Hydrogeit Verlag / www.hzwei.info / 10. Jahrgang / Oktober 2010 / 7 €

Hzwei

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLEN

→ ENERGIESPEICHERUNG MITTELS WIND-WASSERSTOFF-SYSTEMEN

→ AUSWERTUNG: TEST-KAUF UND TEST-BETRIEB VON BZ-STACKS

4. Teil der neuen Serie über Elektromobilität
Modellregion: München

10010
9 771862 393005

INHALTSVERZEICHNIS

2 Impressum

3 Editorial

4 Meldungen
Ian Williamson für Europa
Fachliteratur: Der neue Klell
e-LaB fürs ZSW, H_2-Labor für Cottbus
ÖkoGlobe-Verleihung

6 Messen
Glamourös: Clean Tech World

8 Kongress
f-cell feiert 10. Jubiläum

10 Titel: Wind-Wasserstoff
VDE-Studie über Stromspeicherung
Erdgasnetz als Wasserstoffspeicher
LBST-Analyse: Wind-Wasserstoff-Potentiale
Windwasserstoffelektrolyse in Herten
Demonstrationsprojekt RH_2-WKA
Interview mit Dr. Oliver Weinmann

22 Schifffahrt
HyPort startet, Kapitän wechselt
BZ-Bordenergieversorgung auf Yachten

24 Luftfahrt
Antares 3. Generation
Boeing baut BZ-Drohne

25 Entwicklung
Brandschutz mit Brennstoffzellen
BSR entsorgt Müll mit BZ-Strom
Stack-Test: Sind Brennstoffzellen marktreif?

29 Elektromobilität
MeRegioMobil: überregionales Projekt
Serie Teil 4: Modellregion München
Ergebnisse einer Expertenbefragung
E-Räder preschen voran
BMW, Renault, Daimler: neue Vorhaben
e-migila: Rennen über die Alpen
H2Moves in Skandinavien

38 Firmenverzeichnis

39 Terminkalender

6+32 *Clean Tech World & Saubere Zweiräder*

8 *f-cell award für Reinz-Dichtungs-GmbH (T. Kunick)*

10 *Titel: Wind-Wasserstoff-Systeme als Energiespeicher*

IMPRESSUM HZwei

ISSN: 1862-393X
Jahrgang: 10. (2010)

Verlag: Hydrogeit Verlag
Gartenweg 5
D - 16727 Oberkrämer

Sitz: Oberkrämer
USt!D.: DE 221143829

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

Design: Dipl.-Des. Andreas Wolter, Weimar
Satz: Henrike Hiersig, Weimar
Anzeigen: Kirsten Laasner Projektmanagement, Kirchheim

Lektorat: Dione Gutzmer, Berlin
Druck: Printec Offset – medienhaus, Kassel

Druckauflage: 4.200 Stück
Erscheinungsweise: 4 x jährlich

Einzelpreis (Inland): 7 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 1,50 € Versand)
Jahrespreis (Inland): 24 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 6,00 € Versand)
Einzelpreis (Europa): 7 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 4,50 € Versand)
Jahrespreis (Europa): 24 Euro (inkl. MwSt. zzgl. 18,00 € Versand)

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

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

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

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

H_2YDROGEIT Verlag

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

Titelbild: Wind-Wasserstoff-System
[Foto: Sven Geitmann]

DIVERSIFIKATION

Liebe Leserinnen und Leser!

Der Entwicklungstrend in Richtung von mehr dezentralen Stromerzeugungssystemen, weg von den zentralen Großkraftwerken, ist nicht mehr zu stoppen. Das haben selbst die vier großen Energieversorger eingesehen. Die Laufzeitverlängerung der Atomkraftwerke schiebt diese Entwicklung zwar noch etwas auf, aber umkehren können die Lobbyisten diesen Trend trotzdem nicht.

Dies bestätigte auch Martin Pokojski, Innovationsmanager von Vattenfall Europe Innovation (s. S. 20). Während der Podiumsdiskussion beim 8. Riesaer BZ-Workshop sagte er, die großen Konzerne richteten sich auf kleiner werdende Marktanteile ein. Auch Dr. Christopher Hebling vom Fraunhofer ISE sprach bei der Clean Tech World (s. S. 6) über die „Transformation der Energiesysteme von zentralen Kraftwerken zu dezentralen Erneuerbare-Energien-Systemen".

Es geht dabei nicht nur um mehr kleine Generatoren, sondern auch um immer unterschiedlichere Aggregate: Gab es bisher zur Stromerzeugung (fast) nur Kohle-, Gas-, Kernenergie- sowie Wind- und Wasserkraftwerke, so werden in Zukunft noch sehr viel mehr verschiedene Systeme in das öffentliche Netz einspeisen – seien es die vielen kleinen und großen Photovoltaiksysteme oder verschiedene Arten an Blockheizkraftwerken: Stirlingmotor, Rapsölbrenner, Geothermiekraftwerk und Brennstoffzellensystem.

Der Trend zur Diversifikation ist unaufhaltbar, deswegen halten die Energieversorger bereits nach neuen Perspektiven Ausschau. Nicht ohne Grund kursieren seit neustem Begriffe wie „smart metering", „vehicle to grid" und „innovative Ladeinfrastruktur" durch die Energiebranche, denn über die Elektromobilität wollen die Stromversorger endlich in den Mobilitätssektor vorstoßen. Indem sie die Fahrzeuge mit der Hausenergieversorgung vernetzen, können sie für sich einen neuen Markt erschließen und gleichzeitig die Lastmanagementprobleme in den Griff bekommen.

Das jüngste Beispiel dafür ist die Kooperation der Westfalen AG mit RWE: 40 Mineralöltankstellen zwischen Bonn und Münster sollen mit Ladesäulen für E-Autos ausgestattet werden. Damit dringt der Essener Energieversorger in die ureigensten Regionen der Ölkonzerne vor, während die Westfalen AG auf Mitnahmeeffekte im Shop-Geschäft spekuliert.

Wozu denn dieser Aufwand? fragt man sich da. Es ist doch viel einfacher, zu Hause das irgendwann mal erhältliche Elektroauto mit Sonnenstrom aus der eigenen Photovoltaikanlage aufzuladen. Das ist dann wirklich dezentral. ||

Herzlichst

Sven Geitmann
HZwei Herausgeber

AUTODESK UNTERSTÜTZT
CLEAN TECH START-UP
UNTERNEHMEN

Sie sind ein Start-Up Unternehmen im Clean Tech Bereich?
Sie benötigen CAD Software um Ihre Ideen zu verwirklichen?
Bewerben Sie sich und erhalten Sie Autodesk Software im Wert von bis zu 120.000 Euro.

Clean Tech Unternehmen entwickeln Technologien, die zur Lösung der dringendsten Umweltprobleme beitragen und unsere Welt nachhaltig verändern. Beispiele sind

- Lösungen zur Verkehrsflussoptimierung
- Biokunststoffe aus Klärschlamm
- Neue Solar-Technologien
- Technologische Entwicklungen, die sich mit der Lösung von Umweltproblemen befassen

Autodesk will mit seiner CAD-Technologie die Clean Tech Bewegung beschleunigen.

Mit Digital Prototyping von Autodesk können Sie digitale Prototypen Ihrer Ideen entwickeln und Ihre Produkte schneller und kostengünstiger auf den Markt bringen.

Bewerben Sie sich beim Autodesk Clean Tech Partner Programm:
www.autodesk.de/cleantech

Autodesk ist ein in den USA und/oder anderen Ländern eingetragenes Warenzeichen oder Warenzeichen von Autodesk, Inc. Alle weiteren Markennamen, Produktbezeichnungen oder Warenzeichen sind Eigentum der jeweiligen Unternehmen. Autodesk behält sich das Recht vor, alle Produktangebote und technischen Daten jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern. © 2010 Autodesk, Inc. Alle Rechte vorbehalten.

WILLIAMSON WIRD EHA-PRÄSIDENT

Ian Williamson

Frank Schnitzeler

Der Europäische Wasserstoff Verband *(European Hydrogen Association, EHA)* mit Sitz in Brüssel hat am 22. Juni 2010 Ian Williamson zum neuen Präsidenten ernannt. Im EHA sind zahlreiche europäische Wasserstoffverbände sowie Unternehmen aus dem Bereich Wasserstoffinfrastruktur zusammengeschlossen. Ian Williamson war in den letzten sieben Jahre für Air Products im Bereich Wasserstoff und Bioenergie aktiv und Mitbegründer der Joint Technology Initiative (JTI). Er folgt damit Lars Sjunnesson, der dieses Amt seit 2005 innehatte.

Als Nachfolger für Williamson ist im August 2010 der Niederländer Frank Schnitzeler zum Business Development Manager für den Bereich Wasserstoff und Bioenergie benannt worden. Der britische Industriegashersteller Air Products will damit gleichzeitig sein Engagement auf dem deutschen sowie dem niederländischen Wasserstoffmarkt intensivieren. Schnitzeler soll vor allem die Entwicklung und Beteiligung an Großprojekten für mobile Wasserstoffanwendungen vorantreiben. Zuvor war der 44-jährige Physiker fünf Jahre lang als Business Development Manager Europe bei Shell Hydrogen sowie als aktives Vorstandsmitglied sowohl bei der Clean Energy Partnership als auch bei H2Mobility aktiv. ||

HANS-JÜRGEN HEINRICH
Head of Integrated Fuel Cell Technology,
Airbus Operations GmbH,
ist verstorben

Herr Heinrich war seit Jahren mit der Integration multifunktionaler Brennstoffzellen im Flugzeug betraut und hat sich maßgeblich für die Einrichtung des Brennstoffzellen-Testlabors in Hamburg eingesetzt. Er war ein wichtiger Ideengeber und Treiber für die Brennstoffzellentechnologie und konnte Menschen begeistern. Nicht nur wegen seiner fachlichen Kompetenz, sondern auch als Persönlichkeit werden wir Hans-Jürgen Heinrich vermissen. Trotz seines stets überfüllten Terminkalenders hatte er immer ein offenes Ohr und war ein aktives Mitglied in der Hamburger Landesinitiative Brennstoffzellen und Wasserstofftechnologie.

Wir trauern um Hans-Jürgen Heinrich.
Unser Mitgefühl gilt seiner Familie.

DIE LANDESINITIATIVE BRENNSTOFFZELLEN- UND WASSERSTOFFTECHNOLOGIE HAMBURG

DER NEUE KLELL

Prof. Dr. Helmut Eichlseder und Dr. Manfred Klell haben ihr gemeinsam verfasstes Buch „Wasserstoff in der Fahrzeugtechnik“ erweitert und überarbeitet. In dem 320 Seiten umfassenden Fachbuch sind die verschiedenen Aspekte von Eigenschaften, Erzeugung, Speicherung und Anwendung von Wasserstoff ausführlich dargestellt. Der inhaltliche Schwerpunkt liegt dabei auf der Thermodynamik der H_2-Speicherung. Anhand von insgesamt 228 farbigen Abbildungen und 29 Tabellen erklären die Autoren chemische und physikalische Zusammenhänge. Mit etlichen Grafiken und Diagrammen sowie mathematischen Herleitungen gehen Eichlseder und Klell bis ins Detail, so dass das Buch auch wissenschaftlichen Ansprüchen genügt. Durch die Berücksichtigung von Forschungsvorhaben an der TU Graz und am HyCentA wird der Bezug zur Praxis dargestellt. Als eigener Abschnitt wurde in dieser Auflage die Brennstoffzelle zur Stromerzeugung für Elektroantriebe ergänzt. ||

Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden 2010, ISBN 978-3-8348-1027-4, Preis: 26,95 Euro

COTTBUS ERHÄLT H_2-ZENTRUM

Am 16. September 2010 ist an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus (BTU) der Grundstein für ein Wasserstoff-Forschungszentrum gelegt worden. Bis Mitte 2011 soll dort ein zweieinhalbgeschossiges, rund 250 m^2 großes Gebäude entstehen, in dem dann ein Versuchsstand für Wasserstoff installiert wird. Unter anderem soll ein Druckelektrolyseur im Maßstab einer kleinen Industrieanlage errichtet werden. Anlässlich des gleichzeitig stattfindenden 12. Brandenburger Energietages stiftete Total Deutschland der BTU Cottbus zwei Brennstoffzellen und einen LPG-Reformer. Die Gesamtinstallation soll dem Wissenschaftler-Team des Lehrstuhls Kraftwerkstechnik um Prof. Dr. Hans Joachim Krautz dazu dienen, den Umgang mit Wasserstoff als Speicher für fluktuierende Windenergie zu untersuchen. Mit Blick auf die enge Kooperation mit dem Wind-Wasserstoff-Hybridkraftwerk in Prenzlau sagte

Wirtschaftsminister Ralf Christoffers, Wissenschaftsministerin Dr. Martina Münch und Prof. Hans Joachim Krautz, BTU Cottbus (v.r.) [Quelle: BTU Cottbus]

Krautz: „Deutschlandweit sind wir hier in Brandenburg mit unseren umfassenden Forschungszielstellungen Vorreiter." BTU-Präsident Prof. Dr. Walther Ch. Zimmerli sagte: „Mit diesem Zentrum haben wir Rahmenbedingungen, um Spitzenforschung auf höchstem Niveau zu betreiben. Damit besteht auch für das Land Brandenburg die Möglichkeit, die wesentlichen Bausteine der anstehenden Energiewende wissenschaftlich auf höchstem Niveau zu begleiten." ||

→ *Mehr über Wind-Wasserstoff: ab S. 10*

ÖKOGLOBES VERLIEHEN

Ausgezeichnet fürs Lebenswerk: Walter Mennekes [Quelle: ÖkoGlobe]

Zum vierten Mal sind in Köln die ÖkoGlobes verliehen worden. In zehn Kategorien wurden am 7. September 2010 besonders nachhaltige Konzepte, Produkte und Prozesse der Mobilitätsbranche ausgezeichnet. Insgesamt waren über 100 Bewerbungen eingereicht worden, aus denen eine unabhängige Jury die Gewinner ausgewählt hatte. In der extra für Elektro- und Hybridantriebe eingerichteten Kategorie konnten Mitsubishi und Peugeot den Umweltpreis für den *iMiev* beziehungsweise für den baugleichen *iOn* mit nach Hause nehmen. Auch Nissan wurde ausgezeichnet, und zwar für seinen bereits in den USA für rund 32.000 US-$ erhältlichen Leaf in der Abteilung „ökologische Großserienfahrzeuge". Bei den „wegweisenden Innovationen bei Kleinserienfahrzeugen" erhielt Xenova die Öko-Weltkugel für ihren elektrisch angetriebenen Transporter *Terryman*. Daimler nahm gleich zwei Auszeichnungen mit: Zunächst in der Rubrik „innovative Energieträger" für ihr B-Klasse-Fahrzeug *F-Cell*. Und dann noch – gemeinsam mit Linde – bei den „nachhaltigen Infrastrukturmodellen" für die H_2-Tankstelleninfrastruktur. Auch Walter Mennekes wurde von der Jury zweimal ausgezeichnet: Erstens wurde der sauerländische Unternehmer als „herausragende Persönlichkeit" für seine Kompetenz, Tatkraft, Voraussicht sowie seinen Mut geehrt. Und zweitens erreichte sein Unternehmen den dritten Platz in der Kategorie „nachhaltige Infrastruktur". Bundesumweltminister Norbert Röttgen betonte während der Veranstaltung: „Wir wollen nicht darauf warten, bis wir von China herausgefordert werden, sondern wir wollen Herausforderer sein." ||

NEUES E-LABOR AM ZSW

Das Zentrum für Sonnenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) baut seine Aktivitäten im Bereich der Batterietechnologie kontinuierlich weiter aus. Am 22. Juli 2010 erfolgte am Standort Ulm der Spatenstich zur Errichtung eines neuen Labors für die Entwicklung von Hochleistungsbatterien: das ZSW-Labor für Batterietechnologie *e-LaB*. Für den Bau sind 27 Mio. Euro veranschlagt worden, damit dann auf 6.600 m^2 ausreichend Platz zur Erprobung von Fertigungsverfahren von Lithium-Ionen-Zellen sowie für Batteriesicherheitstests ist. Bundesverkehrsminister Ramsauer betonte in einem Grußwort: „Elektrofahrzeuge müssen genauso sicher sein wie Fahrzeuge mit herkömmlichem Antrieb. Dazu brauchen wir umfassende Tests, um zum Beispiel das Unfallverhalten von Batterien zu ermitteln." ZSW-Vorstand Professor Werner Tillmetz erklärte: „Die neue Forschungs- und Entwicklungsinfrastruktur schließt eine Lücke im Bereich der Sicherheitstests und der Produktionstechnologien für Batterien der nächsten Generation." ||

Perfekte Lösungen für PEM und DMFC.

Vollautomatische Testsysteme für MEAs, Stacks und Systeme.

Evaluator-LT

- Von 1 W bis 150 kW Brennstoffzellenleistung
- Speziell für die Anforderungen mobiler und stationärer Anwendungen
- Verschiedene Befeuchtungstechnologien bis 250°C
- Integrierte elektrochemische Analysesysteme für Impedanz und Zyklovoltammetrie

Tomorrow's energy. We make it work.

www.fuelcon.com \\ T +49 39203 514400

FuelCon
Tomorrow's energy. We make it work.

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

GRÜN IST GLAMOURÖS

Clean Tech World in Berlin-Tempelhof

Vom 15. bis 19. September 2010 hat erstmalig die Clean Tech World in Berlin stattgefunden. Innerhalb von fünf Tagen gab es auf dem Gelände des ehemaligen Flughafens Berlin-Tempelhof eine Konferenz, verschiedene Seminare und Workshops, eine Gala mit Preisverleihung und eine Ausstellung mit der Gelegenheit zu Testfahrten mit Elektromobilen. Die Veranstalter knüpfen damit an den *e-day* an, der das Thema Elektromobilität 2009 am gleichen Ort dargestellt hatte. In Kombination mit dem Clean Tech Media Award, der 2008 vor 250, 2009 vor 600 und dieses Jahr vor über 1.000 Gästen vergeben wurde, unterstreicht dieser Event die Ambitionen Berlins, die Elektromobilitäts-Hauptstadt Deutschlands zu werden.

Der Wille war da. Auch etliche große Firmen waren mit dabei, ebenso wie einige bekannte Persönlichkeiten aus dem Show-Business. Das allein reicht aber noch nicht aus, denn am wichtigsten ist, dass auch genügend Teilnehmer erscheinen, was beim ersten Anlauf der Clean Tech World nur teilweise gelang. Die Gesamtbilanz der Clean Tech World fällt daher zweigeteilt aus: Das Ambiente war einmalig und wirklich etwas Besonderes. Wo sonst kann man mitten in einer Großstadt auf einem stillgelegten Flughafen neuste Technik ausprobieren und sich über innovative Entwicklungen informieren? Diese extravagante Location verlangt aber gleichzeitig auch Zugeständnisse ab, wenn die Konferenz nicht in einem komfortablen Kongresssaal, sondern in einem rustikalen Airbase-Restaurant stattfindet.

Die Weitläufigkeit auf dem Flughafengelände war für die Testfahrten einerseits sehr angenehm, andererseits vermitteln die zwangsläufig vorhandenen Freiräume ein mangelndes Besucherinteresse. So war auf der Ausstellung mit rund 100 Ständen auf dem Rollfeld und in Hangar 5 zwar einiges in punkto Umwelttechnologien insbesondere im Bereich Elektromobilität zu sehen. Aber die Besuchermassen, für die das alles aufgebaut war, strömten nicht in der erhofften Anzahl herbei. Mit ein Grund dafür dürfte das auf fünf Tage gestreckte Programm gewesen sein. Nach der Konferenz am 15. und 16. September verweilten nur wenige Teilnehmer für einen weiteren Tag zum Besuch der Messe. Und auch am Wochenende kamen deutlich weniger Gäste als erhofft. Dafür nutzten einige Pressevertreter und auch ein Teil der interessierten Öffentlichkeit die Gelegenheit, um in aller Ruhe verschiedene Elektrofahrzeuge – egal ob zwei-, drei- oder vierrädrig – Probe fahren zu können. Auf verschiedenen Parcours standen sowohl Segways, Pedelecs und Elektromotorräder als auch „normale“ E-Autos inklusive des Tesla-Sportwagens zur Verfügung. Für den Nachwuchs war ein eigener Kids-Parcours aufgebaut.

Die Veranstalter zogen angesichts der insgesamt 8.500 erschienenen Teilnehmer eine positive Bilanz, auch wenn „die für die Öffentlichkeitstage erwarteten Besucherzahlen nicht erreicht wurden.“ Seitens der Clean Tech World hieß es weiter: „Die Besucher hatten viel Spaß auf dem Parcours. Außerdem wissen wir durch eine Besucherbefragung, dass die Ausstellung sehr gut angekommen ist. Der Fachbesuchertag war sehr erfolgreich, da alle Veranstaltungen (Konferenzen der Heinrich Böll-Stiftung, von Scholz&Friends und WBPR) ausgebucht waren.

EINSICHTEN IN DIE CLEAN-MOBILITY-BRANCHE Zur *Clean Mobility Insights Conference,* die von der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie GmbH (NOW) veranstaltet wurde, erschienen über 200 Teilnehmer. Inhalt der Tagung war unter anderem der erste öffentliche Statusbericht aller Modellregionen Elektromobilität. Außerdem berichtete Philippe Mulard von Total über den aktuellen Stand von H2Mobility und regte an, diese

Initiative auf europäische Ebene auszudehnen. Erste Bemühungen zur Verknüpfung von H2Mobility mit der JTI existieren bereits. Dr. Patrick Oliva von Michelin stellte neue Radnabenmotoren *(full electric wheels)* vor, die nach seinen Worten ein „unvergleichliches Fahrgefühl" ermöglichen. Der so genannte „Mr. Bibendum" erklärte weiterhin, dass elektrisches Bremsen *(e-braking)* beherrschbar und realisierbar ist. Außerdem verwies er darauf, dass die nächste *Challenge Bibendum* im Mai 2011 ebenfalls auf dem Flughafen Tempelhof in Berlin stattfinden wird.

GRÜNER TEPPICH AUSGEROLLT Am Abend des 16. Septembers fand die Verleihung der *Clean Tech Media Awards 2010* statt. Über 1.000 Gäste inklusive etlicher Schauspieler waren zu dieser Gala erschienen. Der Clean Tech Media Award zeichnet Visionäre, Pioniere und herausragende Persönlichkeiten im Bereich der Umwelttechnologie aus. Der Umweltpreis, der zum dritten Mal verliehen wurde, versucht Umwelttechnologien und Entertainment, Nachhaltigkeit und Show-Business miteinander zu verbinden.

Zu den Nominierten, die aus über 60 Bewerbungen ausgewählt worden waren, zählten in der Kategorie *Energie* die Heliocentris Energy Solutions AG sowie das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW). Den Preis nahm dann aber JouleX für die Entwicklung von Software zur Effizienzsteigerung mit nach Hause. In dieser Rubrik wurden Institutionen ausgewählt, die mit ihrer Technologie Energie schadstofffrei oder ressourcenschonend erzeugen, verteilen, speichern und einsetzen.

Heliocentris war zudem in der Kategorie Kommunikation nominiert. Hier gewann die Triad Berlin Projektgesellschaft mbH für ihre erfolgreiche Gestaltung eines Themenpavillons über die Zukunft der Städte auf der Expo 2010 in Shanghai. Im Bereich Mobilität konnte die car2go GmbH ihren Preis von Schauspielerlegende Horst Jason entgegennehmen. Das Ulmer Unternehmen bietet flexibles Carsharing zum Pauschalpreis mit minutengenauer Abrechnung an. Ebenfalls nominiert waren die Clean Mobile AG sowie die Clean Energy Partnership (CEP). Ein Sonderpreis ging darüber hinaus an Elon Musk, Mitbegründer und Vorstandschef der US-amerikanischen Firma Tesla Motors. Er wurde für sein „außergewöhnliches Engagement im Bereich Elektromobilität" ausgezeichnet.

Im Anschluss an die Preisverleihung wurden weitere Technologien auf einer Ausstellung präsentiert sowie eine neue Batteriewechselstation für das Elektroautomobil E3 des Hauptsponsors EWE. Musikalischen Support während der Award-Verleihung lieferte Ben Ivory. Außerdem war in diesem Jahr erneut Clark Datchler mit dabei, der dieses Mal mit seiner gerade wieder zusammengekommenen Band *Johnny Hates Jazz* auftrat.

Marco Voigt, Geschäftsführer der Clean Tech Media GmbH & Co. KG und Initiator des Clean Tech Media Award, fasste die gesamte Veranstaltung so zusammen: „Grün ist nicht nur verantwortungsbewusst, sondern auch ein Trend mit echtem Glamourfaktor." Dieser Trend scheint sich allerdings noch nicht bei allen Berlinern herumgesprochen zu haben. Bei der nächsten Clean Tech World im kommenden Jahr kann jedoch auf dieser Veranstaltung aufgebaut werden, ausreichendes Potential ist vorhanden. Seine persönliche Zielvorgabe hat Organisator Voigt dafür bereits im Visier: „Wir wollen den Umweltpreis ins Fernsehen bringen und so die Öffentlichkeit für dieses Thema interessieren." Voraussichtlicher Termin: 29. September bis 3. Oktober 2011. ||

Schauspieler Falk-Willy Wild durfte einmal Tesla fahren

Thema: Kongress | **Autor:** Sven Geitmann

F-CELL IST IM TEENIE-ALTER

Verstärkter Trend in Richtung Fertigung

Abb. 1: Feierte 10jähriges Jubiläum: das Team von Peter Sauber

Seit nunmehr zehn Jahren veranstalten die Peter Sauber Agentur Messen und Kongresse GmbH und die Wirtschaftsförderung Region Stuttgart GmbH (WRS) die *f-cell* in Stuttgart. Das alljährlich Ende September stattfindende Treffen gilt mit seinen fast 800 Teilnehmern als die größte und bedeutendste Fachveranstaltung in der deutschsprachigen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Branche und verzeichnet seit der Gründung einen regen Zulauf. Die Messe startete im Jahr 2000 mit 15 Ausstellern und ist mittlerweile auf über 40 angewachsen. Auch der f-cell *award* wurde zum zehnten Mal verliehen. Anlässlich der Jubiläumsfeier gab es in diesem Jahr während der Abendveranstaltung zudem Sonderwürdigungen für einige der treusten f-cell-Partner.

Beim diesjährigen Treffen, das am 27. und 28. September stattfand, versammelte sich wieder die Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Fachwelt, in diesem Jahr erstmalig ergänzt um die Elektromobilitätsbranche, im Haus der Wirtschaft in Stuttgart. Mehr als 400 Kongressteilnehmer informierten sich in über 80 Vorträgen über neue Techniken, Entwicklungen und Projekte in Europa, Nord-Amerika, Korea, Japan, China und Indien. Die WRS führte zudem ein Business Brunch durch, bei dem sich die über 80 Vertreter regional ansässiger Firmen in Vorträgen und Expertengesprächen über neue Geschäftsfelder, Entwicklungskooperationen und Vernetzungsmöglichkeiten informierten.

INTERNATIONALE BEITRÄGE Themenschwerpunkt auf dem Kongress war – wie alle zwei Jahre – die Hausenergieversorgung. Insbesondere der Vortrag von Takehiko Kato (Interlink Corp.) ließ viele der über 400 Zuhörer neidisch nach Japan schauen, wo bis Anfang 2009 bereits 3.300 PEM-Einheiten installiert waren. Bis heute sind rund 7.000 PEM- und etwa 220 SOFC-Systeme in Betrieb gegangen – und die Kommerzialisierung schreitet weiter voran. Bis 2015 sollen insgesamt 300.000 Einheiten beim Kunden stehen. Zu den wichtigsten Herstellern zählen Eneos, Panasonic und Toshiba. Die dortige Regierung fördert jeden BZ-Heizungskauf mit vergleichsweise hohen Beträgen, und seit auch aktiv mit Fernseh-Spots für die innovativen Heizaggregate geworben wird, hat die Nachfrage noch weiter zugenommen.

Mit Spannung war auch das Referat von Ziv Gottesfeld, der über das neue PFM-FC-Konzept (Platinfreie-Membran-Brennstoffzelle) seines Unternehmens Cellera berichtete, erwartet worden. Über den neuen Ansatz sagte der Cellera-Gründer und -Geschäftsführer: „Platin ist nicht der einzige geeignete Katalyst, auch wenn es ein guter ist." Bereits 2006 hatte der Senior, Dr. Shimshon Gottesfeld, dieses neue Konzept, das über eine alkalische Anionen-Austausch-Membran (Alkaline Anion-Exchange Mebrane, AAEM) verfügt, vorgestellt. In dieser nicht-sauren Membran (non-acidic membrane) wandern OH^--Ionen von der Kathode zur Anode. Im Januar 2008 siedelte sich die 2007 gegründete Firma im F&E-Zentrum im Caesarea Industrial Park an. Dort erreichte das installierte Laborsystem eine Leistungsdichte von 120 mW/cm² (Zitat Gottesfeld: „Weltrekord zu dieser Zeit"). Im dritten Quartal 2009 konnte dieser Wert auf 250 mW/cm², im dritten Quartal 2010 auf 350 mW/cm² angehoben werden. Heute steht im Labor die weltweit erste und einzige 1-kW-PFM-FC-Anlage. Mögliche Einsatzgebiete dieses Systems können Anwendungen im Bereich Telekommunikation- Backup, Wasserstofferzeugung und Mobilität werden. Um dies realisieren zu können, sucht das Unternehmen derzeit weltweit nach geeigneten Kooperationspartnern. Weitere Informationen dazu wird Prof. Walter Theodor Czarnetzki von der Hochschule Esslingen im Januar-Heft 2011 der HZwei veröffentlichen.

PREISVERLEIHUNG Am Abend des ersten Kongresstages fand die Verleihung der mit insgesamt 25.000 Euro Preisgeld dotierten f-cell *awards* in der Staatsgalerie statt. Den Gold-Award erhielt die Reinz-Dichtungs-GmbH für die Entwicklung eines hochintegrierten, modularen Stacksystems. In der Laudatio hieß es, dem Unternehmen aus Neu-Ulm sei es gelungen, die Kompaktheit, Leistungsfähigkeit und Robustheit der metallischen Bipolarplatte konsequent in ein vermarktungsfähiges Stacksystem umzusetzen.

Der 2. Platz ging an die WS Reformer GmbH aus Renningen, die sich mit ihrer Reformereinheit FLOX® FPM-C1 für PEM-BZ-Systeme der 1-kW-Klasse beworben hatte. Die Auszeichnung in Bronze ging an die Adam Opel GmbH. Das Entwicklungsteam vom GM Alternative Propulsion Center

Abb. 2: Würdigung eines langjährigen Miteinanders: Dr. Wolfram Münch (EnBW), Holger Haas (WRS), Peter Sauber (v.l.)

Europe aus Mainz-Kastel hatte eine Prüfanlage für Wasserstofftankstellen konzipiert, die es ermöglicht, den Prüfprozess neu zu installierender Tankstellen zu standardisieren und damit zu vereinfachen. „Dieses Jahr haben sich besonders viele Wettbewerbsbeiträge mit der Verbesserung der Produktionsverfahren, mit Wegen zur Serienfertigung und mit Kostensenkung beschäftigt“, erklärte WRS-Geschäftsführer Dr. Walter Rogg.

BESONDERES LOB Zur Überraschung aller Teilnehmer der Abendveranstaltung ergriff Organisator Peter Sauber nach der Preisverleihung das Mikrophon und stellte zunächst fest: „Dies ist das erste Mal, dass ich hier selber in der Bütt stehe.“ Dann bedankte er sich anlässlich des zehnjährigen Jubiläums gemeinsam mit Holger Haas bei einigen langjährigen Weggefährten der f-cell. Die Mitstreiter der ersten Stunde erhielten ein symbolisches Dankeschön dafür, dass sie dieser Veranstaltung innerhalb der vergangenen Dekade konsequent die Treue gehalten haben. Zu den besonders Gewürdigten zählten unter anderem Dr. Rudolf Henne, das Fraunhofer ISE, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, das Landesumweltministerium und das Haus der Wirtschaft.

MUNTERES TREIBEN Begleitend zum Symposium präsentierten auf 400 m^2 41 Aussteller sich und ihre Entwicklungen. Ein interessantes Einsatzgebiet für Brennstoffzellen präsentierte das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) auf seinem Stand: das *MobilE-Pack/hybrid*. Die bereits bis zur Serienreife entwickelte mobile Stromversorgungseinheit ist ein Gemeinschaftsprojekt des DLR und der DMT produktentwicklung AG. Kernstück ist eine 300 Watt leistende PEM-Brennstoffzelle, die über eine Metallhydridkartusche mit Wasserstoff versorgt wird. Gekoppelt mit einer Speicherbatterie leistet das luftgekühlte Hybridsystem 1 bis 10 kW bei wahlweise 12, 24 oder 230 Volt Ausgangsspannung. In Kombination mit einem Sauerstoffgenerator kann es beispielsweise in Krisenregionen autark Strom zur O_2-Versorgung liefern.

Auffällig auf der Messe war, dass unter den vielen erstmalig vertretenen Firmen etliche aus dem Zuliefersektor vertreten waren. Insbesondere aus der Fertigungs- und Automatisierungstechnik waren deutlich mehr Aussteller als in den vergangenen Jahren anwesend. Zudem führte die verstärkte thematische Berücksichtigung des Batteriesektors dazu, dass mehrere Unternehmen aus der Elektromobilitätsbranche nach Zusammenarbeitsmöglichkeiten suchten. In Verbindung mit einer optimierten Standanordnung bewirkte diese inhaltliche Neuausrichtung ein merklich lebhafteres Besucherverhalten. Einer der Aussteller benannte es treffend mit „munteres Treiben.“ ||

CALLUX PRÄSENTIERT INFORMATIONS-SOFTWARE FÜR BZ-HEIZGERÄTE

Prof. Dr. Manfred Hoppe erklärt das Programm

Während des f-cell-Symposiums haben die Partner des Praxistests Callux ein neu entwickeltes Informationsprogramm für Brennstoffzellen-Heizgeräte vorgestellt. Es handelt sich dabei um eine Software, die über das Internet (www.callux.net) und auch auf CD-Rom angeboten wird und Grundlagen für den Umgang mit stationären Brennstoffzellen vermittelt. Das Programm richtet sich vorrangig an Fachhandwerker, die bereits direkt mit dem Aufbau, der Installation und der Wartung der ersten im Callux-Feldtest eingesetzten BZ-Heizungssysteme zu tun haben. Darüber hinaus sprechen die Autoren alle weiteren Interessenten, die sich in diesem Bereich weiterbilden möchten, an (z. B. Lehrer, Architekten, Planer, Energieberater). Maßgeblich mitgewirkt an der Erstellung des Programms hat Prof. Dr. Manfred Hoppe von der Forschungsgruppe Praxisnahe Berufsbildung der Universität Bremen (mehr Details dazu im Januar-Heft 2011).

EFCF AG GEGRÜNDET

Ende August 2010 ist die European Fuel Cell Forum AG in Luzern gegründet worden. Ihre Aufgabe wird neben der Promotion der Brennstoffzelle auch die Organisation und Durchführung von Kongressen, Netzwerkveranstaltungen und Ausstellungen im Energie- und Umweltsektor sein. Präsident ist Olivier Bucheli. Er übernimmt zusammen mit dem Direktor Dr. Michael Spirig die Aufgaben von Dr. Ulf Bossel. Bossel widmet sich fortan seiner Tätigkeit als Geschäftsführer der Almus AG, einem 1982 gegründeten und kürzlich umbenannten schweizerischen Kleinunternehmen zur Entwicklung von SOFC-Modulen. Die bisherigen Kontaktdaten bleiben weiterhin gültig, ebenso wie die vierzehnjährige Tradition, im jährlichen Wechsel das European Fuel Cell Forum und das European SOFC Forum in Luzern zu veranstalten. ||

25. bis 27. Januar 2011
EINZIGARTIGER MESSEVERBUND FÜR UMWELT UND ENERGIE
→ umfassendes Ausstellungsangebot → hochkarätiges Fachprogramm
www.enertec-leipzig.de | www.terratec-leipzig.de
FOKUS: DEZENTRALE LÖSUNGEN
enerTEC Internationale Fachmesse für Energie
TERRATEC Internationale Fachmesse für Umwelttechnik und -dienstleistungen

Thema: Wind-Wasserstoff | **Autor:** Martin Kleimaier

LANGFRISTIGE SPEICHERUNG VON ÖKOSTROM

VDE-Studie bescheinigt Wasserstoff hohes Potential

Das erklärte Ziel der Europäischen Union ist eine Steigerung des Anteils an erneuerbaren Energien am gesamten Primärenergiebedarf auf 20 % bis zum Jahr 2020. Um dieses Ziel in Deutschland erreichen zu können, muss der Anteil der erneuerbaren Energien allein bei der Stromerzeugung auf etwa 30 % gesteigert werden. 2009 betrug dieser Anteil erst 16 %, so dass bis 2020 quasi eine Verdopplung erreicht werden müsste. Dafür ist unter anderem auch eine langfristige Speicherung des grünen Stroms erforderlich. Eine Studie des Verbandes der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE) belegt, dass Wasserstoff als Stromspeicher dabei eine tragende Rolle spielen könnte.

Der Strom aus erneuerbaren Energien stammt heute zu etwa 20 % aus Wasserkraft. 40 % kommen aus Windenergie, 27 % aus Biomasse und knapp 7 % aus Solarenergie. In den letzten Jahren ist insbesondere die Windkraft stark ausgebaut worden. Mitte 2010 erreichte diese Branche eine installierte Leistung von über 25.000 MW, so dass es immer schwieriger wird, neue Standorte zu finden.

Die Photovoltaik (PV) hat bei der jährlich neu installierten Leistung seit 2008 den Anteil der Windkraft überholt. Im ersten Halbjahr 2010 dürfte Solarstrom die Marke von 10.000 MW (install. Gesamtleistung) überschritten haben; Tendenz weiter stark steigend. Die in diesen Anlagen erzeugte elektrische Energie liegt allerdings bei Photovoltaik wegen noch nicht einmal halb so vieler Volllaststunden gegenüber Windenergie deutlich niedriger. Trotzdem kommt es heute schon zu Situationen, bei denen die Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen (insbesondere Wind) den Bedarf im Netz übersteigt. Dies ist zwar derzeit nur selten und regional begrenzt der Fall, aber die Betreiber der Windenergieanlagen (WEA) klagen schon jetzt immer häufiger über Leistungsbeschränkungen in Starkwindphasen. Mithilfe der geplanten Off-shore-Anlagen wird sich die installierte Leistung in den nächsten Jahren mindestens verdoppeln bis verdreifachen. Damit könnte dann bei flächendeckend starkem Wind fast schon die Lastspitze in Deutschland abgedeckt werden. Und ein Ende des Ausbaus der erneuerbaren Energien ist noch lange nicht erreicht, insbesondere wenn eine Energieversorgung mit 100 % erneuerbaren Energien angestrebt wird.

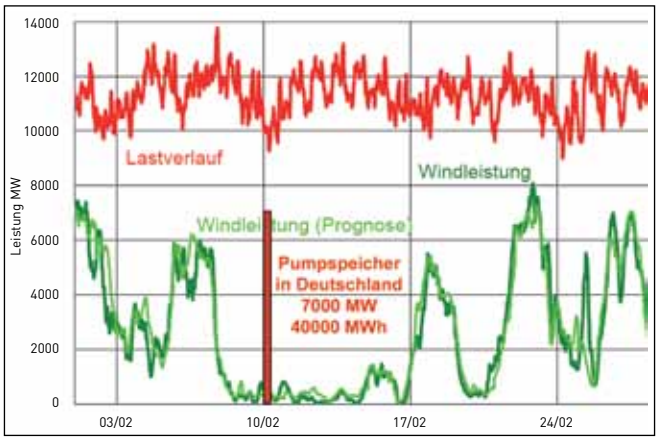


Abb. 1: Beispiel für den Verlauf von Windenergieeinspeisung und Last in einer Regelzone

Es wird zwar bereits daran gearbeitet, das Verbrauchsverhalten der Kunden an das natürliche, fluktuierende Energieangebot anzupassen, aber das wird selbst in Verbindung mit einem intelligenten Lastmanagement nicht ausreichen, um die täglichen Schwankungen im Stromangebot auszugleichen. So kann bei Wind auch mal eine bis zwei Wochen Flaute herrschen (s. Abb. 1, grüne Kurve). Auch bei der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist nur in seltenen Fällen eine zeitliche Übereinstimmung von Strom- und Wärmebedarf gegeben. Es ist daher damit zu rechnen, dass die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen und KWK-Anlagen insbesondere bei geringer Netzlast zeitweise gedrosselt werden muss, um die Stabilität der Netze zu gewährleisten. Solch eine Einschränkung der umweltfreundlichen Stromerzeugung kann jedoch auf Dauer weder ökologisch noch volkswirtschaftlich sinnvoll sein. Deshalb sind neben einem adäquaten Netzausbau auch ausreichende Speicherkapazitäten notwendig, die in allen Zeitbereichen von Sekunden bis zu Wochen den Ausgleich zwischen Erzeugung und Bedarf übernehmen können, um so das vorhandene Potential der erneuerbaren Energien möglichst vollständig zu nutzen.

NUR KURZZEITSPEICHER Die Möglichkeiten verschiedener Speichertechnologien sind in einer VDE-Studie[1] untersucht worden. Neben unterschiedlichen Technologien für stati-

■ **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

f-cell in Stuttgart abgehalten, diesmal auch zur Elektromobilität ... Vorbereitungen für Leuchtturmprojekt in Skandinavien zur Wasserstoff-Mobilität laufen ... DWV veranstaltet Parlamentarischen Abend in Berlin zusammen mit Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern

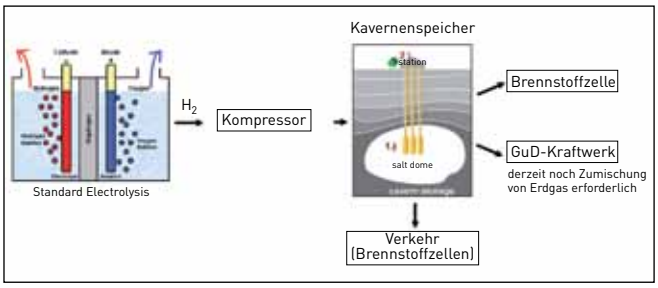


Abb. 2: Prinzipskizze der Wasserstofferzeugung, -speicherung und -nutzung

onäre Speicher in den verschiedenen Netzebenen wurden auch die Möglichkeiten betrachtet, die sich zukünftig bei einer größeren Marktdurchdringung mit Elektrofahrzeugen durch diese mobilen Speicher ergeben könnten.

Seit langem werden Pumpspeicherkraftwerke neben der Bereitstellung von Spitzenlast auch für die Netzregelung (Sekundärregelung und Minutenreserve) eingesetzt. Die in Deutschland vorhandenen Speicher (Kapazität: ca. 40.000 MWh, Nutzungsdauer: 4 bis 8 Std.) reichen aber bei weitem nicht aus, die Fluktuationen auszugleichen. Allein in einer der vier deutschen Regelzonen würde bereits heute die gesamte Speicherleistung (ca. 7.000 MW) benötigt, allerdings nicht nur für die wenigen möglichen Stunden (s. Abb. 1, roter Balken), sondern für etwa zwei Wochen. Demzufolge werden in Zukunft sehr große Speicherkapazitäten erforderlich sein, um einen zeitlichen Energietransfer aus angebotsstarken Zeiten in angebotsschwache und gleichzeitig nachfragestarke Zeiten zu ermöglichen.

Die geographische Begrenztheit der Standorte für neue Pumpspeicherkraftwerke in Deutschland und deren mangelnde Akzeptanz in der Bevölkerung erfordern jedoch andere Lösungsansätze. Große Speicherseen (Saisonspeicher) befinden sich insbesondere in den alpinen Regionen der Nachbarländer Österreich, Schweiz und Frankreich sowie in Norwegen und Schweden. Allerdings sind dort die Pumpspeicherkapazitäten auch nur auf wenige Stunden begrenzt. Die genannten Standorte sind zudem sehr weit entfernt von Gebieten mit hohem Windenergiepotenzial, insbesondere von zukünftigen Off-shore-Windparks. Freie Übertragungskapazitäten in der erforderlichen Größenordnung sind in den Netzen derzeit ohnehin nicht vorhanden, und Genehmigungsverfahren für neue Leitungsprojekte gestalten sich zunehmend schwieriger.

Druckluftspeicherkraftwerke, so genannte CAES-Kraftwerke (Compressed Air Energy Storage), arbeiten in einem Leistungsbereich und mit Betriebscharakteristiken, die Pumpspeicherkraftwerken ähnlich sind. Entsprechend sind auch die Zielanwendungen dieser Speichertechnologie ähnlich. Die realisierbaren Speicherkapazitäten reichen also nur für Entladedauern im Bereich von wenigen Stunden aus. Das Nutzungspotenzial dieser Technik für die Langfristspeicherung ist aufgrund der geringen spezifischen Energiedichte des Speichermediums und der damit verbundenen großen Zahl benötigter Kavernen eher als begrenzt anzusehen.

WASSERSTOFF ALS LANGZEITSPEICHER Aufgrund der relativ hohen Energiedichte bietet sich für die Speicherung großer Energiemengen Wasserstoff an, ebenfalls unter Druck gespeichert. Im Vergleich zu CAES lässt sich aus Wasserstoff, der in unterirdischen Salzkavernen gespeichert wird, etwa die 60fache Nutzenergiemenge entnehmen. Die Nutzung heutiger Erdgaskavernen für die Speicherung von Wasserstoff erscheint mit gewissen Modifikationen grundsätzlich möglich.

Wasserstoff kann aus elektrischer Energie mit Hilfe von Elektrolyseuren erzeugt werden. Denkbar sind Hochdruck-Elektrolyseure, bei denen der Wasserstoff mit einem Druck von 50 bar oder höher den Elektrolyseur verlässt, womit der anschließende Verdichtungsaufwand erheblich reduziert werden kann. Die Verdichtung auf den Kavernendruck von über 150 bar kann mit konventionellen Verdichtern erreicht werden (s. Abb. 2). Ein Handikap der Wasserstoffspeicherung ist allerdings der geringe Nutzungsgrad des Gesamtprozesses: Legt man für die Elektrolyse in erster Näherung einen Wirkungsgrad von 65 %, für die Verdichtung von 97 % und für die Wiederverstromung in einem GuD-Kraftwerk von 60 % zugrunde, so ergibt sich günstigstenfalls ein Gesamtwirkungsgrad von knapp 40 %.

VERGLEICH DER WIRTSCHAFTLICHKEIT Neben den hier vorgestellten zentralen Speichertechnologien werden in der Studie auch dezentrale Batteriespeichertechnologien – sowohl in stationären Anwendungen als auch bei mobilen Anwendungen in Elektrofahrzeugen – diskutiert. Die Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Speicherprinzipien wird in der Studie anhand von typischen Szenarien (Lade- / Entladezyklen) miteinander verglichen. Die im Folgenden diskutierten Kosten sind die Einnahmen, die mit jeder ans Netz abgegebenen Kilowattstunde für den Bau, den Betrieb und die Finanzierung des Speichers verdient werden müssen, um einen kostendeckenden Betrieb zu erreichen. Zur Berechnung der Gesamtkosten der von Speichern gelieferten Energie sind also noch die jeweiligen Einkaufskosten der Energie bei der Aufladung zu addieren. Der Vorteil dieser Systematik besteht darin, dass dadurch die unterschiedlichen >>

Forum ElektroMobilität e.V.
KONGRESS
16.–17. November 2010
SpreePalais am Dom, Berlin

Fachveranstaltung mit begleitender Ausstellung
Programmschwerpunkte
- Netzintegration & Ladeinfrastruktur
- Energiespeicher
- Elektrischer Antriebsstrang
- Fahrzeugkonzepte
- Rahmenbedingungen für Elektromobilität
- Markt- und Geschäftsmodelle
JETZT ANMELDEN!
gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung
www.forum-elektromobilitaet.de
powered by Fraunhofer

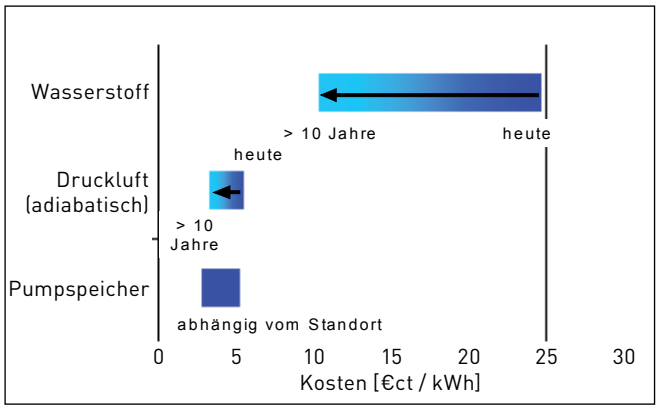


Abb. 3: Vergleich der Vollkosten von Speichersystemen für Tagesspeicherung

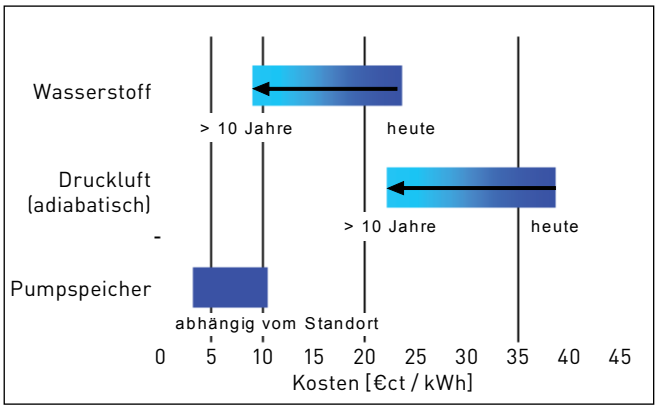


Abb. 4: Vergleich der Vollkosten von Speichersystemen für Wochenspeicherung

Lebensdauern, Wirkungsgrade und zulässigen Entladetiefen auf einen einzigen monetären Wert abgebildet werden, der einen direkten Vergleich der Technologien ermöglicht.

Die Breite der Balken in den Abbildungen 3 und 4 stellt die Kostenbandbreite dar, vom aktuellen Stand der Technik (Höchstwert rechts) bis zu den in zehn Jahren bei entsprechender Großserienproduktion erzielbaren Kosten (Tiefstwert links). Für etablierte Technologien ist die Bandbreite geringer als für neue noch nicht am Markt etablierte Technologien. Bei Pumpspeichern resultiert die relativ große Spreizung unter anderem aus der Annahme unterschiedlicher geologischer Randbedingungen für den Bau der Speicherbecken.

Der Referenzfall *Stundenspeicher* (s. Abb. 3) ist die klassische Anwendung und Auslegung großer Pumpspeicherkraftwerke mit täglicher Umwälzung des Energieinhalts. Adiabatische Druckluftspeicher sind von den Kosten her vergleichbar mit Pumpspeicherkraftwerken und können günstigstenfalls Werte von etwa 3 Cent/kWh erreichen. Damit sind CAES für diesen Referenzfall eine aussichtsreiche Option für den weiteren Ausbau in Deutschland. Wasserstoffspeichersysteme können betriebswirtschaftlich hier nicht mithalten, da durch den geringen Wirkungsgrad hohe Betriebskosten insbesondere zur Kompensation der Energieverluste anfallen.

Der Referenzfall *Wochenspeicher* (s. Abb. 4) repräsentiert einen Langzeitspeicher, dessen Energieinhalt für eine Entladedauer von etwa acht Tagen ausreichend wäre und nur zweimal pro Monat umgewälzt wird. Aufgrund der seltenen Nutzung ergeben sich bei gleichzeitig hohen Investitionskosten für alle Speichertechnologien äußerst hohe Stromgestehungskosten. Pumpspeicherkraftwerke wären zwar prinzipiell die kostengünstigste Option, haben aber bei der hierfür erforderlichen Speichergröße in Deutschland praktisch kein Ausbaupotenzial. Die Wasserstoffspeicherung in Kavernen stellt daher die kostengünstigste in Deutschland realisierbare Option dar, wobei sich auch in Zukunft die Kosten kaum unter etwa 10 Cent/kWh senken lassen. Aufgrund der um fast zwei Größenordnungen höheren Energiespeicherdichte im Vergleich zu Druckluft sind die kapazitätsspezifischen Kosten bei Wasserstoff deutlich günstiger. Auf diese Weise ließe sich auch eine begrenzte Kapazität an Kavernen effektiv ausnutzen.

Gegenüber den vorgestellten zentralen Speichertechnologien sind die spezifischen Speicherkosten in dezentralen Batteriespeichern bei allen betrachteten Szenarien deutlich höher. Dies gilt auch unter Zugrundelegung von noch zu erwartenden erheblichen Kostensenkungspotenzialen bei diesen Technologien.

ZUSAMMENFASSUNG Im Sinne einer umweltfreundlichen und volkswirtschaftlich tragbaren Lösung ist beim Ausbau der erneuerbaren Energien ein Optimum aus kostengünstiger Grundlasterzeugung, schnell regelbarer Kraftwerksleistung, Netzausbau, Lastmanagement und Speichereinsatz anzustreben. Dies kann nur in einem gesamteuropäischen Ansatz gelingen.

Bei der in Zukunft erforderlichen Langfristspeicherung können Wasserstoffsysteme insbesondere in Deutschland eine wichtige Rolle übernehmen. Dabei sind auch Synergien aus der Nutzung des Wasserstoffs zur saisonalen Stromspeicherung und dessen Einsatz als alternativer Fahrzeugkraftstoff bei Hybridfahrzeugen mit Brennstoffzellen zu betrachten. ||

Literatur:

[1] Energiespeicher in Stromversorgungssystemen mit hohem Anteil erneuerbarer Energieträger, VDE-Studie, Dez. 2008

→ www.vde.com/VDE/Fachgesellschaften/ETG

Autor:

Dr.-Ing. Martin Kleimaier
VDE, Mitglied der ETG Task Force „Energiespeicherung“

DEZENTRALE WINDSTROM-TECHNIK

Auch das Projekt Projekt *DeWiTec* (Dezentrale Windstrom-Technik) befasst sich mit dem Thema Wind-Wasserstoff. Insgesamt sieben Firmen, eine Gemeinde und zwei Forschungseinrichtungen aus Schleswig-Holstein arbeiten seit Oktober 2009 unter der Leitung der FH Lübeck Forschungs-GmbH an einem dezentralen Energiesystem. Bei diesem in St. Michaelisdonn angesiedelten Vorhaben kommen allerdings vorrangig Kleinwindkraft- und Photovoltaikanlagen für die Strom- und Wasserstofferzeugung zum Einsatz. Das Ziel ist, unterschiedliche Speichersysteme so darzustellen, dass sie als regenerative und dezentrale Energiequelle planbar und zuverlässig zur Verfügung stehen. Diese Systeme sollen über eine Dauerausgangsleistung von 1 bis 10 kW verfügen und beispielsweise Telekommunikationsstationen an abgelegenen Orten mit Energie versorgen. Mit ersten Ergebnissen dieses im Rahmen des ZIM-NEMO-Netzwerks geförderten Projekts ist Ende 2010 zu rechnen. ||

Thema: Wind-Wasserstoff | **Autoren:** Gert Müller-Syring, Sven Geitmann

SPEICHERUNG VON WIND- UND SOLARSTROM

Erdgasversorgungsnetze als Wasserstoffspeicher

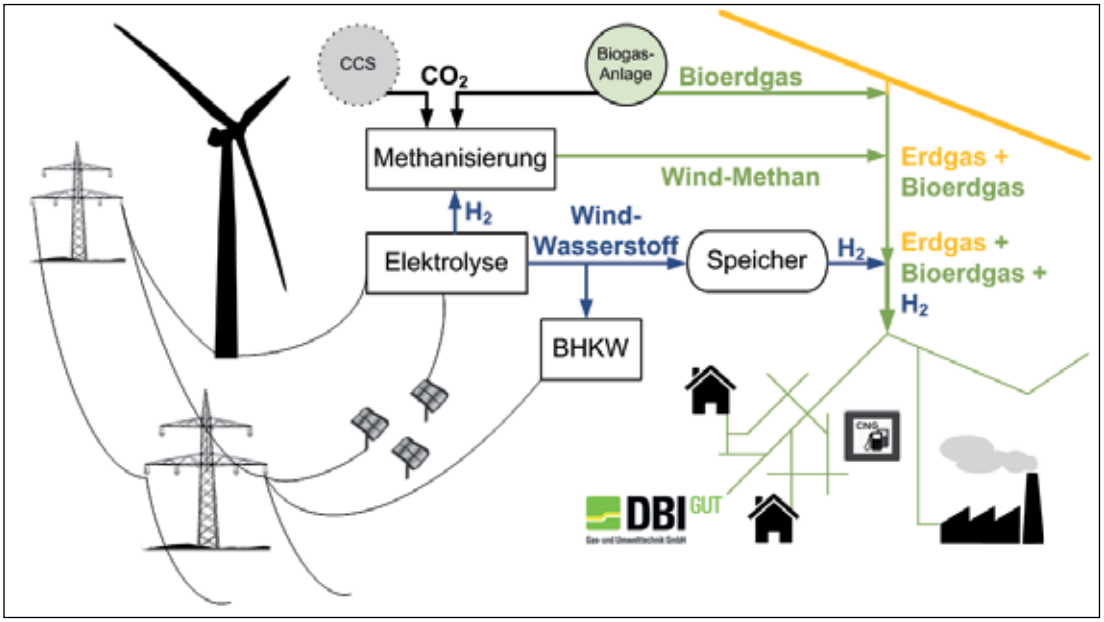


Abb.: Erzeugungs- und Einspeisepfade von gasförmigen Energieträgern in das Erdgasnetz

Der Ausbau der erneuerbaren Energien erfordert einen zielgerichteten Ausbau des Stromnetzes und außerdem neue Möglichkeiten zur Speicherung von volatil verfügbarem Strom. Eine Option für die Zwischenspeicherung elektrischer Energie ist die Erzeugung von Wasserstoff mit anschließender Speicherung beispielsweise im Erdgasnetz.

Der größte Anteil von erneuerbaren Energien im Strommix entfällt derzeit auf Windkraft. Der durch Windenergieanlagen (WEA) bereitgestellte Stromanteil belief sich im Jahr 2009 in Deutschland auf 7,58 % des Bruttostromverbrauches, was einer Energiemenge von etwa 40 TWh entspricht (installierte Leistung: 26 GW). Darüber hinaus sind zurzeit 32 Offshore-Windpark-Projekte mit einer Gesamtleistung von 27 GW an den Küstenregionen der deutschen Nord- und Ostsee geplant. Weiterhin werden durch technisch sinnvolle und politisch unterstützte Maßnahmen (Repowering) zusätzliche Kapazitätssteigerungen erwartet. Ähnlich verhält es sich zukünftig mit Solarstrom aus Photovoltaikanlagen, deren installierte Leistung 2009 rund 9,8 GW betrug und stetig weiter wächst.

Die Volatilität von Windenergie und Photovoltaik stellt hohe Anforderungen an das Stromnetz, die nicht allein durch Netzausbaumaßnahmen und intelligentes Lastmanagement erfüllt werden können. Die Schaffung und Einbindung großer Speicherkapazitäten für elektrische Energie sind daher dringend erforderlich. Andernfalls wäre perspektivisch der Lastabwurf von WEA und zukünftig auch Photovoltaikanlagen die verbleibende Möglichkeit, um in Phasen hoher Stromproduktion weiterhin die Netzstabilität zu gewährleisten. Dieser Weg ist aber weder sinnvoll noch politisch akzeptiert.

WASSERSTOFFERZEUGUNG UND -SPEICHERUNG Überschusswindenergie, deren Einspeisung in die Stromnetze aufgrund fehlender Kapazitäten nicht möglich ist, kann chemisch in gasförmigen Brennstoffen gespeichert werden. Beispielsweise kann Wasserstoff per Elektrolyse erzeugt und anschließend in Erdgastransport- beziehungsweise -versorgungsnetze eingespeist oder in Kavernen gespeichert werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, den erzeugten Wasserstoff vor der Einspeisung zu methanisieren. Diese Umwandlung ist zwar mit Verlusten behaftet, offeriert aber die Möglichkeit zur Weiterverwertung von Kohlenstoffdioxid (z. B. aus Kraftwerks- oder Biogasanlagen) im Methanisierungsprozess.

Grundsätzlich bietet die Einspeisung von regenerativ erzeugtem Strom in das Erdgasnetz enorme Energiespeichermöglichkeiten und befördert die Konvergenz der Energieinfrastrukturen Strom- und Gasnetz im Sinne von Smart Grids. Nach Abschätzungen des Fraunhofer Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik werden bis 2050 Speicherkapazitäten für die überschüssige Energie in der Größenordnung von 20 bis 50 TWh benötigt. Die heutigen deutschen Speicherkapazitäten für Elektroenergie belaufen sich allerdings nur auf 0,04 TWh und werden fast ausschließlich durch Pumpspeicherkraftwerke dargestellt. Im Erdgasnetz ist bereits heute eine Speicherkapazität von 220 TWh vorhanden. ||

Die Möglichkeiten und Grenzen der Stromspeicherung im Erdgasnetz werden am 10. und 11. November 2010 auf dem DBI-Fachforum „Energiespeicherung im Erdgasnetz und Wasserstoff" in Berlin erörtert. Zur Unterstützung des Dialoges zwischen den Marktakteuren wird dort über den Stand der Technik sowie die Position von Politik und Wirtschaft zur Energiespeicherung informiert.

→ *www.dbi-gti.de*

Thema: Wind-Wasserstoff | **Autor:** Christoph Stiller

POTENTIALE VON WIND-WASSERSTOFF

LBST-Analyse für Hamburg und Schleswig-Holstein

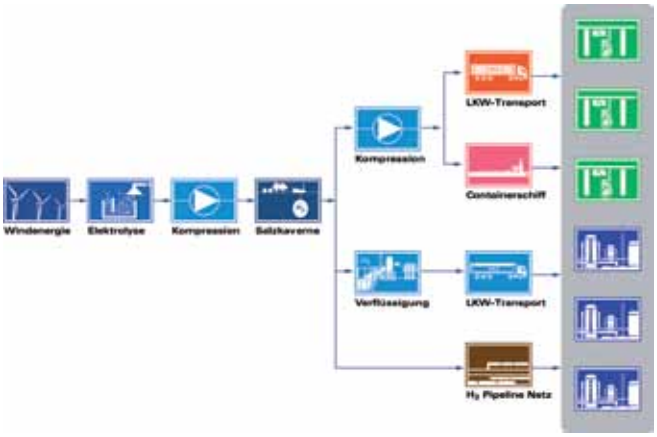


Abb. 1: Wasserstoffinfrastruktur

Bis 2020 werden die Winderzeugungskapazitäten in Schleswig-Holstein auf bis zu neun Gigawatt (GW) onshore sowie drei GW offshore ausgeweitet werden. Dieser fortschreitende Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung führt durch das zeitlich fluktuierende Angebot zunehmend zu strukturellen Herausforderungen im Stromsektor. Selbst bei planmäßiger Umsetzung des Netzausbaus wird das Stromangebot regional wie überregional die Nachfrage immer häufiger übersteigen. Die Fluktuation der Erzeugung erhöht die Schwankung der Strompreise an der Strombörse und verringert die Effizienz der Energieversorgung. In Schleswig-Holstein werden im Jahr 2020 voraussichtlich bis zu vier Terawattstunden (TWh) als Überschuss anfallen und ohne geeignete Maßnahmen nicht genutzt werden können. Das entspricht bis zu 20 % des voraussichtlich onshore erzeugten Windstroms.

Die Erzeugung von Wasserstoff als Energieträger- und Speichermedium stellt aus vielerlei Gründen eine vorteilhafte Option zur Speicherung und Nutzung dieses Überschussstroms dar. Mit Hilfe der Elektrolyse kann aus der Energie, die sonst nicht nutzbar wäre, Wasserstoff erzeugt werden. Mit einer sich anschließenden großtechnischen Speicherung von Wasserstoff in Salzkavernen (vergleichbar mit der heutigen Speicherung von Erdgas) wird eine mehr als 60-mal höhere Energiedichte als bei alternativen Stromspeichertechnologien erreicht. Damit hat dieses Konzept ein sehr hohes Potenzial, um den durch fluktuierende erneuerbare Energieerzeugung erforderlichen saisonalen Speicherbedarf zu decken. Für den Einsatz des so erzeugten und gespeicherten Wasserstoffs gibt es eine sich entwickelnde und auf Dauer verstetigende Nachfrage für Verkehrs- und Industrieanwendungen in Hamburg und Schleswig-Holstein. Darüber hinaus kann die Rückverstromung des Wasserstoffs zu Zeiten niedrigen Windaufkommens mittelbar zu einer abrufbaren, kontinuierlichen Stromversorgung beitragen.

INFRASTRUKTUR, POTENZIALE UND KOSTEN Die Erzeugung von Wasserstoff in größeren Elektrolyseanlagen bietet sich vor allem an stark belasteten Netzknoten in Regionen mit hoher Windenergieeinspeisung an. Sie würde dort das Stromnetz effektiv entlasten und so den überschüssigen, verfügbaren erneuerbaren Strom nutzen. Der Wasserstoff kann dann mit Schiffen, Lkw oder per Pipeline zu den Verbrauchern transportiert werden. Zusätzlich bietet sich die Option, Wasserstoff ortsnah in Kavernen zu speichern und für eine Rückverstromung zum Ausgleich saisonaler oder tageszeitlicher Schwankungen im Netz zu nutzen. Das jährliche Anwendungspotenzial von Wasserstoff in Industrie und Verkehr in Hamburg und Schleswig-Holstein im Jahr 2020 beträgt ca. 320 Mio. Nm³ Wasserstoff. Dieses entspricht ca. 4,5 % des gesamten industriellen Endenergieverbrauchs in der Region heute. Für die Erzeugung dieser Wasserstoffmenge wird ca. 1,55 TWh elektrische Energie jährlich benötigt, die vorrangig aus Überschussstrom bereitgestellt werden kann. Darüber hinaus ist gegebenenfalls noch Potenzial für den Export von erneuerbarem Wasserstoff aus der Region, z. B. für andere Verkehrsprojekte in Europa, vorhanden.

Die spezifischen Kosten der Wasserstoffbereitstellung aus Windenergie in Schleswig-Holstein inklusive Distribution betragen im Jahr 2020 je nach Abnahmemenge und –ort zwischen 0,42 und 0,75 €/Nm³ (entspricht 4,70-8,30 €/kg Wasserstoff bzw. 0,14-0,25 €/kWh, bezogen auf den unteren Heizwert). Damit liegen sie heute gegenüber der kostengünstigsten Wasserstoffversorgung aus fossilen Quellen noch um 0,12-0,32 €/Nm³ höher (1,30-3,60 €/kg; 0,04-0,11 €/kWh). Bei frühzeitiger Implementierung der elektrolytischen Wasserstoffproduktion kann Wasserstoff aus Windenergie jedoch durch den zu erwartenden Anstieg der fossilen Energiepreise und die Reduktionspotenziale der Elektrolyseurkosten nach 2020 wettbewerbsfähig werden. Der Einsatz von erneuerbarem Wasserstoff in Industrie und Verkehr in Hamburg und Schleswig-Holstein anstelle von fossil erzeugtem Wasserstoff bzw. anderen Energieträgern führt zu jährlichen Treibhausgaseinsparungen von ca. 320.000 Tonnen CO_2-Äquivalent.

NUTZEN FÜR ENERGIEVERSORGUNG Die Nutzung von erneuerbarem Wasserstoff in Industrie und Verkehr bietet somit deutliche Klimaschutzvorteile gegenüber konventionellen Technologien. Sie verringert die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern und trägt zur Sicherung der Lebensqualität bei, insbesondere beim Umstieg auf schadstoffarme Antriebstechnologien. Große Wasserstoffspeicher verbessern die Integration erneuerbarer Energien in unser Energiesystem und reduzieren die volkswirtschaftlichen Verluste durch ungenutzte Mengenpotenziale erneuerbaren Stroms. Der Betrieb von Anlagen zur Wasserstoffproduktion aus erneuerbarem Strom kann zudem den Bedarf für Stromnetzerweiterungen reduzieren, einen Beitrag zur Netzstabilität leisten und Verzögerungen durch langwierige Genehmigungsverfahren vermeiden. Wasserstoff schafft neue Querverbindungen im Energiesystem, wie die Speicherung von Strom als Kraftstoff für den motorisierten Individualverkehr, und erhöht dadurch die Flexibilität und Versorgungssicherheit.

LOKALE VORAUSSETZUNGEN Die Region Hamburg und Schleswig-Holstein ist ideal für die Erzeugung und Speicherung von Wasserstoff aus Windenergie geeignet, da sie ein hohes Windpotenzial aufweist, da dort ein in der Höhe passendes und realistisches Nachfragevolumen vorhanden ist, welches sukzessive bedient werden kann, und da die Region über für Kavernenspeicher

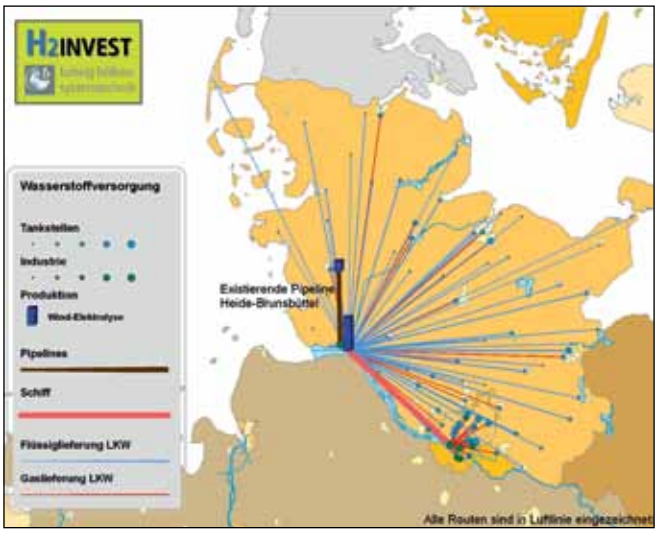


Abb. 2: Versorgungsszenario für Wasserstoff

geeignete und ausreichend große Salzformationen verfügt. Der Aufbau eines Wind-Wasserstoff-Netzwerks führt perspektivisch zu einer Stärkung des Industriestandortes durch die Verfügbarkeit erneuerbarer Energien unter anderem für die chemische und die Grundstoffindustrie. Er unterstreicht den Pioniercharakter der Region für die Wasserstofferzeugung und -nutzung.

HANDLUNGSBEDARF Die Herausforderungen zur Realisierung eines Wind-Wasserstoff-Netzwerks liegen insbesondere in den Vorlaufzeiten für die Errichtung der Wasserstoff-Infrastruktur (Erzeugung, Transport, Speicherung) und in der erst nach einer Anlaufzeit erreichbaren Wirtschaftlichkeit des aus Windenergie gewonnenen Wasserstoffs gegenüber fossilen Energien.

Daher ist zunächst eine zwischen Politik, Industrie und Verbänden abgestimmte Umsetzungsstrategie mit konkreten, verbindlichen Schritten einschließlich ausbaufähiger Demonstrationsvorhaben und der sukzessiven Umsetzung großtechnischer Module notwendig. Für die beteiligten Wirtschaftsunternehmen steht dabei die Definition eines tragfähigen Geschäftsmodells mit klaren Funktionen der Partner im Gesamtsystem im Mittelpunkt. Parallel sind vertiefende Analysen, etwa zur effizienten Einbettung der Wasserstofferzeugung und –nutzung in den Energiesektor, sinnvoll.

Für eine erfolgreiche Realisierung der Nutzung von Wind-Wasserstoff ist die Schaffung eines klaren und erfolgsfördernden Umsetzungsrahmens erforderlich. Dazu gehören die Entwicklung von Maßnahmenbündeln, die versorgungs- und bedarfsseitige Anreize für ein klimaneutrales Energiesystem schaffen, sowie Fördermechanismen für infrastrukturelle Maßnahmen, insbesondere die großtechnische Energiespeicherung durch Wasserstoff und den Aufbau entsprechender Speicher- und Verteilsysteme. Weiterhin müssen klare rechtliche Rahmenbedingungen für die Planung und Genehmigung solcher Wind-Wasserstoff-Anlagen geschaffen werden, die einen Vorrang für infrastrukturelle Maßnahmen vorsehen, um diese rechtzeitig umsetzen zu können. Ähnlich der Förderung erneuerbarer Energien sollte die Wind-Wasserstoff-Technologie von der Politik durch spezifische ordnungsrechtliche und finanzielle Maßnahmen und Anreize flankiert werden, damit sie mittelfristig wettbewerbsfähig wird.

In Anbetracht der dargestellten notwendigen Schritte und ihrer Vorlaufzeiten ist zügiges, abgestimmtes Handeln von Seiten der Politik, der Industrie und der Verbände unabdingbar, um den sich verschärfenden Herausforderungen auf dem Strommarkt konzeptionell entgegenzutreten und die sich durch die Nutzung von Wasserstoff in Verkehr und Industrie bietenden Potenziale gezielt zu erschließen.

10 THESEN ZU WIND-WASSERSTOFF

- Mit Hilfe von Wasserstoff kann Windenergie gespeichert werden. Dies verbessert die Integration erneuerbarer Energien in das Energiesystem, erhöht die Versorgungssicherheit und reduziert die volkswirtschaftlichen Verluste durch ungenutzte Strommengen aus erneuerbaren Quellen.
- Anlagen zur Wasserstoffproduktion mit erneuerbarem Strom können ergänzend zu Stromnetzerweiterungen einen Beitrag zur Netzstabilität leisten und den Bedarf für Stromnetzerweiterung reduzieren.
- Die großtechnische Produktion von Wasserstoff und Speicherung in Salzkavernen hat als einzige Technologie genügend Potenzial, um den künftigen saisonalen Speicherbedarf erneuerbarer Energien in Deutschland zu decken.
- Bei frühzeitiger Implementierung kann Wasserstoff aus Windenergie nach 2020 wettbewerbsfähig werden.
- Der Einsatz von erneuerbarem Wasserstoff in Industrie und Verkehr führt zu erheblichen Treibhausgaseinsparungen gegenüber fossilem Energieeinsatz.
- Das Anwendungspotenzial für erneuerbaren Wasserstoff in Industrie und Verkehr in Hamburg und Schleswig-Holstein von ca. 320 Mio. Nm^3 im Jahr 2020 kann überwiegend durch Überschussstrom gedeckt werden; auch Exporte sind denkbar.
- Die Region Hamburg und Schleswig-Holstein ist ideal für die Erzeugung und Speicherung von Wasserstoff aus Windenergie geeignet, da sie gleichzeitig hohe Windpotenziale, für Kavernenspeicher geeignete Salzformationen und eine hohe Wasserstoffnachfrage aufweist.
- Der Aufbau eines Wind-Wasserstoff-Netzwerks in Hamburg und Schleswig-Holstein führt zu einer Stärkung des Industriestandortes und des Pioniercharakters der Region.
- Seitens der politisch zuständigen Instanzen sollte, ähnlich der Förderung erneuerbarer Energien, die Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft durch die Schaffung von günstigen Rahmenbedingungen und Anreizen flankiert werden.
- Zügiges Handeln zur Umsetzung ist erforderlich. Erster Schritt ist eine zwischen Politik, Industrie und Verbänden abgestimmte Handlungsstrategie.

RAHMENDATEN DER UNTERSUCHUNG Die vorgestellten Thesen und Ergebnisse basieren auf einer von der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH von August 2009 bis April 2010 durchgeführten Untersuchung der Potenziale zur Erzeugung von Wasserstoff aus überschüssiger Windenergie im Raum Hamburg und Schleswig-Holstein bis 2020 und darüber hinaus. Die Untersuchung zielte primär auf die Nutzung des Wasserstoffs als Energieträger in Industrie und Verkehr ab. Mit Hilfe detaillierter Infrastrukturanalysen und Szenariorechnungen wurden technische und ökonomische Effekte der Einführung von Wasserstoffproduktion aus Windenergie abgeschätzt und bewertet und Handlungsempfehlungen für Politik, Industrie und Verbände abgeleitet. ||

Autor:

Christoph Stiller
Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, Ottobrunn
→ stiller@lbst.de

Thema: Wind-Wasserstoff | **Autor:** Karl H. Klug

GRÜNER WASSERSTOFF AUS WINDKRAFT

Herten baut Windstromelektrolyse-System

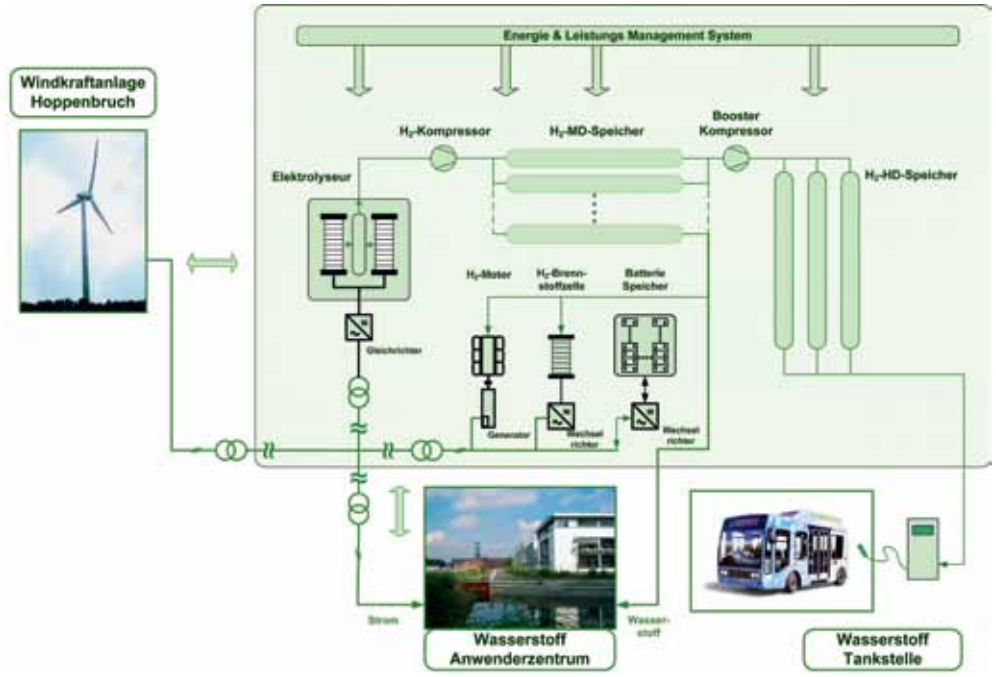


Abb. 1: Prinzipskizze Energieversorgungssystem [Quelle: H2Herten]

Das Wasserstoffkompetenzzentrum H2Herten verfügt über ein besonderes Energie- und Wasserstoffversorgungskonzept, das im Wesentlichen auf der Nutzung erneuerbarer Energien beruht. Eine wichtige Rolle übernimmt dabei eine am Standort vorhandene Windkraftanlage, die sowohl die Stromversorgung des Zentrums übernehmen als auch für die Herstellung „grünen" Wasserstoffes genutzt werden soll. Dieser Wasserstoff soll in das H_2-Versorgungssystem des Zentrums eingespeist werden und darüber hinaus die geplante H_2-Tankstelle versorgen.

Ein zentrales Element des Energiekonzeptes ist die Kombination der vorhandenen Windkraftanlage mit einem Energiekomplementärsystem auf Wasserstoffbasis. Dieses speichert einen Teil des regenerativ erzeugten Stromes in Form elektrolytisch erzeugten Wasserstoffs. Bei Bedarf, wenn beispielsweise die regenerative Direktstromversorgung nicht ausreicht oder kurzzeitige Lastspitzen abgedeckt werden müssen, wird der Wasserstoff mittels eines Brennstoffzelle-Verbrennungsmotor-Hybridsystems wieder in Strom umgewandelt und in das Netz gespeist. Die Betreiber des Zentrums erwarten, den jährlichen Strombedarf des Gebäudes von insgesamt 200.000 kWh_{el} durch die Kombination von Windkraftanlage und Wasserstoffenergiesystem CO_2-frei und mit hoher Qualität weitestgehend decken zu können. Hohe Qualität der Stromversorgung heißt:

- kontinuierlich, also auch bei Windflaute
- sicher und robust, also mit hoher Verfügbarkeit
- zuverlässig, also mit nur geringen Netzschwankungen

Das geplante Energieversorgungssystem für das Wasserstoff-Kompetenz-Zentrum setzt sich somit aus den folgenden funktionalen Einheiten zusammen (s. Abb. 1):

- Windkraftanlage (bereits vorhanden)
- Wasserstofferzeugung: Elektrolyseur
- Mitteldruck-Wasserstoff-Speichersystem, bestehend aus:
  - Mitteldruck-Wasserstoff-Kompressor
  - Mitteldruck-Wasserstoff-Speicher
- Wasserstoff-Energie-System, bestehend aus:
  - Rückverstromungssystem: Brennstoffzelle-Verbrennungsmotor-Hybridsystem
  - Energiekonditionierungssystem
  - Energiemanagementsystem
- Wasserstofftankstelle, bestehend aus:
  - Hochdruck-Wasserstoff-Booster-Kompressor
  - Hochdruck-Wasserstoff-Speicher
  - Wasserstoff-Zapfsäule

ANLAGEN- UND VERFAHRENSBESCHREIBUNG Das geplante Wasserstoffversorgungs- und Energiekomplementärsystem (EKS) inklusive der benötigten Peripherie umfasst die folgenden drei Funktionsebenen:

a. Energiewandlung (II.):
Wechselstrom wird mit einem Gleichrichter in Gleichstrom umgewandelt, mit dem der Elektrolyseur zur Wasserstofferzeugung betrieben wird.

b. Energiespeicherung (III.):
Die Kurzzeitspeicherung des Gleichstroms erfolgt in Batterien, die Mittel- und Langzeitspeicherung von Wasserstoff in Druckbehältern.

c. Rückverstromung (III.):
Der in den Batterien zwischengespeicherte Gleichstrom wird mittels Wechselrichter in Wechselstrom zurückge-

wandelt. Wasserstoff wird entweder mit Brennstoffzelle und Wechselrichter oder über H_2-Verbrennungsmotor und Generator ebenfalls in Wechselstrom umgeformt.

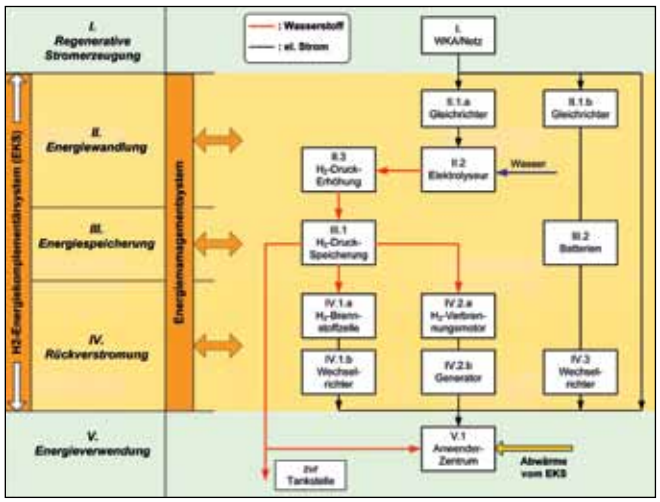


Abb. 2: Aufbau des EKS [Quelle: H2Herten]

ENERGIEKOMPLEMENTÄRSYSTEM INKL. PERIPHERIE

Verfahrenstechnischer Startpunkt ist die Einspeisung elektrischen Stroms entsprechend der Produktion der in der Nähe des Zentrums gelegenen Windkraftanlage *Hoppenbruch* in das EKS. Allerdings ist die Windkraftanlage (WKA) nicht direkt in das Energiekomplementärsystem (EKS) mit dem Anwenderzentrum gekoppelt. Es wird vielmehr die maximale mögliche Einspeisung entsprechend dem aktuellen Kapazitätsfaktor der WKA über elektronische Leistungssteller angepasst und dem Zentrum (V.1) direkt zugeführt. Für den Fall, dass die Stromproduktion der WKA den Bedarf des Zentrums übersteigt, wird der Überschussstrom über die Gleichrichter (II.1.a + b) entweder direkt in der Batteriebank (III.2) gespeichert oder – wenn diese voll beladen ist – über den Elektrolyseur (II.2) in Wasserstoff umgewandelt. Dieser wird in einem Kompressor (II.3) auf den erforderlichen Speicherdruck gebracht und schließlich in Druckbehältern (III.1) gespeichert. Es schließt sich die Rückverstromungsebene an, die die folgenden Funktionen zu erfüllen hat:

a) Bereitstellung von Regelleistung für die Konditionierung (Spannungs- und Frequenzregelung) des Windstromes. Dies entspricht dem Normalbetrieb und wird vornehmlich aus dem Batteriesystem (III.2 und IV.3) gespeist.

b) Bereitstellung von Reserveleistung für den Fall unzureichender regenerativer Direktstromversorgung oder zur Deckung kurzzeitigen Spitzenbedarfs. Hierfür wird vornehmlich der zwischengespeicherte Wasserstoff mittels einer Brennstoffzelle (IV.1) oder alternativ hierzu mit einem Verbrennungsmotor (IV.2) wieder in Strom umgewandelt.

Neben der Nutzung des Wasserstoffs zur Breitstellung von Regel- und Reserveleistung ist auch dessen Nutzung für den Betrieb von Wasserstofffahrzeugen geplant. Die Leistung des Elektrolyseurs, der nach neustem Planungsstand vom Chemieunternehmen Evonik geliefert wird, wurde daher so dimensioniert, dass mit dem erwarteten Windstromüberschuss auch eine in der Nähe des Zentrums geplante Tankstelle mit „grünem“ Wasserstoff versorgt werden kann.

Die Erzeugung und die Rückverstromung von Wasserstoff geschehen nicht verlustfrei. Bei beiden Prozessen werden in einem nicht zu vernachlässigen Umfang elektrischer Strom beziehungsweise Wasserstoff in Wärme umgewandelt. Um die damit verbundenen Verluste zu minimieren und somit den Gesamtwirkungsgrad des Systems zu maximieren, ist die Nutzung der Abwärme des EKS für die Beheizung des Anwenderzentrums vorgesehen.

Für die optimale Abstimmung der Energieströme und Energiespeicher in Hinblick auf Effizienz und Lebensdauer ist mittelfristig der Einsatz eines Energiemanagementsystems vorgesehen. Die Entwicklung und Optimierung dieses Energiemanagementsystems ist eines der wesentlichen Ziele des Anlagenbetriebs. ||

Das Wasserstoffkompetenzzentrum H2Herten wurde 2009 auf dem Gelände des ehemaligen Kohlebergwerks Ewald eröffnet und bietet mit rund 3.000 m² Büro- und Technikumsfläche insbesondere Unternehmen, die im Bereich Wasserstoff aktiv sind, ein ideales und zukunftsweisendes Arbeitsumfeld. Ende März 2010 erhielt das Anwenderzentrum den Förderbescheid vom damaligen Staatssekretär Jens Baganz in Düsseldorf über eine finanzielle Unterstützung in Höhe von 2,7 Mio. Euro für die Windstromelektrolyse.

Autor:

Prof. Dr. Karl H. Klug
Fachhochschule Gelsenkirchen
→ karl.klug@fh-gelsenkirchen.de

Zellen testen.
Informationen sichern.

Software für F&E und Erprobung

Vom Messen zum Wissen

Datenmanagement
- Komponenten testen
- Tests automatisieren
- Dokumentieren
- Prüffeld überwachen

Informationsmanagement
- Tests organisieren
- Daten interpretieren
- Zusammenhänge erkennen
- Labordatenbank führen

Mit unseren Softwarelösungen unterstützen wir Sie bei der Entwicklung und Erprobung innovativer Technologien.

Werum Software & Systems AG
21337 Lüneburg
Tel. +49 (0) 4131 8900-0
info@werum.de

werum
SOFTWARE & SYSTEMS

Thema: Wind-Wasserstoff | **Autor:** Martin Weiße

WINDENERGIE WIRD PLANBAR

Demonstrationsprojekt RH_2®-WKA

Noch in Planung, 2011 vielleicht schon Realität

Durch den stetig steigenden Anteil erneuerbarer Energien am Energiemix und dem Strukturwandel in Richtung einer dezentralen Energieversorgung ist es notwendig, das Energiesystem an die dadurch entstehenden neuen Anforderungen anzupassen. So müssen beispielsweise parallel zum Netzausbau Anlagen zur Energiespeicherung entwickelt, errichtet und in entsprechende Vergütungskonzepte integriert werden. Das Demonstrations- und Innovationsvorhaben RH_2-Werder/Kessin/Altentreptow (RH_2-WKA) setzt genau hier an. Durch die Integration eines CO_2-freien Energiespeichers in einen Windpark wird es möglich, zeitunabhängig und bedarfsgerecht Windstrom nachhaltig zur Verfügung zu stellen. Zusätzlich kann damit ein aktiver Beitrag zur Netzstabilität und zur Netzintegration von erneuerbaren Energien geleistet werden.

Das geplante, deutschlandweit größte Wind-Wasserstoff-System soll wichtige Erkenntnisse für zukünftige CO_2-freie regenerative Regelkraftwerke liefern. Weiterhin ist geplant, das Energiesystem durch die Wasserstoff-, Sauerstoff- und Wärmenutzung in die Bereiche Verkehr, Tourismus, Landwirtschaft und Industrie zu integrieren. RH_2® steht für „Regenerativer Wasserstoff“ (engl.: Renewable Hydrogen), also für aus erneuerbaren Energien CO_2-frei erzeugten Wasserstoff.

Mit leistungsstärkeren Windparks und der damit einhergehenden zunehmenden Windstrommenge, die in die Versorgungsnetze eingespeist wird, ergeben sich neue Herausforderungen für Energieversorger sowie Anlagen- und Netzbetreiber. Dazu zählen:

- Ausgleich fluktuierender Stromproduktion
- Integration von leistungsstarken (Offshore)-Windkraftwerken in das öffentliche Stromnetz
- Steigende Anforderungen an das Netzmanagement
- Ausbau der Energiespeicherkapazitäten
- Kapazitätsengpässe im Stromnetz

Potentielle Lösungsansätze müssen für die Verbraucher bezahlbar bleiben und gleichzeitig nachhaltig hinsichtlich der Umweltverträglichkeit sein. Wind-Wasserstoff-Systeme bieten unter diesen Gesichtspunkten ein erhebliches Potential.

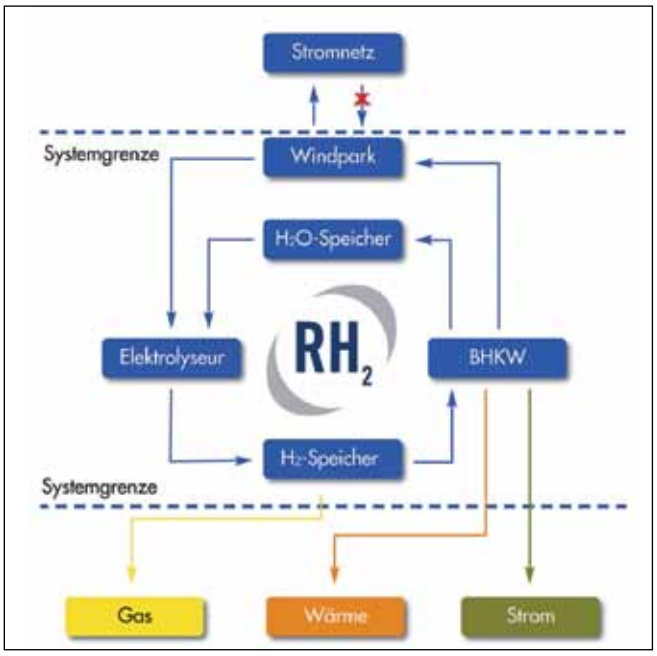
ZIELE UND CHANCEN VON RH_2-WKA Das Ziel von RH_2-WKA ist die Konzeption eines Windparks als so genanntes *Regeneratives Regelkraftwerk* zur optimierten Netzintegration von erneuerbaren Energien. Ein wesentlicher Bestandteil dabei ist die Frage nach einer geeigneten Option zur Energie(zwischen)speicherung. Es soll erreicht werden, dass diskontinuierlich bereitstehende Windenergie zeitunabhängig gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt bedarfsorientiert und vergleichmäßigt in Strom zugeführt werden kann.

Um dieses Ziel zu erreichen, soll im Rahmen dieses Vorhabens stufenweise eine praxistaugliche, CO_2-freie und wirtschaftlich darstellbare Energiespeicherlösung entwickelt und umgesetzt werden. Durch die Integration des Sekundärenergieträgers Wasserstoff in ein Windparkprojekt soll ein Wind-Wasserstoff-System (WWS) entstehen, das zunächst den Eigenstrombedarf der Windenergieanlagen (WEA) deckt. Dadurch kann der Windpark künftig allein als Energielieferant gegenüber dem Versorgungsnetz auftreten. Zusätzlich sollen lokale Verbraucher mit Strom, Wärme sowie Wasserstoff und Sauerstoff versorgt werden. Darüber hinaus dient das Vorhaben zur Vorbereitung gleichartiger Projekte und dem Ziel der Entwicklung CO_2-freier Regenerativer Regelkraftwerke. Um den Gesamtwirkungsgrad des Speicherkreises zu erhöhen, wird die Anlage zusätzlich für den KWK-Betrieb ausgelegt.

Der Energieträger Wasserstoff ist vielseitig nutzbar und kann daher auch in verschiedene andere Wirtschaftszweige außerhalb des Stromsektors integriert werden (z.B. Landwirtschaft, Tourismus). So bietet RH_2-WKA die Grundlage für eine mögliche H_2-Infrastruktur in Mecklenburg-Vorpommern, da die Produktionskapazitäten ausreichend sind, um zunächst ein mögliches Tankstellennetz in dem nördlichen Bundesland mit Wasserstoff beliefern zu können.

Wind-Wasserstoff-Systeme besitzen für Energieverbraucher neben der grundsätzlichen CO_2-Freiheit den enormen Vorteil, aufgrund ihrer Unabhängigkeit langfristig planbare und stabilere Energiekosten garantieren zu können. Andere Energieressourcen wie zum Beispiel alle fossilen Energieträger, aber auch Biogas, unterliegen demgegenüber schwankenden Preisen und einer ungewissen Verfügbarkeit

DER WASSERSTOFFSPEICHERKREISLAUF Der auf Basis von regenerativem Wasserstoff betriebene Speicherkreislauf beinhaltet im Wesentlichen die Komponenten Produktion, Verdichtung, Speicherung sowie Rückverstromung. Als Nebenprodukt fällt sauberer Sauerstoff an, der je nach Betriebs-



[Quelle: WIND-projekt GmbH]

art innerhalb oder außerhalb des Systems verwendet werden kann. Die Endenergieformen sind Strom und Wärme. Zusätzlich bietet der Speicherkreislauf die Möglichkeit, Wasserstoff im gasförmigen Zustand entnehmen zu können. Das im BHKW bei der Rückverstromung von Wasserstoff entstehende Wasser soll dem Produktionszyklus erneut zugeführt werden, so dass der Speicherkreislauf geschlossen wird.

Die Planungen für den zum Wind-Wasserstoff-System gehörenden Windpark gehen von einer Gesamtleistung von bis zu 180 MW aus. Dabei werden vorrangig Windenergieanlagen (WEA) der Multimegawattklasse (≥ 5 MW) zum Einsatz kommen, wie sie auch für den Offshore-Bereich vorgesehen sind. Somit können bereits in diesem Vorhaben wichtige Erfahrungen über das Regelverhalten entsprechender Anlagen in Bezug auf additive Speichersysteme gesammelt werden. Der für Mecklenburg-Vorpommern leistungsstärkste Windpark wird sauberen Strom für etwa 100.000 Haushalte produzieren und somit einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Der geplante Projektstandort befindet sich in Mecklenburg-Vorpommern etwa 25 km nördlich der Stadt Neubrandenburg. Die Nähe zur Autobahn A20 ermöglicht eine relativ günstige Anlieferung großer Anlagenkomponenten. Zusätzlich kann sie als Distributionsstrecke für Regenerativen Wasserstoff und Sauerstoff dienen. Potentielle Wasserstofftankstellen können somit zügig in Mecklenburg-Vorpommern, Berlin und Hamburg beliefert werden.

Die Errichtung des Energiespeichersystems ist für das Jahr 2011 vorgesehen.

DIE INITIATOREN Die Projektinitiatoren für das hier vorgestellte Demonstrations- und Innovationsvorhaben RH_2-WKA sind die WIND-WASSERSTOFF-projekt GmbH & Co. KG (WiWa) sowie die WIND-projekt Ingenieur- und Projektentwicklungsgesellschaft mbH (WIND-projekt GmbH) aus Börgerende in Mecklenburg-Vorpommern. WiWa übernimmt in dieser Zusammenarbeit das Projektmanagement und die Errichtung sowie den Betrieb des Wind-Wasserstoff-Systems. Die Projektentwicklung erfolgt bei der WIND-projekt GmbH, die auch die grundsätzliche Projektidee entwickelte sowie die Vorplanung für das Vorhaben durchführte.

HAUPTKOMPONENTEN DES WASSERSTOFFSYSTEMS

Elektrolyseur	1.000 kW (ca. 200 Nm³/h)
Wasserstoffverdichter	300 bar
Wasserstoffspeicher	ca. 9.500 Nm³
BHKW	250 kW_{el} (ca. 400 kW_{th})

Quelle: WIND-projekt GmbH

WAS IST ZU TUN? Um die ehrgeizigen Ausbauziele der Bundesregierung und der Europäischen Union erreichen zu können, muss die Entwicklung dieser Speichertechnologien zügig vorangetrieben werden. Dies kann mit der Schaffung von mehr Planungssicherheit für zukunftsorientierte Unternehmen gelingen. Hier stellt die Integration von Energiespeichertechnologien ins bereits bewährte Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) einen Lösungsansatz dar. Es kann auf diesem Weg gelingen, neue Klimaschutztechnologien „Made in Germany" zu etablieren und die Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern zu erhöhen.

Ähnlich wie bei Windenergieanlagen, die sich von kleinen Hofanlagen zu großen Grünstromkraftwerken entwickelt haben, gilt es, die hohe Innovationsfähigkeit und Flexibilität von kleinen und mittelständischen Unternehmen zu nutzen und diese durch intelligente Vergütungskonzepte und gezielte Förderungen zu unterstützen.

Ebenfalls notwendig für das Erreichen der Ausbauziele ist der Netzausbau. Dieser Themenkomplex sollte zusammen mit dem Thema Stromspeicherung diskutiert werden. So können mögliche Synergien effizient genutzt und eine nachhaltige Entwicklung erzielt werden.

Wasserstoff kann perspektivisch importiertes Erdgas substituieren. Im Sinne eines fairen Wettbewerbs muss auch hier der Netzzugang beispielsweise über die Gasnetzzugangsverordnung (GasNZV) rechtzeitig sichergestellt werden.

Für die Speicherung großer Mengen Wasserstoff, wie sie für die Bereitstellung von CO_2-frei erzeugtem Regelstrom und der Gewährleistung der Versorgungssicherheit nötig sind, bietet sich eine Verbringung untertage, ähnlich wie heutzutage bei Erdgas, an. Hier ist allerdings davon auszugehen, dass dadurch Nutzungskonkurrenzen zu anderen Energiebranchen entstehen können (z.B. Carbon Dioxide Capture and Storage CCS oder Erdgasspeicherung). Aus diesem Grund empfiehlt es sich, rechtzeitig die geologischen Speicherpotentiale für die einzelnen Nutzungsarten deutschlandweit zu erheben und darauf aufbauend eine Art unterirdischen Regionalplan zu entwickeln.

Ein weiterer wesentlicher Punkt für die Zukunftsfähigkeit und technologische Vorreiterrolle Deutschlands ist die Ausbildung von Fachkräften. Das Bildungsangebot an Hochschulen und Fachhochschulen sollte rechtzeitig um diesen Bereich erweitert werden. ||

RH_2-WKA wird gefördert durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) im Rahmen des „Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie" (NIP).

Autor:

Martin Weiße
WIND-projekt Ingenieur- und Projektentwicklungsgesellschaft mbH, Borgerende
→ m.weisse@wind-projekt.de

Thema: Wind-Wasserstoff | **Interviewpartner:** Oliver Weinmann

REALISTISCHER BLICK AUF DAS MACHBARE

Interview mit Dr. Oliver Weinmann, Vattenfall Europe Innovation GmbH

Dr. Oliver Weinmann

Insbesondere in Norddeutschland ist Wind-Wasserstoff ein interessantes Thema, weil es angesichts der stetig steigenden Zahl von Windkraftanlagen immer wichtiger wird, den dort erzeugten Windstrom sinnvoll weiterverwerten zu können. Für die Vattenfall Europe AG, einen der größten Energieversorger der Region, scheint Wasserstoff ein geeignetes Medium zu sein, um Strom aus erneuerbaren Energien zwischenzuspeichern. Darüber und über das Thema der Elektromobilität sprach die HZwei-Redaktion mit Dr. Oliver Weinmann, der sich sowohl mit Strom als auch mit Wasserstoff auskennt.

HZwei: Sehr geehrter Herr Dr. Weinmann, die Vattenfall Europe AG ist seit fast zehn Jahren in Deutschland vertreten und hat jetzt mit der Vattenfall Europe Innovation GmbH das 17. Tochterunternehmen gegründet. Es existieren außerdem Schwesterunternehmen beispielsweise für Windkraft, Kernenergie, Kohlenstoffspeicherung und Verkehrsanlagen. Ist der Energiekonzern inzwischen so groß, dass für jeden Wirtschaftszweig eine eigene Gesellschaft gegründet werden muss?

Weinmann: Wir konzentrieren die Aufgaben in verschiedenen Tochtergesellschaften, um sie effizient bearbeiten und zugleich flexibel am Markt agieren zu können. Hierzu gehört auch das strategische Business Development, das wir in der Vattenfall Europe Innovation gebündelt haben.

HZwei: Die Vattenfall Europe Innovation GmbH, zu deren Geschäftsführer Sie bestellt wurden, hat im April 2010 ihre Arbeit aufgenommen. Welche Ziele verfolgt die schwedische Konzernleitung mit dieser neu gegründeten Gesellschaft?

Weinmann: Die derzeitige Stromversorgung ist auf einer überwiegend zentral ausgerichteten Struktur aufgebaut: Die Stromerzeugung erfolgt hauptsächlich in großen Kraftwerken, elektrische Energie wird über die Stromnetze an die Verbraucher geliefert. Der Vorteil dieser zentralen Struktur ist, dass mit Hilfe weniger großer Kraftwerke die notwendige Balance zwischen der Energieerzeugung und dem Energieverbrauch hergestellt werden kann. Nicht zuletzt durch die Verpflichtung zur Reduzierung von CO_2 werden wir zukünftig mehr und mehr fluktuierende Stromerzeugung durch erneuerbare Energien – insbesondere Wind – sehen. Diese Erzeugung folgt nicht mehr dem Kundenbedarf, sondern richtet sich nach dem aktuellen Windangebot. Zudem wird es einen Zuwachs an dezentraler Erzeugung auf Verbraucherebene geben, die Energie wird also nicht mehr nur in großen Kraftwerken erzeugt und ins Netz gespeist, sondern zunehmend auf der Nieder- und Mittelspannungsebene. Dies führt dazu, dass unser gesamtes System deutlich leistungsfähiger werden muss, um diese Herausforderung zu meistern. Hierzu gehören beispielsweise intelligente Netze, die mit den Kunden kooperieren, um den Bedarf der Erzeugung anzupassen oder auch Stromspeicher, die die fluktuierende Windenergie zwischenzeitlich aufnehmen können, wenn das Stromnetz gesättigt ist. Auch können sich zukünftig neue Märkte ergeben – wie das Thema Elektromobilität, bei dem wir uns infrastrukturell einbringen wollen. Aus diesen vielschichtigen Entwicklungen werden sich neue Geschäftsoptionen ergeben, die von Vattenfall analysiert, bewertet und bis zur Marktvorbereitung entwickelt werden.

HZwei: Was sind konkret Ihre Aufgaben, denen Sie sich als Erstes stellen werden?

Weinmann: Wir haben bereits zukünftige Optionen analysiert und fokussieren nun unsere Aktivitäten auf das Gebiet Elektromobilität mit Wasserstoff oder Batterie als Energiespeicher. Diese Speicher sollen gleichzeitig genutzt werden, um die Einspeisung von erneuerbaren Energien zu optimieren. Einen weiteren Kernpunkt bilden die Smart Systems, welche sich aus dem Zusammenspiel von intelligenten Netzen, Smart Home, Smart Office, Speichern und flexibler Erzeugung ergeben.

HZwei: Das hört sich nach viel Arbeit an. Bleiben wir zunächst mal beim Wind-Wasserstoff. Die Idee, Windstrom für die Elektrolyse einzusetzen, um Wasserstoff als Energiespeicher einsetzen zu können, ist nicht neu. Trotzdem hat es lange gedauert, bis es jetzt scheinbar ernsthafte Ambitionen für eine praktische Umsetzung gibt. Warum hat diese Entwicklung so lange gedauert?

Weinmann: Erfahrungsgemäß brauchen neue Entwicklungen auch ein gutes Timing, um für den Markt interessant zu werden. In der Vergangenheit wurde Wind-Wasserstoff im Wesentlichen von der Fahrzeugindustrie gefordert, um einen CO_2-freien Kraftstoff für die Wasserstofffahrzeuge zur Verfügung zu haben. Dies begleitet und unterstützt Vattenfall schon seit vielen Jahren. Mit dem stetigen Ausbau der erneuerbaren Energien ist seitens der gesamten Energiewirtschaft die Diskussion um zukünftige Speicherbedarfe mehr und mehr dazugekommen, wobei hier auch Wasserstoff eine Option darstellt. Dies treibt die Entwicklung sicherlich voran.

HZwei: Was macht für Sie den besonderen Reiz dieses Verfahrens aus?

Weinmann: Für uns ist Wasserstoff eine Option zur Speicherung von fluktuierender Energie. Speichermöglichkeiten gibt es selbstverständlich mehrere: Batterien, Pumpspeicher, Druckluft etc., allerdings gibt es für größere Energiemengen über einen längeren Zeitraum kaum Alternativen zum Wasserstoff – neben der technischen Machbarkeit muss dies natürlich auch ökonomisch bewertet werden. Hier sehen wir zum einen die reine Speicherfunktion mit Rückgewinnung zu Zeiten hoher Stromnachfrage und geringer Einspeisung und zum anderen die Vermarktung von Wasserstoff als Kraftstoff oder auch als chemischen Grundstoff.

HZwei: Inwieweit können Sie dabei von Ihren Erfahrungen aus Ihrer Tätigkeit als Vorstandsmitglied des Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verbandes profitieren?

Weinmann: Um Wasserstoff- oder auch Batteriefahrzeuge mittel- bis langfristig erfolgreich in den Markt einführen zu können, benötigen wir das gemeinsame und koordinierte

Vorgehen aller Akteure aus den verschiedenen Industriebranchen, Behörden und der Gesellschaft. Dabei sind die Arbeit und die Unterstützung des DWV außerordentlich hilfreich.

HZwei: Gibt es bereits konkrete Vorhaben, die schon realisiert wurden oder gerade in Arbeit sind, bei denen Wind-Wasserstoff zum Einsatz kommt?
Weinmann: In Hamburg errichten wir derzeit die größte Wasserstofftankstelle Europas zur Versorgung der wachsenden Brennstoffzellen-Bus-Flotte der Hamburger Hochbahn. In dieser Anlage werden Elektrolyseure zur Wasserstofferzeugung eingesetzt, die entsprechend dem Windangebot gefahren werden sollen. Nächstes Jahr werden wir den Betrieb starten und sind gespannt auf die Ergebnisse.

HZwei: Sie verfolgen dabei ein Wind-to-Vehicle-Konzept. Wie funktioniert das genau?
Weinmann: Wind-to-Vehicle ist ein Konzept, welches für Batteriefahrzeuge entwickelt wurde. Hier werden die Batterien der Fahrzeuge primär dann geladen, wenn eine hohe Windeinspeisung im Netz gegeben ist. Natürlich kommt es dabei zu einer Abgleichung der Kundenbedürfnisse, um Nutzereinschränkungen und Akzeptanzprobleme zu vermeiden. Die bisherigen Erfahrungen mit unseren Kunden im Projekt MINI E sind sehr vielversprechend und helfen uns dabei, die Einspeisung von Windenergie zu optimieren. Dies stellt ein deutliches Plus im Verhältnis zu einem Standard-Ökostromangebot für E-Fahrzeuge dar.

HZwei: Bedeutet das, dass Vattenfall seine Rolle als reiner Energieversorger ausweiten und künftig auch im Fahrzeugbereich mitwirken möchte?
Weinmann: Nein, wir werden schon bei dem Energiegeschäft bleiben, das wir verstehen. Und Fahrzeuge zu bauen gehört sicher nicht dazu.

HZwei: Wie sehen Sie die Entwicklung im Bereich der Elektromobilität? Mit den Brennstoffzellenautos gab es vor zehn Jahren schon einmal einen ähnlichen Hype um eine innovative Antriebstechnologie. Sehen Sie die Möglichkeit, dass jetzt abermals hohe Erwartungen geweckt werden, die dann vielleicht nicht erfüllt werden können?
Weinmann: Das hoffe ich nicht, obwohl diese Gefahr durch zum Teil überzogene Erwartungen natürlich besteht. Kurzfristig wird es keine Elektrofahrzeuge zu vergleichbaren Kosten mit konventionellen Fahrzeugen geben. Da wünsche ich mir manchmal einen etwas realistischeren Blick auf das Machbare. Aber nach unseren Analysen sind wir ziemlich sicher, dass batterieelektrische Autos – genauso wie Brennstoffzellenfahrzeuge – eine Erfolgsgeschichte werden, auch wenn das vielleicht nicht ganz so schnell realisiert werden kann.

HZwei: Wie sehen Sie denn das Potential in diesem Bereich? Wann wird Otto-Normalverbraucher a) ein Batterieauto für einen bezahlbaren Preis kaufen und b) wann mit Windstrom betreiben können?
Weinmann: Das Potential ist hoch – reine Batteriefahrzeuge sind ja die idealen Kurzstrecken- und Stadtfahrzeuge. Für die Frage nach den Fahrzeugen sind wir nicht der richtige Ansprechpartner. Windstrom können wir unseren Kunden schon heute anbieten. Bereits im *MINI E Projekt powered by Vattenfall* in Berlin haben wir dieses System (Wind-to-Vehicle) angeboten und testen können.

HZwei: Was sind aus Ihrer Sicht heute die dringlichsten Aufgaben, damit die Vision der Elektromobilitätsära in absehbarer Zeit Wirklichkeit werden kann? Die Standardisierung eines für Europa einheitlichen Ladesteckers ist ja bereits sehr weit gediehen. Geht es jetzt um die Entwicklung eines intelligenten Lademanagementsystems?
Weinmann: Dieses Thema birgt für uns Herausforderungen der vielfältigsten Art. Das Kernthema ist sicherlich die Entwicklung von bezahlbaren Batterien, die zum einen hinsichtlich der Kosten, zum anderen bezüglich der Zyklenfestigkeit, des Gewichts und des Volumens optimiert werden müssen. Standardisierung ist ebenso ein wichtiges Thema und auch im Bereich der öffentlichen Ladeinfrastruktur und des intelligenten Lademanagements sind noch eine ganze Reihe von Aufgaben zu lösen. Es handelt sich also in Summe um ein nicht zu unterschätzendes, aber lösbares Bündel von Herausforderungen.

HZwei: Letzte Frage: Wohin geht Ihrer Meinung nach die Entwicklung im Bereich Elektromobilität in den nächsten zwei Jahren?
Weinmann: Wir werden ein deutlich klareres Bild zur weiteren Entwicklung haben – aber leider noch nicht viele Autos auf der Straße.

HZwei: Herr Dr. Weinmann, ich bedanke mich bei Ihnen für das informative Gespräch.

Oliver Weinmann verfügt über langjährige Erfahrung in der Energiebranche. Der gebürtige Hamburger arbeitet seit nunmehr neun Jahren für Vattenfall Europe. Zuvor war er für die Hamburgischen Electricitäts-Werke (HEW) aktiv, die 2001 mehrheitlich von dem schwedischen Großkonzern übernommen wurden. Weinmann ist außerdem Gründungs- und Vorstandsmitglied des Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verbands e. V. (DWV).

h2herten
Wasserstoff-Kompetenz-Zentrum

ANWENDERZENTRUM H2HERTEN

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

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

Thema: Schifffahrt | **Autor:** Sven Geitmann

HYPORT NIMMT FAHRT AUF, STOTTERT ABER NOCH

Müritz soll wieder sauberer werden

HyPort-Vision: H_2-Tankstelle für Land- und Wasserfahrzeuge am Stadthafen von Waren an der Müritz

Landesverkehrsminister Volker Schlotmann

„Ich weiß nicht, die wievielte Auftaktveranstaltung dies schon ist, aber jetzt geht es richtig los." Mit diesen Worten hatte Stephan Möller, der ehemalige Geschäftsführer der Schweriner HIAT gGmbH und Ex-Leiter des HyPort-Netzwerks, am 4. August 2010 die Anwesenden auf dem Salon-Dampfschiff Europa begrüßt. Mit an Bord bei dieser kleinen Besichtigungstour über die Müritz war unter anderem der Verkehrsminister von Mecklenburg-Vorpommern, Volker Schlotmann, der kurz vorher mit dem wasserstoffbetriebenen HydroGen4 von General Motors eine Proberunde gedreht hatte. Kurz nach dem Ablegemanöver für dieses maritime Projekt ging jedoch der Kapitän von Bord.

Es dreht sich alles um Wasserstoff an diesem Tag an der Müritz, denn die beliebte nordostdeutsche Ausflugsregion möchte Vorreiter für Wasserstofffahrzeuge werden – insbesondere auf dem Wasser. Aus diesem Grund bildete sich bereits im April 2007 ein offenes Netzwerk unter dem Namen *HyPort* (s. HZwei Juli 2007), das mittlerweile auf 18 Kommunen und Firmen angewachsen ist. Das gemeinsame Ziel ist die Etablierung einer H_2-Infrastruktur für Schiffe und Busse am größten innerdeutschen Binnensee.

Die Unterstützung aus der Politik ist gewiss, insbesondere weil das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus die Parole herausgegeben hat, Mecklenburg-Vorpommern zum *Energieland 2020* zu machen und deswegen daran arbeitet, die Energieversorgung sicher, preisgünstig und umweltverträglich zu gestalten. Verkehrsminister Volker Schlotmann sagte anlässlich der HyPort-Auftaktveranstaltung: „Wasserstoff hat Zukunft. Gerade im Müritz-Nationalpark bietet es sich an, den emissionsfreien und leisen Wasserstoffantrieb zu nutzen. Denn gerade eine natursensible Region hat einen hohen Bedarf an sauberer Energie." Auch Rudolf Borchert, Mitglied des Landtages und Kreistagsabgeordneter im Müritzkreis, betonte: „Die Region steht voll hinter diesem Programm."

Die konkreten Einsatzgebiete für die H_2- und BZ-Technik sind vielfältig. So sollen Segelyachten, Fahrgastschiffe und Hausboote mit Brennstoffzellensystemen für die Bordenergieversorgung ausgestattet werden, um sowohl die Geräusch- als auch die Schadstoffemissionen auf dem offenen Wasser und auch im Hafen zu reduzieren. Gleiches gilt an Land für Wohnmobile. Außerdem sollen Busse, Kommunenfahrzeuge und Bimmelbahnen mit Brennstoffzellen angetrieben werden. Der dafür benötigte Wasserstoff soll mit Windenergie erzeugt werden. Eine Umsetzung dieser Pläne ist zunächst für die Demoregion Waren vorgesehen, soll sich später aber auch auf andere Binnengewässer und die Ostseeküste erstrecken.

SAUBER UND LEISE „Das Problem ist, dass die Region laut und schmutzig geworden ist, wie es in einem NDR-Bericht vor einigen Jahren vorhergesagt wurde", berichtete der stellvertretende Bürgermeister von Waren Dietmar Henkel. Wenn man durch den Müritz-Nationalpark fährt, sieht man, was Henkel damit meint: Tourismus pur. Dazu gehören viele Radfahrer und Wanderer, aber eben auch viele Autos, Sportboote und Ausflugsdampfer, die an der Anlegestelle nicht nur die Gischt sondern auch Abgaswolken aufwirbeln. Die Belastung für die Pflanzen- und Tierwelt ist in den vergangenen Jahren dramatisch angestiegen, seit sich die Mecklenburgische Seenplatte zum beliebten Ausflugsziel vieler Deutscher entwickelt hat.

Dass hier etwas zum Schutz der Natur getan werden muss, haben die politisch Verantwortlichen mittlerweile eingesehen. Aus diesem Grund sind verschiedene Landes- und Kommunalpolitiker auf der Auftaktveranstaltung vertreten. Zum Netzwerk *HyPort@Müritz* zählen außerdem verschiedenste Partner aus dem maritimen Sektor, aber auch Marina- und Tourismusverbände, Stadtwerke und Nahverkehrsunternehmen, Brennstoffzellenhersteller sowie die Hochschule Wismar. Ihr gemeinsames Ziel ist die Ausstattung der wichtigsten Häfen der Region mit Betankungsstationen, an denen Wasserstoffkartuschen gewechselt und befüllt werden können. Der Anfang dafür ist bereits gemacht, auch wenn die nächsten Schritte nur langsam folgen werden. Aber das Ziel ist klar. Bürgermeister Henkel formuliert es für seinen Ort so: „Waren/Müritz will über Wasserstoff, Brennstoffzellen und Elektromobilität seinem Ruf als Erholungsort wieder gerecht werden."

Wenige Wochen nach der Auftaktveranstaltung gab Stephan Möller seinen Geschäftsführerposten beim HIAT und

Der ehemalige HyPort-Koordinator Stephan Möller bei der Auftaktveranstaltung

damit auch seine Funktion als HyPort-Projektleiter ab. Nach acht Jahren beim Hydrogen Institute of Applied Technologies, das er selbst 2002 als gemeinnützige Forschungseinrichtung aufgebaut hatte, widmet er sich fortan verstärkt seinen Aufgaben bei der balticFuelCells GmbH. Das HyPort-Projektmanagement obliegt jetzt Iris Scheinichen-Perleberg und Matthias Mischke. Neuer HIAT-Geschäftsführer ist Stefan Kalkbrenner, der auch das Institut für Multimediatechnik in Wismar leitet. ||

VERZÖGERUNGEN BEI *E4SHIPS*

Bei dem Leuchtturmprojekt *e4ships*, das im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff und Brennstoffzellen (NIP) am 1. Juli 2009 in Rostock-Warnemünde startete, gibt es Probleme mit dem Zeitplan. Im Teilprojekt *PaXell* kommt es zu Lieferproblemen des Brennstoffzellensystems, da der Hersteller des Hot-Moduls, die MTU Onsite Energy, aufgrund der Auftragsrückgänge während der Wirtschaftskrise 2009/2010 nicht wie geplant liefern kann. Der PaXell-Projektleiter Gerhard Untiedt bei der Meyer Werft erklärte gegenüber HZwei: „Der Termin 2012 für den Test des Brennstoffzellensystems unter Realbedingungen kann nicht eingehalten werden und verschiebt sich mindestens um ein Jahr." Um weitere Verzögerungen zu vermeiden, erwägen die Projektpartner den Wechsel auf eine andere als die bisher favorisierte MCFC-Technologie (z.B. SOFC).

JUNGFERNFLUG IN ITALIEN

[Quelle: ENFICA]

In Italien hat ein Firmenkonsortium im Mai 2010 ein brennstoffzellenbetriebenes, pilotengesteuertes Kleinflugzeug in die Luft gebracht und damit einen Geschwindigkeitsweltrekord aufgestellt. Im Rahmen des von der Europäischen Kommission geförderten Projekts ENFICA-FC (ENvironmentally-Friendly Inter City Aircraft powered by Fuel Cells) startete das Elektroflugzeug Rapid 200-FC, das Wasserstoff als Treibstoff verwendet, vom Flughafen Reggio Emilia. Drei Jahre hatten die Techniker am Antriebssystem (Elektromotor: 40 kW) gearbeitet, bevor Testpilot Marco Locatelli am 20. Mai zum zweiminütigen Jungfernflug starten konnte. Bei den anschließenden Testflügen erreichte die mit Druckwasserstoff (350 bar) betriebene Rapid 200-FC eine Geschwindigkeit von 145 km/h und blieb bis zu 45 Minuten in der Luft. ||

YACHT MIT BZ-BORDENERGIE-VERSORGUNG

Als einer der ersten Anbieter im maritimen Sektor stattet Arcona Yachts seine Yachten mit Brennstoffzellen aus. Die Kunden des schwedischen Bootsherstellers können seit diesem Sommer selbst entscheiden, ob sie eine Direktmethanolbrennstoffzelle der SFC Energy AG (ehemals Smart Fuel Cell) als optionales Zubehör mit an Bord nehmen möchten. Auf Wunsch stattet das Unternehmen aus Gustavsberg zukünftig alle Yachtmodelle ab Werk mit einem BZ-System, das leise und emissionsarm Strom für die Bordenergieversorgung liefert, aus. Torgny Jansson von Arcona Yachts sagte: „Die Brennstoffzellen bieten hohe Unabhängigkeit und liefern komfortable sowie umweltfreundliche Energieversorgung an Bord. Ab sofort können Arcona-Bootsbesitzer immer und überall vor Anker gehen, ohne Kompromisse bei Komfort und Sicherheit machen zu müssen." ||

Thema: Luftfahrt | **Autor:** Sven Geitmann

NEUE DIMENSIONEN ERREICHEN

50 Stunden Flugdauer mit Antares H3

[Quelle: DLR/Lange Research Aircraft GmbH]

Der Nachfolger der Antares DLR-H2 ist bereits in Aussicht. Bei der Präsentation dieses mit einer Brennstoffzelle startfähigen Motorseglers im Sommer 2009 war das Folgeprojekt erst eine vage Andeutung, aber jetzt ist es sicher: Das Team des Deutsche Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) sowie der Lange Research Aircraft GmbH entwickelt seit August 2010 die Antares H3, die 2011 für mehr als 50 Stunden in die Luft gehen soll.

Das Nachfolgemodell wird leistungsstärker als die Antares DLR-H2 sein, so dass es in Flugdauer und Reichweite neue Maßstäbe setzen kann. Anstelle von zuvor 750 km in fünf Flugstunden sollen 6.000 km bei mehr als 50 Flugstunden möglich sein (Spannweite: 23 m, Abfluggewicht: 1,25 t, Nutzlast: 200 kg). Ermöglicht werden soll dies durch den Anbau von insgesamt vier anstelle der bisherigen zwei Außenbehältern unter den Tragflügeln, in denen Brennstoffzellensystem und Tanks installiert sind.

Dr. Josef Kallo vom Stuttgarter DLR-Institut für Technische Thermodynamik sagte: „Die Antares-Brennstoffzellenflugzeuge fliegen CO_2-neutral und sind wesentlich geräuschärmer als andere vergleichbare Motorsegler." Axel Lange, Geschäftsführer der Lange Research Aircraft GmbH, ergänzte: „Die Antares H3 setzt aufgrund ihrer Effizienz, Dynamik und Einsatzdauer neue Maßstäbe im Bereich der fliegenden Plattformen. Dadurch eröffnen sich völlig neue Möglichkeiten für den Einsatz im Flugverkehr." Lange zielt damit auf die Planungen ab, den Motorsegler auch für einen unbemannten Betrieb auszustatten, damit auch Erdbeobachtungs- und Fernerkundungsaufgaben übernommen werden können. ||

Am 30. Juli 2010 erhielt Axel Lange den mit 25.000 US-Dollar dotierten Lindbergh-Preis in der Kategorie *Individual Achievement Award*. Überreicht wurde die Trophäe von Erik Lindbergh, dem Enkel des Luftfahrtpioniers Charles Lindbergh. Mit diesem Preis werden herausragende Leistungen im Bereich des Elektrofluges gewürdigt. Lange wurde damit für die Entwicklung der Antares 20E, des Basismodells der Antares DLR-H2 und der Antares H2, ausgezeichnet.

BOEING BAUT BZ-DROHNE

[Quelle: Boeing]

Der US-amerikanische Flugzeugbauer Boeing hat Mitte Juli 2010 angekündigt, Anfang 2011 mit einer brennstoffzellenbetriebenen Drohne in die Luft gehen zu wollen. Bei dem Projekt *Phantom Eye* handelt es sich um ein unbemanntes Überwachungsflugzeug (Spannweite: 45 m), das von zwei Propellern angetrieben wird. Die 2,3-l-Vierzylindermotoren stammen vom Autohersteller Ford, leisten jeweils 110 kW und nutzen flüssigen Wasserstoff als Kraftstoff. Das Unmanned Aerial Vehicle (UAV) soll bis zu vier Tage in einer Höhe von 20 km fliegen und eine Nutzlast von 200 kg transportieren können. Erste Tests sollen noch in diesem Herbst auf einem NASA-Testgelände in Kalifornien durchgeführt werden. Neben Aufklärungs- und Überwachungsflügen in der Stratosphäre können auch Spionage- und Kommunikationsaufgaben zu den möglichen Einsatzgebieten gehören. Darryl Davis, Präsident von Boeing Phantom Works, sagte: „Phantom Eye ist der erste seiner Art und kann einen ganz neuen Markt für Datensammlung und Kommunikation eröffnen."

Der UAV-Hersteller Israel Aerospace Industries (IAI) ging indessen eine Kooperation mit dem singhalesischen BZ-Hersteller Horizon Energy Systems, einer Tochterfirma von Horizon Fuel Cell, ein. Ende August 2010 meldete Horizon, dass IAI Interesse an deren Aeropak-System signalisiert habe und die Mini-Drohne *Bird Eye 650-LE* mit dem BZ-Antrieb ausstatten werde. Das 200-W-System soll der Drohne eine Höchstflugdauer (Long Endurance) von bis zu sechs Stunden ermöglichen. Gareth Tang, Managing Director von Horizon, sagte: „Aeropak reduziert die Anzahl der Starts bei gleichzeitig vergrößertem Operationsradius." Aeropak ist darüber hinaus bei der Drohne *Boomerang* von dem ebenfalls in Israel ansässigen Unternehmen BlueBird Aero Systems im Einsatz (s. HZwei Okt. 2009). ||

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

BRANDSCHUTZ AUF NORDDEUTSCH

N_2telligence präsentiert QuattroGeneration

[Quelle: N_2telligence]

Vier auf einen Streich – Gemäß diesem Motto haben Andreas Exler und Lars Frahm von der N_2telligence GmbH ihr neues Produkt benannt: *QuattroGeneration.* Am 29. Juli 2010 präsentierten die beiden Hamburger ihr neuartiges Energie- und Brandschutzsystem im Technologie- und Gewerbezentrum in Wismar erstmalig der Öffentlichkeit.

Das QuattroGeneration kombiniert vier Eigenschaften in einem Gerät: Erstens produziert die Brennstoffzelle sauber und effizient Strom, der wahlweise direkt genutzt oder ins Netz eingespeist und über das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) oder das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz vergütet werden kann. Zweitens kann die Wärme, die innerhalb des BZ-Systems anfällt, zur Warmwasseraufbereitung genutzt werden. Drittens ist die zusätzliche Auskoppelung von Kälte und somit der Betrieb einer Klimaanlage möglich. Und viertens kann in einem zu schützenden Bereich der Sauerstoffgehalt der Luft reduziert werden.

Das Besondere an diesem System ist dieser vierte und letzte Punkt: der präventive Brandschutz. Hierbei geht es um die Schaffung einer sauerstoffarmen Atmosphäre, in der aufgrund des herrschenden O_2-Mangels kein Feuer entstehen kann. Eine mit Erdgas betriebene Brennstoffzelle entzieht dafür dem zu schützenden Raum Luft, nutzt den darin enthaltenen Sauerstoff zur Strom- und Wärmeerzeugung und lässt die stickstoffhaltige Abluft in diesem Raum wieder frei. Auf diese Weise kann der dortige O_2-Gehalt selbst bei Undichtigkeiten des Raums oder bei Türöffnungen gezielt auf einem Niveau gehalten werden, so dass sich darin zwar noch Menschen aufhalten können, ein Feuer sich aber nicht entwickeln kann.

Elektrische Leistung	100 kW
Spannung	400 V AC
Wärmeauskopplung	ca. 50 kW mit 50 °C
Wirkungsgrad	ca. 82 %
Brandschutz	50 bis 2.000 m³ (Raumgröße)
Energieträger	Erdgas oder Biogas
Abmaße (B x L x H)	2,2 m x 5,6 m x 3,4 m
Gewicht	15,5 t

Die gleichzeitig produzierte elektrische Energie kann ins öffentliche Stromnetz eingespeist und gemäß KWK-Gesetz oder bei Biogasnutzung gemäß EEG vergütet werden, so dass zumindest ein Teil des in den Brandschutz investierten Geldes wieder zurückfließt.

Mögliche Einsatzgebiete dieses Verfahrens sind Gebäude, in denen hochwertige Einrichtungen stehen (z. B. Server in Rechenzentren) oder unwiederbringliche Güter (z. B. Kunstobjekte) beziehungsweise Gefahrstoffe lagern. Konventioneller Brandschutz mit Löschmitteln kommt hier meist nicht in Frage, da Wasser oder Löschschaum ihrerseits Schäden anrichten können und ein Brand deswegen von vornherein unterbunden werden soll.

Die beiden Norddeutschen präsentierten dieses Verfahren erstmals auf der CeBIT 2007 nur ein Jahr nach der Unternehmensgründung (s. HZwei Apr. 2007). Seitdem arbeiteten sie an der Umsetzung ihrer Idee. Nach zwischenzeitlichen Unwegbarkeiten landeten die beiden Wirtschaftsingenieure im Januar 2010 in Wismar, wo sie im Technologiezentrum Mecklenburg-Vorpommern optimale Voraussetzungen zur Firmenniederlassung vorfanden. Mithilfe der finanziellen Unterstützung eines Investors installierten sie dort umgehend eine Referenzanlage, die seit diesem Sommer zwei Gebäude des Technologie- und Gewerbezentrums mit Strom und Wärme versorgt und gleichzeitig ihre eigene Testhalle kontinuierlich vor Brand schützt. Bei der Wahl der Brennstoffzelle entschied sich das N_2telligence-Team für ein Modell von Fuji Electric Systems, weil dies ihrer Meinung nach „das weltweit beste auf dem Markt erhältliche System ist", das außerdem speziell für die hier vorliegenden Anforderungen modifiziert wurde.

Lars Frahm zeigt sich sichtlich erleichtert, als er erzählt: „Die Betriebsergebnisse haben alle unsere Erwartungen weit übertroffen." Frahm erklärt weiter: „Potentielle Kunden wollten bisher immer zunächst mal ein Referenzobjekt sehen, bevor sie in diese neue Technik investierten. Hier vor Ort können wir ihnen das jetzt endlich demonstrieren, wie gut das funktioniert. Erste Gespräche mit potentiellen Kunden laufen bereits." ||

→ *www.n2telligence.com*

BRENNSTOFFZELLE FÜR'N MÜLL

In Berlin wird seit April 2010 an der Entwicklung eines BZ-Hybridfahrzeugs für die Abfallsammlung gearbeitet. Ziel dieses auf zwei Jahre angelegten Projektes, bei dem die Berliner Stadtreinigung (BSR) mit Faun Umwelttechnik und Heliocentris zusammenarbeitet, ist der Aufbau eines effizienteren und emissionsärmeren Müllwagens. Zu diesem Zweck soll Anfang 2011 ein Drehtrommel-Abfallsammelfahrzeug (Rotopress) mit einem 32 kW leistenden, mit Wasserstoff betriebenen BZ-Bordenergiesystem in Betrieb gehen. Für den Antrieb wird nach wie vor der Dieselmotor zuständig sein, der während des Sammelvorgangs abgeschaltet werden kann. Diese Arbeitsteilung soll eine Dieseleinsparung von 30 % bei entsprechend niedrigeren Schadstoffemissionen ermöglichen. ||

Thema: Entwicklung | **Autorin:** Birgit Scheppat

WO STEHT DIE BRENNSTOFFZELLENTECHNIK?

Erfahrungen beim Testkauf und -betrieb von BZ-Stacks

Auf der diesjährigen FC Expo in Tokio drängte sich der Eindruck auf, dass die Brennstoffzellentechnologie ein neues Stadium erreicht hat: Etliche Hersteller von Brennstoffzellen und BZ-Systemen sind seit neuestem dabei, „Geschäfte zu machen". Diese erfreuliche Entwicklung zeigt, dass die Brennstoffzellentechnologie auf dem Weg, der in den Massenmarkt führt, angekommen ist. Worauf sich ein Kunde in Deutschland beim Kauf einer Brennstoffzelle einstellen muss, wurde im Rahmen eines Projekts der Hochschule RheinMain, das im Auftrag der Hessen Agentur GmbH und in Zusammenarbeit mit der H2BZ-Initiative Hessen e. V. durchgeführt wurde, analysiert.

Bei diesem Vorhaben wurde untersucht, welchen Herausforderungen ein potenzieller Kunde gegenübersteht, der eine Batterie oder einen anderen elektrischen Stromlieferanten durch einen Brennstoffzellen-Stack ersetzen möchte.

ERSTE HÜRDEN Die erste Teilaufgabe dieses Projektes stellte die Beschaffung der BZ-Stacks dar. Ziel war es, eine breite Palette der am Markt verfügbaren BZ-Stacks der 1-kW-Leistungsklasse zu testen. Dazu wurden 33 Unternehmen weltweit kontaktiert. Die Bitte, ein konkretes Angebot abzugeben, wurde an insgesamt 20 Unternehmen weltweit versandt. Gänzlich ohne Antwort sind acht Unternehmen geblieben. Von vier Unternehmen wurde die Anfrage an eine andere Firma weitergeleitet und von dort beantwortet. Vier weitere Anfragen ergaben, dass die gewünschte Stack-Klasse nicht lieferbar ist, trotz der vorher geprüften Ankündigung auf der Homepage der jeweiligen Firma. Vier Firmen konnten sich trotz mehrfacher Anfragen nicht zu einer Antwort entschließen oder waren nicht zur Lieferung bereit, ohne eine weit gehende Kooperationsvereinbarung einzugehen, beziehungsweise wollten nur ein komplettes Brennstoffzellensystem liefern und keine Stacks. Die Abgabe eines konkreten Angebots erfolgte häufig nur, wenn die Anwendung detailliert offenbart wurde, häufig mit Nachfragen hinsichtlich Betriebsart und der Nutzung des Systems. Während die Stack-Lieferanten große Ängste hinsichtlich der Weitergabe ihres Know-hows zeigten, gingen die Fragen zum System und der Nutzung des Kundensystems weit über die technisch notwendigen Details hinaus.

Letztendlich konnten sechs verschiedene Stacks gekauft werden. Drei wurden in Europa hergestellt, zwei stammen aus Kanada und ein weiterer Stack wurde in China gefertigt. Es handelte sich um drei wassergekühlte und drei luftgekühlte Stacks. Die Kosten für das jeweilige 1-kW-System lagen zwischen 3.500 und 8.500 Euro netto.

Die Garantiezeit eines der kanadischen Stacks, der als Referenzsystem vorgesehen war, war im Vergleich zu einem mehrere Jahre zuvor gekauften Stack der gleichen Firma halbiert. Vier der anderen Stack-Hersteller wiesen den Kunden nur auf die technischen Fälle hin, wann die Gewährleistung erlischt, nicht jedoch auf die Garantie und deren Leistungsumfang. Es fanden sich jeweils nur Ausschlusskriterien der Garantie. Eine verbindliche Aussage hinsichtlich Leistung, Lebensdauer usw. war den Unterlagen nicht verbindlich zu entnehmen.

Eingesetzt wurden die 1-kW-Stacks in ein Hybridsystem, bestehend aus einer 1,2-kW-Solaranlage (PV-Inselsystem) unter Einschließung eines 30-bar-Elektrolyseurs, der die Speicherung der elektrischen Energie in Batterien beziehungsweise Wasserstoff erlaubt. Die Rückspeisung des Stromes mittels BZ-Stack erfolgte durch einen 1-kW-Wechselrichter (Hydroboy, Fa. SMA).

Bei Lieferung der Stacks waren zwei Systeme beschädigt. Einer der Stacks so stark, dass er getauscht werden musste.

ANSCHLUSS UND EINFAHRPROZEDUREN Die Anschlusssysteme der Stacks waren nicht einheitlich. Für jeden Stack musste daher ein eigener Übergang an die Medien (Wasserstoff; Luftsauerstoff, Wasser) erfolgen. Die Durchmesser der Anschlüsse variierten in einem breiten Spektrum von ¼ Zoll bis 4 cm Durchmesser. Die Medienzuführung wurde je nach Stack entweder durch einfache Schläuche oder durch eine aufwendigere Klemmringverschraubung aus dem Gasleitungsbau geleistet. Hinweise zum Aufbau der Versorgung und notwendige Randbedingungen fanden sich nur spärlich in den Unterlagen.

Die Stacks wurden exakt nach Herstellerangaben eingefahren: Die Wasserstoff- und Luftzufuhr mussten befeuchtet werden, so dass relative Luftfeuchtigkeiten (> 80 %) erreicht werden konnten. Die Regelung dieser Luftfeuchten ist mit erheblichem technischem Aufwand verbunden. Da es sich bei der Befeuchtung um eine kritische Betriebsgröße handelt, ist eine sorgfältige und dynamische Befeuchtung vorzusehen. Dieser Umstand sowie der notwendige Aufwand, der für erfahrene Betreiber kein Problem darstellt, sind für Kunden ohne vorhandene Erfahrungen schwer abzuschätzen. Geeignete Befeuchtungssysteme sind nicht in den Unterlagen beschrieben und wurden auch nicht separat von den Herstellern empfohlen.

Als Referenzsystem wurde ein *Nexa Power Modul*® der Firma Ballard verwendet. Das zweite kanadische System der Firma Palcan musste zurückgegeben werden, da die Leckrate im Vergleich zu den anderen Brennstoffzellen-Stacks sehr hoch war und sicherheitskritische Bedenken hervorgerufen hat. Laut Aussage der Firma Palcan ist diese Leckrate allerdings normal.

Die elektrischen Anschlüsse der Systeme – Brennstoffzellen sind bekanntlich Gleichstromsysteme – wurden nicht mit Empfehlungen für Stecker und/oder Steckverbindungen geliefert. Mit Ausnahme eines Stacks wiesen alle anderen keinen Hinweis auf die elektrische Betriebsart, das Spannungsniveau und die erlaubten Anschlüsse auf. Ein Hinweis hinsichtlich Schutzklasse unterblieb. In den mitgelieferten Anleitungen finden sich nicht bei allen Systemen Hinweise auf den notwendigen Leitungsquerschnitt sowie auf die elektrischen Gefahren. Als Anschlusspunkt dienen verschiedene Kupferblechvarianten (z. T. nicht entgratet) bei Strömen bis zu 230 A.

Mit Ausnahme eines Stacks wurden alle ohne Sicherheitsdatenblatt und mit wenigen Hinweisen hinsichtlich Sicherheitsanforderungen ausgeliefert. Lediglich ein Stack wies auf die verwendeten Normen hin.

TAB.: HERSTELLERANGABEN

Stack [#]	Leistung [kW]	Strom/ Spannung [A / V]	Betriebstemperatur [°C]	Zellen [Stück]	H_2 /Luft-Angabe / rel. Feuchte	Gewicht [kg]
1 Fa. Ballard	1,2	46 / 26	max. 40 luftgekühlt	47 (eigene Zählung)	max. H_2-Volumenstrom 100 % beides	13
2 Fa. Horizon	1,1	30 / 36	max. 65 luftgekühlt	64	max. H_2-Volumenstrom	5,5
3 Fa. Nedstack	1	230 / 4,4	max. 65 wassergekühlt	8	max. H_2-Volumenstrom 100 % beides	15
4 Fa. Ulmer Brennstoffzellen Manufaktur	1	28,5 / 35,5	max. 65 wassergekühlt	49	Angabe zu H_2 / Luft	9
5 Fa. Schunk	1	45 / 24	Nenn. 40 / max. 50 wassergekühlt	3 x 42	Angabe zu H_2 / Luft	6,3
6 Fa. Palcan	1	25 / 40	max. 60 luftgekühlt	50	Angabe zu H_2 / Luft	5,2

luftgekühlt waren die Stacks (1), (2)und (6); wassergekühlt die Stacks (3), (4) u. (5)

Nur drei Stacks (Nr. 1, 2 und 4) erreichten die vom Hersteller zugesagte Nennleistung. Ein Stack (2) konnte zunächst nicht zum Laufen gebracht werden, da die mitgelieferte Steuerung defekt war und eine neue ebenfalls nicht die erwartete Funktion zeigte. Nachdem die elektronische Regelung mehrfach ausgetauscht worden war (erfolgte problemlos und zeitnah über den deutschen Lieferanten), lief die Brennstoffzelle störungsfrei.

KLEINERE UND GRÖSSERE SCHWIERIGKEITEN Brennstoffzellen-Stacks verhalten sich kritisch hinsichtlich Temperaturdifferenz von der ersten bis zur letzten Zelle und auch hinsichtlich der Medienzuführung, sei es von Wasserstoff oder vom Sauerstoff der Luft. Das bedeutete, dass jeder Stack-Typ ein systemspezifisches Kühl- und Medienmanagement benötigte, die Überwachung entsprechend auszulegen war sowie die jeweilige Betriebsführung neu erarbeitet werden musste. Diese Angaben in der jeweiligen Betriebsanleitung in verständlich geschilderter Weise zu finden, erwies sich als Illusion. Die Betriebsanleitungen für eine Inbetriebnahme waren eher dürftig und es war daher, ohne aktive Unterstützung des Lieferanten, nahezu unmöglich, einen Stack in Betrieb zu nehmen. Es wird in den Anleitungen sehr viel Wert darauf verwendet, Garantiezusagen aufgrund möglichen Fehlverhaltens des Anwenders einzuschränken. Leider wird aber sehr wenig Aufwand betrieben darauf hinzuweisen, wie die „jungfräuliche“ Brennstoffzelle schnell eingefahren wird und einen stabilen Betriebzustand erreicht. Leider fehlte es auch an klaren Hinweisen zu den Bedingungen, wie sich die einzelnen Zellen innerhalb des Stacks verhalten sollten.

Es war deshalb notwendig, in Vorversuchen geeignete Betriebsparameter zu finden, um die Leistung zu erreichen und über einen längeren Zeitraum zu halten, insbesondere die optimale Befeuchtung des Wasserstoffs und das am besten geeignete Temperaturfenster. Insbesondere bei Lastwechsel sind entsprechende Regelgrößen und Parameter neu zu ermitteln. Da Brennstoffzellen eher träge reagieren, ist eine automatische Regelung unter Umständen schwierig, so dass es bei einem System (5) überhaupt nicht gelang. Vier Stacks arbeiteten im so genannten Dead-end-Betrieb, ein Stack im Betriebsmodus „Überströmen“.

Die Idee, eine Brennstoffzelle wie eine Batterie zu testen, war trotz der vorhandenen Erfahrungen mit Brennstoffzellen schwierig. Trotzdem gelang es, alle BZ in die bestehende Anordnung zu integrieren und über einen Zeitraum von bis zu 100 Stunden zu testen. Der Stack (2) war auffällig abhängig von der Temperaturdifferenz Umgebung/Stack und erforderte häufiges Nachregeln. Stack (4) war nach dem Einfahren über Stunden stabil zu betreiben. >>

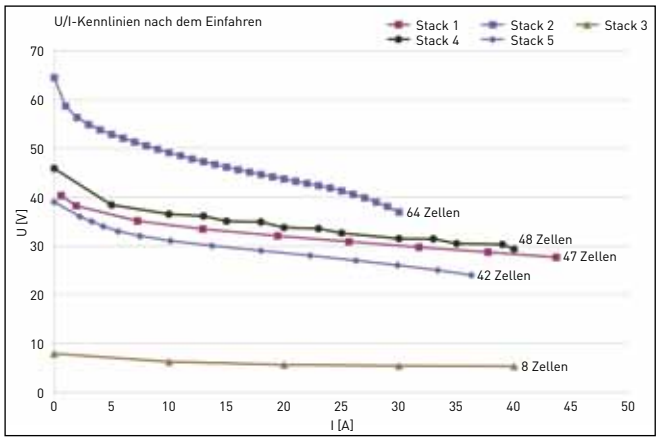


Abb. 1: UI-Kennlinien nach dem Einfahren der Stacks [Quelle: Hochschule RheinMain]

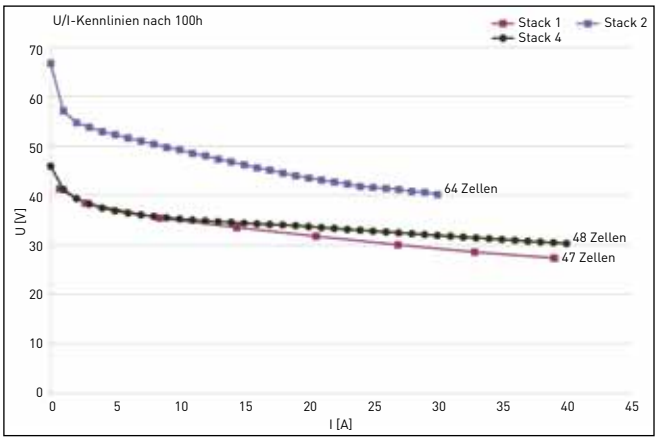


Abb. 2: UI-Kennlinien der Stacks (1),(2) und (4) nach hundert Stunden [Quelle: Hochschule RheinMain]

In Abbildung 1 und 2 sind die Kennlinien von den getesteten Stacks nach dem Einfahren und nach 100 Stunden aufgetragen – der Stack mit der Nummer (1) ist der Vergleichs-Stack der Firma Ballard. Es sei hier noch einmal angemerkt: Da es sich bei jeder der Brennstoffzellen um ein Einzelstück handelte, kann nicht darauf zurückgeschlossen werden, ob es sich bei den vorliegenden UI-Kurven um typisches oder atypisches Verhalten handelt.

Die Kurvenverläufe sind exemplarisch und zeigen, dass Stack (2), die Brennstoffzelle mit der größten Zellenzahl, eine größere negative Steigung in der UI-Kennlinie aufweist als alle anderen Brennstoffzellen. Nach 100 Stunden arbeitet sie jedoch besser als zu Beginn. Die beiden nicht gezeigten Stacks (5) und (3) wurden einmal 52 Stunden und einmal 20 Stunden getestet. Bei Stack (5) gelang es nicht, die Regelung zu automatisieren. Der Prüfstand schaltete immer wieder ab. Bei Stack (3) war es wegen der hohen Ströme von bis zu 180 A sowie der verwendeten elektronischen Last nicht möglich, das System zu automatisieren.

Die Wirkungsgrade bezogen auf die Brennstoffzelle ohne Peripherie schwanken zwischen 35 und 58 % bei der jeweiligen optimalen Betriebstemperatur, die zwischen 35 und 45 °C liegt. Interessant ist der Wasserstoffverbrauch pro erzeugter Kilowattstunde, der beim besten System 630 l und beim schlechtesten System über 1.000 l Wasserstoff pro Kilowattstunde betrug. Bei den Systemen (1), (2) und (4) konnte zwischen der ersten Messung und der Endmessung kein Alterungseffekt beobachtet werden. Im Gegenteil: Stack (2) zeigte eine signifikant bessere Spannung. Die Einzelzellenspannungen lagen bei Betriebstemperatur im Mittel zwischen 0,6 bis 0,7 V.

Die Vermessung des Stacks (3) war mit der im Prüfstand vorhandenen elektrischen Last nur ungenügend durchzuführen, da die Strombegrenzung bei 150 A liegt. Der Stack erwies sich als robust, allerdings war der Betrieb mit einer Leerlaufspannung von 7 V und dem abschließenden Abfall der Spannung auf 4 V schwierig. Es wurde mittels einer zweiten dazu geschalteten Last 720 W maximale Leistung bei vorher optimierten Betriebsbedingungen gemessen. Leider war es nicht möglich, die Endleistung dieses Stacks zu messen.

Stack (4) zeigte nach ersten Versuchen eine Undichtigkeit. Bei der Reparatur wurde festgestellt, dass die Ursache ein Plattenbruch war, der die Membran zerstörte. Die Herkunft des Plattenbruchs konnte leider nicht nachvollzogen werden.

FAZIT Brennstoffzellen konkurrieren gegen eine etablierte Technik, sind noch teuer und, wie dieser Vergleich zeigte, sehr unterschiedlich in ihrem Verhalten. Grundsätzlich funktionieren die Systeme. Es muss jedoch kritisch angemerkt werden, dass diese Systeme als Umwandler elektrochemischer Energie Kundeanforderungen befriedigen sollen, die von Seiten der Stack-Hersteller noch nicht richtig wahrgenommen werden. Es geht noch zu sehr um die Brennstoffzelle und nicht um ihren Nutzen in einer Anwendung. Sicher wird im Rahmen einer engen Zusammenarbeit zwischen dem Lieferanten des Stacks und seinem Kunden ein enges Verhältnis aufgebaut, und bei großen Kunden dürfte die kogeniale Zusammenarbeit auch kein Problem sein. Kleinere Unternehmen werden sich zum heutigen Zeitpunkt – zumindest in Deutschland – aber kaum in der Lage sehen, Brennstoffzellen in bestehende Systeme einzubauen, unabhängige Tests durchzuführen und Vergleiche anzustellen. Das Lehrgeld wäre erheblich, und ohne ein Umdenken, was ein Kunde an die Hand bekommen muss, wie einfach der Umgang mit der BZ ist, wie der Lieferant vermeidet, dass Fehler gemacht werden können usw., wird diese Technologie weiter nur als zukunftsträchtige Option gehandelt, aber nicht genutzt. Es wäre wünschenswert, wenn eine Einigung stattfände oder per Gesetzgebung ein Zwang erzeugt würde, Gas- und elektrische Anschlüsse zu vereinheitlichen. Es muss eine Kennzeichnung her, welchen Medienverbrauch die Brennstoffzelle aufweist, wie viel des Mediums nicht genutzt werden kann usw., welche Befeuchtung empfohlen wird und wie der energetische Aufwand der Peripherie klein gehalten werden kann.

Zukünftig wird es ohne einen Fokus auf die für die Anwender notwendigen Informationen, Maßnahmen und Unterstützungen sehr schwer werden, auf größere Stückzahlen – außerhalb von Nischenmärkten – zu kommen. Das ist schade, denn eine Art „100.000-Anwendungen-Programm“ hieße, sehr viel Erfahrung zu generieren und daraus resultierend energieeffizientere, langlebigere und am Ende billigere Systeme für den Wettbewerb mit Batterien herzustellen. ||

Autorin:

Prof. Dr. Birgit Scheppat
Hochschule RheinMain, Wiesbaden
→ birgit.scheppat@hs-rm de

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

DEUTSCH-FRANZÖSISCHE KOOPERATION

MeRegioMobil untersucht vehicle-to-grid-Konzept

Zusammenspiel verschiedener Player im vehicle-to-grid-Konzept [Quelle: EnBW Energie Baden-Württemberg AG]

Die Batterien von Autos sollen zukünftig als mobile Stromspeicher genutzt werden, um überschüssige Wind- und Solarenergie aus dem Stromnetz aufzunehmen und bei Bedarf wieder ins Netz zurückzuspeisen. Um die Forschungsarbeiten in diesem Bereich im Rahmen des Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität voranzutreiben, wurden 2009 Projektvorschläge innerhalb eines Wettbewerbs gesammelt, aus dem das Firmenkonsortium *MeRegioMobil* als Sieger hervorging. Vor einem Jahr, im September 2009, startete das für zwei Jahre laufende Forschungsprojekt.

Das Ziel von MeRegioMobil ist, in einem Firmenkonsortium sowohl eine öffentliche Infrastruktur für Elektrofahrzeuge als auch ein dazu passendes, intelligentes Lademanagement zu entwickeln. Dafür wurde zunächst ein Forschungslabor aufgebaut, das den Prototypen eines *smart homes* (Fertighaus mit 60 m^2) mit Energieerzeuger, Verbraucher und Energiespeicher darstellt. Darüber hinaus ist eine Ladestation installiert, um Elektrofahrzeuge als Stromspeicher und -verbraucher in die intelligente Steuerung des Haushaltes aufnehmen zu können. Nach der Laborphase soll in einem großräumig angelegten Feldtest im Raum Karlsruhe, Stuttgart, Kehl untersucht werden, wie die Akkumulatoren von Autos zur Zwischenspeicherung von Strom aus erneuerbaren Energien genutzt werden können.

Bei diesem so genannten *vehicle-to-grid-Konzept* gibt es derzeit noch viele offene Fragen, wie die Anbindung von E-Autos an Smart-Homes und damit ans Smart-Grid realisiert werden kann. Deswegen suchen die Projektpartner gemeinsam nach Lösungsansätzen, wie beispielsweise „interoperables Abrechnen" ermöglicht werden kann. Dabei geht es um ein anwenderfreundliches Verfahren, mit dem die Stromkunden der Stadtwerke Karlsruhe im Umland, wo mehrheitlich EnBW als Energieversorger vertreten ist, fahren und laden können. Das Gleiche gilt auch für EnBW-Kunden, die ihr Auto an Ladesäulen der Stadtwerke ankoppeln. Allen soll ermöglicht werden, die Bezahlung am Monatsende bequem per Stromrechnung vornehmen zu können (Roaming-Prinzip).

Es geht hierbei allerdings nicht nur um die grenzüberschreitende Zusammenarbeit auf regionaler Ebene über Stadtgrenzen hinweg, sondern auch auf nationaler Ebene über Ländergrenzen hinweg. So wird ausdrücklich ein intensiver Informationsaustausch mit Frankreich angestrebt. Ein entsprechendes Demonstrationsprojekt, das als Keimzelle für einen Deutsch-Französischen Flottentest entlang des Rheins dienen soll, ist bereits beschlossen.

An dem zunächst für Deutschland geplanten Feldtest beteiligen sich Opel mit drei und Daimler mit rund 40 E-Autos (voraussichtlich Smart-Modelle). Der Roll-out der Fahrzeuge wie auch die Installation etlicher Ladesäulen sollen bis Dezember 2010 erfolgen. Projektleiter Lars Walch vom Fachbereich Forschung und Innovation der EnBW Energie Baden-Württemberg AG erklärte gegenüber der HZwei-Redaktion: „Die Elektrotechnik der Ladesäulen ist simpel, trotzdem sind sie heute noch sehr teuer, weil es keine geeigneten Werkzeuge für die Massenfertigung gibt."

Walch sagte weiter: „Die meisten Ladevorgänge werden zu Hause oder beim Arbeitgeber erfolgen." Deswegen sollen als Testfahrer vorrangig Hausbesitzer mit eigener Photovoltaikanlage auf dem Dach oder Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungsanlage im Keller ausgewählt werden, damit der Strom aus diesen Systemen zur Batterieaufladung der Elektroautos beitragen kann. Dieser Spaß, einer der ersten E-Fahrer in Baden-Württemberg zu sein, kostet allerdings eine Kleinigkeit: Daimler verleast seine Fahrzeuge (smart fortwo electric drive) für 700 Euro im Monat über insgesamt vier Jahre. Dafür liegen die Energiekosten je nach Fahrweise mit 2 bis 4,50 Euro auf 100 Kilometern für Strom unterhalb der Dieselalternative.

MeRegioMobil wird im Forschungsprogramm *IKT für Elektromobilität* vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) im Rahmen des Konjunkturpakets II gefördert. Projektträger ist das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrtfoschung (DLR). Projektpartner sind Bosch für den Bau der Ladestationen, SAP für die Software-Lösung sowie das Karlsruher Institut für Technologie (KIT), das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) und die Stadtwerke Karlsruhe. ||

→ *www.meregio-mobil.de* → *www.ikt-em.de*

MEREGIO

MeRegioMobil knüpft an das Forschungsprojekt *MeRegio* (Minimum Emission Region) an, das im Oktober 2008 startete und noch bis 2012 läuft. Bei MeRegio sollen dezentrale Energieerzeuger sowie Energiespeicher und Verbraucher über moderne Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) optimal verknüpft werden, um die CO_2-Emissionen zu reduzieren und die Energieeffizienz zu steigern. Es geht dabei um ein „intelligentes Stromnetz", bei dem eine Steckdose erkennt, wann der Strom besonders günstig ist, und dann die Waschmaschine anschaltet. Der Focus liegt bei diesem Vorhaben auf stationären Anwendungen. MeRegioMobil betrachtet demgegenüber speziell den Fahrzeugsektor und versucht mit Hilfe moderner IT-Technologien Elektromobilität in intelligente Energie- und Verkehrsnetze zu integrieren. Beide Vorhaben werden von EnBW als Konsortialführer geleitet.

Thema: Elektromobilität | **Autorin:** Ines Speiser

FLOTTENVERSUCHE MIT A1 E-TRON UND MINI E

Serie Teil 4: Modellregion Elektromobilität München

Abb. 1: Solaris-Hybridgelenkbus mit parallelem Zweirad-Antrieb [Quelle: Münchner Verkehrsgesellschaft]

Abb. 2: Übergabe 40 emissionsfreier MINI E an Testnutzer [Quelle: BMW Group]

Die Region München ist einer der bedeutendsten Automobilstandorte Deutschlands. Fast zehn Prozent aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten sind dort im Automobilsektor beschäftigt, so dass die Region wirtschaftlich stark von dieser Branche abhängig ist. Zudem ist München als drittgrößte Stadt Deutschlands mit seinen 1,35 Mio. Einwohnern plus 320.000 Einwohnern in den 17 unmittelbaren Umlandgemeinden erheblichen innerstädtischen und pendlerorientierten Umwelt- und Mobilitätsherausforderungen ausgesetzt. Deswegen sollen hier durch den gezielten Einsatz von Elektrofahrzeugen erste Schritte der Marktvorbereitung für die Elektromobilität getan und praktische Erfahrungen für den späteren Markteintritt gewonnen werden.

Im Rahmen der Modellregion Elektromobilität München wird derzeit ein nachhaltiges, kommunales Elektromobilitätskonzept bezogen auf den Individualverkehr Münchens erstellt. Dieses Konzept wird gemeinsam von den Stadtwerken München und der Landeshauptstadt München entwickelt. Zunächst werden die derzeitigen Rahmenbedingungen untersucht und mögliche Ansätze für Maßnahmen zur Realisierung der Elektromobilität ausgearbeitet. Es geht dabei darum, den Handlungsbedarf für das Thema Elektromobilität in der Region München zu ermitteln.

Die Erarbeitung der Grundlagen und der aktuellen Entwicklungen der Elektromobilität im Individualverkehr erfolgt durch die fortiss GmbH. Diese Ergebnisse werden in einem weiteren Teilprojekt des Gesamtvorhabens von der Forschungsstelle für Energiewirtschaft verwendet mit dem Ziel, für München aufzuzeigen, wie sich die Elektromobilität im Individualverkehr unter Veränderung verschiedener Rahmenbedingungen (verschiedene Szenarien) bis zum Jahr 2030 entwickeln könnte und wie hierfür eine bedarfsgerechte Ladeinfrastruktur aussehen müsste.

Parallel zu diesem Gesamtkonzept werden die Stadtwerke München dieses Jahr insgesamt 100 E-Lademöglichkeiten in der Modellregion Elektromobilität München errichten. Davon werden 30 Ladesäulen öffentlich zugänglich sein und speziell für Pendler an P&R-Parkplätzen errichtet. Diese Elektroladesäulen werden über Abrechnungskarten für jedermann nutzbar sein. Weitere 70 Ladepunkte sollen für die Privatnutzung eingerichtet werden. Durch diese Vorleistung der Energieversorger für den Aufbau einer bedarfsorientierten Ladeinfrastruktur soll eine nachhaltige Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen erleichtert werden.

PRAXISERPROBUNG HYBRIDBUSSE Das kommunale Elektromobilitätskonzept ist die übergeordnete und zusammenführende Komponente für verschiedene Einzelthemen (z. B. ÖPNV/Hybridbusse, privater Individualverkehr, Aufbau entsprechender Ladeinfrastruktur sowie Realisierungsmöglichkeiten). So werden im *Praxistest Hybridbusse* drei Fahrzeuge mit unterschiedlichen Hybridtechniken vergleichend analysiert. Durch das Förderprogramm wird ein Versuchsträger der Marke Mercedes-Benz Hybridgelenkbus *(Citaro)* mit seriellem Vierrad-Antrieb und Lithium-Ionen-Batterien angeschafft und für den Linienbetrieb eingesetzt. Bei dem ersten Vergleichsfahrzeug handelt es sich um einen Solobus vom Typ *MAN Lion's City Hybridbus* mit Superkondensatoren als Speichermedium. Dieser wird noch im Herbst 2010 im Linienbetrieb eingesetzt. Bei dem zweiten Vergleichsfahrzeug handelt es sich um einen Solaris-Hybridgelenkbus mit parallelem Zweirad-Antrieb und Nickel-Metall-Hydrid-Batterien, der seit August 2008 bei der Münchner Verkehrgesellschaft im Fahrgastbetrieb im Einsatz ist. Die Münchner Verkehrsgesellschaft ist Betreiberin von U-Bahn, Bus und Tram in München. Sie ist das zweitgrößte kommunale Verkehrsunternehmen in Deutschland und transportiert täglich über eine Millionen Fahrgäste.

Das Ziel dieser Systemvergleiche ist, herauszufinden, welche Antriebs- und Speichertechnologien am besten für den Linienbusbetrieb im städtischen Netz geeignet sind. Dabei geht es um eine Analyse des Entwicklungspotentials erstens zur Effizienzsteigerung des Verkehrssystems und zweitens zur Akzeptanzverbesserung des Mobilitätsangebots in der Bevölkerung. Es soll untersucht werden, wie sich mehr Umweltverträglichkeit infolge einer Reduzierung der Lärmbelastung sowie des Kraftstoffverbrauchs, der Feinstaub- (PM 10) und Stickoxidemissionen durch zeitweiliges abgasfreies Fahren auf Fahrgäste und Anwohner auswirkt.

VERBUNDPROJEKT DRIVE ECHARGED In diesem Projekt geht es um die Erhebung von Nutzerpräferenzen im Feldversuch, die Entwicklung eines Schnellladesystems und Maßnahmen zur Netzqualität. Die BMW Group, Siemens und die

Stadtwerke München (SWM) untersuchen technische und anwenderbezogene Aspekte der Elektromobilität. Ihr Ziel ist, praxistaugliche und marktnahe Konzepte, Systeme und Komponenten ganzheitlich zu entwickeln und zu erproben. Die Erfahrungen und Ergebnisse gehen in die Serienentwicklung ein. Als Elektrofahrzeuge kommen 40 MINI E zum Einsatz. Potentielle Nutzer wurden bereits über ein öffentliches Bewerbungsverfahren im Juni dieses Jahres ermittelt. Im September 2010 wurden die Elektroautos an diese Nutzer übergeben. Der Feldversuch dauert bis Ende Juni 2011. Die Elektroautos werden in unterschiedlichen Einsatzszenarien im privaten und gewerblichen Umfeld genutzt, um das Verhalten und die Präferenzen der Anwender sowie die Merkmale relevanter Kundengruppen zu erfassen. Flankierend zu den Fahrzeugen wurde eine Infrastruktur aus öffentlichen und privaten Ladestationen entwickelt, aufgebaut und an verschiedenen Standorten beziehungsweise im Heimbereich der Anwender installiert. Sie baut auf innovativen, zukunftsorientierten Konzepten auf und wird ausschließlich mit Ökostrom betrieben.

Ein weiterer Schwerpunkt des Verbundprojektes ist die Entwicklung und Erprobung eines durchgängigen Schnellladesystems mit integrierten Leistungs- und Kommunikationsschnittstellen (Fahrzeug, Ladeinfrastruktur, Netz). Die Erprobung dieses Systems erfolgt zunächst am Prüfstand und anschließend an einem *BMW ActiveE*. Die Anforderungen an die Schnellladetechnologien werden analysiert und in die laufenden Standardisierungsaktivitäten eingebracht. Die Schnellladetechnologie soll durch eine deutliche Reduktion der Ladezeit wesentlich dazu beitragen, die Akzeptanz von Elektromobilität beim Kunden und im Markt zu steigern.

Schließlich wollen die Verbundpartner technische Maßnahmen zur Stützung und Verbesserung der Netzqualität insbesondere in Bezug auf Produkteigenschaften von Fahrzeug- und Infrastrukturkomponenten untersuchen und weiterentwickeln. Aus den Erkenntnissen leiten die Projektpartner darüber hinaus Anforderungen ab, wie Stromnetze mittel- und langfristig (2020) gestaltet und ausgelegt werden müssen, um den Anforderungen einer breiten Einführung von Elektromobilität zu entsprechen.

VERBUNDPROJEKT EFLOTT Ziel des Gemeinschaftsprojektes *EFlott* ist die Online-Analyse des Nutz- und Ladeverhaltens von Elektrofahrzeugen im Flottenversuch. Durch den Betrieb einer Fahrzeugflotte von 20 *Audi A1 e-tron* sollen in der Modellregion München greifbare und verwertbare Erfahrungsdaten in Betrieb, Nutzung und Betreuung von Elektrofahrzeugen im alltäglichen, privaten Nutzungsbereich hervorgebracht werden.

Für die Umsetzung und Erprobung einer bedarfsorientierten Ladeinfrastruktur arbeiten in diesem Verbundprojekt zwei Energieversorgungsunternehmen zusammen: E.ON Energie und SWM werden im Stadtkern (SWM) sowie im Umland (E.ON) eine bedarfsgerechte Ladeinfrastruktur installieren. Die Fahrzeuge sollen im privaten Umfeld im alltäglichen Nutzungsprofil gefahren werden. Dabei ist zum einen die Alltagstauglichkeit der Fahrzeugkonzepte zu betrachten. Zum anderen liegt ein besonderer Schwerpunkt in der Wartung und Servicebetreuung der Fahrzeuge über ein konventionelles Servicenetz. Die Erwartungshaltung der Kunden und Anforderungen an das Servicenetz in allen Themenfeldern müssen ermittelt werden, damit das wichtige Feld der Fahrzeugbetreuung für den Serieneinsatz vorbereitet werden kann. Um die Auswirkungen der Elektromobilität auf das Kundenverhalten und zukünftige Mobilitätskonzepte ermitteln zu können, müssen verschiedene Mobilitätsdaten der Kunden erfasst werden. Im Fokus steht dabei unter anderem die Frage, ob durch Elektrofahrzeuge auch Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten zu erwarten sind. Dieser Aufgabenschwerpunkt liegt bei dem Verbundpartner Technische Universität München.

Von den praktischen Erfahrungen der verschiedenen Modellprojekte erhoffen sich die Partner neue Erkenntnisse zur Ermittlung von Standards für künftige Bedarfs- und Stadtplanungen. ||

Zu den in der Modellregion München beteiligten Partnern zählen die beiden bayerischen Automobilhersteller BMW und Audi, der Technologiekonzern Siemens sowie der Energieversorger E.ON und die Stadtwerke München, die als örtlicher Energieversorger und Betreiber des öffentlichen Nahverkehrs auch die Projektleitung übernommen haben. Außerdem beteiligen sich von Seiten der Wissenschaft die fortiss GmbH und die Forschungsstelle für Energiewirtschaft sowie die Technische Universität München an dem Vorhaben, um gemeinsam die Entwicklung der Elektromobilität zu unterstützen.

Autorin:

Regionale Projektleitstelle
Ines Speiser
Stadtwerke München
→ speiser.ines@swm.de

Thema: Elektromobilität | **Autoren:** Stephanie Algermissen, Steven Schepurek

ELEKTROMOBILITÄT: EINE DISRUPTIVE TECHNOLOGIE?

Ergebnisse einer studentischen Expertenbefragung

Stecker statt Zapfpistolen?

Im November 2009 beauftragte die Vattenfall Europe AG fünf StudentInnen des Studiengangs Gesellschafts- und Wirtschaftskommunikation der Universität der Künste Berlin mit der Aufgabe, ein Konzept für die strategische Innovationskommunikation zum Thema Elektromobilität zu erarbeiten. Im Rahmen dieser Studie führten die Hochschüler von Dezember 2009 bis Januar 2010 telefonisch und persönlich Interviews mit 41 Experten aus 14 Branchen durch. Die Analyse der Befragungsergebnisse brachte die unterschiedlichen Erwartungen und Potentialeinschätzungen der beteiligten Branchen hervor. Zudem traten die Chancen, Treiber und Hemmnisse sowie denkbaren Weichenstellungen zur Weiterentwicklung von Elektromobilität zu Tage. Darüber hinaus konnten potentielle Zielgruppen und geeignete Nutzungskonzepte identifiziert sowie in Mobilitätsszenarien für 2020 überführt werden.

„*Elektromobilität – das hat so ein bisschen was von Glaskugel*“ (Zitat eines Energieexperten). Zahlreiche Branchen sind an dem Thema in Form von Demonstrationsprojekten oder der Implementierung neuer Geschäftsmodelle beteiligt, und auch die Bundesregierung räumt Elektromobilität einen oberen Rang auf ihrer Agenda ein. Aber das Thema steckt noch in den Kinderschuhen. Eine Reihe ungeklärter Fragen ist noch zu beantworten.

Unterschiedliche Erwartungen und Einschätzungen der beteiligten Branchen treffen aufeinander, beispielsweise in Bezug auf die Form der benötigten Infrastruktur. Einige Experten setzen auf flächendeckend installierte, öffentliche Ladesäulen in den Innenstädten. Andere berufen sich in Anlehnung an bisherige Pilotprojekte (z. B. MINI E von BMW/Vattenfall in Berlin) auf individuelle Ladelösungen für zuhause und den Arbeitsplatz. Elektromobilität ist noch nicht abschließend definiert, das Thema ist noch formbar: Welche Ausprägungen der Technologie können tatsächlich realisiert werden? Welche Branche oder welcher Player kann die Themenbesetzung übernehmen? Wird Elektromobilität wie prognostiziert tatsächlich eine umwälzende Wirkung auf die Gesellschaft haben?

MEDIEN-HYPE MIT UNGEWISSEM VERLAUF Obgleich die Ausgestaltung von Elektromobilität derzeit überwiegend in der Expertenriege diskutiert wird, überschlagen sich die Medien in ihrer Berichterstattung geradezu. Es herrscht ein regelrechter Hype, der auf ein großes Interesse in der breiten Öffentlichkeit trifft. Die Medien fokussieren dabei auf Ankündigungen von Elektroautomodellen – umfangreiches Hintergrundwissen wird dabei jedoch nicht vermittelt. Einige Experten sehen daher die Gefahr einer Enttäuschung der potentiellen Endverbraucher: Die Medien vermitteln fälschlicherweise den Eindruck einer bereits massentauglichen Technologie.

Es existiert zwar ein großes öffentliches Interesse am Thema Elektromobilität, angesichts der wenigen Berührungspunkte im Alltag gibt es aber auch noch Vorbehalte, insbesondere hinsichtlich der Praktikabilität von Elektromobilität. Die Nutzerakzeptanz ist allerdings einer der zentralen Faktoren zur Diffusion von Elektromobilität. Als erste Nutzergruppe identifizierten die Experten Autoflotten mit entsprechenden Mobilitätsanforderungen. Im Gegensatz zu den privaten Endverbrauchern betrachten Flottenbetreiber die derzeit noch hohen Anschaffungskosten von E-Autos vorrangig unter dem Aspekt der Total Cost of Ownership, also der ganzheitlichen Betrachtung einer Investition. Angesichts der geringen Verbrauchskosten fällt diese günstig aus, und die künftig geltenden Höchstgrenzen für CO_2-Emissionen von Flottenfahrzeugen können eingehalten werden. Darüber hinaus können Unternehmen ihre Investition werbewirksam verwerten und sich als innovativ und nachhaltig operierend positionieren. Je mehr Flottenfahrzeuge das Stadtbild prägen, desto eher werden etwaige Vorbehalte potentieller Nutzer abgebaut und somit die Kundenakzeptanz gestärkt.

Gleichzeitig sollten die Medien verstärkt die Rolle des Aufklärers einnehmen, das heißt Hintergrundwissen über die Chancen der Technologie für ein besseres Klima bereitstellen und ein tief gehendes Verständnis für Elektromobilität erwirken. Beispielsweise kann ein Bewusstsein dafür geschaffen werden, dass Stadtbewohner 95 % ihrer Strecken trotz der begrenzten Reichweite bereits mit einem Elektroauto zurücklegen können. Die mit Elektromobilität derzeit noch verbundenen Restriktionen können aber auch als Chance begriffen werden, um einen bewussten Umgang mit Mobilität zu fördern.

VON DER RENNREISELIMOUSINE ZU INTEGRIERTEN MOBILITÄTSKONZEPTEN Der Individualverkehr wird in Zukunft zwar bestehen bleiben, allerdings in veränderter Form. Elektromobilität als eine mögliche alternative Antriebsform verkörpert ganz entschieden den Gegentrend zur bisherigen Devise „schneller, größer, weiter“. Begrenzte Reichweiten, Leichtbauweise und Energieeffizienz sind dabei die technologischen Gegenstücke zum bereits einsetzenden kulturellen Wandel im klassischen Autoliebhaberland Deutschland. Insbesondere in der jungen Generation, die nicht so stark

Privilegien für car2go-Nutzer [Quelle: Daimler]

an klassischen Wertvorstellungen vom Automobil festhält, kommt es zum Paradigmenwechsel: Pragmatismus („Nutzen statt Besitzen") und Umweltbewusstsein nehmen zu, das konventionelle Auto wird als klimaschädlich umgedeutet. Steigende Benzinpreise und verschärfte Umweltauflagen (z. B. Innenstadt-Maut für Verbrenner) verstärken diese Tendenz.

Was sich neben der Neu-Interpretation des Automobils noch ändert, sind die Mobilitätsgewohnheiten der Nutzer. Die Endverbraucher werden künftig viel stärker abwägen, welche Transportmittel ihre Mobilitätsbedürfnisse unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten optimal erfüllen können. Unter dem Stichwort *seamless mobility* bedienen sich Anwender in Zukunft aus einem intelligenten Mix aus unterschiedlichen Mobilitätsformen. Bisher wurde diese Entwicklung durch den so genannten *Kuckuckseffekt* gehemmt, bei dem das konventionelle Auto als Universallösung mögliche Alternativen konsequent „aus dem Nest stieß". Zu dem neuen Mix zählen neben elektrisch angetriebenen Fahrzeugen vor allem ein optimierter Öffentlicher Personennahverkehr sowie neue Formen kollektiver Mobilität rund um öffentliche Fahrrad-Pools und Car-Sharing. Diese kann man auch heute schon beispielhaft in Form von *Call a bike* der Deutschen Bahn oder in Feldversuchen von Daimlers *car2go* beobachten und für sich selbst erproben. Bei beiden Diensten können Fahrräder oder Autos jeweils spontan und unkompliziert direkt vom GPS-Handy geortet und für den Gebrauch freigeschaltet werden. Nicht zuletzt die intelligente Verzahnung mit Smartphones und die Möglichkeit zur beliebigen Abstellmöglichkeit innerhalb des Stadtkerns nach der Benutzung lassen diese Konzepte vielversprechend erscheinen.

POLITIKUM MIT EHRGEIZIGEM ANSPRUCH Die Bundesregierung hat im August 2009 mit dem Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität eindeutige Ziele für die Entwicklung und Marktdurchsetzung von Elektrofahrzeugen vorgegeben: Eine Millionen Elektrofahrzeuge sollen bis 2020 auf Deutschlands Straßen gebracht werden. Doch diesem ehrgeizigen Ziel steht eine zweigleisige Technologiepolitik gegenüber: Neben batteriebetriebenen Fahrzeugen widmet sich die Forschung gleichzeitig der kontrovers bewerteten Wasserstoff-Brennstoffzellen-Technologie.

Die im Entwicklungsplan ausgeschriebenen Fördergelder wurden von den Forschungsinstituten und der Industrie dankend angenommen und fließen bereits in entsprechende Forschungsprojekte. Allerdings wird die Höhe der Fördergelder von vielen Experten als zu niedrig eingeschätzt. Um tatsächlich zum – wie im Entwicklungsplan geforderten – Leitmarkt für Elektromobilität zu werden, sollten zusätzliche Anreiz- beziehungsweise Malussysteme (z. B. spezielle Parkplätze oder Busspuren für Elektrofahrzeuge, Sanktionierung von Verbrennern im Stadtkern) initiiert sowie künftige Subventionen für veraltete Technologien (z. B. die Abwrackprämie) konsequent unterlassen werden.

Die von den Experten mehrheitlich geäußerte Forderung nach einem politisch induzierten Markt erhält zusätzliche Relevanz, wenn der Blick auf andere Nationen gelenkt wird. Länder wie China, Japan oder Frankreich gehen mit erheblich höherem politischen Nachdruck und höheren Fördersummen ins Rennen. Insbesondere die Volksrepublik China setzt staatliche Vorgaben zur Elektromobilität rigoros durch, das für die Weiterentwicklung und Fertigung von Batterien essentielle Know-how ist ebenfalls dort vorhanden. Sollte es daher weiterhin konsequent von chinesischen Autobauern genutzt werden, sind deutsche Elektromobilitäts-Exporte auf lange Sicht verstärktem Wettbewerb in diesem Markt ausgesetzt. Dieser Zusammenhang unterstreicht neben den ökologischen Aspekten die volkswirtschaftliche Relevanz des Themas.

FAZIT Was angesichts dieser Bestandsaufnahme also bleibt, ist der Ruf nach groß angelegter Koordination und Kooperation zwischen den beteiligten Akteuren. Insbesondere in der gegenwärtigen Frühphase der Entwicklung müssen branchenübergreifende Initiativen dafür Sorge tragen, dass neben der technologischen Weiterentwicklung auch die Nutzerakzeptanz durch zielgerichtete Maßnahmen erhöht wird. Nur wenn dies gelingt, kann Elektromobilität auch tatsächlich in Deutschland zum Massenmarkt werden. Oder, um es mit den Worten eines Experten aus der Energieberatungsbranche zu sagen: „Deutschland hat alle notwendigen Voraussetzungen – diese müssen nur genutzt werden." ||

Teilnehmer der Befragung waren Vertreter von: Energieunternehmen, Automobilhersteller, Politik, Informations- und Kommunikationstechnologiebranche, Zulieferindustrie, Medien, Mobilitätsanbieter, Organisationen zu Normung/Prüfung, Forschungseinrichtungen, allgemeine Energieverbände, Verbände Erneuerbare Energien, Energieberatungsunternehmen, Interessenverbände Automobil, Interessenverband Tankstellen- & Mineralölbranche.

Autoren:

Stephanie Algermissen
→ stephaniealgermissen@yahoo.de

Steven Schepurek
→ steven.schepurek@gmail.com
beide Universität der Künste, Berlin

Thema: Elektromobilität | **Autoren:** Sven Geitmann

MEHR ALS NUR EINE TRETHILFE

Elektrozweiräder sind im Markt angekommen

Abb. 1: Klein & stark – moderne Lithium-Ionen-Akkus

Es ist derzeit viel über Elektromobilität zu lesen, obwohl noch gar kein richtiger Markt vorhanden ist. Autokonzerne und Energieversorger werben zwar fleißig mit Batteriefahrzeugen und Autostrom, aber kaufen kann man vierrädrige E-Fahrzeuge bisher kaum. Im Zweiradsektor sieht es hingegen sehr viel besser aus. Das Angebot an Elektrozweirädern ist in den vergangenen Monaten und Jahren beträchtlich gewachsen. Fahrräder mit elektrischem Hilfsantrieb sind zwar schon seit über 16 Jahren verfügbar, aber bis vor wenigen Monaten fristeten sie noch ein Schattendasein.

Das Angebotsspektrum beim zweirädrigen Elektroindividualverkehr ist bereits seit Jahren respektabel, die Nachfrage war allerdings lange Zeit nur verhalten. In den vergangenen zwei Jahren hat hier allerdings eine Trendwende stattgefunden: Die Anzahl der abgesetzten E-Räder hat sich innerhalb von nur vier Jahren versechsfacht.

E-Rad ist allerdings nicht gleich E-Rad (s. Tab. 1). E-Bikes sind juristisch betrachtet Leichtmofas. Dabei handelt es sich um Zweiräder, die mit einem Hilfsmotor niedriger Leistung ausgestattet sind. Ähnlich wie bei regulären Mofas erfolgt die Dosierung der Schubkraft über einen Gasgriff.

TAB. 1: UNTERSCHEIDUNG ZWISCHEN E-BIKE UND PEDELEC

	E-Bike	Pedelec
Zul. Höchstgeschwindigkeit	20 km/h	25 km/h
Nenndauerleistung	550 W	250 W
Helmpflicht	Nein	Nein
Führerscheinpflicht	Ja	Nein
Versicherungspflicht	Ja	Nein

Mofas dürfen bis zu 25 km/h fahren, weshalb für sie eine Helmpflicht besteht.

So genannte *Pedelecs (Pedal Electric Cycle)* verfügen über kein eigenständiges Antriebsaggregat, sondern über eine Tretunterstützung. Der Fahrer muss also selbst in die Pedale treten. Rechtlich gelten Pedelecs daher als Fahrräder. Der durchschnittliche Radfahrer bringt bei einer Fahrt mit 20 km/h rund 100 W aufs Hinterrad. Der wahlweise an einer Achse oder im Tretlager installierte Elektromotor wird während der Fahrt lediglich unterstützend aktiv. Der im Tretlager integrierte Drehmomentsensor misst die Pedalkraft und verstärkt diese je nach gewählter Leistungsstufe. Je größer der gewählte Gang und je stärker die eigene Pedalkraft, desto mehr Schub leistet der Motor.

NEUE SPEICHERTECHNIK Die im Jahr 1994 von Yamaha auf den Markt gebrachte Pedelec-Technik erfreut sich heute wachsender Beliebtheit. In Deutschland bieten mittlerweile über 20 Hersteller Fahrräder mit Stromantrieb an. Nadia Bremer, Unternehmenssprecherin von Derby Cycle, sagte gegenüber der Redaktion: „Das ist das Boom-Thema in der Fahrradbranche überhaupt. 2009 haben wir mit insgesamt 40.000 Exemplaren rund sechsmal so viele Räder mit Elektrounterstützung wie im Vorjahr verkauft."

Auch China erlebt derzeit einen beispiellosen Boom. Seit 2007 werden jährlich 20 Mio. Exemplare verkauft. Einige der 2.000 chinesischen Hersteller bieten die E-Räder schon ab 150 Euro an, so dass in der Volksrepublik mittlerweile über 120 Mio. Elektroradler unterwegs sind. In den Niederlanden wird schon über jedes zehnte Rad mit Tretunterstützung verkauft. Das machte 2009 rund 200.000 E-Räder beziehungsweise 40 % des Gesamtumsatzes. Auch in vielen deutschen Zweiradgeschäften stehen Pedelecs mittlerweile zur Ansicht und zum Ausprobieren bereit. Die sächsische Firma Diamant rechnet 2010 mit einem Elektrorad-Anteil bei ihren Modellen von 20 %.

Rein optisch unterscheiden sich die Räder mit eingebautem Rückenwind kaum noch von konventionellen Rädern. Dies war nicht immer so: Bis vor etwa drei Jahren sahen einige Modelle eher aus wie medizinische Trethilfen. Das neue Design, bei dem die Energiespeicher zum Teil in den Rahmen integriert sind, wurde erst durch die Verkleinerung der Batterien möglich.

Frühere Bleigel-Akkus waren klobig und schwer (Energiedichte: 30-40 Wh/kg). Ihr Gesamtgewicht konnte für eine nennenswerte Reichweite von 30 km durchaus bei über zehn Kilogramm liegen. Heutige Lithium-Ionen-Akkus wiegen dagegen nur noch 2 kg (Volumen: 1 l, Energiedichte: 100-170 Wh/kg, s. Abb. 1) und ermöglichen über 7.000 Ladezyklen (Blei-Akkus: 1.000). Dazwischen liegen Nickel-Cadmium- und Nickel-Metallhydrid-Akkus, die bei mittlerer Leistungsabgabe für 20 bis 50 km reichen, aber auch nur etwa 2.000 Ladevorgängen standhalten.

Die Reichweite der Akkus hängt vom Fahrwiderstand, vom Krafteinsatz, von der Temperatur und von der Fahrweise ab. Wer viel bremst, kommt weiter. Das gilt zumindest bei Rekuperationsbremsen, die die Möglichkeit bieten, Brems-

energie zurückzugewinnen. Bei langen Bergabfahrten kann damit die Geschwindigkeit gezielt gedrosselt werden, wobei gleichzeitig der Akku wieder aufgeladen wird. Die Akku-Aufladung kann unproblematisch an einer Haushaltssteckdose erfolgen. Eine Ladung dauert etwa vier bis sechs Stunden und kostet 20 bis 50 Cent. Um wirklich klimabewusst und CO_2-frei fahren zu können, sollten Akkus allerdings nur mit Strom aus regenerativen Energiequellen geladen werden, ansonsten fallen je nach Strom-Mix vier bis 14 g CO_2 pro km an (Pkw: 140 g CO_2 pro km). Ersatzakkus können für 200 bis 800 € nachbestellt werden.

BEZAHLBARER SPASS Preislich liegen Pedelecs im hochpreisigen, aber erschwinglichen Bereich. Bei Discountern oder Online-Händlern sind sie schon für unter 1.000 € zu haben. Qualitätsware gibt es für 2.000 bis 3.000 € im Fachhandel. Für die elektrische Antriebsunterstützung eines Kalkhoff-Rades (Agattu XXL, Normalpreis: 599 €) müssen über 1.800 € ausgegeben werden. Dafür erhält der Kunde eine Lithium-Ionen-Batterie (2,3 kg, 260 Wh für ca. 80 km) sowie entsprechend angepasste Komponenten. Beim Mitbewerber Victoria ist das vergleichbare Modell Mannheim für etwa 2.000 € zu bekommen (Reichweite: bis 60 km).

Während der Aufpreis gegenüber der Standardausführung bisher vorrangig von den so genannten *Best Agern* (Alter: 50 +) bezahlt wurde, werden mittlerweile auch andere Käuferschichten angesprochen. Beispielsweise können Berufspendler mit einem Pedelec problemlos kilometerweit zur Arbeit fahren, ohne dass sie dort völlig verschwitzt vom Rad steigen. Außerdem können Paare mit unterschiedlicher Konstitution über die regelbare Antriebsunterstützung ganz entspannt gleich weit und gleich schnell unterwegs sein.

BREITES ANGEBOTSSPEKTRUM Um den Spaßfaktor noch weiter zu erhöhen, hat die eROCKIT GmbH ein neues, emotionales Zweiradkonzept konzipiert, das dem des Motorradfahrens sehr nah kommt. Das *eROCKIT* stößt als schnelles Pedelec in die Bereiche von Leichtkrafträdern vor und fährt – nur durch Pedalkraft und Strom – bis zu 80 km/h, indem die Kraft des Fahrers bis um den Faktor 50 gesteigert wird. Wie Geschäftsführer Stefan Gulas während der Clean Tech World mitteile, ist die Technik in der dritten Fahrzeuggeneration inzwischen so weit gediehen, dass der aktuelle Entwicklungsstand in diesem Winter eingefroren werden soll, damit nächstes Jahr die Fertigung von 300 Exemplaren starten kann. Der Verkaufspreis soll dann im niedrigen fünfstelligen Bereich liegen. (s. Abb. 2)

Neben diesen E-Fahrrädern befinden sich noch weitere Angebote auf dem Markt: etwa der kleine Elektroroller *Tante Paula,* der mit seinem Blei-Akku eher für Kurzstrecken geeignet (Reichweite: ca. 30 km) und ab 990 Euro zu haben ist. Oder das *E-Bikeboard,* ein City-Roller mit Faltrahmen zum Zusammenklappen. Dieses dreirädrige Gefährt verfügt über zwei abnehmbare Lithium-Polymer-Akkus und wiegt damit 31 kg (Preis: 3.000 €). Etwas größer ist Leichtkraft *Quantya Strada* im Enduro-Design, das mit einem Lithium-Polymer-Akku bis zu 60 km schafft, eine Geschwindigkeit von 80 km/h erreicht und 9.850 Euro kostet. Oder aber man entscheidet sich für das elmoto, eine Mischung aus Fahrrad und Motorroller, für das die ID Bike GmbH derzeit die Fertigungskapazitäten aufbaut. Das *elmoto* ist ein 50 kg schweres Fahrzeug und fährt mit einer Akkuladung bis zu 70 km (max. 45 km/h, 4.150 Euro). Im Stuttgarter Raum sind bereits 500 dieser Modelle, die vom Energieversorger EnBW unter die Leute gebracht wurden, unterwegs.

Ein E-Scooter wird von der Elbike Ltd. aus München angeboten. Der schlanke Elektroroller schafft mit seinem 750-W-Motor 45 km/h. Eine Aufladung dauert fünf Stunden und soll gemäß Herstellerangaben für bis zu 50 km ausreichen, wobei die Verbrauchskosten pro 100 km bei 35 Cent liegen (Kaufpreis: 1.800 €). In einem Test des ADAC erhielt das 2010er-Modell allerdings nur die Note ausreichend, da die gemessene Reichweite mit 20 km deutlich niedriger als angegeben war.

Für eine schnellere und zudem komfortablere Fortbewegung ist der *VX-1* von der Vectrix Corp. geeignet (s. Foto S. 3). Dieser elektrisch betriebene Motorroller der Premiumklasse wurde von einem Produktdesigner komplett neu entworfen. Herausgekommen ist ein Elektroroller, der 100 km/h erreicht und bis zu 100 km weit kommt (Preis: 8.390 €). Ein patentierter multifunktioneller Gasgriff ermöglicht sowohl eine Energierückgewinnung beim Bremsen als auch das Rückwärtsfahren. Nach Aussage von Isabel Löbl, Geschäftsführererin von Vectric Deutschland GmbH, sind weltweit über 2.000 Exemplare unterwegs.

ÜBER 800 KUNDEN Seit sechs Jahren betätigt sich auch Zero in diesem Marktsegment und beschäftigt mittlerweile rund 50 Mitarbeiter. Im August 2010 präsentierte das US-amerikanische Unternehmen nach zwei Crossmaschinen mit dem Zero S und Zero DS die zweite Fahrzeuggeneration. Mit den beiden Straßenmaschinen kann man flott im Stadtverkehr vorankommen (Reichweite: 50 km), auch wenn die Software noch etwas optimiert werden muss, damit das Fahrverhalten dem eines typischen Motorrads entspricht (Preis: 9.995 €). ||

SOLARPRAXIS
engineering | conferences | publishing

www.solarpraxis.com · conferences@solarpraxis.de

11th Forum Solarpraxis

Policies, Markets & Financing, Marketing & Sales
11th and 12th November 2010, Hilton Hotel, Berlin

Platinum Sponsor
EGING PV

Gold Sponsors
aleo · BOSCH · SCHENKER · First Solar · Fronius · KOSTAL · LUMIT · LUVATA · MASTERVOLT · Q.CELLS · Rexroth · Satcon · SCHOTT solar · SIEMENS · skytron · SolarMax · sunways · Trinasolar · viessmann

Silver Sponsors
3M · ABB · bp solar · CanadianSolar · Mitsubishi Electric · mp|tec · oerlikon · REC · Wagner & Co · wieland · WOLF

Partners
dena · eclareon · inter solar · PVGroup

Media partners
photovoltaik · pv magazine · ngreen · new energy · PV-tech.org · SUN & WIND ENERGY · SONNE WIND & WÄRME · VentureCapital

BMW PRÄSENTIERT MEGACITY VEHICLE

Spatenstich für die Erweiterung der CFK-Produktion im BMW Werk Landshut [Quelle: BMW]

BMW hat angekündigt, sein Engagement im Bereich Elektromobilität zu verstärken, und präsentierte dazu im Juli 2010 erste Details über den potentiellen Nachfolger des *Mini E.* Das neue *Megacity Vehicle* (MCV) soll ein etwa vier Meter langer Kleinwagen für vier Personen werden, der im Rahmen des *Project i* in München entwickelt wird. Zur Reduzierung des Energieverbrauchs setzen die Bayerischen Motorenwerke auf eine Karbonkarosserie, die 30 % leichter als Aluminium und dennoch stabil ist. Projektleiter Peter Ratz sagte: „Wir wollten schauen, wie die Mobilität der Zukunft aussieht, um aus den Erkenntnissen nachhaltige Mobilitätskonzepte speziell für das urbane Umfeld zu entwickeln." Deswegen setzt BMW hier nicht auf die Umrüstung eines Verbrennermodells, sondern verfolgt ein neues, an die Bedürfnisse der Elektromobilität angepasstes Konzept.

Am 19. Juli 2010 fanden erste Vorbereitungsmaßnahmen für die Produktion statt: Am Standort in Wackersdorf erfolgte die Inbetriebnahme der Anlagen für Carbonfasergelege, während zeitgleich der Ausbau der CFK-Produktion in Landshut, wo die textilen Gelege zu Leichtbaukarosserieteilen verarbeitet werden sollen, startete. Die anschließende Montage des Megacity Vechicles soll im BMW-Werk Leipzig erfolgen. Aus München hieß es dazu, der MCV solle im Jahr 2013 unter einer Submarke von BMW auf den Markt kommen. ||

RENAULT WILL MARKTFÜHRERSCHAFT

Werbung wird mit Sportwagen gemacht – im Alltag muss dann aber ein Kastenwagen oder eine Stufenhecklimousine ausreichen. Dieses Konzept beim Thema Elektromobilität scheint Renault zu verfolgen. Die Franzosen präsentierten auf der Paris Motor Show Anfang Oktober 2010 die Konzeptstudie *Dezir,* für den Alltag setzen sie aber auf den *Kangoo* und den *Fluence*. So zeigt der Dezir in Paris, was theoretisch technisch möglich wäre (830 kg leichter E-Flitzer mit Karbonkarosse und 110 kW), aber wohl nie tatsächlich auf die Straße kommen wird. Der Demonstrator des *Kangoo be bop Z.E.* (44 kW) steht hingegen für Testfahrten zur Verfügung. Auf der IAA Nutzfahrzeuge Ende September stellte Renault die Serienversion, den *Kangoo Rapid Z.E.*, vor, der ab 2011 in Kleinauflage produziert werden soll.

Der Partnerschaft von Renault SA mit der RWE AG, die sich als Energieversorger um den Aufbau der Infrastruktur kümmern will, trat am 21. Juni 2010 Nissan International SA bei. Nissan arbeitet ebenfalls intensiv im Bereich E-Mobilität und will im Herbst 2011 seinen Familienwagen *Leaf* in Deutschland einführen. Gemeinsam mit seinem Allianzpartner Renault strebt Nissan die weltweite Führung im Bereich der emissionsfreien Mobilität an. Pierre Loing, Vize-Präsident bei Nissan International, sagte: „Der Nissan Leaf ist das weltweit erste erschwingliche, reine Elektrofahrzeug für den Massenmarkt, welches in Aussehen und Handhabung einem traditionellen Pkw gleicht." ||

E-CELL GEHT IN PRODUKTION

Daimler hat die Produktion eines weiteren Elektrofahrzeugs gestartet. Nachdem Ende 2009 die Fertigung des *smart fortwo electric drive* und der B-Klasse *F-Cell* begonnen hatte, fuhr das Stuttgarter Unternehmen Ende September 2010 die Produktion der A-Klasse *E-CELL* hoch. Der Bau des neuen Elektro-Pkw von Daimler, der Anfang Oktober 2010 Weltpremiere auf dem Automobilsalon in Paris feierte, wurde im Werk Rastatt in die bestehende Serienproduktion der konventionellen A-Klasse-Modelle eingebunden. Geplant ist eine limitierte Auflage von 500 E-Cell-Exemplaren, die im Rahmen eines Full-Service-Mietmodells an ausgewählte Kunden in Deutschland, Frankreich und den Niederlanden ausgeliefert werden. Entwicklungsvorstand Thomas Weber erklärte, dass Daimler 2020 150.000 bis 200.000 Wagen jährlich mit Elektroantrieb in Europa verkaufen wolle. ||

Produktion der A-Klasse E-CELL im Werk Rastatt [Quelle: Daimler]

H2MOVES GESTARTET

Am 20. Juli 2010 ist das Projekt *H2Moves Scandinavia* in Oslo, Norwegen, gestartet. Das europäische Demonstrationsvorhaben, das im Rahmen des EU-Programms *Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertakings* (JTI) gefördert wird und

über ein Budget von 19,5 Mio. Euro verfügt (s. HZwei-Heft April 2010), hat den Test und den Betrieb einer 700-bar-H_2-Tankstelle in Oslo sowie von insgesamt 17 Brennstoffzellenfahrzeugen zum Ziel. Die H2-Station soll 2011 von dem dänischen Unternehmen H2 Logic in der norwegischen Hauptstadt aufgebaut werden. Der dafür benötigte Wasserstoff soll mit norwegischem Strom, der zu über 90 % aus Wasser- und Windkraft kommt, hergestellt werden. Daimler wird insgesamt zehn Mercedes F-Cell-Modelle beisteuern, das Centro Ricerche Fiat zwei Alfa Romeo MiTo und H2 Logic fünf Th!nk-Stadtautos mit Brennstoffzelle als Range Extender. Die Projektkoordination obliegt der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH. Projektleiter Dr. Ulrich Bünger sagte: „Diese Initiativen werden dazu beitragen, dass wir unserem Ziel – der Serienreife von Brennstoffzellen-Elektrofahrzeugen bis zum Jahr 2015 und dem Aufbau einer ausreichenden Infrastruktur zur Bereitstellung von regenerativem Wasserstoff – einen entscheidenden Schritt näherkommen.“ ||

E-RALLYE E-MIGLIA

„Die härteste Rallye für Elektrofahrzeuge“ – Unter diesem Motto hat im August 2010 die *e-miglia* stattgefunden. Insgesamt 25 Fahrzeuge stellten sich diesem Härtetest, der in vier Etappen über 560 km quer über die Alpen ging und etliche Sonderprüfungen beinhaltete. Im Mittelpunkt standen Ausdauer und Geschicklichkeit, nicht Höchstgeschwindigkeit. Der Start fand nach der Sicherheitsabnahme durch den TÜV Süd am 3. August in München statt. Die Zieleinfahrt war am 6. August in Rovereto, Italien. Den mit 10.000 Euro dotierten ersten Platz erreichte der *Tesla Roadster* vom Team *Energiebau* gefolgt vom Team *JuWi Racing*, ebenfalls in einem Tesla. Mit dabei waren außerdem Modelle des Typs *Karabag 500e, Think City, Smarts Fortwo, Tazzari Zero, Citroen C-zero* sowie ein *Twike*. Dr. Axel Stepken, Vorstandsvorsitzender der TÜV SÜD AG, sagte über die e-miglia: „Wir wollten demonstrieren, dass Elektrofahrzeuge heute schon in der Lage sind, eine anspruchsvolle Strecke sicher zu meistern, und dass das Fahren mit Strom auch eine Menge Spaß macht.“ ||

Das Siegerauto: ein Tesla Roadster [Quelle: Energiebau]

E-world
energy & water
8.-10.2.2011
Essen / Germany
BUSINESS
NETWORK
con|energy
MESSE ESSEN
Place of Events
www.e-world-2011.com

FIRMENVERZEICHNIS

BERATUNG

Efficientics – Efficient Energy Consulting,
Dipl.-Ing. (FH) Christian Machens, Torgauer Str. 62,
04318 Leipzig, Tel. 0151-24155887,
machens@efficientics.com, www.efficientics.com

BRENNSTOFFZELLEN

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

h-tec Wasserstoff-Energie-Systeme GmbH,
Lindenstr. 48 A, 23558 Lübeck, Tel. 0451-49895-0, Fax -15,
info@h-tec.com, www.h-tec.com

Heliocentris, Rudower Chaussee 29, 12489 Berlin,
Tel. 030-639263-25, Fax -29,
info@heliocentris.com, www.heliocentris.com

ELEKTROLYSEURE

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

h-tec Wasserstoff-Energie-Systeme GmbH,
Lindenstr. 48 A, 23558 Lübeck, Tel. 0451-49895-0, Fax -15,
info@h-tec.com, www.h-tec.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. 0761-4588-0, Fax -9000, *www.ise.fhg.de*

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

GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH,
Max-Planck-Str. 1, 21502 Geesthacht,
Tel. 04152-87-0, Fax -1403, *www.gkss.de*

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

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

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

MEDIEN

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

TECHNOLOGIEZENTREN

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

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

VERANSTALTER

E-world energy & water GmbH,
Norbertstr. 5, 45131 Essen, Tel. 0201-1022-210, Fax -333,
www.e-world-2010.com, mail@e-world-essen.com

17. Gemeinschaftsstand Wasserstoff + Brennstoffzellen
Hannover Messe 2011, 4.-8. April, Tobias Renz FAIR,
Megan McCool, *megan@h2fc-fair.com, www.h2fc-fair.com*

Hamburg Messe und Congress GmbH,
Messeplatz 1, 20357 Hamburg, Tel. 040-3569-2262,
Fax -622262, *www.h2expo.de*

Peter Sauber Agentur Messen und Kongresse GmbH,
Wankelstr. 1, 70563 Stuttgart, Tel. 711 656960-52, Fax -99,
www.f-cell.de

VEREINE & VERBÄNDE

Deutscher Wasserstoff- & Brennstoffzellen-Verband e.V.,
Unter den Eichen 87, 12205 Berlin,
Tel. 0700-49376-835, Fax -329,
www.dwv-info.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

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

HyCologne, Goldenbergstr. 2, 50354 Hürth,
Tel. 02233-406130, *www.hycologne.de*

WEITERBILDUNG

h-tec Wasserstoff-Energie-Systeme GmbH,
Lindenstr. 48 A, 23558 Lübeck,
Tel. 0451-49895-0, Fax -15,
info@h-tec.com, www.h-tec.com

Heliocentris, Rudower Chaussee 29, 12489 Berlin,
Tel. 030-639263-25, Fax -29,
info@heliocentris.com, www.heliocentris.com

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

ZULIEFERER

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

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

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

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

EPH elektronik Produktions- und Handelsgesellschaft mbH,
Rudolf-Diesel-Straße 18, 74354 Ottmarsheim,
Tel. 07143-8152-0, Fax -50, *www.eph-elektronik.de*

Moehwald GmbH,
Michelinstraße 21, 66424 Homburg,
Tel. 06841-7-070, Fax -9108,
www.moehwald.de

Sharp Electronics (Europe) GmbH, Sonninstraße 3,
20097 Hamburg, Tel. 040-2376-0, Fax -2510,
www.sharp.de

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

TERMINKALENDER

OKTOBER

18.-21.10. Fuel Cell Seminar and Exposition Messe & Konferenz,
San Antonio/Texas,
Fuel Cell Seminar Headquarters,
Tel. +1-202-973-8671, Fax -331-0111,
www.fuelcellseminar.com

19.-21.10. eCarTec
Kongress & Messe, München,
MunichExpo, Tel. 089-3229911-2, Fax -9,
www.ecartec.de

NOVEMBER

4.-6.11. Energie-Symposium Stralsund
Symposium, Stralsund, FH Stralsund,
Tel. 03831-45-6713, Fax -711713,
www.fh-stralsund.de

4.-5.11. Mini-BHKW Grundlagen
Praxisseminar, Ulm, WBzU, Tel. 0731-17589-0, Fax -10, *www.wbzu.de*

5.-9.11. Electric Vehicle Symposium 25
Konferenz, Shenzhen/China,
China Electrotechnical Society,
Tel: +8610- 68595-355, Fax -110,
www.evs25.org

8.11. Sicherheit beim Umgang mit Wasserstoff
Seminar, Essen, Haus der Technik,
Tel. 0201-1803-211, Fax -280,
www.hdt-essen.de

8.-9.11. E-Mobility
Konferenz, Leipzig, VDE,
Tel. 069-6308-229, Fax -9631-5213,
www.vde.com/kongress2010

10.-11.11. Energiespeicherung im Erdgasnetz & Wasserstoff
Konferenz, Berlin, DBI,
Tel. 0341-24571-29, Fax -37,
www.dbi-gut.de

16.-17.11. Forum ElektroMobilität
Konferenz, Berlin, Forum Elektro-Mobilität, Tel. 030-240474-0, Fax -59,
www.forum-elektromobilitaet.de

16.-17.11. Ecomobil
Messe & Konferenz, Offenburg, Messe Offenburg, Tel. 0781-9226-91, Fax -77,
www.ecomobil-kongress.de

22.-24.11. IRES 2010
Konferenz, Berlin, Eurosolar,
Tel. 0228-36-2373, Fax -1279,
www.eurosolar.org

24.-25.11. Wasserstoff im mobilen Einsatz
Workshop, Ostfildern, TAE,
Tel. 0711-34008-23, Fax -43,
www.tae.de

30.11. Batterien und Brennstoffzellen
Seminar, Essen, Haus der Technik,
Tel. 0201-1803-211, Fax -280,
www.hdt-essen.de

DEZEMBER

1.-4.12. EuroMold
Messe, Frankfurt/M., Demat,
Tel: 069 / 27 40 03 - 0, Fax -40,
www.euromold.com

2.-3.12. Alternative Antriebe für Automobile
Seminar, Berlin, Haus der Technik,
Tel. 0201-1803-211, Fax -280,
www.hdt-essen.de

8.-10.12. Praxis-Wissen zur Elektromobilität
Seminar, Ulm, WBzU,
Tel. 0731-17589-0, Fax -10,
www.wbzu.de

9.12. Dutch Hydrogen Conference
Konferenz, Rotterdam/Niederlande,
Nederlandse Waterstofvereniging,
Tel. +31-6-5145-2034, Fax – 55-534-7778,
www.waterstofvereniging.nl

9.-10.12. Fuel Cells Durability & Performance
Konferenz, Boston/USA,
The Knowledge Foundation,
Tel. +1-617-232-7400, Fax -9171,
www.knowledgefoundation.com

2011

JANUAR

24.-25.1. Kraftstoffe der Zukunft
Kongress, Berlin, BBE & UFOP,
Tel. 0228-81002-22, Fax -58,
www.kraftstoffe-der-zukunft.com

25.-27.01.09 enertec
Messe, Leipzig, Leipziger Messe GmbH, Tel. 0341-678829-3, Fax -2,
www.enertec-leipzig.de

27.01. BzA-BW Aversumsprojekte
Präsentation, Stuttgart, Brennstoffzellen-Allianz Baden-Württemberg,
Tel. 0711-68563-334, Fax -559,
www.bza-bw.de

FEBRUAR

02.-03.02. CAR-Symposium
Konferenz, Bochum,
Center Automotive Research,
Tel. 0203-379-1111, Fax -4157,
www.uni-due.de/car/car_10.php

WCRE
World Council for Renewable Energy

International Renewable Energy Storage Conference
IRES

EUROSOLAR
The European Association for Renewable Energy

5. Internationale Konferenz zur Speicherung Erneuerbarer Energien (IRES 2010)

22. - 24. November 2010
Seminaris CampusHotel Berlin
Science & Conference Center, Berlin

Organizers: EUROSOLAR
World Council for Renewable Energy (WCRE)

In cooperation with: EnergieAgentur.NRW, dena German Energy Agency, EUROBAT, WWEA

Sponsors: GERMANY TRADE & INVEST, VRD Stiftung für Erneuerbare Energien

Media partners: new energy magazine for renewable energy, Energie & Management, power news.org, GoingPublic Magazin, HZwei

Online-Registrierung und weitere Information:
www.eurosolar.org