Auto Show* in Detroit hat Lexus Mitte Januar 2018 den *LF-1 Limitless* gezeigt, ein Luxus-Crossover-Fahrzeug, das unterschiedliche Lebensstile und Antriebsoptionen vereinen soll. Das Konzeptfahrzeug kann sowohl mit konventionellem Motor als auch mit Brennstoffzellen oder Hybridtechnik ausgestattet werden und soll somit grenzenlose Möglichkeiten bieten (limitless). ||

KIA PRODUZIERT AB 2020

Der ebenfalls zur Hyundai-Gruppe gehörende Automobilhersteller Kia will ebenfalls Brennstoffzellenfahrzeuge anbieten, allerdings voraussichtlich erst Ende 2020. Ähnlich wie die Mitbewerber will Kia mit einem SUV in die Serienproduktion von H_2-Autos einsteigen, voraussichtlich mit dem Nachfolgermodell des *Sorento*. Ebenso wie bei der Konzernschwester Hyundai wird zunächst mit rund 4.000 Einheiten pro Jahr gerechnet. ||

Thema: Elektromobilität | **Autor:** Marius Herr

EXTREME EXKLUSIVITÄT

Erfahrungen mit der realen H_2-Mobilität

Abb. 1: Mit dem BZ-Firmenwagen an der H_2-Zapfsäule [Quelle: TesTneT]

Die Hersteller von Premiumautos machen es vor: Limitierte Auflagen von Sondermodellen bieten Exklusivität und steigern die Attraktivität der Marke – offenbar ein erfolgreiches Konzept. Möglicherweise ist dies der Weg, wie deutsche OEMs auch Fahrzeuge mit Zukunftstechnologie etablieren wollen. Diesen Eindruck bekam jedenfalls die TesTneT Engineering GmbH, als deren Mitarbeiter nach Brennstoffzellenfahrzeugen deutscher Hersteller suchten, stattdessen aber nur auf die Spitze getriebene Exklusivität vorfanden: „Es gibt ein paar Prototypen und zahlreiche Ankündigungen, aber definitiv kein einziges Auto, das ein Normalbürger einfach so fahren, geschweige denn kaufen könnte – weder für Geld noch für gute Worte." Hier ist ihr Erfahrungsbericht.

Da wir aber aus verschiedenen Gründen ein Brennstoffzellenfahrzeug als Firmenwagen haben und fahren wollten, haben wir unsere Wünsche an die Möglichkeiten angepasst und einen *Hyundai ix35 fuel cell* gekauft. Das ging verblüffend einfach: Wir hatten eine der gängigen Online-Autobörsen geöffnet, bei der Kraftstoffart „Wasserstoff" ausgewählt, einen der aufgelisteten Händler kontaktiert, gut 40.000 Euro für eine sogenannte Tageszulassung überwiesen. Ein paar Tage später bekamen wir ein Auto mit eingebauter Zukunft auf den Hof gestellt.

Anmeldung und Versicherung waren kein Problem. Hier hat Linde mit seiner *BeeZero*-Flotte in München bereits ausgetretene Pfade hinterlassen. So konnten wir nach der Anschaffung einiger CEP-Tankkarten ganz einfach losfahren. Und seitdem sind wir gefahren und gefahren, in den ersten neun Monaten etwa 24.000 km. Weder Fahrzeug noch Infrastruktur haben währenddessen Probleme bereitet.

Natürlich mussten wir bei manchen Touren die Reiseroute an das zwar wachsende, aber immer noch eingeschränkte Tankstellennetz anpassen und natürlich gibt es Dienstreisen, die mit verfügbaren Tankstellen in Kombination mit der tatsächlichen Reichweite des Hyundai nicht darstellbar waren, weshalb wir diese mit einem konventionellen Fahrzeug absolvieren mussten. Das ist wohl der Preis der Exklusivität, immerhin geht es bisher um einen kleinen Zirkel von nur etwa 300 FCEVs in Deutschland. Kleinigkeiten wie das Fehlen eines Tempomats und die geringe Größe des Akkus, was zum frühzeitigen Aussetzen der „Motorbremse" bei Bergabfahrten führt, sind Schönheitsfehler, die in künftigen Fahrzeuggenerationen behoben sein dürften.

Insgesamt hatten wir aber mit höheren Hürden und schmerzhafteren Nachteilen gerechnet. Die Realität hat uns hier positiv überrascht.

AHNUNGSLOSIGKEIT UND UNVERSTÄNDNIS Überrascht haben uns auch immer wieder die Kommentare aus unserem Umfeld: Einerseits haben wir große Begeisterung und ehrliche Bewunderung von Vertretern der Wasserstoffszene erlebt, andererseits offenes Unverständnis und weitgehende Ahnungslosigkeit von vielen anderen. Bemerkenswert ist, dass sogar technisch Interessierte anscheinend meist nicht wissen, dass ein Brennstoffzellenfahrzeug einen Elektro- und keinen Verbrennungsmotor besitzt, dass Wasserstoff als Gas und nicht als Flüssigkeit mitgeführt wird, dass die Energiezufuhr in wenigen Minuten und nicht über Stunden erfolgt, dass ein Brennstoffzellenfahrzeug der natürliche Partner und nicht der Feind des Batteriefahrzeugs ist, usw.

All diese Denkweisen sind nachvollziehbar, unter anderem, weil die Öffentlichkeit aus unserer Sicht bei diesem Thema nicht gut informiert wird, weil sie mit Verbrennungsmotorautos aufgewachsen ist und weil selbst Minimal-Technikbegeisterte ein Minimal-Technikverständnis für konventionelle Fahrzeugtechnik entwickelt haben. Andererseits dürfen in Zukunft nicht allein die Technik und die Begeisterung dafür im Vordergrund stehen, schließlich sollen die Autos dann nicht mehr nur an einschlägig vorbelastete Ingenieure verkauft werden.

Wichtiger werden dann wohl die bereits jetzt bekannten und gängigen Kriterien für den Kauf eines Fahrzeugs wie Design, Kosten, Nutzen, Image etc. Erfolgreiche Automobilfirmen sind offensichtlich in der Lage, diese Kriterien in Bezug auf konventionelle Fahrzeuge zu erfüllen. Was hält sie dann davon ab, diese Strategie auf Brennstoffzellenfahrzeuge zu übertragen?

GEDANKENANSTÖSSE Das vielbeschworene „Henne-Ei-Problem" im Hinblick auf die Anzahl verfügbarer Tankstellen und verkaufter FCEVs löst sich immer mehr auf, da die Zahl der Wasserstoffstationen kontinuierlich steigt. Ende 2017 waren in Deutschland mehr als 60 H_2-Standorte einsatzbereit, die oft genannte „magische Grenze" von 100 wird wohl bald erreicht werden. Zumindest in Großstädten (Berlin, Hamburg, München, Stuttgart, Frankfurt) und Ballungsräumen (Ruhrgebiet, Rhein-Neckar-Raum) ist bereits jetzt eine auch für Normalbürger akzeptable Zahl an Tankstellen in Betrieb.

In puncto Design, Bedienung und Funktionalität sollte es eigentlich kaum Probleme beim Übergang von konven-

tionellen zu Brennstoffzellenfahrzeugen geben. Eingespielte Marketing- und Vertriebswege sollten auch in einem FCEV-Markt funktionieren, was der lange gewachsenen Struktur der OEMs entgegenkommen dürfte. Quasi als Bonus bietet sich bei FCEVs der Marketing-Aspekt Nachhaltigkeit/Umweltfreundlichkeit an.

In der Öffentlichkeit wird bereits seit einigen Jahren mit großer Resonanz nach einem „Mobilitätskonzept der Zukunft“ gesucht. Bisher liegen keine Anzeichen dafür vor, dass das Interesse an diesem Thema in nächster Zeit verschwinden könnte. Im Gegenteil: Durch die Koalitionsverhandlungen und die unterschiedlichen Ansichten der beteiligten Parteien ist es erneut in den Vordergrund gerückt. Der Zeitpunkt für die Einführung neuer, nachhaltiger Technologien im Automobilbereich wäre also günstig, die öffentliche Aufmerksamkeit ist garantiert. Diese Erkenntnis muss aber wohl in einigen Marketingabteilungen erst noch ankommen: Die am Thema interessierte Bevölkerung lässt sich jedenfalls von „Erfolgsmeldungen“ wie dem neuen Beschleunigungsrekord eines 1.500 PS starken Bugatti nicht mehr beeindrucken.

Die Kosten für Kauf und Betrieb des Fahrzeugs liegen in unserem konkreten Fall in einem recht überschaubaren Bereich. Natürlich hätten wir für das gleiche Geld ein konventionelles Auto mit besserer Ausstattung erhalten können, mit Blick auf die Stückzahlen halten wir die Anschaffungskosten aber für fair, wenngleich hier wohl noch eine deutliche Subventionierung durch den Hersteller vorliegen dürfte. Auch die Betriebskosten müssen den Vergleich mit einem benzinbetriebenen Auto nicht scheuen. Es ist klar, dass in den Bereichen H_2-Erzeugung und -Verteilung und der für die Betankung erforderlichen Infrastruktur noch Verbesserungspotential besteht und die aktuell zu zahlenden 9,50 €/kg_{H2} nicht alle Kosten decken. Studien zeigen jedoch, dass auch dies der noch geringen Verbreitung der Technologie geschuldet ist. So hat beispielsweise Toyota demonstriert, dass sich langfristige Investitionen in neue Antriebskonzepte amortisieren können, wodurch Hybridfahrzeuge für Anbieter und Nutzer mittlerweile wirtschaftlich geworden sind.

Das Image von Fahrzeugen lässt sich teilweise über Politik, vor allem aber über Medien steuern: BEVs haben es in der Öffentlichkeit zu einer ungeahnten Prominenz bezüglich Rezeption und Berichterstattung gebracht. Vielleicht als Resultat daraus sind sie in der Bevölkerung meist positiv besetzt. Im Gegensatz dazu wird außerhalb von Fachmedien über FCEVs nicht nur deutlicher seltener berichtet. Aus den wenigen veröffentlichten Beiträgen wird oft ein mehr oder weniger eklatanter Mangel an Recherchewissen und Verständnis deutlich. Die aus Professionals und Experten bestehende „Wasserstoff-Familie“ ist also mehr denn je gefordert, die Technologie bekannter zu machen, Aufklärung zu leisten und vorhandene Ängste zu nehmen. Einen wichtigen Beitrag dazu können und müssen die Automobilfirmen leisten, einerseits aufgrund ihrer Bekanntheit und Bedeutung, andererseits aus schierem Eigeninteresse.

In Bezug auf den Nutzen eines Fahrzeugs werden immer wieder Reichweite und Kofferraumvolumen genannt. Beides sei ein Problem in Brennstoffzellenfahrzeugen. Warum eigentlich? Ein SUV-förmiges Auto hat eine Grundfläche von ca. 7 m² bei einer durchschnittlichen Höhe von etwa 1 m. Kann es so schwer sein, in 7 m³ genügend Raum für Menschen, Koffer und paar Kilogramm Wasserstoff zu schaffen? Für eine theoretische Reichweite von 1.000 km werden gut 10 kg H_2 benötigt. Diese Wasserstoffmenge hat bei Verwendung von 700-bar-Technik ein Volumen von etwa 0,25 m³. Mit allem Drum und Dran wird also ungefähr ein halber Kubikmeter und damit deutlich weniger als zehn Prozent des Fahrzeugvolumens benötigt. Das mag problematisch sein, wenn Wasserstofftechnik in Autos von Gestern integriert werden soll. Dann kommt es vor, dass Kuriositäten wie die Installation eines Wasserstofftanks in den Kardantunnel realisiert werden müssen. Solche Verrenkungen könnte man sich ersparen, wenn neue Fahrzeugmodelle um die H_2-Technik herum entwickelt werden. So gesehen und gefahren in Japan und Korea.

FAZIT Als Anbieter von Tests mit Wasserstofftanks und -komponenten verfügen wir über eine Erfahrung von fast 20 Jahren auf diesem Gebiet und wissen um die Komplexität insbesondere der 700-bar-Technik. Uns ist daher klar, dass es mühsam ist und viel Arbeit erfordert, die Technik zur Marktreife zu entwickeln. Natürlich braucht es Zeit, nennenswerte Stückzahlen von Brennstoffzellenfahrzeugen auf die Straßen zu bringen. Dennoch bleibt zu hoffen, dass es mit der angesprochenen Exklusivität bald vorbei ist und die Normalität, die wir beim Betrieb unseres FCEVs tagtäglich erleben, für viele Menschen in naher Zukunft selbstverständlich wird – und das bitte nicht nur in Asien. ||

Autor:

Dr. Marius Herr
TesTneT Engineering GmbH, München
→ herr@h2-test.net

Thema: Elektromobilität | **Autor:** Artur Braun

ICH SEHE DAS VIEL POSITIVER

Kommentar zum HZwei-Editorial „H_2-Betankung in Deutschland“ im April-Heft 2017

Ich habe schon 5.000 Kilometer Wasserstoff für Geschäftsreisen hinter mir – mit dem Hyundai *ix35 Fuel Cell* –, nach dem Motto: „Das wollen wir doch mal sehen, ob das Fuel Cell Electric Vehicle nur ein City-Auto für kurze Reichweiten ist.“ Zuerst von Zürich nach Lausanne, dann nach Basel, Berlin, Luxembourg. Dann nach Straßburg und zuletzt nach Darmstadt.

Gewiss: Die Organisation von Fernreisen fordert etwas Vorbereitung. Ohne CEP-Karte hätte ich nicht nach Berlin gekonnt. Aber ich habe eine CEP-Karte bekommen, und sie hat immer funktioniert.

Bei ST@RT Hürth bei Fürth Chemie nahe Köln konnte ich gratis tanken, wenn auch nur mit 350 bar und telefonischer Anmeldung. Aber es hat funktioniert. Der Wasserstoff ist dort ein Nebenprodukt der chemischen Industrie.

Bei COOP Pronto in Hunzenschwil, Schweiz, kann man mit Kreditkarte Wasserstoff bei 700 bar tanken, aber es werden 150 Franken als Deposit auf der Kreditkarte einbehalten. Der Wasserstoff kommt dort aus einem Wasserkraftwerk im benachbarten Aarau: sauberer Wasserstoff aus nachhaltiger Produktion.

Der Wasserstoff am Fraunhofer ISE in Freiburg kommt aus Sonnenenergie – Tanken mit CEP-Karte.

Bei uns an der Empa [Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Anm. d. Red.] kümmert sich das Garagenpersonal um die Betankung der Fahrzeuge. Wir haben eine eigene H_2-Tankstelle mit Elektrolyseur.

Für all diesen Wasserstoff braucht kein Öltanker durch den Schatt al-Arab oder durch den Suez-Kanal zu fahren.

Ich bin froh, dass man mich in die H_2-Tanktechnik vor Ort bei COOP Pronto und bei der Shell-H_2-Tankstelle in Geisingen an der A81 eingewiesen hat. Als interessierter Kraftfahrer :-) konnte ich dabei auch sonstiges Interessantes erfahren.

Zurzeit müssen wir „neuen Wasserstoffpioniere“, die wir nur fahren und noch nichts an Infrastruktur organisiert und erst recht nichts gebaut haben, zusammenhalten. Ich denke, es ist sehr viel erreicht worden, und die Zukunft heißt Wasserstoff.

Ich musste keine lange Batterieladepause in Geiselwind einlegen. Wasserstoff tanken geht so schnell wie Benzin tanken. Und das FCEV fährt lautlos wie ein deutsches U-Boot.

Habe mir übers Wochenende einmal ausgerechnet, wie viel Energie der Hyundai ix35 an Superbenzin verbraucht – oder aber wie viel Wasserstoff für dieselbe Strecke. Für den Verbrennungsmotor (bei allen Fahrzeugen auf der Welt) ist das Ergebnis niederschmetternd. Die Brennstoffzelle hingegen steht glänzend da.

Den Hyundai kann man schon von der Stange kaufen, und man kommt mit ihm durch große Teile von Europa. Von Bergen nach Bozen, von Berlin bis Großbritannien. Toyota verkauft den *Mirai,* Honda hat ein FCEV auf den Markt gebracht, und Hyundai stellt schon weitere Modelle vor.

Während meiner Doktorarbeit am Paul-Scherrer-Institut habe ich die Brennstoffzellenforschung für Automobile in unserer Abteilung am Rande mitverfolgen können. Es war allerdings nie mein Forschungsstand- und Arbeitsgebiet. Während meines Sabbaticals in Hawaii 2010 belächelte ich noch den Chrysler FCEV, der nicht selber fuhr, sondern auf einem Autotransporter aufgeladen war.

Aber nach knapp zehn Jahren Forschung an sauberem Wasserstoff staune ich, dass die Automobilentwicklung von FCEV auf der Straße und beim Kunden, beim Autofahrer, angekommen ist.

Auf meiner Fahrt von Zürich nach Berlin, wo ich am *BESSY* Experimente zu solarem Wasserstoff machte, hatte ich Messinstrumente ins Auto geladen. Nur ein Tankstopp in Geiselwind bei Würzburg war dafür nötig. Ich nutzte mit meinen Kollegen und Gästen aus Korea die Gelegenheit, mit dem Hyundai bei H2-Mobility am Sachsendamm vorbeizufahren und mich über den Status quo zu informieren.

Die haben sich ein hohes Ziel gesetzt, bis 2023 insgesamt 400 H_2-Tankstellen in Deutschland zu betreiben. Von anderer Seite erfuhr ich, dass ein großer deutscher Automobilhersteller kurz davor ist, jährlich eine sehr große Zahl FCEV vom Band auf die Straße zu lassen.

Wenn ich mir meine eigenen Erfahrungen aus der Retrospektive beschaue, ist das Fahren mit Wasserstoff inzwischen schon so etwas wie ein normaler Vorgang.

Gerade im Moment lade ich mir die neue H2.Live-Tankstellen-App auf mein iPhone.

Ich bin begeistert! ||

Autor: Dr. Artur Braun, verfasst Juni 2017

AVL Team SUITE™

AVL REVOLUTIONIERT DIE BRENNSTOFFZELLENENTWICKLUNG

Freie Fahrt für nachhaltige Mobilität

Durch die Verschmelzung des Know-Hows von AVL und Greenlight Innovation wird eine lückenlose Entwicklungsplattform für Brennstoffzellenfahrzeuge geschaffen. Die bewährte und zuverlässige Toolkette für Verbrennungskraftmaschinen ist nun auch maßgeschneidert für Brennstoffzellentechnologie (BZ) verfügbar und revolutioniert die heutige Entwicklung solcher Fahrzeuge. Zum Beispiel können nun Konzepte für das Energiemanagement als Hardware-in-the-Loop-Modell direkt am Prüfstand in Echtzeit mit real vorhandenen Antriebsstrangkomponenten kombiniert werden. Zudem besteht die Möglichkeit, Subsystem-Teststände zu einem virtuellen Fahrzeug zu vernetzen und auf Herz und Nieren zu erproben.

Mithilfe der userfreundlichen Automatisierungssoftware AVL PUMA Open 2™ werden komplexe Testläufe einfach abgebildet. Die daraus gewonnenen Daten können effizient mit unterschiedlichen Softwarelösungen aus der AVL Team SUITE™ ausgewertet und weiter verwendet werden. Das Zusammenspiel aller einzelnen Komponenten eröffnet eine neue Dimension der Brennstoffzellenentwicklung.

IHRE VORTEILE

- Hochdynamische Testumgebung mit vollausgestattetem virtuellem Environment
- Intuitive Bedienbarkeit durch flexible Echtzeit-Automatisierungsplattform AVL PUMA Open 2™
- Smarte Unterstützung der BZ-Entwicklung durch frühzeitige Online-Diagnose der BZ-Degradation
- Zeit- und kostenoptimierte Entwicklung mittels durchgängiger, über Jahrzehnte optimierte AVL-Toolkette zur Entwicklung von Fahrzeugen

Besuchen Sie uns auf der Hannover Messe (Halle 27, Stand C 66) **vom 23.-27. April**

www.avl.com/fuel-cell

Thema: Elektromobilität | **Autoren:** Martin Robinius, Detlef Stolten

INFRASTRUKTURVERGLEICH ELEKTROMOBILITÄT

Betankung mit Wasserstoff versus elektrisches Laden

Elektrische Antriebe sind der Schlüssel zu einem klimafreundlichen Verkehr, basierend auf erneuerbaren Energien. Die lokale Emissionsfreiheit des Verkehrs ist eine weitere wichtige Voraussetzung, um zukünftig die Lebensqualität vor allem in Ballungszentren erheblich zu verbessern. Sowohl Batterie- als auch Brennstoffzellenfahrzeuge erfüllen diese wichtigen Kriterien. Für beide Technologiepfade sind jedoch neue Infrastrukturkonzepte notwendig.

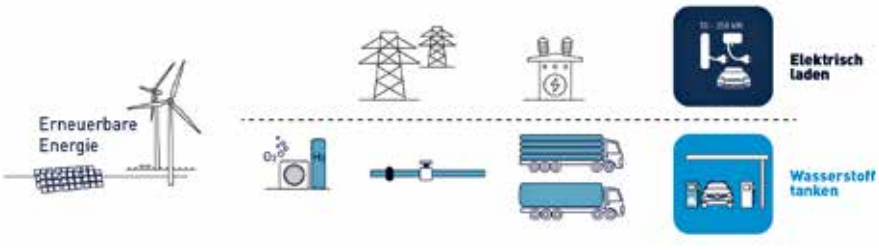


Abb. 1: Schematische Darstellung der untersuchten Versorgungsinfrastrukturen

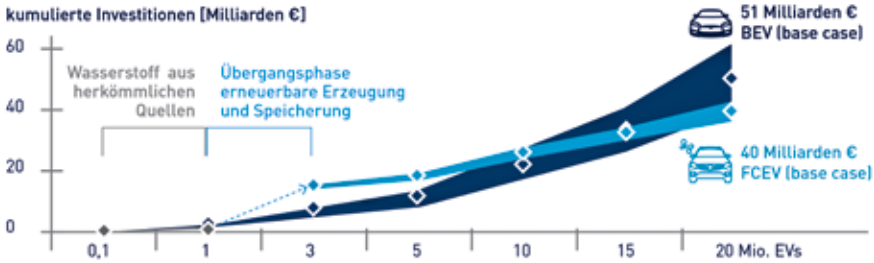


Abb. 2: Vergleich der kumulierten Investitionen für den Infrastrukturaufbau

Abb. 3: Vergleich der CO_2-Emissionen und Strombedarfe pro km bei 20 Mio. Fahrzeugen [Quellen: H2 MOBILITY / FZ Jülich, Robinius et al.]

Die vom Forschungszentrum Jülich durchgeführte Studie umfasst eine detaillierte Auslegung und Untersuchung der notwendigen Infrastrukturen für unterschiedliche Marktdurchdringungen von batterieelektrischen Fahrzeugen sowie von Wasserstoff-Brennstoffzellen-Elektrofahrzeugen in Deutschland. Sie beantwortet die Frage, wie hoch die Investitionen, Kosten, Wirkungsgrade und Emissionen der jeweiligen Infrastrukturen zur Versorgung von einigen Hunderttausend bis hin zu mehreren Millionen Fahrzeugen mit Strom oder Wasserstoff sind.

Aktuell stehen beide Technologien noch am Anfang ihrer Marktentwicklung. Die Auslegung sowie die Anpassung der benötigten Infrastruktur an die jeweilige Marktdurchdringung der Fahrzeuge ist bislang unklar. Weiterhin müssten die Infrastrukturen auch Optionen zur Integration von Stromüberschüssen bieten, welche zukünftig in von erneuerbaren Energien dominierten Energiesystemen entstehen werden.

Die Studie beinhaltet neben der detaillierten Auslegung der Infrastrukturen auch die Offenlegung der getroffenen Annahmen. Hierdurch wird eine transparente Grundlage geschaffen, die im weiteren Werdegang anhand neuer Erfahrungswerte angepasst werden kann und eine faktenbasierte Diskussion ermöglicht.

ERGEBNISSE Die Szenarioanalysen zeigen, dass die Investitionen in den Infrastrukturausbau für beide Technologiepfade bei geringen Beständen bis hin zu einigen Hunderttausend Fahrzeugen nahezu gleich sind. Zunächst würde dabei in der Übergangsphase eine Umstellung der Wasserstofferzeugung auf die ausschließliche Nutzung von regenerativem Überschussstrom erfolgen, welche durch den Bau von saisonalen Wasserstoffspeichern zur Überbrückung von 60 Tagen flankiert würde. Dieses Konzept ermöglicht die Versorgung mit grünem Wasserstoff. In der Anfangsphase wären hierfür allerdings höhere Investitionen erforderlich als bei der Ladeinfrastruktur.

Für das Laden der Batteriefahrzeuge ist in der Studie keine saisonale Speicherung in der Stromversorgung berücksichtigt, die für eine sichere Versorgung mit 100 % erneuerbarem Strom notwendig wäre. Vergleicht man nun die kumulierten Investitionen beider Konzepte für eine hohe Marktdurchdringung von 20 Mio. Fahrzeugen, liegen die Investitionen für eine Ladeinfrastruktur mit rund 51 Mrd. € deutlich höher im Vergleich zur Wasserstoffinfrastruktur (rund 40 Mrd. €, s. Abb. 2).

Die resultierenden kilometerspezifischen Kosten sind bei hohen Marktdurchdringungen für beide Versorgungskonzepte annähernd gleich. Sie liegen im Durchschnitt bei 4,5 Eurocent pro Kilometer für das elektrische Laden und bei 4,6 Cent/km für Wasserstoff. Da die elektrische Erzeugung (Elektrolyse) und Speicherung des Wasserstoffs die Nutzung von sonst nicht nutzbarem erneuerbarem Strom direkt vor Ort ermöglicht, wird die geringere energetische Effizi-

enz des Wasserstoffpfades annähernd durch die niedrigeren Kosten des Überschussstrombezugs ausgeglichen.

Für das Szenario mit 20 Millionen Brennstoffzellenfahrzeugen werden 87 TWh Überschussstrom für die Elektrolyse und zusätzlich 6 TWh Strom aus dem Netz (Transport und Verteilung des Wasserstoffs) benötigt. Das Laden von 20 Millionen Batteriefahrzeugen erfordert 46 TWh Strombezug aus dem Verteilnetz. Die Effizienz der Ladeinfrastruktur und der Fahrzeuge ist höher, aber die Flexibilität der Stromnachfrage ist auf kürzere Zeiträume begrenzt. Die Überschussstrommenge im unterstellten Energieversorgungsszenario mit hohen erneuerbaren Anteilen übersteigt daher den Bedarf zur Versorgung von 20 Millionen Fahrzeugen in beiden Infrastrukturpfaden um den Faktor drei bis sechs.

Durch die Nutzung von Überschüssen an erneuerbarem Strom und von Netzstrom mit hohem Anteil an erneuerbaren Energien sind die kilometerspezifischen CO_2-Emissionen für beide Versorgungsoptionen gering im Vergleich zur Nutzung fossiler Kraftstoffe. Die Wasserstoffinfrastruktur mit inhärenter saisonaler Speicherung kann höhere Anteile überschüssiger erneuerbarer Energien integrieren und ist daher bei der CO_2 Reduktion im Vorteil. Jedoch kann eine auf die Verfügbarkeit von erneuerbarem Strom ausgerichtete Ladestrategie der Batteriefahrzeuge deren CO_2 Emissionen weiter mindern.

FAZIT Für den Verkehrsbereich ist festzustellen, dass beide Infrastrukturen wichtige Bausteine sind, um klimaverträgliche, saubere und erneuerbare Verkehrskonzepte zu realisieren. Eine intelligente und komplementäre Kombination aus beiden Infrastrukturen kann die Stärken der Wasserstoffinfrastruktur mit den Stärken des elektrischen Ladens verbinden und weniger zukunftsfähige Einzellösungen mit geringerer Systemfähigkeit oder Effizienz vermeiden. Vorteilhaft im Sinne von Systemlösungen kann eine Fokussierung auf das leichter zu erreichende Ziel der Übernachtladung von Batteriefahrzeugen für den Kurzstreckenverkehr sein und die Herausforderungen im Langstrecken- und Schwerlastverkehr mit Wasserstoff anzugehen. Insofern kann eine Hybridstrategie zum Aufbau beider Infrastrukturen eine deutliche Steigerung der Nutzung von erneuerbaren Energien und der Effizienz sowie eine signifikante Minderung der CO_2 Emissionen über möglichst viele Verkehrsbereiche und Einsatzzwecke hinweg ermöglichen.

Die für die Realisierung notwendigen Investitionen sind für beide Infrastrukturen im Vergleich zu anderen Infrastrukturen, wie zum Beispiel dem Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung oder dem Erhalt sowie Ausbau von Verkehrswegen, gering. Zwar besitzt die Ladeinfrastruktur eine höhere Energieeffizienz als der Wasserstoffpfad, allerdings wird eine Wasserstoffinfrastruktur zukünftig als Schlüsselelement zur erweiterten Nutzung von saisonalen Stromüberschüssen auch in anderen Energiesektoren (z. B. Industrie) gesehen. Aus Gesamtsystemsicht bietet Wasserstoff somit das Potential, auch sektorübergreifende Energieversorgungskonzepte zu realisieren. ||

→ Download: http://hdl.handle.net/2128/16709
→ FZ Jülich in Hannover: Halle 27, Stand D68

Autoren:

Dr.-Ing. Martin Robinius
→ m.robinius@fz-juelich.de

Prof. Dr.- Ing. Detlef Stolten
→ d.stolten@fz-juelich.de
Beide vom Forschungszentrum Jülich, Institut für Energie- und Klimaforschung

DER H²ESLA AUS HOOGEZAND

Quelle: Holthausen Group

Einen Tesla mit Wasserstoffantrieb, den hat Ende 2017 die niederländische Holthausen Group vorgestellt. Und zwar rüstete der Gaslieferant das Tesla *Model S* des 18-jährigen Max Holthausen mit einer Brennstoffzelle und einem Wasserstofftank anstelle eines Akkus aus. Die Reichweite nahm dadurch um mehr als das Doppelte zu, die Beladungszeit drastisch ab. Stefan Holthausen, Geschäftsführer und Gründer des Hoogezander Unternehmens, bezeichnete dieses Modell dann auch sinnigerweise als *H²esla*.

Ganz trivial sei die Umrüstung nicht gewesen, aber wie Holthausen berichtete, habe ein Familienmitglied das Tesla-Betriebssystem so umprogrammiert, dass das Elektroauto auch tatsächlich funktioniert. Ausreichend Know-how ist in dem Familienunternehmen östlich von Groningen vorhanden, da Holthausen Clean Technology eigentlich andere H_2-Fahrzeuge anbietet. Max Holthausen, der bereits zum „grünen Technikpionier" nominiert wurde, erklärte gegenüber *HZwei:* „Normalerweise verkaufen wir dieses Fahrzeug nicht, sondern größere – hauptsächlich Müllwagen, Straßenkehrmaschinen, Stadtbusse und Transporter, aber Teslas sind auch möglich."

Nachdem die ersten Meldungen über den blauen H²esla im Internet kursiert waren, erhielten die Niederländer sofort reichlich Anfragen. Ob allerdings in nächster Zeit tatsächlich Umrüstungen vorgenommen werden, für die nach erster Schätzung 50.000 Euro plus Fahrzeugkosten veranschlagt werden müssten, ist bislang offen. ||

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

KLIXBÜLL UND SPRAKEBÜLL SETZEN MASSSTÄBE

Gemeinden entdecken E-Auto-Carsharing

Sprakebüll ist ein kleines Dorf westlich von Flensburg. Über zig Kilometer hinweg erstrecken sich dort grüne Marschwiesen. Seit Jahrzehnten lebt dort der Großteil der Bevölkerung von der Landwirtschaft. Von den etwa 240 Einwohnern im Ort haben sich 24 vor gut zwanzig Jahren an einem Bürgerwindpark beteiligt. Damals war das noch neu – die Investition risikoreich, aber Wind weht hier eigentlich immer. Somit wurde der Bürgerwindpark ein voller Erfolg, insbesondere durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz. Inzwischen produzieren die Windparks in der Region aber „zu viel" Strom. Deswegen suchten die Nordfriesen nach potentiellen Abnehmern und fanden sie – in Elektroautos und Elektrolyseuren.

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) hat dazu geführt, dass sich die Sprakebüller selbst dann freuen können, wenn sich die Turbinen nicht drehen. Denn wenn ihre Windkraftanlagen abgeregelt werden müssen, obwohl Wind weht, das Stromnetz aber bereits randvoll mit Ökostrom ist, verdienen sie trotzdem Geld – dank der auf zwanzig Jahre garantierten Abnahme- und Vorrangregelung im EEG. Zahlreichen Akteuren in der Region geht es aber gar nicht primär ums Geld. Sie wollen die Energie vielmehr sinnvoll – also nachhaltig – einsetzen.

ÜBERKAPAZITÄTEN FÜR E-AUTOS NUTZEN Seit einigen Jahren gibt es ein stetig wachsendes Überangebot an Windstrom. Diese Überkapazitäten haben dazu geführt, dass viele Schleswig-Holsteiner damit begonnen haben, nach geeigneten Abnehmern für die ausreichend vorhandene elektrische Energie zu suchen – und sie sind unter anderem in der Elektromobilität fündig geworden. Allein im Dezember 2016 wurden in Sprakebüll fünfzehn Elektrofahrzeuge angeschafft, so dass das Dorf die höchste Dichte an E-Mobilen pro Einwohner in Deutschland vorweisen kann. Im Mai 2017 waren es zwanzig Stück.

Die Ortsbewohner profitieren bei der Anschaffung von den günstigen Konditionen, die der Verein e-Mobiles Dorf Sprakebüll e. V. und GreenTEC-Campus aus Enge-Sande mit verschiedenen Herstellern ausgehandelt haben. So zahlen Mitglieder nur vergleichsweise niedrige Leasing-Raten, für einen Renault *Zoe* sind es beispielsweise nur 299 Euro pro Monat (Laufzeit: 4 Jahre, Anzahlung: 2.000 Euro), beim Nissan *Leaf* 281 Euro pro Monat.

Die Vermittlung der E-Fahrzeuge erfolgt über eE4mobile eG, eine Genossenschaft, die im Jahr 2010 mit mehr als 200 Privatpersonen, Unternehmen und Institutionen gegründet wurde. Sie arbeitet mit der GreenTEC-Campus GmbH zusammen, die auf dem gleichnamigen Gelände in Enge-Sande ansässig ist und es sich zur Aufgabe gemacht hat, Elektromobilität mit 100 Prozent erneuerbarem Strom besonders zu fördern. So können unter anderem auf der Teststrecke des Campus' auch kostenlose Probefahrten durchgeführt werden. Aber das ist noch nicht alles.

EIN DORF MACHT ES VOR Ein Dorf weiter in Klixbüll ist das Engagement für Elektromobilität ähnlich groß. Dort gibt es seit 2016 das „Dörps-Mobil", ein frei zugängliches Elektroauto, das im Dorfzentrum als Mietwagen bereitsteht. Dies ist ein Service der Gemeinde für ihre Einwohner und Gäste, insbesondere für diejenigen, die kein eigenes E-Auto besitzen. Finanziell ist diese Dienstleistung leicht zu stemmen für die Klixbüller, denn die 1.000-Einwohner-Gemeinde profitiert über die Gewerbesteuer vom Windstrom. Entsprechend gefüllt ist das Dorfsäckel, so dass ausreichend Geld vorhanden war, um neun Ladepunkte in dem kleinen Ort zu installieren – inklusive Schnelllader.

Einen Reservierungswunsch können Nutzer ganz einfach auf einer Online-Plattform vermerken. Dort kann zudem das Ziel der Fahrt eingetragen werden, so dass gleichzeitig auch Mitfahrer beispielsweise ins nahegelegene Flensburg mitgenommen werden können. Besonders beliebt seien Fahrten mit dem Bürgermeister des Ortes, Werner Schweizer, erzählen die Initiatoren Hans-Christian Andresen und Christian Andresen, als *HZwei* sie in ihrem Solar-Betrieb in Sprakebüll interviewt.

Auch Stephan Wiese, Projektmanager am GreenTEC-Campus in Enge-Sande, bestätigt: „Bürgermeister Werner Schweizer aus Klixbüll ist ein visionärer Macher, der nicht jammert, sondern handelt. Obwohl er in einem Straßendorf lebt, hat er ein e-Carsharing-Projekt auf den Weg gebracht." Dieses Konzept ist auch in anderen Gemeinden derart gut angekommen, dass es bereits etliche Nachahmer gefunden hat. Um denen den Aufbau vergleichbarer Strukturen zu erleichtern, gibt es inzwischen eine entsprechende Anleitung. Wiese berichtet: „Über die Akademie für die ländlichen Räume Schleswig-Holsteins e. V. hat Bürger-

Hans-Christian und Christian Andresen, Vater und Sohn, sind beide Geschäftsführer der Solar-Energie Andresen GmbH in Sprakebüll. Im windigen Norden der Republik kümmern sie sich vornehmlich um den Bau von Solaranlagen. Gleichzeitig sind sie aber auch an zahlreichen Bürgerenergieparks sowie den dazugehörigen Gesellschaften beteiligt. Bei ihnen dreht sich eigentlich alles um Energie, und mit scheinbar nie endender Energie widmen sie sich auch ihren Projekten – und davon gibt es viele, denn Ideen haben sie mehr als genug. Und da sie sich auch nicht von ungeahnten Herausforderungen ausbremsen lassen, haben sie wesentlich dazu beigetragen, Sprakebüll und Klixbüll zu Modellregionen für ganz Deutschland zu machen.

meister Schweizer einen landesweiten Leitfaden auf den Weg gebracht. Das ist quasi die Gebrauchsanweisung für e-Carsharing-Projekte für alle Gemeinden in Schleswig-Holstein."

In dem kostenlosen 80-seitigen Papier ist genau aufgeschlüsselt worden, wie sich das Klixbüller Konzept auf andere Regionen übertragen lässt und woran alles gedacht werden muss, damit innerhalb von drei Monaten ein eigenes Projekt umgesetzt werden kann. Mitte Januar 2018 wurde der Leitfaden während der *Grünen Woche* in Berlin im Beisein der Staatssekretärin des Ministeriums für Inneres, ländliche Räume und Integration von Schleswig-Holstein, Kristina Herbst, offiziell vorgestellt.

In Klixbüll ist die Nachfrage inzwischen so groß, dass mittlerweile ein zweites Dörps-Mobil angeschafft wurde. Bei beiden Fahrzeugen handelt es sich um geleaste Elektrofahrzeuge. Die Mietgebühren betragen für Mitglieder des eigens dafür gegründeten Vereins lediglich 3,50 Euro pro Stunde (Jahresbeitrag: 60 Euro). Dies reiche aber, um die laufenden Kosten zu decken. Aus Klixbüll heißt es: „Bei 90 Stunden Auslastung pro Monat schreibt das Fahrzeug eine schwarze Null."

EIGENINITIATIVE
Der Grundgedanke von Hans-Christian und Christian Andresen sowie deren Projektpartnern trägt bereits Früchte – nicht nur in Schleswig-Holstein, auch in Brandenburg: Der Enthusiasmus der beiden hat sich auf die *HZwei*-Redaktion übertragen, so dass sich jetzt auch der Hydrogeit Verlag dafür einsetzt, in den Gemeinden Kremmen und Oberkrämer nordwestlich von Berlin ein vergleichbares E-Auto-Carsharing-Projekt umzusetzen.

H_2-PRODUKTION STATT EINSPEISUNG Allein die Elektromobilität benötigt aber bislang bei weitem noch nicht die Energiemengen, die zur Verfügung stehen. Deswegen haben in den Nachbardörfern die Windbauern bereits vor Jahren damit begonnen, nach neuen Einsatzmöglichkeiten für ihren Ökostrom zu suchen. Ein wichtiger Grund, warum Alternativen für die Windstromeinspeisung vonnöten sind, ist die Tatsache, dass die ersten Windkraftanlagen in vier bis fünf Jahren aus der gesicherten Einspeisevergütung herausfallen werden. Dann sind die zwanzig Jahre um, innerhalb derer das Erneuerbare-Energien-Gesetz einen verlässlichen Rahmen gewährleistet.

Christian Andresen [Foto: Nina Skripietz]

Der Bürgerwindpark des Windkraftpioniers Reinhard Christiansen (s. Interview HZwei-Heft Jan. 2018) mit seinen sechs Turbinen bei Ellhöft wurde wegen etlicher Verzögerungen erst 2000 fertiggestellt, dafür waren die Anlagen dann allerdings so modern, dass zwischenzeitlich kein Repowering (Ersetzen alter, kleiner Anlagen) nötig war. Darum sind diese Windmühlen direkt an der dänischen Grenze mit die ersten, die in wenigen Jahren aus der garantierten Einspeisevergütung herausfallen werden.

Die Nordfriesen berichteten gegenüber *HZwei*, dass in ihrer Gemeinde aktuell aufgrund der EISMAN-Regelung rund 70 Prozent der Windkraftleistung abgeregelt wird; anderswo sind es rund 60 Prozent. Ihre Idee ist, zumindest einen Teil davon in Form von Wasserstoff zu speichern. Andresen erläuterte: „Pro Megawatt, die der Elektrolyseur an Leistung benötigt, können 6 MW an Windkraftleistung wieder zugeschaltet werden."

Nimmt man die bisherige Entwicklung als Maßstab, dürfte es nicht lange dauern, bis dieser Idee Taten folgen werden. ||

→ www.hzwei.info/download/leitfaden-doerpsmobil.pdf

HYDROGENIOUS KOOPERIERT MIT BROAD OCEAN

Daniel Teichmann

Die Hydrogenious Technologies GmbH kann sich über die Beteiligung neuer Partner freuen. Wie das Erlanger Unternehmen Mitte Januar 2018 bekanntgab, erklärte Zhongshan Broad-Ocean Motor Co., Ltd., mit den Franken eine Kooperationsvereinbarung eingehen zu wollen. Darüber hinaus tätigte Anglo American Platinum eine neuerliche Investition in das Wasserstoffunternehmen. Hydrogenious hatte Ende 2017 eine dritte Finanzierungsrunde gestartet, infolge derer sich sowohl Broad-Ocean aus China als auch der Platinhersteller aus Großbritannien für Beteiligungen entschieden hatten, um in China den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur voranzutreiben.

Dr. Daniel Teichmann, Geschäftsführer von Hydrogenious, kündigte an: „Wir werden die erste LOHC-basierte H_2-Tankstelle Anfang 2019 in China eröffnen." Charles Lu, Gründer von Broad-Ocean, erklärte: „Das Investment und Lizenzabkommen mit Ballard Power Systems im Jahr 2016 markierte den Startpunkt unserer H_2-basierten Aktivitäten. Jetzt nehmen wir den nächsten Schritt zusammen mit Hydrogenious." Seitens Anglo American hieß es dazu: „Wir glauben, dass diese strategische Partnerschaft mit Broad-Ocean Motors die Einführung von Brennstoffzellenfahrzeugen in China, dem weltweit größten Automobilmarkt, beschleunigen wird." ||

→ Hydrogenious in Hannover: Halle 27, Stand B76

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

BRITEN BAUEN BZ-AUTO

Riversimple versucht's über Crowdfunding

Quelle: Riversimple

Die kleine britische Ideenschmiede Riversimple beschreitet komplett neue Pfade, indem sie ihr Brennstoffzellenauto per Crowdfunding finanziert. Aber nicht nur hier betritt das mitten in Wales gelegene Start-up Neuland. Auch der Vertrieb soll anders laufen als bei der Konkurrenz.

Bei ihrem ersten Crowdfunding-Aufruf, der im April 2017 endete, erzielte das 23 Mitarbeiter beschäftigende Kleinunternehmen über 1,28 Mio. Euro. Mit diesem Geld trieben die Ingenieure in der 5.000 Einwohner zählenden Ortschaft Llandrindod Wells die Entwicklung des *Rasa* weiter voran und konstruierten unter anderem ein Bio-Carbon-Chassis, in das Schichten aus Flachs eingewoben sind und das über „Schmetterlingstüren" verfügt. Für die Energieumwandlung setzten sie auf PEMFC-Stacks des Typs *HyPM HD 8-200* von Hydrogenics. Da der Zweisitzer aufgrund seiner Bauweise extrem leicht ist (580 kg), reichen die 8,6 kW aus, allerdings stehen zusätzlich noch Super-Caps als Energiespeicher parat. Für den Vortrieb sorgen vier kleine Radnabenmotoren, die den Kleinstwagen in zehn Sekunden auf die Höchstgeschwindigkeit von rund 97 km/h beschleunigen.

Das Augenmerk legte der Gründer von Riversimple Hugo Spowers auf die Rekuperation: Über 50 % der Bewegungsenergie werden während des Bremsvorgangs zurückgewonnen. Das Ziel sind 70 %. Der dadurch relativ hohe Wirkungsgrad ermöglicht eine akzeptable Reichweite, wobei der Rasa vorrangig für Kurzstrecken konzipiert wurde. Potentielle Kunden sollen sich allerdings gar nicht um mögliche Hürden wie Betankung, Versicherung, Wartung und Kaufpreis Gedanken machen, denn Riversimple will sich selbst um alles kümmern und den Wagen nur vermieten.

Gegenüber der *Welt* sagte Spowers: „Die etablierten Hersteller versuchen, mit ihrem existierenden Modell weiterzumachen." Aber das funktioniere hier nicht, so der Firmenchef. Er erklärte: „Man kann mit dem regulären Geschäftsmodell kein H_2-Auto vermarkten." Der ehemalige Motorsport-Ingenieur möchte stattdessen ein wirklich nachhaltiges Fahrzeug bauen, das während der gesamten Nutzungszeit von im Schnitt 15 Jahren ausgiebig genutzt wird und so die vergleichsweise hohen Produktionskosten erwirtschaftet. Er rechnet mit Gesamtbetriebskosten in Höhe von rund 560 Euro im Monat.

Insgesamt hat Spowers bereits über 12,5 Mio. Euro in diese Idee investiert. 2 Mio. Euro wurden von der EU für einen zwölfmonatigen Test von 20 *Rasa*-Exemplaren in Monmouthshire zugesagt. Um diesen Zuschuss zu bekommen und die ersten zehn Beta-Test-Exemplare bauen zu können, sammelt Riversimple derzeit in einer neuerlichen Crowdfunding-Aktion Spendengelder ein. Aktuell fehlen jedoch noch 30 Prozent, um das erklärte Ziel von 1 Mio. Pfund zu erreichen.

2009 hatte Riversimple bereits ein ähnliches H_2-Auto vorgestellt, das über eine 6-kW-Brennstoffzelle von Horizon Fuel Cell Technologies verfügte (s. HZwei-Heft Juli 2009). ||

Rasa ist die Abkürzung für „Tabula rasa", lateinisch für „sauberer Schiefer".

H_2 SPIELT AB 2020 GRÖSSERE ROLLE

Immer noch ist das Ziel von 50 H_2-Tankstellen in Deutschland, das eigentlich für Ende 2015 gegolten hatte, nicht erreicht – aber bald. Davon geht jedenfalls die H2 Mobility Deutschland GmbH aus, die sich derzeit im Auftrag ihrer Anteilseigner um den Bau und die Inbetriebnahme neuer Wasserstoffstationen kümmert.

So weihte der Parlamentarische Staatssekretär Norbert Barthle Mitte Februar 2018 eine neue H_2-Tankstelle in Wendlingen ein. Insgesamt 1,4 Mio. Euro wurden in diesen Standort des Mineralölkonzerns Shell südöstlich von Stuttgart an der A8 investiert, wobei rund die Hälfte davon Fördergelder waren. Thomas Bystry, Vorsitzender der Clean Energy Partnership (CEP), erklärte anlässlich der Inbetriebnahme: „Wir gehen davon aus, dass dieser alternative Antrieb ab den zwanziger Jahren in Märkten wie Deutschland, England, Benelux und den USA eine immer größere Rolle spielt."

Die Eröffnung von Deutschlands Nummer 44 folgte am 5. März in Ingolstadt – ebenfalls durch Staatssekretär Barthle. Hier handelt es sich um eine Total-Tankstelle, die sich in der Manchinger Straße unweit der Autobahnabfahrt Ingolstadt Süd an der A9 befindet. Ende 2017 war zudem noch eine mit 900.000 Euro geförderte Station in Hirschberg an der Bergstraße bei einem Total-Autohof an der A5 fertiggestellt worden.

Darüber hinaus soll demnächst eine weitere Station an der A5 entstehen – und zwar in Bad Homburg. Die hessische Kreisstadt hatte den Zuschlag beim zweiten Standortaufruf durch H2 Mobility erhalten, auf den hin sich über 13 Regionen beworben hatten – nicht zuletzt ein Erfolg des Engagements der Gaertner & Roesebeck Unternehmensberatung GmbH, die aktiv für Wasserstoff als Kraftstoff geworben und viele Akteure von dieser Mobilitätsvariante überzeugt hatte. Mit ausschlaggebend für die Erteilung des Zuschlags war zudem, dass die Stadt angekündigt hatte, ihr Carsharing-Programm um H_2-Autos erweitern zu wollen. Der Standort wird auch im Rahmen des EU-Projekts *Hydrogen Mobility Europe* (*H2ME*, Details folgen im s. HZwei-Heft Juli 2018) gefördert.

Abb. 1: P.-E. Franc, Air Liquide; N. Iwan, H2 Mobility, K. Bonhoff, NOW; S. Mißlbeck, Bürgermeister Ingolstadt; T. Strauß, Total Deutschland; M. Spieß, Total (v. l.) [Quelle: CEP]

Projektleiter Lorenz Jung von H2 Mobility sagte dazu: „Trotz der recht knappen Bewerbungsperiode haben die Regionen BürgerInnen und Unternehmen mobilisieren können. Unsere Erwartungen wurden weit übertroffen. Die Marktaktivierung rund um Wasserstoff hat eindeutig begonnen. Aber nicht nur das Bekenntnis der Unterzeichnenden begeistert, auch die Qualität der Bewerbungen ist beeindruckend: Systemintegration, H_2-Produktion aus erneuerbaren Quellen, Mobilitätskonzepte machen deutlich, dass Wasserstoff eine wichtige Rolle beim Umbau unseres Energiesystems spielen wird.“ ||

VDA: MATTES LÖST WISSMANN AB

Bernhard Mattes [Quelle: VDA]

Der Verband der Automobilindustrie (VDA) hat Anfang 2018 einen neuen Präsidenten gewählt. Am 30. Januar votierte der Vorstand in Berlin einstimmig für Bernhard Mattes. Er löst damit Matthias Wissmann ab, der diesen Posten seit Juni 2007 innehatte, dessen Vertrag aber jetzt ausgelaufen war. Mattes war von 2002 an Vorsitzender des Vorstands der Ford-Werke AG und nach deren Umfirmierung bis Ende 2016 Vorsitzender der Geschäftsführung der Ford-Werke GmbH. In dieser Zeit war er auch Mitglied des VDA-Vorstandes und zudem von 2002 bis 2004 VDA-Vizepräsident.

Arndt G. Kirchhoff, VDA-Vizepräsident und Geschäftsführender Gesellschafter der Kirchhoff Gruppe, sagte: „Die Entscheidung wurde von allen drei Herstellergruppen im Vorstand und Präsidium einstimmig getroffen. Der VDA ist auch deshalb so stark, weil hier Hersteller und Zulieferer unter einem Dach vertreten sind. Dieses besondere Verhältnis kennt Herr Mattes gut, denn er war selbst viele Jahre im Verband aktiv.“

Zur zukünftigen thematischen Ausrichtung des VDA sagte Mattes: „Unsere Industrie steht in einem historischen Umbruch, der geprägt wird von den großen Trends der Elektrifizierung und Digitalisierung, des autonomen Fahrens und neuer Mobilitätskonzepte, aber auch der Herausforderung weiterer Verbrauchs- und Emissionsreduzierung. Es geht darum, die internationale Wettbewerbsfähigkeit dieser Schlüsselbranche, die von zentraler Bedeutung für den Industriestandort Deutschland ist, zu sichern und auszubauen.“ ||

WHEC
22nd WORLD HYDROGEN ENERGY CONFERENCE 2018
Rio de Janeiro

Welcome to Brazil!

22nd WORLD HYDROGEN ENERGY CONFERENCE

June 17–22, 2018
Rio de Janeiro, Brazil

- High-profile conference
- Poster session
- Trade fair
- Gala dinner
- Workshops
- Welcome reception
- Technical tours
- Touristic tours

Ms. Sandra Bilz
sandra@whec2018.com
www.whec2018.com

Pictures: Daniel Snege/Acervo Itaipu Binacional; COPPETEC

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

MIT SOLARENERGIE IN EINE SAUBERE ZUKUNFT

Photoelektrochemische H_2-Herstellung

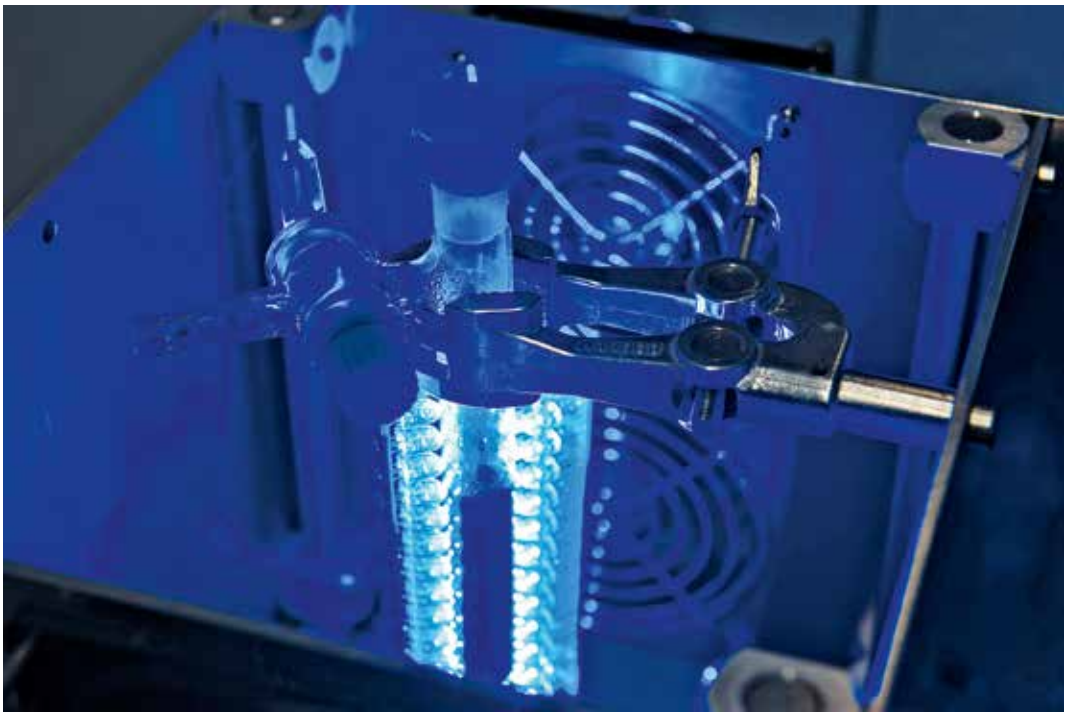


Abb. 1: Photoreaktor zur Charakterisierung der photokatalytischen Wasserstoffherstellung [Quelle: Elvira Eberhardt/Uni Ulm]

Die Sonne ist heiß – sehr heiß. Per Strahlung gelangen tagtäglich Unmengen an Energie zur Erde. Über Jahrmillionen hinweg hat sich die Natur an diese stetige Energiezufuhr angepasst und ausgefeilte Mechanismen entwickelt, um diese Energie sinnvoll zu nutzen. In ungleich kürzerer Zeit ist es Wissenschaftlern innerhalb der vergangenen 20 Jahre gelungen, die Sonnenstrahlung per Photovoltaik in Strom umzuwandeln – mit inzwischen vergleichsweise hohem Wirkungsgrad. Jetzt werden die Bemühungen forciert, die Solarenergie auch für die Wasserstoffherstellung nutzbar zu machen, doch das ist gar nicht so einfach – weder im Kleinen – wie hier – noch im Großen (s. S. 46).

Das Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH leitet derzeit ein europaweites Forschungsprojekt, in dem innerhalb von vier Jahren ein wirtschaftliches Verfahren für eine solare Wasserstofferzeugung entwickelt werden soll. Im Rahmen von *PECSYS* (Photo-ElectroChemical SYStem for solar hydrogen production) sollen Photovoltaikzellen so mit Elektrokatalysatoren kombiniert werden, dass Wasser möglichst effizient in seine Elemente Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten werden kann.

Obwohl auf diesem Forschungsgebiet in den letzten Jahren bereits große Fortschritte erzielt werden konnten, sind immer noch viele Fragen offen. So konnte bislang – anders als bei der Photovoltaik – noch nicht einmal geklärt werden, welcher technologische Ansatz am aussichtsreichen sein könnte. Ein zentraler, aber bisher ungeklärter Punkt ist beispielsweise die Materialfrage.

Dafür sind aber zumindest die Ziele dieses Projekts, das im Rahmen des EU-Forschungsprogramms *Horizon2020* mit 2,5 Mio. Euro gefördert wird, identifiziert: Innerhalb von vier Jahren wollen die beteiligten Partner aus Deutschland, Schweden und Italien die Technologie so weit entwickeln, dass sie mehrere Module mit einer Gesamtfläche von zehn Quadratmetern zu Testzwecken errichten können, um damit die Stabilität sowie den Ertrag auch auf großen Flächen demonstrieren zu können.

Dafür sollen Photovoltaikzellen aus unterschiedlichen Materialien (Silizium, Chalkogenide, Tandemsolarzellen aus Perowskit und Silizium) zusammen mit Elektrokatalysatoren und Membranen analysiert und auch geeignete Versiegelungen untersucht werden. Das Ziel ist, ein kompaktes Bauelement zu entwickeln, das selbst unter extremen Umwelteinflüssen einwandfrei funktioniert.

Zudem soll das Vorführsystem mehr als sechs Prozent der eingestrahlten Solarenergie chemisch in Wasserstoff umwandeln und über mindestens sechs Monate stabil arbeiten. Der auf diese Weise erzeugte Wasserstoff soll außerdem weniger als fünf Euro pro Kilo kosten. Aktuell liegt der H_2-Marktpreis bei acht Euro pro Kilogramm. Projektleiterin Dr. Sonya Calnan vom HZB stellte diesbezüglich fest: „Die Ziele des Projektes sind ehrgeizig und sehr konkret."

GEFORSCHT WIRD ÜBERALL Parallel zu diesem Vorhaben wird auch beim Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG) am Institut für Werkstoffforschung an diesem Thema geforscht. Aber auch in Ulm, München und Kai-

PECSYS
Das EU-Projekt *PECSYS* wird vom Kompetenzzentrum Photovoltaik des HZB koordiniert. Beteiligt ist neben dem Forschungszentrum Jülich auch die Universität Uppsala, Schweden, das Consiglio Nazionale delle Ricerche, Italien, sowie die Unternehmen Solibro Research AB, Schweden, und 3SUN, Italien. Der Startschuss fiel im Januar 2017 am HZB in Berlin.

serslautern hat sich eine interdisziplinäre Gruppe um den Ulmer Professor Sven Rau versammelt, die sowohl die künstliche Photosynthese als auch wasserspaltende Photokatalyse vorantreibt – mit zunehmendem Erfolg. Rau erklärte: „Früher hat eine Reihe solcher Untersuchungen bis zu zehn Jahre gedauert. Jetzt können wir innerhalb von Tagen wichtige Eigenschaften eines Photokatalysators bestimmen und so auch Hinweise auf Optimierungspotentiale erhalten."

Auch in den Niederlanden sowie in der Schweiz wird intensiv auf diesem Gebiet gearbeitet. Wissenschaftler der TU Delft und des FOM Institute for Atomic and Molecular Physics (AMOLF) berichteten im Sommer 2017 in *Nature Communications,* dass es ihnen gelungen ist, eine stabile Photoelektrode zu entwickeln, die mit hohem Wirkungsgrad Licht absorbiert und Wasser direkt in seine Grundbestandteile aufspalten kann. Bislang gab es stets einen Zielkonflikt zwischen Wirkungsgrad und Lebensdauer, so dass die Stabilität abnahm, sobald die Effizienz angehoben wurde beziehungsweise andersherum.

Die Niederländer betrachteten beide Punkte getrennt voneinander und führten die Prozesse erst später zusammen. Zudem setzten sie eine Isolierlage Aluminiumoxid zur Stabilisierung der Silizium-Photoelektrode ein und nutzten Nickel sowie Platin als Elektrode, um die Photospannung zu erhöhen. Durch die Verwendung solch eines Metall-Isolator-Halbleiterübergangs (MIS, metal-insulator-semiconductor junction) hat sich nicht nur die Effizienz, sondern auch die Lebensdauer erhöht (bis zu 200 Stunden). Wilson Smith von der TU Delft erklärte: „Bisherige Systeme schaffen nur wenige Stunden." Da zudem Silizium-Wafer als lichtabsorbierendes Material Verwendung finden, könnte dieser Weg auch kostengünstiger sein als bisherige Versuche.

An der École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) beschäftigte sich Dr. Carlos G. Morales mit den Katalysatoren, die die direkte Erzeugung von Wasserstoff aus Sonnenlicht in einer photochemischen Zelle beschleunigen. Diese müssen optisch transparent sein und gleichzeitig auch die Bildung eines stabilen elektrischen Kontaktes sicherstellen. Morales entwickelte spezielle Katalysatoren, die teils zu rekordbrechenden Wirkungsgraden in der Elektrolyse geführt haben. Für seine Dissertation (Coupling of electrocatalysts to photoabsorbers for solar fuels production) wurde er mit dem ABB-Forschungspreis ausgezeichnet.

Auch in Übersee wird bereits seit Jahrzehnten in dieser Richtung gearbeitet. Wie jedoch Dr. Sam Harrison von der britischen Lancaster Universität vergangenes Jahr in seiner Doktorarbeit feststellte, müssten die experimentellen Arbeiten zur Wasserstofferzeugung mittels Solarenergie im Bereich der Quantentechnologie drastisch intensiviert werden. Es sei zwar aussichtsreich, über die Nutzung von Nanostrukturen die maximal mögliche Photospannung in einer photoelektrochemischen Zelle zu erhöhen, damit die Produktivität der Wassermolekülspaltung erhöht wird. Aber wie Dr. Manus Hayne vom Department of Physics erklärte, sind dafür „Innovationen sowohl in der Materialentwicklung als auch im Gerätedesign erforderlich". ||

PEC
So genannte photoelektrochemische Zellen (PEC) sind kleine Solarzellen, die Wasser per Elektrolyse in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegen können, sobald deren Anode mit Licht beschienen wird.

Mitten im Markt Messe Stuttgart

elect!

Exhibition & Conference
Electrified Mobility

Die Zukunft der Mobilität beginnt hier

elect! bietet mit Fachmesse und Kongress die neue internationale Plattform für Elektromobilität. Als Besucher erwartet Sie eine Vielzahl von technischen Innovationen und Lösungen rund um die Zukunft der Mobilität. **Im Fokus:** Die Entwicklung und Anwendung von CO_2-neutralen Antriebskomponenten, technische Ladeinfrastruktur und die Integration erneuerbarer Energien.
Jetzt Event vormerken und Teil der e-volution werden!

8. – 10. Oktober 2018
Messe Stuttgart

messe-stuttgart.de/elect
#electexpo

Thema: Entwicklung | **Autor:** Martin Roeb

2-STUFIGE HOCHTEMPERATURWASSERSPALTUNG

Demo-Solarturm in Almería installiert

Abb. 1: Frontansicht der drei Reaktorkammern installiert auf dem Solarturm der Plataforma Solar de Almería

Wasserstoff weist ein hohes Potenzial auf, einer der dominierenden Energieträger in allen Bereichen der Energiewirtschaft zu werden, da er ohne kohlenstoffhaltige Rohstoffe und rein unter Nutzung erneuerbarer Energiequellen hergestellt werden kann. Er wird zurzeit als Fahrzeugtreibstoff für Autos, Busse, Lkw und Züge eingeführt. Der Antrieb erfolgt dabei über Brennstoffzellen, die auch in Fahrzeugen spezieller Flotten (z. B. bei Logistikunternehmen oder an Flughäfen) Einsatz finden. Darüber hinaus wird die H_2- und BZ-Technik auch für stationäre Anwendungen eingesetzt, beispielsweise im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung, oder bei Anwendungen, bei denen eine unterbrechungsfreie Stromversorgung erforderlich ist.

Nach wie vor spielt Wasserstoff auch als Zwischenprodukt in der Industrie eine große Rolle (mehrere Hundert Milliarden Kubikmeter weltweit), beispielsweise in der Petrochemie, in der Glas- und Metallherstellung, bei der Produktion von Kunststoffen und Düngemitteln sowie in der Lebensmittelindustrie. Es wird auch verstärkt darüber nachgedacht, das Erdgas im Gasnetz mit Wasserstoff anzureichern, um einen Teil der dort gespeicherten und transportierten fossilen Energie durch eine Energieform zu ersetzen, die kohlenstofffrei ist und sich auf der Basis nachhaltiger, erneuerbarer Energie- und Rohstoffquellen gewinnen lässt.

JAPAN ALS VORREITER Ein in dieser Hinsicht sehr ambitioniertes und konsequentes Programm zur Einführung von Wasserstoff als zentralem Energieträger wird von Japan bereits seit Jahren verfolgt: Im April 2014 wurde vom dortigen Kabinett ein strategischer Plan verabschiedet, der im März 2016 nochmals modifiziert wurde und der den mittelfristigen Weg Japans in eine Wasserstoffgesellschaft skizziert und vorbereitet. Dieser Plan umfasst sowohl technische Aspekte der Herstellung, des Transports und der Speicherung von Wasserstoff als auch gesellschaftliche Aspekte, wie zum Beispiel die Akzeptanz dieser neuen Technologie, und wird daher in enger Abstimmung zwischen Forschung, Industrie, Regierung und Bevölkerung weitergeführt.

Der dafür notwendige Entwicklungsprozess ist in drei Etappen gegliedert: In der ersten Phase, die bereits läuft und bis zum Ende des Jahrzehnts anvisiert ist, wird der Anwendungsbereich für Brennstoffzellen schrittweise erweitert, um Energieeinsparungen zu realisieren und sich eine entsprechende Position auf dem Weltmarkt zu sichern. In der zweiten Phase bis Ende der 2020er Jahre soll ein Versorgungssystem für Wasserstoff etabliert werden, das auf Importwasserstoff basiert, der nicht ausschließlich, aber überwiegend mit erneuerbarer Energie hergestellt wurde. Hier steht vor allem Solarwasserstoff aus Australien und anderen Solarstandorten im Fokus. Dabei ist insbesondere die Versorgungssicherheit ein zentraler Faktor der Motivation.

In der dritten Phase bis 2040 geht es schließlich darum, ein komplett CO_2-freies Wasserstoffversorgungssystem für das ganze Land zu etablieren. Das Beispiel Japan könnte als Blaupause für eine Einführung der Technologie an anderen Standorten weltweit dienen – nicht zuletzt auch für Europa.

H_2-ERZEUGUNG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN Der Vorteil von Wasserstoff ist, dass er sich aus einer große Bandbreite an erneuerbaren Energiequellen herstellen lässt. Erst dadurch wird er zu einem Energievektor, der es möglich macht, diverse energieintensive Techniken mit stark reduzierten oder gar ohne umweltrelevante Emissionen einzusetzen. Dies versetzt eine Reihe von Ländern in die Lage, als Wasserstoffexporteur zu fungieren, und zwar solche Länder, die über umfangreiche, kostengünstige Ressourcen an erneuerbarer Energie verfügen, wie beispielsweise Norwegen, Kanada (Wasserkraft), Nordeuropa (Windkraft) und Australien, Nordafrika, der Nahe Osten, Chile und viele andere mehr.

Die im Hinblick auf den Einsatz erneuerbarer Ressourcen zurzeit am weitesten vorangeschrittene Technologie zur Herstellung von Wasserstoff ist die Wasserelektrolyse. Vor allem im Zusammenhang mit Solarenergie gibt es allerdings eine Reihe von alternativen Herstellungsmethoden, die mittel- bis langfristig das Potenzial haben, die Elektrolyse in Sachen Effizienz zu überbieten. Eine davon ist der sogenannte thermochemische Kreisprozess.

FUNKTION EINES SOLARTURMKRAFTWERKS Diese Alternativen zur Wasserelektrolyse stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Einsatz konzentrierender Solartechnik (insb. Solarturmsysteme), bei der durch die Fokussierung des Sonnenlichts sehr hohe Temperaturen in einem Brennfleck erzeugt werden können. Für die Realisierung einer solarthermochemischen Anlage und auch für den späteren industriellen Einsatz nutzt man eine Vielzahl von Spiegeln, die das Sonnenlicht auf eine Fläche an der Spitze des Solarturms reflektieren und konzentrieren, wo seine Energie in Wärme umgewandelt wird. In Solarturmkraftwerken, die bereits kommerziell verfügbar sind und in vielen sonnenreichen Ländern eingesetzt werden, wird die so erzeugte Wärme zur Stromerzeugung genutzt.

Analog ist es mit solchen Solarturmanlagen möglich, die Wärme zur Durchführung energieintensiver chemischer

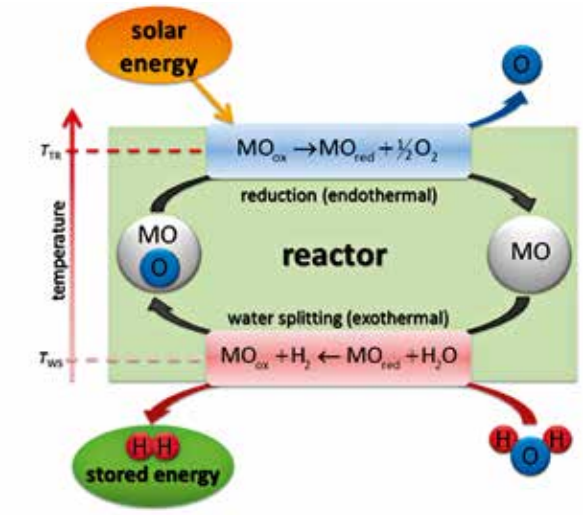


Abb. 2: Schema des solarthermochemischen Kreisprozesses [Quellen: DLR]

Prozesse zu nutzen, beispielsweise um Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff zu spalten. Im ersten Schritt solch eines thermochemischen Verfahrens erhitzt die Sonne ein Metalloxid im sogenannten Receiver-Reaktor auf etwa 1.400 °C. Das Metalloxid gibt bei dieser Temperatur Sauerstoff ab, das heißt, es wird chemisch reduziert.

Im zweiten Schritt, der bei 800 bis 1.000 °C abläuft, strömt Wasserdampf durch den Reaktor. Das reduzierte Material nimmt den Sauerstoff des Wassers auf – es wird chemisch oxidiert – und es wird Wasserstoff erzeugt. Ist das Metalloxid komplett oxidiert, wird der Kreislauf geschlossen, indem es durch den ersten Prozessschritt wieder regeneriert, das heißt in die sauerstoffarme Form zurückgeführt wird (s. Abb. 2). Wird in einem thermochemischen Kreisprozess die notwendige Prozesswärme durch konzentrierte Sonnenstrahlung zugeführt, läuft der Prozess CO_2-frei ab.

Im Rahmen von EU-Projekten hat das DLR-Institut für Solarforschung in Zusammenarbeit mit weiteren europäischen Partnern einen zweistufigen thermochemischen Kreisprozess entwickelt und „solarisiert", das heißt, eine Methode entwickelt und validiert, solare Hochtemperaturwärme in diesen Prozess einzuspeisen. Das Reaktorkonzept in den genannten Projekten sieht dafür die Verwendung keramischer poröser Körper vor, die mit Metalloxid beschichtet sind oder sogar vollständig daraus hergestellt werden. Sie stellen einerseits die Reaktionsoberfläche für die Spaltung von Wasser zur Verfügung und dienen andererseits als Solarabsorber.

Das heißt, diese keramischen Absorber werden mittels konzentrierter Sonnenstrahlung in einer geschlossenen Reaktorkammer auf die notwendigen Prozesstemperaturen erhitzt. Die zweistufige Wasserspaltung wird eingeleitet, indem der erforderliche gasförmige Reaktionspartner Wasserdampf zugeführt wird. Das im zweiten Reaktionsschritt entstehenden Nebenprodukt Sauerstoff kann nach entsprechender Aufbereitung mitvermarktet werden.

ERFOLGREICHE VALIDIERUNG Wissenschaftler des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt trieben in den letzten Jahren in europäischen Projekten die Entwicklung der Redox-Materialien, der für die Durchführung des Prozesses benötigten speziellen Solartechnik und einer geeigneten Betriebsstrategie maßgeblich voran. Dies führte zu einer erfolgreichen Validierung der neuen Technologie unter realen Randbedingungen eines Sonnenofens und eines Solarturms.

Seit 2014 hat das DLR mit seinen Partnern in dem vom europäischen Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking kofinanzierten Projekt *HYDROSOL_PLANT* begonnen, diesen Prozess und die dazu benötigten Komponenten in einem Maßstab zu skalieren, der die Demonstration dieses Prozesses im Feldtest in einer Größenordnung von etwa 750 kW ermöglicht. Das Projektkonsortium hat Ende November 2017 die bislang größte solarthermochemische Anlage zur Produktion von Wasserstoff präsentiert. Dafür haben die Wissenschaftler und Industrieunternehmen gemeinsam das Verfahren der direkten Wasserstoffherstellung durch Sonnenstrahlung erheblich weiterentwickelt. Mit verbesserten Metalloxiden und durch eine geeignete Wahl des Reaktordesigns, das deutliche höhere Wirkungsgrade verspricht, wurde es möglich, die Anlage auf der südspanischen Plataforma Solar de Almería (PSA) aufzubauen. Sie ist damit erheblich größer als die vorherige Entwicklungsstufe, die nur über 100 kW verfügte.

In den kommenden Monaten soll nun die Eignung der Materialien untersucht werden. Dazu wurde das Design des Solarreaktors so verbessert, dass weniger thermische Energie von den heißen Absorberstrukturen an die Umgebung abgestrahlt wird und somit weniger Wärmeverluste auftreten. Insgesamt werden jetzt drei Reaktormodule parallel betrieben (s. Abb. 1), um die jeweils benötigten Zeiten für die Wasserspaltung und die Reduktion des Metalloxids optimal aufeinander abstimmen zu können. Die gewölbten Quarzfenster erlauben zudem einen optimalen Zutritt der gebündelten Solarstrahlung mit minimalen Reflektionsverlusten. Es geht aber nicht nur darum, zu zeigen, dass der Wasserstoff solarthermochemisch in einem Reaktor produziert werden kann, sondern auch darum, dass er auch abgetrennt, gereinigt und für eine spätere Verwendung gespeichert wird. Die dafür notwendigen Gasaufbereitungsstufen sind entsprechend in die Anlage integriert. ||

AUSGEZEICHNET
Die Validierung führte auch zu einer mehrfachen Auszeichnung der Projekte mit wissenschaftlichen Preisen, zum Beispiel mit dem Descartes-Preis der EU.

Außer dem Koordinator, dem griechischen Forschungsinstitut Aerosol and Particle Technology Laboratory (CERTH-CPERI-APTL), arbeiten in diesem internationalen Projekt das DLR, das spanische Forschungsinstitut Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), das niederländische Unternehmen HyGear und das griechische Energieversorgungsunternehmen Hellenic Petroleum zusammen. Das DLR ist dabei maßgeblich für die Entwicklung des Solarreaktors, das Anlagen-Design und die Mess- und Regeltechnik verantwortlich.

Autor:

Dr. Martin Roeb
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Köln
→ Martin.Roeb@dlr.de

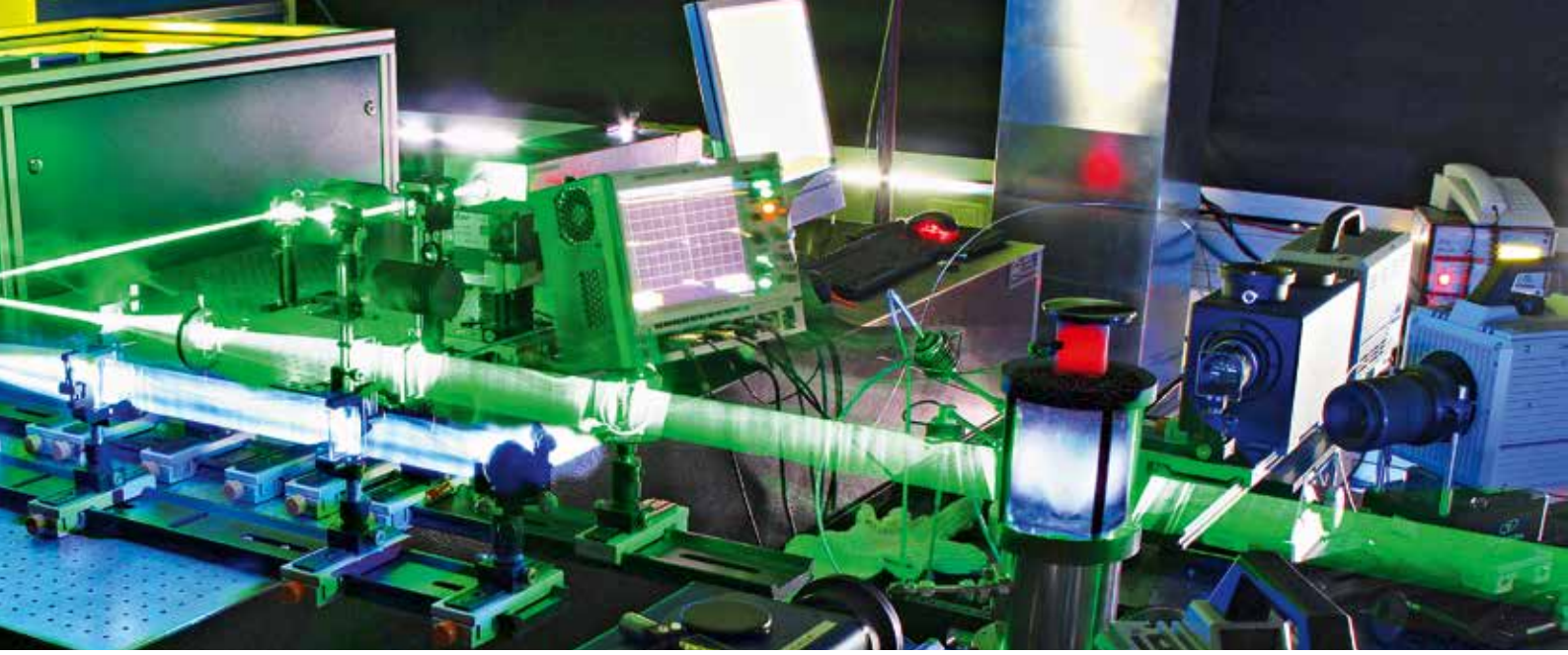


Abb. 1: Stuttgarter Prüfstand mit Lasertechnik im Projekt Hyburn für schnelle und effiziente Messungen [Quelle: DLR, Christoph Arndt]

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

H_2-ANREICHERUNG IN GASTURBINEN

Neue Lasermessmethode am DLR

Wissenschaftler vom Institut für Verbrennungstechnik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Stuttgart entwickeln neue laserbasierte Messmethoden, um die Verbrennungsprozesse in Gasturbinen besser verstehen zu können und Gefahren einzudämmen. Ein zu hoher H_2-Anteil am Gasgemisch könnte die Brennkammer in Gasturbinen zerstören. Entsprechende Forschung und Entwicklung sind wichtig für das Gelingen der Energiewende, denn Wasserstoff kann überschüssigen Ökostrom aus dem Netz speichern und bei Bedarf wieder effizient in Gasturbinen verstromt werden. Das reduziert die CO_2-Emissionen und stabilisiert die Stromnetze.

Hinter einer großen Fensterscheibe aus Quarzglas beobachtet das Team um Isaac Boxx eine Flamme. Verschiedene Messgeräte analysieren einen grünen Laserstrahl, der quer über den Messstand verläuft. Dabei hilft eine extrem schnelle und zeitlich hochauflösende Lasermesstechnik, die im Zuge dieses Projekts entwickelt wurde und künftig weiter verfeinert werden soll. „Allein mit dem menschlichen Auge könnte man die Turbulenzen in der Flamme nicht erkennen", erläutert Wissenschaftler Boxx. Mit den besonders realitätsnahen Versuchsanordnungen soll das im Stuttgarter Labor jedoch gelingen. Es ist eines der wenigen Labore weltweit, die überhaupt die Ausstattung und das Know-how besitzen, um derartige Messungen durchzuführen.

Isaac Boxx beschäftigt sich am DLR seit zehn Jahren mit dem Verhalten von Gas in Brennkammern und leitet das Projekt *Hyburn*. Das Kürzel steht für die englische Form des Titels „Neuartige Mess- und Simulationsmethoden zur Untersuchung von Wasserstoffbeimischungen in Gasturbinen".

Die Prozesse in Brennkammern spielen sich in Millisekunden ab. Um sie überhaupt sichtbar machen und besser verstehen zu können, liefert die neue Messtechnik 10.000 Bilder pro Sekunde. „So werden die Flammenstruktur und das Strömungsfeld präzise erfasst", betont Boxx.

SOFTWARE ANALYSIERT DAS BRENNVERHALTEN Mithilfe der ermittelten Messdaten simulieren die Forscher Verbrennungsprozesse, um sie am Computer genauer auswerten zu können. „Die entwickelte Diagnosesoftware ist das ideale Instrument, um die Wirkung eines höheren H_2-Anteils auf das Brennverhalten der Flamme zu analysieren", freut sich Boxx. Das Projekt wird auch vom Europäischen Forschungsrat ERC mit einem sogenannten Consolidator Grant für exzellente Wissenschaftler gefördert. Rund zwei Millionen Euro fließen dadurch in den fünf Jahren Laufzeit in das Projekt.

Das Projekt *Hyburn* ist für die Energiewende von nicht zu unterschätzender Bedeutung: Erneuerbare Energien haben Ende 2017 bereits mehr als 33,1 Prozent des Strommixes in Deutschland gedeckt. Zu dieser vorläufigen Einschätzung kommt der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW). Wind und Sonne lieferten 217 Milliarden Kilowattstunden. Dieser hohe Ökostromanteil erfüllt fast die Vorgaben der Bundesregierung, die sich bis 2020 einen Anteil von 35 Prozent als Klimaziel verordnet hat. Doch der Ökostromanteil soll und muss weiter steigen, um spätestens 2050 zwischen 80 und 95 Prozent zu liegen.

Gasturbinen lieferten laut BDEW 13,1 Prozent des erzeugten Stroms. Sie ergänzen die Stromerzeugung aus Erneuerbaren besonders gut, weil sie sich schnell rauf- und runterregulieren lassen und somit flexibel auf die fluktuierende Ökostromerzeugung reagieren können. Immer mehr überschüssiger Ökostrom könnte künftig mittels Elektrolyse als Wasserstoff im Erdgasnetz gespeichert werden, somit fossiles Erdgas teilweise ersetzen und helfen, die Klimaziele zu erreichen.

ENORME TURBULENZEN BEI DER VERBRENNUNG Um die flexible Stromerzeugung aus Gasturbinen mit einem Gemisch aus Erdgas und Wasserstoff zukünftig erfolgreich nutzen zu können, untersuchen die DLR-Wissenschaftler dessen Brennverhalten: Wasserstoff ist äußerst reaktiv, genau dadurch unterscheidet sich die Verbrennung eines Wasserstoff-Erdgas-Gemisches von der von reinem Erdgas. „Die Form und das Verhalten der Flamme in der Brennkammer ändern sich, was die Brennkammer beschädigen kann", erläutert Boxx und gesteht: „Bisher verstehen wir Forscher diese Prozesse noch nicht gut genug, um H_2-Erdgas-Gemische zuverlässig in exis-

tierenden Gaskraftwerken einzusetzen." Die gesammelte Datenlage und Erfahrung seien einfach noch nicht ausreichend.

Doch ist das Projekt nicht nur für Deutschland mit seinem besonders hohen Ökostromanteil im Netz relevant, sondern genauso wichtig für die Energiewende anderer Länder. Auch deshalb zeigten europäische Hersteller von Gasturbinen ein starkes Interesse an der Wasserstoffanreicherung, bestätigt Boxx. Eine direkte Beteiligung von Unternehmen an dem Projekt gebe es aber nicht. Immerhin sollen die Ergebnisse von *Hyburn* der gesamten Industrie kostenlos zur Verfügung gestellt werden, um die Entwicklung neuer Gasturbinen voranzutreiben.

Das Design und der Aufbau der derzeit auf dem Markt angebotenen Gasturbinen sind sehr unterschiedlich. Eine pauschale Aussage darüber, wo der mögliche Grenzwert für die Beimischung von Wasserstoff liegt, sei deshalb nicht möglich, erklärt DLR-Wissenschaftler Boxx. Es gebe bereits einige Hersteller, die eine Zertifizierung haben, um einen zehnprozentigen H_2-Anteil zu verbrennen. Ein höherer Anteil sei seines Erachtens möglich. Aber wo genau die Grenze liegt, lasse sich derzeit nicht eindeutig abschätzen.

MITSUBISHI TESTET 30 PROZENT H_2-BEIMISCHUNG Auch in Japan forschen Unternehmen an der anteiligen H_2-Verbrennung. Die Sparte Power Systems des Konzerns Mitsubishi Hitachi legt die Messlatte bereits relativ hoch: Eine Gasturbine in der Stadt Takasago, rund 40 Kilometer von Kobe entfernt, bestand laut Unternehmensangaben einen Test, in dem ein 30-prozentiger H_2-Anteil beigemischt wurde. Um eine stabile Verbrennung zu gewährleisten, wurde dafür eigens die Brennkammer neu entwickelt. Anders als bei der reinen Verfeuerung von Erdgas reduzieren sich die CO_2-Emissionen bei einem 30-prozentigen H_2-Anteil um zehn Prozent. Künftig will der Konzern in seinen Kraftwerken als Zwischenetappe einen Anteil von 20 Prozent H_2-Beimischung ermöglichen. Und man arbeite an einer Steigerung, heißt es. Zu Testzwecken wurde der Anteil schon erhöht.

Die Forschung in Japan, aber auch am DLR konzentriert sich derzeit auf kleine und mittelgroße Turbinen, die in BHKWs zum Einsatz kommen. Grund ist, dass Turbinen bis zu einem Megawatt Leistung bei konventionellen, dezentralen Kraftwerken nur über einen relativ geringen elektrischen Wirkungsgrad verfügen. Der Vorteil einer H_2-Beimischung besteht im Gegenzug darin, dass die bestehenden Turbinen – bis auf die Brennkammer – weiter genutzt werden können.

In den zu erneuernden Brennkammern muss die Durchmischung garantiert werden: Eine Düse erzeugt dafür einen Luftstrom, der beide Gase gleichmäßig vermengt. Erst danach gelangt die Gasmischung in die Verbrennung. Beim von Mitsubishi Hitachi durchgeführten Befeuerungstest wurden folgende Kennwerte erreicht: Beim Gaseintritt in die Turbine herrschte eine Temperatur von 1.600 °C, die Leistung der Gasturbine der sogenannten J-Serie erreichte 700 Megawatt. Laut Firmenangaben wurde ein elektrischer Wirkungsgrad von 63 Prozent erzielt.

HYBRIDTURBINEN ÖKONOMISCH SINNVOLL Eine große Turbine komplett mit Wasserstoff zu befeuern sei nach heutigem Stand eine große technische und ökonomische Herausforderung, urteilt DLR-Forscher Boxx. Auch deshalb werde es noch nicht gemacht. Denn die Vorteile einer H_2-Beimischung sprechen für sich, da hierbei grüner Wasserstoff aus überschüssigem Strom ökonomisch genutzt und mit einem hohen Wirkungsgrad wieder verstromt werden kann. Ökostrom kann dadurch auch über Monate gespeichert werden und so das Ungleichgewicht zwischen Stromangebot und -nachfrage beheben und das Stromnetz stabil halten.

Allen Herausforderungen zum Trotz sind die Hersteller von Gasturbinen optimistisch, dass eine reine H_2-Verbrennung in Zukunft möglich sein wird. Allerdings bedarf es dafür noch weiterer Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Die Technologie zur H_2-Anreicherung verschafft der Forschung die nötige Zeit, um die reine H_2-Verbrennung für die Zukunft vorzubereiten. Darüber hinaus ist die H_2-Anreicherung schon heute eine machbare und zugleich sich rentierende Alternative zur reinen Gasverfeuerung und ermöglicht die Reduktion von CO_2-Emissionen. Der Anfang ist bereits gemacht: Isaac Boxx und sein Team arbeiten im Stuttgarter Labor schon daran, Hybridturbinen mit noch höherem H_2-Anteil marktreif zu machen. ||

10-MW-ELEKTROLYSEUR GEPLANT

REFHYNE
CLEAN REFINERY HYDROGEN FOR EUROPE

Der Einsatz von Elektrolysewasserstoff in Raffinerien nimmt allmählich konkrete Formen an: Die beiden Unternehmen Shell Deutschland Oil GmbH und Shell Energy Europe Ltd. beabsichtigen den Bau eines 10-MW-Elektrolyseurs an ihrem Standort in Wesseling. Mit diesem Refhyne-Projekt, das mit 10 Mio. Euro im Rahmen des EU-Förderprogramms Fuel Cells Hydrogen Joint Undertaking bezuschusst wird, stößt der Hersteller ITM Power in bislang noch nicht dagewesene Leistungsgrößen vor. Die Rheinland Raffinerie plant, den damit erzeugten Wasserstoff unter anderem bei der Mineralölumwandlung einzusetzen. Bis dato verwendet das Unternehmen im Produktionsprozess etwa 180.000 Tonnen Wasserstoff pro Jahr, der allerdings per Dampfreformierung aus Erdgas erzeugt wird. Dr. Graham Cooley, Geschäftsführer von ITM Power, erklärte: „Dieses Pionierprojekt mit Shell zielt darauf ab, zu zeigen, was mit unseren Elektrolyseuren im industriellen Maßstab erreicht werden kann, die zudem kostengünstige erneuerbare Energien nutzen und zur Stabilität des Stromnetzes beitragen können." Ab 2020 könnte Refhyne in Betrieb gehen.

Tudor Constantinescu, Hauptberater des Generaldirektors beim EU-Energiekommissariat, sagte: „Erneuerbare Elektrizität kann nicht nur die Dekarbonisierung des Energiesektors unterstützen, sondern durch sektorale Integration auch andere kohlenstoffintensive Industrien wie Raffinerien. Grüner Wasserstoff stellt in diesem Prozess eine Schlüsselrolle dar und entspricht den Zielen der Energieunion sowohl in Bezug auf Emissionsreduktionen als auch bei der Steigerung des Erneuerbare-Energien-Anteils."

Auch der Mineralölkonzern BP prüft derzeit den Einsatz von Elektrolysewasserstoff. Gemeinsam mit seinem Projektpartner Uniper könnte eine Power-to-Gas-Anlage bei der Dieselproduktion im niedersächsischen Lingen zum Einsatz kommen. Eine entsprechende Kooperationsvereinbarung wurde bereits unterzeichnet. ||

→ ITM Power in Hannover: Halle 27, Stand B68

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

ZUKUNFTSPOTENTIAL BLEIBT OHNE EINFLUSS

Aktienanalyse von Sven Jösting

Die Aktien der hier vorgestellten Brennstoffzellenunternehmen werden bei weitem noch nicht so bewertet, wie es angesichts der Perspektiven und technologischen Durchbrüche zu erwarten wäre. Das „Big Picture" sollte viel deutlicher das Thema Nachhaltigkeit in den Fokus rücken, was dann an der Börse in höheren Notierungen seinen Ausdruck fände. Stattdessen werden vor allem Quartalszahlen weit überschätzt. Dabei lassen gerade die kommenden beiden Jahre großen Optimismus gerechtfertigt erscheinen: Sektoren wie die Elektromobilität werden immer mehr durch die Brennstoffzelle und Wasserstoff ergänzt, und diese stellen eine wachsende Konkurrenz zu rein batteriebetriebenen Entwicklung da. Länder wie Japan und China geben hierbei den Takt vor.

Abb. 1: Aktienkursverlauf der sechs besprochenen Unternehmen [Quelle: www.wallstreet-online.de] * Kurse vom 10. März 2018

HEDGEFONDS NIMMT SICH BALLARDS AN – EIN KRIMI?

Die Aktie von Ballard Power kam jüngst unter Druck, da die Börse etwas bessere Zahlen erwartet hatte: So war im vierten Quartal 2017 mit einem Minus von 0,01 US-$ pro Aktie gerechnet worden, es waren dann aber minus 0,02 US-$ und gar minus 0,05 US-$ pro Aktie im Gesamtjahr 2017, wenn auch unter Einbeziehung außerordentlicher Faktoren bzw. Kosten. Somit hat Ballard zwar die Verluste weiter stark reduziert, aber 2017 noch circa 8 Mio. US-$ Verlust geschrieben. Die Zukunft sieht hingegen sehr gut aus – für die Brennstoffzelle im Allgemeinen und Ballard Power im Besonderen.

Der Umsatz im Jahr 2017 stieg um 42 Prozent gegenüber dem Vorjahr auf 121,3 Mio. US-$. Die Bruttogewinnmarge konnte um weitere sechs Prozent auf 34 % gesteigert werden. Das Gesamtjahr schloss mit einem positiven EBITDA von 3,3 Mio. US-$. Damit ist Ballard das einzige Unternehmen der Branche, das hier bereits für ein ganzes Jahr im Plus steht. Der Bargeldbestand liegt bei gesunden 60,3 Mio. US-$ am Jahresende 2017. Der Auftragsbestand (Backlog) erreicht 221 Mio. US-$. 91,4 Mio. US-$ gelten bereits als feste Aufträge allein für 2018.

„So let´s drive on."
Ballard-Vorstandschef Randy MacEwen

VIELE POSITIVE ENTWICKLUNGEN BEREITS 2018 Eine Reihe von Kooperationsabkommen und Aufträgen konnten schon im Jahr 2018 bekanntgegeben werden. Viele weitere sollen im Jahresverlauf folgen, so der Tenor während der Telefonkonferenz anlässlich der Veröffentlichung der Quartalszahlen:

1. 500 Lkw sollen in Shanghai mit Brennstoffzellen ausgestattet werden (Dongfeng)
2. Alstom arbeitet mit Ballard an einem BZ-System für Kreuzfahrtschiffe (Royal Caribbean)
3. Forschungspartnerschaft mit Siemens für Züge (12 Mio. Euro vom BMVI)
4. Entwicklungsauftrag für luftgekühlte BZ-Systeme für Gabelstapler (4,2 Mio. US-$)
5. Weiterer Forschungsauftrag vom Partner Nisshinbo für den Ersatz von Edelmetallen
6. Ausweitung der Entwicklung von BZ-Pkw für Audi und andere Kfz-Unternehmen
7. Kooperation mit dem BZ-Integrationsunternehmen Re-Fire in Shanghai
8. LOI für 40 BZ-Busse vom Partner Van Hool (bislang größter Einzelauftrag)
9. Tochter Protonex mit erstem Achtungsauftrag über 1,6 Mio. US-$ von US Army
10. Testläufe mit LKW von Kenworth (Paccar Tochter) als Zubringer für Häfen in Kalifornien

HEDGEFONDS BRINGT AKTIE UNTER DRUCK Bei Ballard Power hat sich ein Hedgefonds eingeklinkt, der selber einen sehr negativen Bericht verfasst hat, wonach Ballard falsche oder irreführende Angaben bei der China-Strategie gemacht habe. Es wird behauptet, dass die chinesischen Partner nicht seriös seien und manche BZ-Busse gar nicht fahren würden. Man hängt sich an der noch geringen Zahl von H_2-Tankstellen in China auf. (Bislang sind 4,2 Mio. Ladestationen und 3.000 H_2-Tankstellen bis 2030 geplant.). Ballard hat umgehend reagiert und klargestellt, dass dieser Report an den Tatsachen vorbeigehe und im Detail falsche Angaben mache.

Abb. 2: Ballard-Stacks für Nutzfahrzeuge [Quelle: Ballard]

Bei diesem Hedgefonds handelt es sich meines Erachtens um einen Shortseller, der mittels des eigens entwickelten Schriftstückes den Kurs der Aktie bewegen möchte und auf fallende Kurse setzt, um auf tieferem Niveau leer verkaufte Aktien wieder einzusammeln. Dies ist ja auch gelungen – der Aktienkurs fiel von über 4 US-$ auf unter 3 US-$. Oder aber der Fonds drückt den Kurs durch Negativmeinung, um auf tieferem Kursniveau eine größere Anzahl von Aktien aufzunehmen und damit „long“ zu gehen. Who knows? Letztere Einschätzung beruht auf der Tatsache, dass nur circa 5 Mio. Aktien von Ballard „short“ sind, was bei einer ausstehenden Zahl von über 170 Mio. sehr wenig ist. Parallel dazu haben mehrere Anwaltskanzleien Ballard mit Sammelklagen (Class Action Suits) überzogen, da der eingetretene Kursrückgang Verluste bei Anlegern zur Folge hatte. Ballard selbst hat Gegenmaßnahmen ergriffen.

Wichtiger sind aber die Fakten, und die sehen sehr gut aus. So konnte in der Zwischenzeit ein Auftrag für 500 BZ-Lkw-Systeme von Dongfeng in Shanghai gewonnen werden. Zahlen über die Größenordnung in US-$ gibt es leider nicht – ich schätze aber, dass es sich um einen mittleren US-$-Millionenbetrag handelt. Dieser Auftrag ist meines Erachtens auch bereits in einem bestehenden Rahmenabkommen enthalten, was die Zulieferteile (MEAs) angeht. Indes ist dies der erste große Auftrag für Lkw, was den Markt für die BZ-Stacks von Ballard dramatisch wachsen lässt.

Protonex konnte einen Anfangsauftrag der US Army über 1,6 Mio. US-$ vereinnahmen – ein Anfang, der als Zeichen zu sehen ist. Ballard selbst schätzt, dass der Bedarf der US Army an Protonex-Produkten bei 150 bis 250 Mio. US-$ über einen Zeitraum von fünf Jahren liegen könnte. Zudem hat ein namentlich nicht genanntes Unternehmen (ich tippe Toyota Tsusho) Ballard damit beauftragt, eine luftgekühlte Brennstoffzelle neuester Generation (Ziel: über 20.000 Einsatzstunden, Auftragswert 4,2 Mio. US-$) für Gabelstapler zu entwickeln, die die Kosten des BZ-Systems erheblich senkt (s. Plug).

Und van Hool erhielt einen Auftrag über 40 BZ-Busse der ÖPNV-Unternehmen aus Köln und Wuppertal. Ballard liefert wohl die BZ-Stacks – eine Absichtserklärung (LOI) liegt vor, der Auftrag kommt danach. Andere Kommunen dürften folgen und diese Größenordnung (der bislang größte Einzelauftrag für BZ-Busse in Europa) noch erheblich überbieten. Ich spekuliere u. a. auf London.

Fazit: Ballard ist der führende Anbieter ausgereifter BZ-Systeme in diversen Märkten, Anwendungen und Kooperationen. Die Aktie wird sehr volatil bleiben, doch wer Zeit hat und die nächsten Jahre in Sachen Brennstoffzellen genau beobachtet, müsste mit Ballard viel Freude haben. Vielleicht kann man auch gerade hier sagen (Börsenweisheit): Buy on bad news – wenn der Ausblick gut ist, bleiben.

FUELCELL ENERGY – CARBON CAPTURE SCHAFFT GROSSE POTENTIALE

FuelCell Energy hat die Zahlen für das erste Quartal des Fiskaljahres 2018 per 31.1.2018 bekanntgegeben: 38,4 Mio. US-$ Umsatz (Vorjahr: 17 Mio. US-$). Der Verlustausweis liegt bei 8,4 Mio. US-$ Darin enthalten sind aber 3,5 US-$ Dividenden auf Vorzugsaktien. An Liquidität verfügt das Unternehmen zum Stichtag über 115,4 Mio. US-$ inklusive Kreditlinien eines strategischen Partners (NRG Energy) in Höhe von 40 Mio. US-$. Der Auftragsbestand erreichte die Rekordhöhe von über 638,5 Mio. US-$, wobei das Unternehmen an Projekten (Ausschreibungen) arbeitet, die ein Volumen von bis zu 1,6 Mrd. US-$ haben (in Verhandlung).

„Strong revenue, tremendous backlog and a strong balance-sheet“
FuelCell-Energy-Vorstandschef Chip Bottone

In Südkorea hat das Unternehmen ein BZ-Kraftwerk mit einer Leistung von 20 MW für Kospo fertiggestellt. Weitere BZ-Projekte könnten folgen (s. S. 12). Für Long Island Power arbeitet FuelCell Energy beispielsweise an einem 40-MW-Projekt.

Abb. 3: Installation in Bridgeport, USA [Quelle: FuelCell Energy]

CARBON CAPTURE Vor allem ExxonMobil setzt auf Carbon Capture und die Technologien von FuelCell Energy, die den Ausstoß von CO_2 um 90 % und den von NO_x um mehr als 70 % verringern. Ist hier erst einmal das Pilotprojekt positiv abgeschlossen, könnte Exxon Aufträge vergeben, über deren Größenordnung man nur ins Schwärmen geraten kann, so meine Einschätzung.

Insgesamt ist das Unternehmen gut positioniert. Mittels einer Reihe von ausstehenden Warrants wird hier bereits an der kapitalmäßigen Unterfütterung von Großaufträgen gearbeitet. Der Mix aus Anlagenbau (Umsatz durch Teillieferung, Service- und Wartungsverträge) und Betrieb von BZ-Anlagen (Verkauf von Strom, Wärme, Kälte, CO_2-Capture) lässt sehr gute Wachstumspotentiale und Renditeerwartungen zu, die sich auf die Börsenkursentwicklung im positiven Sinne auswirken müssten. >>

PLUG POWER ERWARTET STARKES ZWEITES HALBJAHR

Plug hat sich eine sehr starke Marktposition bei Gabelstaplern aufgebaut. Viele AAA-Kunden setzen voll auf Brennstoffzellen und haben Mehrjahresverträge in beachtlichem Umfang unterschrieben: Über 19.000 Gabelstapler, die mit Wasserstoff betrieben werden, mit 15.000 H_2-Tankvorgängen am Tag. Plug arbeitet zudem an BZ-Systemen für Kurierfahrzeuge und setzt auch auf China, wo es allerdings nicht so leicht ist, Fuß zu fassen. Deswegen wurde die Barclays Bank beauftragt, in China geeignete Partnerunternehmen ausfindig zu machen.

Positiv zu bewerten ist, dass die steuerliche Förderung (Investment Tax Credit über 30 %, s. S. 60) und Unterstützung in den USA weitergeht. Plug erwartet daher 2018 ein Quartal (Prognose – ohne Obligo), das 50 Mio. US-$ Umsatz überschreitet und EBITDA-positiv ausfallen sollte, so der CEO. 2017 wurden 130 Mio. US-$ Umsatz gemacht, 2022 sollen es mehr als 500 Mio. US-$ sein – zwei Jahre später, als vorher prognostiziert.

SEHR OPTIMISTISCHE MCKINSEY-STUDIE Klar ist auch, dass der Weltmarkt für BZ-Systeme stark und dynamisch wächst. McKinsey prognostiziert, dass weltweit über 275 Mrd. US-$ in den kommenden Jahren in BZ-Technologie investiert wird und es sich hier um einen Weltmarkt handelt (inklusive H_2-Erzeugung), der im Jahr 2050 ein Volumen von 2.500 Mrd. US-$ erreichen soll. Bei Gabelstaplern sowie Geräten und Fahrzeugen des Material Handling sieht Unternehmensberater McKinsey die Brennstoffzelle langfristig klar im Vorteil gegenüber der Batterie.

Am 7. März 2018 gab Plug die Zahlen für das vierte Quartal 2017 bekannt: Der Umsatz erreichte 33,7 Mio. US-$. Für das Gesamtjahr 2017 bedeutet dies einen Umsatz von 132,9 Mio. US-$, was einem Plus von 55 % gegenüber 2016 entspricht. 16.600 Gabelstapler fahren mit den GenDrive-Systemen von Plug. An über 60 Standorten wurden mittlerweile Infrastrukturen installiert – mit jeweils vier bis sechs H_2-Zapfsäulen. 68,1 Mio. US-$ Bargeld sind noch vorhanden. Neue Aufträge über 125 Mio. US-$ konnten im Quartal verbucht werden und bringen den Ist-Stand auf ein Volumen von 285 Mio. US-$. Unter dem Strich blieb jedoch ein Minus von 18,5 Mio. US-$ beziehungsweise pro Aktie ein Minus von 0,08 US-$. Für das Gesamtjahr wird ein Umsatz in der Spannbreite von 155 bis 180 Mio. US-$ erwartet. Währenddessen wird weiter an BZ-Stacks gearbeitet, deren Lebensdauer erheblich länger als bislang ausfällt, so dass mittelfristig Kosten gespart werden können.

Der Ausblick gestaltet sich somit positiv, aber die Perspektiven sind im BZ-Bereich bei Ballard Power und FuelCell Energy größer und auch kurzfristig besser einschätzbar, so dass man Plug mit „halten“ einstufen kann, bis klarer erkennbar wird, wann das Unternehmen in die Gewinnzone kommt. Die bewertungstechnische Situation der Optionsscheine (Warrants) an Großkunden wie Amazon und Walmart ist für mich noch nicht so klar, da hier Anpassungen des potentiellen Bezugskurses von Plug-Aktien (Umwandlung von Warrants unter Zuzahlung in Stammaktien) und der steuerlichen Berücksichtigung vorgenommen werden und diese in die Quartalsabschlüsse münden. Ich werde hierauf im Detail in einer zukünftigen *HZwei*-Ausgabe eingehen.

HYDROGENICS VERSUS ITM POWER

Zu 100 Prozent vergleichbar sind diese beiden Unternehmen nicht, aber die kanadische Hydrogenics und die englische ITM Power arbeiten beide an ähnlichen Technologien. Übereinstimmungen finden sich bei Power-to-Gas-Projekten, H_2-Tankstellen und leistungsfähigen Elektrolyseuren zur Produktion von Wasserstoff. Bewertungstechnisch liegen beide angesichts unterschiedlicher Auftragsbestände nicht so weit auseinander, wie es meines Erachtens sein sollte. Beide haben größere Kursrückgänge hinter sich: über 0,60 GBP bei ITM Power bis auf unter 0,40 und bei Hydrogencis um über 12 US-$ auf circa 8 US-$. Hydrogenics hat wie ITM Power eine Reihe von Topkunden, ist im Gegensatz zu ITM aber zusätzlich in Sachen Brennstoffzelle auch bei Fahrzeugen (Lkw) sowie bei Schienenfahrzeugen (Alstom) aktiv und besitzt ein starkes Standbein in China (chinesischer Großaktionär).

Abb. 4: Simon Bourne im ITM-Container [Quelle: ITM Power]

Kurzum: Ich würde Hydrogenics als Investment dem in ITM Power vorziehen, wenn auch bei letzterer ein Ende der Kursschwäche wahrscheinlich ist. Nur: Über 320 Mio. Aktien erscheinen mir sehr viel, und der Auftragsbestand ist nur ein Bruchteil dessen, was Hydrogenics ausweisen kann. Die Kanadier sehe ich zudem als Übernahmekandidaten, da Partner wie Alstom Interesse haben könnten, sich das Know-how für Schienenfahrzeuge einzuverleiben. Auch Ballard wäre meines Erachtens ein perfekter Käufer von Hydrogenics. Beide haben ja ihre Wurzeln in Kanada, sind stark in China engagiert und verfügen über erstklassiges BZ-Know-how. Zudem würde der Bereich der Elektrolyseure das Portfolio von Ballard gut ergänzen, da man den Kunden dann auch Technologien zur Produktion von Wasserstoff mitliefern könnte. Alles spricht somit für Hydrogenics, und erst recht nach dem erfolgten Kursrückgang.

HYDROGENICS-ZAHLEN 2017 Das vierte Quartal (31.12.2017) brachte einen starken Anstieg auf über 19,5 Mio. US-$ Umsatz (plus 124 % gegenüber 4/2016). Das Gesamtjahr schloss mit einem Umsatzplus von 66 % auf 48,1 Mio. US-$. An Barmitteln stehen dem Unternehmen gesunde 22,4 Mio. US-$ zur Verfügung. Der Auftragsbestand erreicht rekordverdächtige 144,6 Mio. US-$, wobei davon über 55 Mio. US-$ bereits für 2018 in der Umsetzung sicher seien. Großes Potential sieht das Unternehmen in China.

TESLA: „DA BACK' ICH MIR DIE WELT, SO WIE SIE MIR GEFÄLLT."

So oder ähnlich könnte man Elon Musk, den charismatischen Vorstandschef von Tesla, sinngemäß zitieren, wenn man seine Tweets und Kommentare auswerten möchte. Nur sieht die Realität anders aus. Im vierten Quartal hat Tesla „unterm Strich" gut 675 Mio. US-$ Verlust gemacht, trotz eines sehr stark angestiegenen Umsatzes von 3,3 Mrd. US-$ im Quartal. Je nach Rechnungslegung – ich bevorzuge GAAP – betrug der Verlust pro Aktie circa 4,01 US-$ (non-GAAP, minus 3,04 US-$/Aktie).

Im Verlustausweis sollte man auch die außerordentlichen Einnahmen in Höhe von etwa 180 Mio. US-$ aus ZEV-Verkäufen (steuerliche Zuschüsse basierend auf E-Auto-Quote in den USA) einfließen lassen. Mit der Liquidität sieht es ähnlich aus, und sie lässt viel Spielraum für Interpretationen: Es sind im Quartal netto nur 277 Mio. US-$ vom Bargeldbestand abgeflossen. Nur sollten auch hier die 180 Mio. US-$ aus ZEV-Verkäufen und die erfolgten Vorauszahlungen auf zukünftige Fahrzeuge des Konzerns gesehen werden, angefangen beim Roadster (Anzahlungen von 50.000 bis 150.000 US-$) über den SemiTruck (20.000 US-$ pro Fahrzeug) bis hin zu den Flaggschiffen *Model S* und *Model X*.

Die Verzögerung der Produktion des *Model 3* lässt erahnen, dass das laufende erste Quartal weiterhin hohe Verluste beschert und dem vierten in nichts nachstehen, wenn nicht sogar noch schlechter ausfallen wird (auch die Hohe der ZEV-Einnahmen ist da nicht unwichtig). Zudem gibt es Kritiker, die ausgemacht haben wollen, dass Tesla erst einmal nur die Vorbesteller zu bedienen gedenkt, die 45.000 bis 60.000 US-$ zu zahlen bereit sind und nicht nur den Listenpreis von 35.000 US-$, die also für diverse Extras tiefer in die Tasche greifen wollen. Für die Ertragslage bei Tesla wäre das sicherlich gut, wobei dann einige Vorbesteller von der Kaufabsicht zurücktreten könnten, weil sie mehr als ein Jahr warten müssten und zudem Wettbewerber mit Modellen aufwarten, die ebenso chic wie ein Tesla aussehen, eventuell sogar günstiger sind und auch noch mehr Reichweite haben.

Es wird also nicht leichter für Tesla. Und selbst 3,4 Mrd. US-$ auf der Bank sind arg wenig, wenn das Bargeld so schnell abfließt wie in den vergangenen Quartalen. Denn rein rechnerisch ist dieser Bestand in drei bis vier Quartalen „abgefrühstückt". Die nächste Kapitalerhöhung (KE) wird nicht leicht sein, denn gerade institutionelle Anleger wollen hier Vorteile sehen. Ein Abschlag auf den Börsenkurs zum Zeitpunkt der Ankündigung einer KE ist dann höchst wahrscheinlich.

BONUSPROGRAMM FÜR CEO MUSK Musk selbst handelt wie immer: Er stehe dem Unternehmen in seiner Topposition weitere zehn Jahre zur Verfügung und wolle dafür kein Geld, sondern nur erfolgsabhängige Optionen und Aktien, die sich an der Bewertung von Tesla an der Börse bemessen lassen, so der CEO. Zudem könne er sich eine Bewertung von 650 Mrd. US-$ vorstellen. Dass die Aktionäre da zustimmen werden, liegt auf der Hand. Und klar ist auch: Musk hält mit seinen über 37 Mio. Aktien und fünf großen Fonds die Mehrheit am Konzern und kann darauf bauen, hier Einstimmigkeit bei Kapitalerhöhungen zu erzielen. Dass er sich selbst den jährliche Pay-Scheck von etwa 35.000 US-$ nicht auszahlen lässt, sei geschenkt – er hat ja alleine durch die Verpfändung eines Teiles seiner Aktien wohl bereits mehrere Milliarden auf dem Privatkonto. Indes: Einen Tesla Roadster mit einer Rakete ins All zu schießen wird weniger neue Käufer anlocken, sondern eher als PR-Gag Aufmerksamkeit erregen. Interessant wäre es zu erfahren, wer diese Aktion bezahlt hat: SpaceX? Elon Musk persönlich? Oder der Tesla-Aktionär?

Abb. 5: Einmal nachladen [Quelle: Tesla]

KONKURRENZ SCHLÄFT NICHT Der von Tesla selbst hochgelobte SemiTruck könnte schon bald echte Konkurrenz bekommen. Auch hierbei ist die Brennstoffzelle als Hybrid zusammen mit einer Batterie die Kombination. Die Rede ist von Nikola Motor Company, die demnächst nach eigener Aussage eine wichtige Meldung hinsichtlich eines Unternehmenspartners veröffentlichen wird. Nikola Motor Corp. plant zudem den Bau von mehreren Hundert H_2-Tankstellen, was dann die Versorgung mit Wasserstoff für manchen Kunden eines wasserstoffbetriebenen Lkw gewährleistet. Des Weiteren hat Jaguar gerade seinen i-Pace vorgestellt. Er hat eine Reichweite von 480 km, ist preislich günstiger als Tesla und soll eine schnellere Stromladung möglich machen. Jaguar werden sicherlich diverse andere Kfz-Hersteller folgen. Hyundai gibt ebenfalls Gas, wie auch Porsche, die eine Konzeptstudie (Strom tanken in 15 Minuten) präsentiert haben – andere werden folgen. Parallel ist aber auch zu erwarten, dass Tesla ein Refreshment der Modelle *X* und *S* vornehmen wird – eine Art Relaunch mit verbesserten Produkteigenschaften. Man kann gespannt sein.

Mein Fazit: Viel – zu viel – hängt an der Produktionsmenge des *Model 3* ab. Laufend werden neue wöchentliche Planzahlen bekanntgegeben – natürlich mit dem Etappenziel von 5.000 bis hin zu 10.000 Einheiten pro Woche. Klar ist: Der Umsatz bei Tesla wird weiterhin stark steigen. Aber wird mit diesen Kfz auch Geld verdient? Mancher Report überschlägt sich mit Gewinnerwartungen, aber was ist mit dem neuen Roadster und dem SemiTruck oder dem SUV *Modell Y?* Kostet es nichts, hier weitere Produktionslinien aufzubauen? Wann werden diese Modelle produziert geschweige denn ausgeliefert? Warum verlassen so viele Topmanager das Unternehmen?

Die nächste Kapitalerhöhung kommt meines Erachtens mit einem Abschlag (Discount) zum aktuellen Kurs. ||

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 der hier vorgestellten Aktien sein.

IMPACT BESCHICHTET FÜR MICHELIN

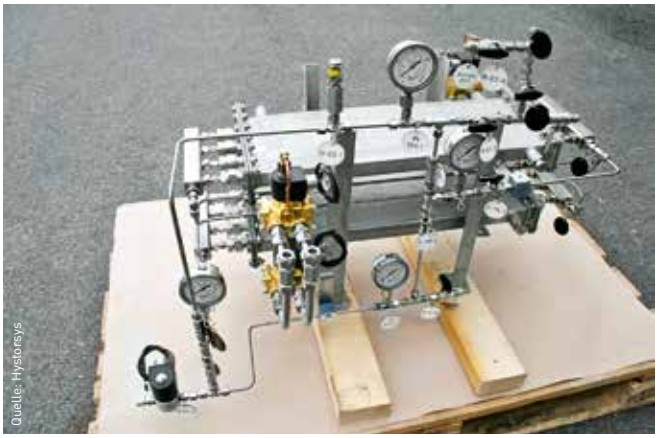
Quelle: Impact

Impact Coatings AB hat seinen ersten Auftrag für die Beschichtung von Brennstoffzellen von dem französischen Reifen- und Automobilzulieferer Michelin erhalten. Wie das schwedische Unternehmen Mitte Februar 2018 mitteilte, handelt es sich hierbei um einen Anschlussauftrag, nachdem die ersten Tests erfolgreich verlaufen waren. Impact Coatings betreibt PVD-Oberflächenbehandlung (Physical Vapour Deposition – physikalische Gasphasenabscheidung), ein Verfahren zur Vakuumbeschichtung von dünnen Metall- oder Keramikkomponenten. Unter dem Markennamen *MaxPhase*™ bietet die Linköpinger Firma Beschichtungen für Brennstoffzellen, elektrische Steckverbinder, Reflektoren und andere Anwendungen an.

Henrik Ljungcrantz, CEO von Impact Coatings, erklärte: „Die Kooperation mit Michelin ist sehr positiv und ein wichtiges Zeichen für den europäischen Brennstoffzellenmarkt. Michelin hat unsere Beschichtung zugelassen und qualifiziert und ist der Ansicht, dass es die beste Leistung hat, um die Effizienz des Brennstoffzellensystems zu steigern.“ Michelin entwickelt Brennstoffzellensysteme für Lkw, Busse und Automobile und baut derzeit sein Engagement in diesem Bereich weiter aus. Ende 2017 traf Impact zudem eine Kooperationsvereinbarung mit dem chinesischen Brennstoffzellenhersteller Telos Auto Power Systems aus Foshan. ||

HYSTORSYS STARTET KOMPRESSORVERTRIEB

Das in Norwegen ansässige Unternehmen Hystorsys AS hat nach mehrjähriger Entwicklungsarbeit damit begonnen, seinen Metallhydridkompressor an erste Kunden auszuliefern. Vor drei Jahren hatte das Spin-off des norwegischen Instituts für Energietechnologie (IFE) einen ersten Proof-of-Concept-Kompressor bei HyNor an der Wasserstofftankstelle in Lillestrøm in Betrieb genommen, dessen Technik seitdem kontinuierlich optimiert wurde. Beim *HYMEHC* handelt es sich um einen thermischen Kompressor, der für einen Durchfluss von 0,5 bis 20 Normkubikmetern pro Stunde ausgelegt ist. Er ist vergleichsweise klein und verfügt über fast keine


Quelle: Hystorsys

beweglichen Teile, emittiert somit auch kaum Geräusche. Sein Einsatz ist am besten dort geeignet, wo Zugang zu ausreichend Wärme besteht (z. B. industriell, geothermisch).

Bei Wassertemperaturen von 5 bis 20 °C auf der kalten Seite und 80 bis 95 °C auf der heißen Seite (ΔT = mind. 70 °C) kann mit diesem Apparat ein Verdichtungsverhältnis mit Faktor zehn erzielt werden. So kann beispielsweise mit einem zweistufigen Kompressor und einem Eingangsdruck von 10 bar ein Ausgangsdruck von 200 bar erreichen werden. ||

→ Hystorsys in Hannover: Halle 27, Stand B60

DRUCKSENSOR FÜR H_2-ANWENDUNGEN

Quelle: Prignitz

Druckmessungen sind im gesamten Wasserstoff- und Brennstoffzellensektor von zentraler Bedeutung, allerdings sind nicht alle Sensoren für die teils sensiblen Anwendungen geeignet. Allein die Tatsache, dass ein Drucksensor wasserstofffest ist, reicht nicht immer aus. Deswegen hat die Prignitz Mikrosystemtechnik GmbH den Drucktransmitter *SPT-H2* entwickelt, der alle wesentlichen Charakteristika von Wasserstoff berücksichtigt und in einem Produkt zusammenzufasst. Seine trockene, piezoresistive Edelstahlmesszelle wurde speziell auf Wasserstoff abgestimmt: Der schweißnahtfreie Sensor ist aus einem Stück gefertigt und somit nicht anfällig für eine Versprödung der Metalloberfläche durch ionisierten Wasserstoff. Er ist vakuumdicht und elastomerfrei, so dass Leckagen, bedingt durch Materialermüdung, an internen Dichtungen von vornherein ausgeschlossen sind. Die Messzelle verfügt weder über Druckübertragungsflüssigkeiten noch über große druckbeaufschlagte Flächen. Ihre Membran ist robust und auch bei tiefen Temperaturen oder Erschütterungen langzeitstabil. Modellvarianten zum Einsatz in explosionsgefährdeten Zonen (nach ATEX, IECEx und CSA bis Gaszone 0) sind ebenso verfügbar wie verschiedene Prozessanschlüsse mit einer Vielzahl normierter Gewinde. ||

Thema: Weiterbildung | **Autor:** Robert Steinberger-Wilckens

AUSBILDUNG DER BZ-FORSCHER VON MORGEN

Europäische Sommerschule für Brennstoffzellen

Quelle: University of Birmingham

Brennstoffzellen sind hocheffiziente Energiewandler, um die im Wasserstoff gespeicherte Energie mit einem Wirkungsgrad von 50 bis 60 Prozent in Elektrizität umwandeln können. Diese Eigenschaft hat bereits während des vergangenen und auch im laufenden Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Kommission Interesse geweckt. Wenn allerdings tatsächlich eine ernstzunehmende Strategie für die Einführung von Zero-Emission-Technologien in ganz Europa entwickelt werden soll, muss nicht nur eine entsprechende Technik erarbeitet werden, sondern dann müssen auch entsprechend ausgebildete Personen vorhanden sein, die diese Technik bedienen können.

Mit der zunehmenden Energiebereitstellung aus Erneuerbare-Energien-Quellen, insbesondere von Solar- und Windstrom, ist eine erhöhte Nachfrage nach Energiespeichertechnologien entstanden. Sowohl die Speicherung als auch die Energieumwandlung (Re-Elektrisierung) kann elektrochemisch erfolgen, wahlweise in Batterien oder mit Hilfe von Elektrolyseuren und Brennstoffzellen über das Speichermedium Wasserstoff. Die Power-to-Gas- (P2G) und Power-to-Fuel-Technologien (P2F) eröffnen neue Möglichkeiten, nachhaltig erzeugten Strom – in Form von Wasserstoff – für andere Energiemärkten bereitzustellen, zum Beispiel im Gasmarkt (über das Gasnetz) oder im Kraftstoffmarkt. Somit trägt diese Technologie entscheidend zur Dekarbonisierung unseres Energiesystems bei, wenn dafür dann auch ausreichend Fachkräfte zur Verfügung stehen.

In dem von der Europäischen Kommission im Jahr 2014 erstellten SET-Plan (Strategic Energy Technologies) wurde die Zahl von etwa 200.000 Technikern, Ingenieuren und Forschern genannt, die bis 2030 angemessen ausgebildet und in den Betrieben im Einsatz sein sollten. Unter Berücksichtigung der Ausbildungszeiten und des raschen Aufbaus der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie sowie der Batterietechnologie bedeutet dies, dass ein dramatischer Zuwachs an Fachkräften erreicht werden muss – selbst wenn etliche Techniker und Ingenieure, die bereits heute in Arbeit sind, auf den H_2- und BZ- beziehungsweise Batteriesektor umschulen werden.

DAS JESS-KONZEPT Die *Joint European Summer School (JESS – Gemeinsame Europäische Sommerschule)* befasst sich genau mit dieser Thematik und bietet qualitativ hochwertige Kurse für Brennstoffzellen-, Elektrolyse- und Batterietechnik auf Graduiertenebene an. Diese Ausbildungsreihe läuft bereits seit 2004 im Rahmen des EU-Projekts *Real-SOFC*, damals als Weiterbildungsangebot speziell für Festoxidbrennstoffzellen (SOFC). In den Jahren 2010 bis 2012 wurde die Themenpalette im Rahmen des EU-Projekts *TrainHy* um Niedertemperatur-Brennstoffzellen erweitert, und schließlich kamen auch Batterien und Elektrolyseure hinzu.

Die auch in diesem Jahr wieder stattfindende *Joint European Summer School* läuft in diesem Format seit 2013. Entgegen den vorherigen nur einwöchigen Seminaren wurde inzwischen eine zweite Woche mit spezielleren Themen hinzugefügt, um somit auch Module zur Wasserstoffsicherheit sowie über Brennstoffzellenfahrzeuge und Weiteres abzudecken.

JESS richtet sich in erster Linie an Universitätsstudenten von Master- und Promotionsstudiengängen sowie an Postdoktoranden. Doch auch erfahrene Forscher und Ingenieure sind willkommen, um sich mit den neuen Technologien eingehender auseinanderzusetzen und so ihre Sachkenntnis für eine neue Position zu erweitern oder um Punkte im Rahmen des Continuing Professional Developments (CPD – fortlaufende berufliche Weiterbildung) zu sammeln.

ERSTE WOCHE: GRUNDLAGEN Der aktuelle Inhalt von JESS ist auf die Bedürfnisse eines breiten Publikums zugeschnitten, so dass sowohl Neulinge als auch erfahrene Studenten und junge Fachleute wie auch Experten aus Brennstoffzellen-, Elektrolyse- und Batterieanwendungen angesprochen werden. Die erste Woche jeder JESS-Veranstaltung (10. bis 14. September 2018) >>

JESS wird gemeinsam von der Universität Birmingham, dem Forschungszentrum Jülich in Kooperation mit der RWTH Aachen und der Technischen Universität Dänemark (DTU) organisiert.

besteht aus drei separaten Einführungsmodulen zu folgenden Themen:

- Hochtemperaturbrennstoffzellen und -elektrolyseure (SOFC und SOE)
- Niedrigtemperaturbrennstoffzellen und -elektrolyseure (PEM und alkalisch)
- Batterietechnologie

Während dieser ersten Summer-School-Woche liegt der Schwerpunkt auf den wissenschaftlichen und technologischen Aspekten. Ausgehend von den Grundprinzipien der Elektrochemie und der Thermodynamik wird das gesamte Spektrum von Materialien, Konstruktion und Peripherie (Balance of plant) sowohl aus wissenschaftlicher als auch aus technischer Sicht behandelt.

ZWEITE WOCHE: FORTGESCHRITTENE Die folgende Woche (17. bis 21. September) bietet vier Fortgeschrittenenkurse zu den Bereichen:

- BZ-Elektrofahrzeuge
- innovative Technologie/Geschäftsentwicklung
- Wasserstoffsicherheit
- Modellierungsmeisterklasse

Diese Woche ist unabhängig von der ersten und richtet sich insbesondere an ältere Studenten oder Ingenieure, die sich mit spezielleren Themen befassen möchten. Der Schwerpunkt liegt auf den technischen und innovativen Aspekten. Aufbauend auf den Erfahrungen der Studierenden bieten diese Module Einblicke in die Fahrzeugtechnik, den Aufbau eines eigenen Unternehmens und den sicheren Umgang mit Wasserstoff.

Die Inhalte werden in Form von Vorträgen, Übungen, Diskussionen und Frage-und-Antwort-Sitzungen dargeboten. Zusätzlich zu den Lehreinheiten sollen die Teilnehmer an einem studentischen Projekt teilnehmen, bei dem der Inhalt der Vorlesung auf eine Fallstudie angewendet wird, die am Ende jeder Woche präsentiert wird – mit Preisverleihung für die beste Präsentation.

Die Module der ersten Woche sind an den drei Universitäten der Summer School akkreditiert und machen jeweils drei ECTS-Punkte (Europäisches System zur Übertragung und Akkumulierung von Studienleistungen) aus. Die Module der zweiten Woche sind an der Universität Birmingham akkreditiert – mit ebenfalls drei ECTS-Punkten (bzw. 10 Credits im britischen System).

Der **Einführungskurs** bietet einen Überblick über die gesamte Elektrochemie bis zur Herstellung und Anwendung der drei verschiedenen BZ-Technologien. Neben der Fachvorlesung nehmen die Studierenden auch an fächerübergreifenden Studieneinheiten teil, in denen sich alle zu Vorträgen zusammenfinden, die sich auf gemeinsame Aspekte der drei Technologien beziehen. Die Struktur der Module folgt folgendem Muster:

- Grundlagen und Einführung der Elektrochemie und Thermodynamik
- Materialien
- Komponenten, Konstruktion und Fertigung
- Systeme und Anwendungen

für die drei Bereiche Nieder- und Hochtemperaturbrennstoffzellen bzw. -elektrolyseure sowie Batterien.

Die spezielleren Module sind sowohl für Studierende aus den Bereichen Brennstoffzellen und Wasserstoff nützlich, zum Beispiel um in diesem Bereich zu promovieren, als auch für andere Studierende sowie Beschäftigte, die sich in diesen Technologiebereichen engagieren.

Das Brennstoffzellenfahrzeug-Modul bietet eine Kombination aus theoretischen und studentischen Übungen: Von der Auswahl der elektrischen und BZ-Antriebsstrangkomponenten bis hin zur Geschichte und Zukunft der Entwicklung von Fuel Cell Electric Vehicles. Das FCEV-Modul richtet sich an Studenten, die sich bereits an Lehrgängen über Brennstoffzellen und elektrochemische Geräte beteiligt haben. Es vermittelt zudem einen Einblick in die Grundlagenforschung und Technik hinter dem FCEV-Design und erklärt die Technologieauswahl, den Stand der Technik und auch die Geschichte der FCEV-Entwicklung. Zu den behandelten Themen gehören:

- Hybridantriebsstrangtechnik und Komponenten, Brennstoffzellen und Batterien
- Fahrzeugkonzepte und Leichtbau
- Umweltauswirkungen von FCEV, Geschichte und Zukunft von FCEV

Das Modul **Innovative Technologien/Geschäftsentwicklung** bietet eine Kombination aus Theorie und Praxis und soll dazu befähigen, eine eigene tragfähige Geschäftsidee zu entwickeln sowie das erforderliche Investitionskapital für verschiedene Wachstumsphasen zu akquirieren. Das Modul ist in fünf miteinander verbundene Elemente unterteilt:

1. In der Ideen-/Kreativitätseinheit lernen die Studenten, wie sie ihre eigene Geschäftsidee entwickeln können, einschließlich Design Thinking und Ansätzen zum Aufbau von Produktprototypen im Frühstadium.
2. In der Innovationsmanagement-Einheit wird erläutert, wie das Business-Canvas-Konzept dazu beitragen kann, ein tragfähiges Geschäft zu konzipieren, etwaige Hürden abzuklären und die anvisierten Kundensegmente zu identifizieren.
3. Die Early-Stage-Finance-Einheit untersucht und diskutiert man alternative Finanzierungsinstrumente, die Unternehmen in der Frühphase zur Kapitalbeschaffung zur Verfügung stehen.
4. Die Growth-Finance-Class-Einheit ist eine Einführung in die verfügbaren finanziellen Mechanismen, die von großen Unternehmen zum Wachstum genutzt werden.
5. In der Business-Development- und Intellectual-Property-Einheit wird gezeigt, wie zum Beispiel ein Unternehmen von der Universität ausgegründet und das geistige Eigentum geschützt werden kann, und mit welchen formalen Herausforderungen die Führung eines Unternehmens dann konfrontiert ist.

Das Modul **Wasserstoffsicherheit** bietet einen tiefergehenden Einblick in ein wichtiges, aber häufig unterrepräsentiertes und missverstandenes Thema: den sicheren Umgang mit Wasserstoff. Jedes Brennstoffzellenfahrzeug benötigt einen H_2-Tank, so dass Wasserstoff in naher Zukunft ein „normales“ Gut wird. Dennoch sind viele Menschen nicht an seine Handhabung gewöhnt, weshalb immer wieder Sicherheitsfragen ins Spiel kommen. Wenn man sich dessen bewusst ist, wie man mit den „echten“ Gefahren (im Gegensatz zu den imaginären) umzugehen hat und welche Vorkehrungen zu treffen sind, wird der Einsatz von Wasserstoff und Brenn-

stoffzellen einfacher, und ein fundierterer Ansatz für H_2- und BZ-Systeme wird möglich.

Das Modul richtet sich an Erst- und Zweitantragsteller, Regierungs- und Verwaltungspersonal, das an Bau- und Betriebsgenehmigungen für Wasserstoffanlagen beteiligt ist, sowie an Sicherheitsbeauftragte aus der Industrie. Es stützt sich auf eine starke akademische und industrielle Expertise. Zu den behandelten Themen gehören:

- Regeln, Codes und Standards
- Auswirkungen von H_2-Freisetzungen, Bränden und Explosionen
- Umgang mit flüssigem Wasserstoff
- Umgang mit Wasserstoff in Werkstätten, Erfahrungen aus erster Hand mit einem Toyota *Mirai*
- Sicherheitsstrategien und technische Lösungen.

Die **Meisterklasse für Brennstoffzellen- und Systemmodellierung** bietet schließlich eine Kombination aus Theorie, Übungen und Präsentationen von Studentenprojekten. Sie ermöglicht einen Einblick in verschiedene Modellierungsansätze und Software-Plattformen, damit die Studierenden ihr Repertoire an Modellierungs- und Programmierwerkzeugen erweitern können. Dieses Modul richtet sich an Personen, die bereits an der Modellierung von Brennstoffzellen und elektrochemischen Geräten beteiligt sind. Sie erhalten hier einen Einblick in die Grundlagen der Modellierung von Software-Paketen und in die Vielfalt und Anwendbarkeit von verfügbaren Paketen, einschließlich Open-Source-Codes. Die Themen reichen von mathematischen Grundlagen und thermodynamischen Berechnungen bis hin zu Fluid-Flow- (CFD) und Finite-Elemente-Analysen (FEM) – von 0D- bis 3D-Modellierung. Ein zentraler Punkt ist die Multiphysik-Modellierung. All dies dient dazu, Studierenden, die bereits aktiv in der Modellierung tätig sind, einen besseren Überblick über mögliche Alternativen und wertvolle Ergänzungen zu ihrem eigenen Projektansatz zu verschaffen.

In der zweiten Hälfte dieses Moduls stellen die Studierenden ihre eigenen Modellierungs- und Simulationsprojekte vor und haben die Möglichkeit, Feedback und Hinweise von Kommilitonen und Dozenten zu erhalten. Das Modul ist somit eine Plattform, auf der auftretende Modellierungsprobleme thematisiert und möglicherweise neue Ansätze und Lösungen aus Diskussionen mit Kollegen und renommierten Experten auf dem Gebiet der Modellierung und Simulation generiert werden können.

EXPERTENNETZWERK Informelles Networking ist ein Schlüsselelement der Wissenschaft und der wissenschaftlichen Arbeit im Allgemeinen. JESS bietet reichlich Gelegenheit zum Kontakteknüpfen mit Kollegen und erfahrenen Wissenschaftlern. Die Studierenden stellen sich dafür kurz vor und präsentieren anschließend ihre aktuelle oder geplante Forschungsarbeit.

JESS greift auf das Wissen und die Expertise einer sorgfältig ausgewählten Gruppe von Dozenten zurück, die derzeit an der Spitze der Forschung und Entwicklung von Brennstoffzellen, Wasserstoff und Batterien in Europa arbeiten und mit Universitäten, nationalen Forschungszentren und der Industrie vernetzt sind. JESS als „Sommerschule" lässt den Teilnehmern aber auch genügend Freiraum, um sich in den Nachmittagsstunden zu entspannen, Zeit mit den Dozenten zu verbringen oder eigene Projekte, zukünftige Kooperationen oder allgemeine Themen mit anderen zu diskutieren. ||

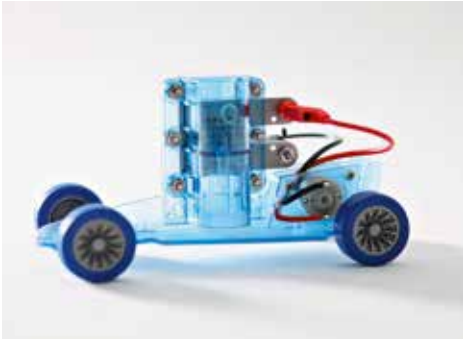
JESS findet in Vouliagmeni in der Nähe von Athen direkt an der Küste statt. Das Hotel, in dem die Schule untergebracht ist, liegt 100 Meter vom Strand, 17 km vom Athener Stadtzentrum und 19 km vom internationalen Flughafen, der mit den öffentlichen Verkehrsmitteln leicht zu erreichen ist, entfernt. Die Organisation wird von einem etablierten griechischen Reisebüro übernommen. Die Teilnahmekosten belaufen sich auf 1.435 € pro Modul und beinhalten die Studiengebühren sowie sechs Übernachtungen im Einzelzimmer inklusive Vollpension. Der Frühbucherrabatt gilt bis Ende April 2018. Rabatt bei Doppelbelegung ist ebenfalls möglich. Ansprechpartner: John Hooper, University of Birmingham

→ www.jess-summerschool.eu.

Autor:

Robert Steinberger-Wilckens
University of Birmingham, Großbritannien
→ r.steinbergerwilckens@bham.ac.uk

SYNERGIEN IM BILDUNGSSEKTOR



Die Heliocentris Academia GmbH ist im Februar 2017 – zumindest teilweise – von dem tschechischen Ableger der Horizon Educational Gruppe aus Singapur übernommen worden (s. HZwei-Heft April 2017). Einige Unternehmensteile (Vertrieb, Produktion, Backoffice) gingen hingegen zu den Kollegen in China und den USA, während Verkauf, Engineering, Qualitätskontrolle und Fertigung zunächst in Berlin blieben.

Das eigenständige Weiterbildungsunternehmen in Prag gehört zu einem weltweiten Netzwerk von Partnern, die sich auf Bildungs- und technische Trainingslösungen spezialisiert haben. Seine Themenpalette beinhaltet erneuerbare Energien, Energiespeicherlösungen und komplette Energiemanagementsysteme. An Dienstleistungen bietet das Team von Geschäftsführer Timo Lukkarinen ein breites Spektrum – von der Bedarfsanalyse über kundenspezifische Anfragen bis hin zu Installationen, Schulungen und After-Sales-Services.

Lukkarinen erklärte gegenüber *HZwei:* „Das Problem, das die frühere Führung hatte, war, dass es nie gelungen ist, den Betrieb finanziell erfolgreich zu machen. Wir sind zuversichtlich, dass wir diesen negativen Trend umkehren können." Weiter sagte der Finne: „Da Horizon und Heliocentris Academia ähnliche Technologien nutzen, ergeben sich Synergien in Einkauf und Produktion. Gleichzeitig ergänzen sich die Produktlinien, die große Synergien im Vertrieb mit einer Überlappung der Vertriebskanäle von nur 20 Prozent bieten." In Bezug auf die weitere Planung fügte er hinzu: „Längerfristig wird sich Horizon Educational auf Science-Kits und die vollständige Lieferung von MINT-Angeboten für die Sekundarstufe konzentrieren. In der Zwischenzeit wird sich Heliocentris Academia um verschiedene Möglichkeiten kümmern, den Markt für Berufsbildung, Hochschulbildung und Forschung zu bedienen." ||

Thema: International | **Autorin:** Birgit Scheppat

AUFBRUCHSTIMMUNG IN JAPAN

Bericht von der FC Expo in Tokio

Die 14. International Hydrogen and Fuel Cell Expo hat vom 28. Februar bis zum 2. März in Tokio stattgefunden. Nach Veranstalterangaben ist sie die „weltweit größte Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Show". Seit mehreren Jahren beteiligt sich die Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Initiative Hessen an dem Brennstoffzellengemeinschaftsstand, den die Peter Sauber Agentur Messen und Kongresse dort alljährlich organisiert. Und seit vielen Jahren ist auch Prof. Birgit Scheppat aus dem H2BZ-Initiative-Hessen-Vorstand mit von der Partie und berichtet von dem deutschen Pavillon sowie der Messe.

Drei Tage lang geht es während der *FC Expo 2018* um die Themen Wasserstoff und Brennstoffzellen, Batterien und Smart Grids. Die Ausstellungsfläche scheint dieses Mal gegenüber den Vorjahren gewachsen zu sein, und gleich am ersten Tag war es richtig voll. Alle Ausstellungen waren extrem gut besucht, und Ströme von dunkel gekleideten Herren bewegten sich über die Messe. Solch einen Andrang habe ich, glaube ich, nur ein- oder zweimal auf der Hannover Messe gesehen.

INTERESSANTER KONTRAST ZWISCHEN USA UND JAPAN

Ich hatte heute meinen Vortragstag und hörte mir zunächst an, was Tadashi Mogi vom japanischen Wirtschaftsministerium über die Zukunft von Wasserstoff sagte. Gleich im Anschluss stand der Vortrag von Daniel Simmons vom US Department of Energy auf dem Programm. Simmons mit seiner klangvollen Dienstbezeichnung „Principal Deputy Assistant Secretary" ist der Mann, der die Ideen von Präsident Trump vertritt. Das war ein interessanter Kontrast: eine Gesellschaft mit einer klaren Vision von ihrer Zukunft auf der einen und eine Nation, die die Vergangenheit wiederbeleben will, auf der anderen Seite.

Aber bleiben wir doch einen Moment bei den Gemeinsamkeiten: Gemeinsam ist beiden Nationen das Thema Energieeffizienz, die in allen Bereichen, sei es Transport, Haushalte oder Produktion, erhöht werden soll. Was das konkret bedeutet, war aber nur teilweise nachvollziehbar. Beide Vertreter redeten über die Vermeidung von Feinstaub und Abgasen, allerdings sind diese Aspekte für Simmons weniger von Belang. Wasserstoff ist zwar auch eine Technologie, aber diese war ihm nur am Rande wichtig. Viel relevanter war es für ihn, dass von 2000 bis heute die USA vom Erdölimporteur zum -exporteur geworden sind und dass das billige Gas aus Fracking der amerikanischen Industrie hilft. Dazu kommt der technologische Fortschritt, der dazu geführt hat, dass Energie billig ist – nicht bezahlbar oder preiswert, nein, billig!

Abb. 1: Großer Andrang beim German Pavilion
[Quelle: Peter Sauber Agentur Messen und Kongresse]

10 % der amerikanischen Elektrizität kommen aus erneuerbarer Energie, 29 % aus Erdgas, 37 % aus der Nutzung von Öl, 15 % aus Kohle, und nuklear sind noch 9 %. Gleichzeitig ist die Fahrleistung um 190 % und der Gesamtenergieverbrauch um 44 % gestiegen, wobei die Verunreinigungen um 73 % gesenkt werden konnten. Sie merken schon, diese Zahlen klingen beeindruckend, allerdings vermied Simmons in seinem Vortrag, auch nur eine einzige absolute Zahl zu nennen.

Und er benannte als neues Ziel der US-Regierung die Verbesserung der Energieeffizienz. Die Forschung wird auf „early research & development" mit Schwerpunkt auf Batterieforschung ausgerichtet. Dazu gehört auch der Leichtbau für Fahrzeuge.

Für H_2- und BZ-Technik sieht er nur eine Chance, wenn die Preise für Wasserstoff und für Brennstoffzellen fallen. Dann könnten 40.000 H_2-Fahrzeuge in den USA fahren, allerdings nur in Kalifornien, denn woanders gibt es keinen wesentlichen Ausbau des Tankstellennetzes. Außerdem wichtig sind der US-Regierung der Ausbau der veralteten elektrischen Netze und Technologien wie zum Beispiel eine verbesserte Erdgasverflüssigung, die den Export erhöhen würde (Originalzitat: „Exporting energy is exporting freedom").

Zurück zur japanischen Haltung: Die auf 2020 hin angelegten Pläne werden in den nächsten Wochen überarbeitet und neu ausgerichtet. Was nach den Olympischen Spielen 2020 passieren soll, ist noch offen. Trotzdem wurden ein paar Ziele klar: Aufschließen zu Ländern wie Deutschland und Spanien, was die Nutzung der Erneuerbaren betrifft, sowie eine Erhöhung der Energieeffizienz, egal ob in den Haushalten (da ist sie noch sehr niedrig), im Verkehr oder in der Fertigung. Bis 2030 sollen alle Schritte durchgeführt sein, so dass man 2050 alle Bereiche möglichst dekarbonisiert hat. Man sieht da noch sehr viele Hürden, hat aber schon konkrete Ideen, wie der Ausbau der Erneuerbaren voranschreiten kann.

Mogi sprach auch das Wasserstoffprojekt mit Australien an, wo aus dreckiger Braunkohle Wasserstoff gewonnen und verflüssigt nach Japan transportiert werden soll. Der Dreck bleibt in Australien, und nur der tiefkalte Wasserstoff macht sich auf die Reise.

KONTRASTE AUCH BEI DEN FAHRZEUGHERSTELLERN Am Nachmittag gab es dann eine Vortragsreihe mit Dr. Jörg Wind (Daimler), Sae Hoon Kim (Hyundai) und Jürgen Jablonski (Audi). Der neue GLC-SUV von Daimler kann 437 km (genau vierhundertsiebenunddreißig) mit Wasserstoff fahren und 49 km mit einer Batterie, falls diese mittels Plug-in aufgeladen ist. Letzteres soll die Sorge nehmen, falls alle Wasserstofftankstellen in der näheren Umgebung nicht funktionieren. Das Auto wird gebaut – es kommt. Da sind aber noch Probleme – die Infrastruktur usw. Es gab alles in dieser Litanei, nur kein klares Outing, wann und wie das Fahrzeug verfügbar sein wird.

Auch der Vortrag von Audi war eher ein Vortrag nach dem Motto „Ich würde ja gerne was sagen, aber mein Ma-

nagement lässt mich nicht". Jablonski erklärte, dass Audi für den VW-Konzern an den verschiedensten Standorten Teile des Brennstoffzellensystems fertigt und der Standort in Neckarsulm die Gesamtsystemverantwortung hat. Man hat alles verbessert in den letzten Monaten, aber Zahlen darf man nicht sagen. Dann zeigte er ein Bild mit einem H_2-Tank an einer völlig verrückten Stelle und sagte darauf angesprochen, dies sei nur ein Prototyp, in der zukünftigen Generation 6 sehe das völlig anders aus und man habe nur noch zwei Tanks. So verschwurbelt lief es die ganze Zeit.

Wäre da nicht der Vertreter von Hyundai gewesen, der den neuen Nexo vorstellte, dann hätte man Zweifel an der Technologie „Wasserstoff für Mobilität" bekommen. Es war auf einmal möglich, präzise Zahlen zu nennen und Bauteile zu zeigen (was man so zeigen darf; s. S. 32). Das Auto wird seriennah gefertigt, und Kim sagte auch, dass der Hochlauf der Fertigung nur davon abhängig sei, wie groß die Nachfrage und in welchem Land eine ausreichende Wasserstoffinfrastruktur vorhanden sei. Den Preis wollte er nicht verraten, sagte aber, dass es wohl schon eine Reihe von Kunden gebe, denen das egal sei. Wichtiger war ihm das Thema Infrastruktur, um die Autos liefern zu können.

Alle drei Vertreter der Automobilindustrie sind sich bewusst, dass vor allem die Kosten für Brennstoffzelle und Tank sinken müssen. Darüber hinaus ist die Zuverlässigkeit der BOP-Komponenten zu erhöhen und die Komplexität des Systems drastisch zu vereinfachen. Da hat man noch viele Ansätze, und es herrschte auch Einigkeit hinsichtlich des Aufbaus der Infrastruktur.

Den ersten Tag abschließen möchte ich aber mit etwas, das auf der Ausstellung nicht zu übersehen war: Die Chinesen sind da!

SIE KOMMEN NICHT – SIE SIND SCHON DA Ich bin – am zweiten Tag – viel unterwegs gewesen und habe mir einen Eindruck von der Messe verschafft. Nach einer Weile Herumlaufen war mir auf einmal klar: Die Chinesen kommen nicht – nein, sie sind bereits da! Brennstoffzellenmaterialien? Gibt es chinesische, Tanks ebenso. Zudem fand ich eine interessante Brennstoffzelle von der chinesischen Firma REfire (30 bis 70 kW), die zwar einen Ballard-Stack enthält, aber bestimmt das kompakteste System ist, das ich seit langem gesehen habe. Ich bin gespannt, ob ich ein Angebot bekomme und wie hoch der Preis sein wird.

Es gibt alles, was man braucht, um ein komplettes System aufzubauen, und es gibt noch etwas anderes: Geld! Die chinesischen Gesprächspartner machten heute wiederholt klar, dass die chinesische Regierung ein richtiges Füllhorn ausschüttet, und wer jetzt nicht dabei ist, der verpasst eine Chance. Die einzelnen Provinzen sind im Wettlauf untereinander, wer das größere Stück vom Kuchen abbekommt. Ich habe Ruiming Zhang, den Geschäftsführer von Telos Auto Power Systems (TAPS), kennengelernt, der berichtete, er baue 100 bis 200 Brennstoffzellenbusse beziehungsweise habe bereits eine Reihe von Prototypen gebaut. Nahezu vollständig finanziert vom chinesischen Staat, und wenn weiteres Geld gebraucht wird, einfach „klingeln".

Die chinesische Gemeinschaft ist ebenso stark bei der Batterietechnologie. Hier beginnt ihre Wertschöpfungskette beim Lithium und endet nicht mit dem Batteriemanagementsystem. Es gibt alles, was man braucht, um eine Batteriefertigung aufzubauen, zu testen und zu qualifizieren – vielleicht sieht es nicht stylisch aus, aber es ist robust, und alles scheint zu funktionieren.

Etwas Lustiges am Rande: In einer Ecke der Brennstoffzellenausstellung gibt es noch einen Restteil der Batterieausstellung. Da steht dann ein Tesla mit Flügeltüren – richtig, in der Ecke, da gehört er ja auch hin. Klar schaut man sich das System an, aber man kann schon an den Gesichtern erkennen, wessen Herz für Wasserstoff schlägt.

AUFBRUCHSTIMMUNG AUCH IN JAPAN Auch die Japaner sind auf Markteroberung aus. Zunächst für ihren heimischen Markt, aber es würde mich wundern, wenn es dabei bliebe. Angefangen bei Tanksäulen, über Komponenten, bis hin zu Wasserstofftanks – alles da. Mengenmessung von Wasserstoff an der Tankstelle, man rede mit der Tatsuno Corp. Es gibt zwar noch ein paar Probleme, aber erst einmal hilft die schicke App, die über eine Bluetooth-Verbindung das Gerät auslesen kann. Es gibt einen Lkw, der für Betankung genutzt werden kann. Es gibt hier alles, von dem wir bloß reden.

Die Idee, Wasserstoff aus Braunkohle in Australien herzustellen und ihn verflüssigt nach Japan zu verschiffen, findet in Japan Anhänger. Genauso wurde ich mehrfach nach NH3 (Ammoniak) gefragt. Auch das soll ein Weg zu mehr Wasserstoff sein.

Die Ausstellung ist groß, größer als im letzten Jahr und richtig dicht gepackt. Es gibt unzählige Rohrhersteller, es gibt Ventile, Komponenten für die Rezirkulation von Wasserstoff, es gibt Befeuchter und, und, und. Bei Kompressoren könnte die Frage lauten: Was für einen möchten Sie gerne? Bis 1.200 bar von klein bis groß, alles vorhanden. Was noch auffällt, sind die verschiedenen Brennstoffzellenanbieter (Axane, ElringKlinger, u. a.), die alle mit großer Mannschaft vor Ort sind. Und es gibt die unterschiedlichen Tanksysteme – nahezu alles für 700 bar ausgelegt.

Kurzum, es herrscht Aufbruchstimmung und es summt wie in einem Bienenstock. Die Frage lautet nicht mehr, ob es kommt, sondern nur noch wann, wie, in welcher Qualität. Wer wird die Nase vorne haben? Das Interesse ist riesig, und auch der deutsche Stand ist voll – ich habe für morgen leider keine Broschüren mehr, alles weg. Beim Vortrag von Dr. Klaus Bonhoff von der NOW waren mehr als 1.000 Leute.

QUALITATIVE UNTERSCHIEDE Die FC Expo war bis circa eine Stunde vor Ende gut besucht. An unserem Stand auf dem Deutschen Pavillon kamen immer wieder Fragen von Japanern: „Was macht Deutschland?" „Wie geht es voran?" Dann folgen meist Entschuldigungen, dass das Thema erneuerbare Energie sich in Japan erst langsam entwickelt und man ja jetzt eine Aufholjagd gestartet habe.

Beim Thema Wasserstoff und Brennstoffzelle sind die japanischen Firmen noch ganz auf ihr eigenes Land bezogen, aber sie spüren den heißen Atem der Nachbarn aus Korea und China. Dort ist man ganz anders aufgestellt, und ich hatte den Eindruck, dass man das auch zum Ausdruck bringt. Mindestens sechs verschiedene chinesische Firmen (davon zwei aus Taiwan) hatten Brennstoffzellen auf ihrem Stand. Die Verarbeitung sieht nicht immer überzeugend aus, aber die Firmenvertreter, mit denen ich gesprochen habe, berichteten, dass es ihre eigenen Materialien sind, die sie auch kundenspezifisch herstellen können.

Die meisten der gezeigten Brennstoffzellen lagen im Bereich von 1 bis 3 kW, und alle sind à la Ballard gebaut. Offene Kathoden und das Rezirkulieren des Wasserstoffs, also den Wasserstoff am Ende der Bipolarplatte wieder in den Hauptstrom einzudüsen, waren kein Thema. Auch wird >>

Abb. 2: Birgit Scheppat
[Quelle: PressContact]

für die meisten der Systeme keine Steuerung angeboten und es werden keine kleinen Stückzahlen verkauft. Eine Brennstoffzelle verfügte über eine Grundfläche von etwa 5 cm mal 10 cm bei einer Höhe von rund 10 cm. Sie sollte eine Leistung von einem Kilowatt haben. Das wäre mindestens die doppelte Leistungsdichte von Produkten bekannter Firmen wie ElringKlinger oder Axane.

Apropos, die Stände der beiden letztgenannten Unternehmen waren immer voll. Stets waren die Standvertreter im Gespräch, und der nächste Interessent wartete schon. Bei ElringKlinger war ein kleiner Stack zu sehen. Während eines Gesprächs mit einem Unternehmensvertreter wurde ein komplettes System für Ende des Jahres angekündigt, also Stack plus alle notwendigen Komponenten für ein Brennstoffzellensystem. Die Fertigung bei dem Dettingener Unternehmen läuft auf Hochtouren, die Nachfrage nach den Produkten für die verschiedensten Anwendungen ebenfalls. Auch die französische Firma Axane ist gut dabei.

Anders ist es bei den Chinesen: Qualität ist dort kein wirklicher Begriff, der mit Liebe gelebt wird. Viele der gezeigten Tanks würde ich in keiner Applikation einsetzen, da ich Zweifel an der Qualität hätte. Es gab auch wenig definierte Aussagen hinsichtlich Prüfung. Auch die Ventile und Durchführungen haben Zweifel bei mir hervorgerufen. Vieles sind „Me-too"-Produkte – Nachbauten, Abgekupfertes und nichts wirklich Originäres.

KOREA MACHT JAPAN KONKURRENZ Also lauert der wirkliche Wettbewerb nicht in Japan und nicht in China, sondern in Korea. Auch dieses Land unterstützt seine Industrie erheblich. Aus einem Gespräch mit einem Hersteller von E-Bikes war zu erfahren, dass man jetzt in Korea für die Lieferdienste, die Roller, Fahrräder usw. verwenden, einen Brennstoffzellenantrieb haben möchte, damit das lästige, langwierige Nachladen unterbleiben kann. Die Aussage eines Mitarbeiters von Sunbike war, dass für die Wartezeiten durch das Laden und für die Kosten der Vorhaltung mehrerer Batterien niemand Zeit und Geld habe und die Logistik der Batterien „furchtbar" wäre. Stolz sind die Koreaner hingegen auf ihre Fahrzeuge. Die haben wohl bei den Winterspielen in diesem Jahr den Japanern die Show gestohlen. Diese müssen jetzt für Olympia 2020 eine wirkliche Hydrogen Society präsentieren.

10-JÄHRIGES JUBILÄUM
Während der Feier zum zehnjährigen Jubiläum der Peter Sauber Agentur als Ausrichter des Deutschen Pavillons (s. Abb. 1) auf der Messe musizierten zwei als bayrische Jodler verkleidete Japaner – klar, sie jodelten. Beim Nachdenken darüber, welche relevanten Aktivitäten der H_2- und BZ-Technik aus jenem Bundesland kommen, ist mir leider nichts eingefallen. Aber es waren ja japanische Jodler, das macht diesen Umstand natürlich wieder wett.

Was Rohre und Tankpistolen für die Betankung betrifft, gab es viel zu sehen. Neue Verbindungstechniken bis zu 1.000 bar wurden gezeigt. Bei den japanischen Firmen macht das einen sehr soliden Eindruck, wird aber nicht ins Ausland geliefert, sondern zunächst nur für den Binnenmarkt hergestellt. Die großen Firmen wie Iwatani, Tatsuno usw. hatten Betankungseinheiten aufgebaut, aber daran war weder designmäßig irgendetwas spektakulär, noch gab es wirkliche Neuigkeiten zum Thema Betankung. Allerdings war allen das Thema Partikel aus den Schläuchen beziehungsweise den inneren Oberflächen ein Begriff, da es für die Brennstoffzelle wohl Probleme bedeuten kann, wenn diese Partikel auf der Wasserstoffseite ins System gelangen. ||

Autorin: Prof. Birgit Scheppat

→ H2BZ-Initiative Hessen in Hannover: Halle 27, Stand B67

USA VERLÄNGERN BZ-FÖRDERUNG

Rückwirkend hat der US-Kongress die Fördermaßnahmen im Elektromobilitätssektor verlängert. Ursprünglich waren die Investment Tax Credits (ITC) bereits Ende 2016 ausgelaufen, wurden nun aber wieder in Kraft gesetzt: Der Kongress führte die 30%ige Ermäßigung für Ladestationsinstallationen beziehungsweise die 4.000-US-$-Gutschrift für Brennstoffzellenfahrzeuge wieder ein und verlängerte sie bis 2022, allerdings mit einer Degression für die letzten zwei Jahre (2021 auf 26 % und 2222 auf 22 %). Somit stimmt der Anreiz für Brennstoffzellen mit dem für andere fortschrittliche und erneuerbare Energietechnologien überein.

Die ITC waren ein wesentlicher Faktor für die Brennstoffzellenindustrie: So gaben die BZ-Hersteller an, dass deren Aussetzung ihre Geschäfte merklich beeinflusst habe, obwohl auch 2017 weiter Umsätze generiert wurden. Aber durch die Wiedereinführung tritt für die Käufer nun ein seltener Glücksfall ein: Da die Gutschriften rückwirkend gewährt werden, können sich Käufer, die 2017 Brennstoffzellenfahrzeuge oder Wasserstoffinfrastruktur angeschafft beziehungsweise installiert haben, über eine Nachzahlung freuen.

Der Haushaltsvorschlag von US-Präsident Donald Trump für 2019 für das Brennstoffzellen- und Wasserstoffprogramm beträgt im Mobilitätssektor 58 Mio. US-$. Der Gesamtbetrag für 2018 könnte bei etwa 80 Mio. US-$ liegen. Die Programme für erneuerbare Energien und Energieeffizienz sollen zurückgefahren werden, stattdessen will man sich auf langfristige Forschung konzentrieren. Diese Verschiebung spiegelt sich auch in den jüngsten DoE-Mitarbeiterpräsentationen wider.

Eine Nominierung für den stellvertretenden Energieminister für Effizienz und erneuerbare Energien gab es indessen immer noch nicht, was als weiteres Zeichen für die Prioritätensetzung der Regierung angesehen werden kann. Allerdings soll der Administrator der Umweltschutzbehörde, Scott Pruitt, während einer Japanreise eine Wasserstofferzeugungsanlage besuchen, so heißt es. Zweifellos ein Zugeständnis an das Drängen der Japaner, aber trotzdem mit möglichen Auswirkungen auf die US-Regierung. ||

Autor: Robert „Bob" Rose

TERMINKALENDER

APRIL

04.-05.04. HyVolution
Konferenz, Paris/Frankreich, AFHY-PAC, Tel. +33-1-535902-11, Fax -29,
www.hyvolution-event.com

05.-08.04. auto motor und sport i-Mobility
Messe, Stuttgart,
Landesmesse Stuttgart GmbH,
Tel. 0711-18560-2656, Fax -701,
www.messe-stuttgart.de/i-mobility/

08.-12.04. Future Mobility Summit
Kongress, Berlin, Tagesspiegel,
Fax 030-29021-29224,
www.futuremobilitysummit.de

09.-11.04. Batterietag
Konferenz, Münster, Haus der Technik,
Tel. 0201-1803-211, Fax -280,
www.battery-power.eu

09.-11.04. Kraftwerk Batterie
Konferenz, Münster, Haus der Technik,
Tel. 0201-1803-211, Fax -280,
www.kraftwerk-batterie.de

11.04. Hauptstadtkonferenz Elektromobilität
Konferenz, Berlin, eMO,
Tel. 030-46302-351,
www.emo-berlin.de

11.-12.04. Electric Vehicles
Konferenz, Berlin, IDTechEx,
Tel. +44-1223-812300,
www.idtechex.com

11.-12.04. Zukunft Gas-Mobilität
Symposium, Berlin,
DVGW u. Zukunft Erdgas,
Tel. 0228-9188620,
www.dvgw.de

21.-22.04. Fahrzeugschau Elektromobilität
Messe, Bad Neustadt a.d. Saale,
Stadt Bad Neustadt,
Tel. 09771-9106103,
www.m-e-nes.de

23.-27.04. Hannover Messe
Messe, Hannover, Deutsche Messe,
Tel. 0511 89-0, Fax -32626,
www.hannovermesse.de

MAI

07.-09.05. Berliner Energietage
Messe & Konferenz, Berlin, Berliner ImpulsE, Tel. 030-2014308-04, Fax -10,
www.berliner-energietage.de

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

14.-15.05. Residential Energy Storage Forum
Konferenz, Berlin, Dufresne,
Tel. +65-624-30050, Fax -57232,
www.energystorageforum.com

15.-16.05. Stadtwerke mit erneuerbaren Energien
Konferenz, Nürnberg, Eurosolar,
Tel. 0228-36-2373, Fax -1279,
www.eurosolar.de

15.-17.05. The Battery Show / electric & hybrid
Messe, Hannover, Smarter Shows,
Tel. +44-1273-916300,
www.thebatteryshow.eu,
www.evtechexpo.eu

16.-18.05. Energy Storage World Forum
Konferenz, Berlin, Dufresne,
Tel. +65-624-30050, Fax -57232,
www.energystorageforum.com

19.05. Formel e
Wettfahrt, Berlin, FIA,
www.fiaformulae.com

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

JUNI

01.-03.06. Grünstrom erfährt neue Welten
Messe & Konferenz, Enge-Sande,
GreenTec-Campus,
Tel. 04662-89127-54,
www.gruenstrom-event.de

05.-06.06. Hydrogen + Fuel Cells
Konferenz, Vancouver/Kanada,
CHFCA, Tel. 001-604-7607176,
www.hfc2017.com

06.-07.06. Deutscher Wasserstoff Congress
Kongress, Berlin, EnergieAgentur.
NRW, Tel. 0211-86642-16, Fax -22,
www.h2congress.de

06.-08.06. International Hydrail Conference
Konferenz, Rom/Italien,
Mooresville Hydrail Initiative,
Tel. +1-704-664-5486,
www.hydrail.org

11.06. Lithium-Ionen-Batterien
Symposium, Ostfildern, TAE,
Tel. 0711-34008-29, Fax -30,
www.tae.de

13.-14.06. BDEW Kongress
Kongress, Berlin,
EW Medien & Kongresse,
Tel. 030-2602412-1, Fax -2,
www.bdew.de/kongress

19.-22.06. ees – electrical energy storage
Konferenz & Messe,
München, Intersolar,
Tel. 07231-58598-0, Fax -28,
www.ees-europe.com

22.-24.06. E-Mobil Rallye
Wettfahrt, Lübeck, Eco-Mobility,
Tel. 0431-24746372,
www.emobil-rallye.com

27.-28.06. interCOGEN
Messe, Karlsruhe, Reeco,
Tel. 07121-3016-111,
www.intercogen.de

JULI

03.-06.07. European SOFC & SOE-Forum
Konferenz & Messe, Luzern/Schweiz,
European Fuel Cell Forum,
Tel. +41-4-45865644, Fax -135080622,
www.efcf.com

24.-27.07. Hypothesis XII
Konferenz, Syrakus/Italien,
www.hypothesis.ws

26.-28.07. China International Hydrogen and Fuel Cell Exhibition
Messe, Beijing/China,
China Machinery Industry Federation,
Tel. +86-10-62780537,
http://.en.chfce.com

SEPTEMBER

10.-14.09. Joint European Summer School
Basiskurs, Athen/Griechenland,
FZ-Jülich, Tel. +44-121-4145275,
www.jess-summerschool.eu

11.-15.09. Automechanika
Messe, Frankfurt a. M.,
Messe Frankfurt,
Tel. 069-7575-0, Fax -6433,
www.automechanika.de

12.-13.09. E-Motive
Konferenz, Stuttgart, Forschungsvereinigung Antriebstechnik,
Tel. 069-6603-1820, Fax -2820,
www.e-motive.net

FIRMENVERZEICHNIS

ARMATUREN, REGLER, VENTILE

HPS Solutions GmbH,
Fraunhoferstr. 5, 82152 Martinsried,
Tel. 089-744926-0, Fax -10,
info@hps-solutions.de,
www.hps-solutions.de

PTEC – Pressure Technology GmbH, Rohrleitungen, Verschraubungen, Filter, Ventile, Regler, TPRD, Linde 11, 51399 Burscheid, Tel. 02174-748-722, *www.ptec.eu*

BERATUNG & PLANUNG

EMCEL GmbH – Ingenieurbüro für BZ, H_2-Technologie und E-Mobilität. Machbarkeitsstudien, Normen & Zulassung, Instandhaltung.
Brüsseler Str. 85, 50672 Köln, Tel. 0221-29931929,
email@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

Technology Management SK,
Benedikt Eska, Innovationsmanagement,
Strategieentwicklung, Projektmanagement,
Technologie- und Marktanalysen,
Münchener Str. 35a, 85748 Garching,
Tel. 089-36037836,
www.temsk.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

Hydrogenics GmbH, Am Wiesenbusch 2, Halle 5,
45966 Gladbeck, Tel. 02043-944-133, Fax -146,
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 H_2Gen GmbH,
Eupener Straße 165, 50933 Köln, Tel. 0221-2919073-0, Fax -9,
www.arevah2gen.com

Asahi Kasei Europe GmbH,
Am Seestern 4, 40547 Düsseldorf, Tel 0211-8822-030,
info@asahi-kasei.eu, www.asahi-kasei.eu

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

h2agentur Uwe Küter & Matthias Bromeis GbR,
PEM-Elektrolyse Stacks Systeme Projekte, Beckergrube 87,
23552 Lübeck, Tel. 0451-7072-7210,
info@h2agentur.de, www.h2agentur.de

Hoeller Electrolyzer GmbH, The Stack Company,
Alter Holzhafen 17b, 23966 Wismar, Tel. 03841-758-3030,
www.hoeller-electrolyzer.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.htec-systems.de*

Hydrogenics GmbH, Am Wiesenbusch 2, Halle 5,
45966 Gladbeck, Tel. 02043-944-133, Fax -146,
powersales@hydrogenics.com, www.hydrogenics.com

iGas energy GmbH,
Cockerillstr. 100, 52222 Stolberg,
Tel. 02402-9791600,
info@igas-energy.de, www.iGas-energy.de

ITM Power GmbH, Energy Storage – Clean Fuel,
Mragowo Strasse 15, 35305 Grünberg, Tel. 06401-225757-0,
Fax -2, *www.itm-power.com*

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

Nel Hydrogen, 10 Technology Drive, Wallingford, CT
06492, USA, Tel. +1-203-949-8697, Fax -8016,
info@protononsite.com, www.NelHydrogen.com

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

ENERGIESPEICHERUNG

HPS Home Power Solutions GmbH,
Carl-Scheele-Str. 16, 12489 Berlin,
Tel. 030-5169-5810,
mail@homepowersolutions.de,
www.homepowersolutions.de

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

FORSCHUNG & ENTWICKLUNG

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

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

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

Fraunhofer-Institut für Mikrotechnik und Mikrosysteme IMM, Carl-Zeiss-Str. 18-20, 55129 Mainz, Tel. 06131-9900,
info@imm.fraunhofer.de, www.imm.fraunhofer.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 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, EUREF-Campus 10-11, 10829 Berlin, Tel. 0170-5870317, *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 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 und Katalysatoren, 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 Corp. Canada, Europäische Vertretung: Dr. Lutz Consulting GmbH, Kahlenbergstr. 44, 66849 Landstuhl, Tel. 06371-914914, *tlutz@greenlighteurope.com, www.greenlightinnovation.com*

Maximator GmbH, H_2-Hochdrucktechnik, Prüftechnik, Hydraulik, Pneumatik, Dienstleistungen, Lange Straße 6, 99734 Nordhausen, Tel. 03631-9533-5107, *H2Team@maximator.de, www.maximator.de*

SL TecH2 GmbH – Ihr Entwicklungspartner für die Mobilität von morgen, Weinbergweg 13, 73230 Kirchheim, Tel. 07021-993968-0, Fax -1, *www.sl-tech2.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*

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*

Reuther STC GmbH, Fabrikstr. 8, 15517 Fürstenwalde, Tel. 03361-694-0, Fax -852, *www.reuther-stc.com*

Wystrach GmbH, Industriestr. 60, 47652 Weeze, Tel. 02837-9135-0, Fax -30, *www.wystrach-gmbh.de*

STATIONÄRE SYSTEME

SOLIDpower GmbH, Borsigstraße 80, 52525 Heinsberg, Tel. 02452-153-758, Fax -755, *bluegen@solidpower.com, www.solidpower.com*

SYSTEMINTEGRATION

Ansprechpartner:
Frau Gemmer-Berkbilek
Tel.: +49 (0) 9131 90095221
AREVA GmbH
Paul-Gossen-Straße 100
91052 Erlangen
www.areva.de

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

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

TECHNOLOGIEZENTREN

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

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

TESTSTÄNDE

AVL List GmbH, Hans-List-Platz 1, 8020 Graz, Österreich, Tel. +43-316-787-0, Fax -400, *info@avl.com, www.avl.com*

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

VERANSTALTER

HANNOVER MESSE
HYDROGEN FUEL CELLS BATTERIES GROUP EXHIBIT
April 23-27 2018
Hall 27, C66
Exhibition Grounds
Hanover, Germany

SOLARPOWER INTERNATIONAL
HYDROGEN FUEL CELLS NORTH AMERICA
September 24-27 2018
Convention Center
Anaheim, CA, USA

EFCF Fuel Cells - Electrolysers - H_2
July 2018 Solid Oxide Technology
2019 Low Temp. & Hydrogen
Conference - Exhibition - Switzerland

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, f-cell – Die Impulsveranstaltung, Wankelstr. 1, 70563 Stuttgart, Tel. 0711-656960-55, Fax -9055, *www.f-cell.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*

MCC
JETZT Teilnahme sichern!
HZwei DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN
Forum EnergieSpeicher 2018
17. und 18. April 2018 in Köln
Moderation:
Dr. Martin Kleimaier, Consultant, VDE / VDI
Ihre Referenten:
Jochen Schwill, CEO, Next Kraftwerke
Dr. Alexander Hirnet, General Manager R&D, Varta Storage GmbH
u.v.a.
Weitere Informationen finden Sie unter:
www.forum-energiespeicher.de
Weitere Infos und Anmeldung mit QR-Code und Smartphone aufrufen.

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

WEITERBILDUNG

forumKWK – Berufsbildungs- und TechnologieZentrum der Handwerkskammer in Osnabrück,
Brennstoffzellen in der Haustechnik – Aus- und Weiterbildungsangebote für das Handwerk,
forumKWK@hwk-osnabrueck.de, www.btz-osnabrueck.de

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

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

ElringKlinger AG,
Max-Eyth-Str. 2, 72581 Dettingen/Erms,
Tel. 07123-724-0, Fax -9006,
info@elringklinger.com, www.elringklinger.com

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

Kerafol Keramische Folien GmbH,
Koppe-Platz 1, 92676 Eschenbach,
Tel. 09645-884-30, Fax -90,
www.kerafol.com/sofc

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

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

DER 8. DEUTSCHE WASSERSTOFF CONGRESS 2018

Wirtschaftsfaktor Wasserstoff

grüner Wasserstoff

H_2 in der Industrie

H_2-Aktivitäten international

H_2 im Verkehr

6. - 7. Juni 2018

Vertretung des Landes Nordrhein-Westfalen
Hiroshimastraße 12-16
10785 Berlin

Registrierung online unter
www.h2congress.de

Congress-Veranstalter:

EnergieAgentur.NRW

DWV Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband

NOW Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie

Hydrogen is now.

H-TEC SYSTEMS

bis zu 95 % Wirkungsgrad

H-TEC Series-ME: ME 100/350*

READY. SET. SUPPLY.

Als Turn-Key-Lösung überzeugen die Elektrolyseure der H-TEC Series ME durch einen kompakten Aufbau, hohe Leistungsdichte und niedrige Betriebskosten. Mit bis zu 95 % Wirkungsgrad dank Wärmeauskopplung ist sie obendrein wirtschaftlich hocheffizient. Die individuelle Leistungsgarantie setzt neue Maßstäbe und sichert neue Wege für die industrielle Nutzung von Wasserstoff. Die Elektrolyseure von H-TEC sind kurzfristig verfügbare Lösungen für eine effektive Sektorenkopplung.

* Abbildung zeigt die Kernelemente des Elektrolyseurs.

Besuchen Sie uns!
HANNOVER MESSE
23.–27.04.2018 . Halle 27, Stand B54

H-TEC SYSTEMS GmbH
Maria-Goeppert-Str. 9a · 23562 Lübeck · Deutschland
T +49 (0) 451-399 41-0 · F +49 (0) 451-399 41-799
info@h-tec-systems.com

Mehr Informationen unter H-TEC-SYSTEMS.COM

MADE IN GERMANY

A GP JOULE COMPANY