

DWV Jahresbericht 2011



2011





Inhalt

1	2011 – das Wichtigste aus unserer Sicht	5
1.1	15 Jahre DWV	5
1.2	Die Trends 2011	5
2	Politik	6
2.1	Bürgervotum zu Wasserstoff und Brennstoffzellen	6
2.2	Wasserstoff vor dem Europäischen Parlament	7
2.3	Start für das erweiterte Europaprojekt HyER	7
2.4	Parlamentarischer Abend des DWV	7
3	Mobile Anwendungen	10
3.1	Allgemeines	10
3.2	PKW	12
3.3	Busse	14
3.4	Andere Fahrzeuge	16
4	Stationäre Anwendungen	18
4.1	Umfrage des VDMA zu Brennstoffzellen in Deutschland	18
4.2	Wasserstoff als Helfer für Windenergie im praktischen Versuch	18
4.3	Hybridkraftwerk der ENERTRAG eröffnet	19
4.4	Bündnis für Wind-Wasserstoff	20
4.5	Zuverlässiger Notstrom für Meiningen	21
4.6	Brennstoffzellen liefern Licht beim Shuttle-Abschiedsstart	22
4.7	Brennstoffzelle am Flughafen Frankfurt	22
4.8	Niedersachsens Polizei setzt auf Brennstoffzellen	23
5	Portable Anwendungen	24
5.1	Strom in der Tasche - überall	24
6	Infrastruktur	25
6.1	Tankstellen	25
6.2	Wasserstoff im Energienetz	25
7	Forschung und Bildung	27
7.1	Start für Ulmer Elektrochemie-Institut	27
7.2	Die Gewinner des DWV-Innovationspreises	27
7.3	Brennstoffzellen-Bakterien	28
7.4	Metallischer Wasserstoff	28
8	Veranstaltungen und Medien	30
8.1	Konferenzen und Tagungen	30
8.2	Neue Publikation des DWV	31
8.3	Wasserstoff bei nuklearen Störfällen	31
9	Partnerorganisationen	33
10	Ausblick auf 2012	34

1 2011 – das Wichtigste aus unserer Sicht

1.1 15 Jahre DWV

Wir bitten vielmals um Entschuldigung für die Unbescheidenheit, die 15. Wiederkehr der Gründung des DWV im Jahre 1996 als einen der Höhepunkte des Jahres 2011 anzusehen, aber ein wenig stolz sind wir schon auf die geleistete Arbeit.

Einen Verband zur Förderung des Energieträgers Wasserstoff und des Energiewandlers Brennstoffzelle zu gründen war vor 15 Jahren gewagt und idealistisch. Man brauchte schon beachtlichen Weitblick, um zu erkennen, dass erneuerbare Energie langfristig der einzige wirklich nachhaltige Lösungsweg für das sich anbahnende Energieproblem sein würde, sie aber vornehmlich schlecht speicherbaren Strom produziert und Wasserstoff als chemischer Speicher und sauberer Kraftstoff ein wesentliches Element bei der Lösung sein könnten.

„Ein wenig tollkühn müssen wir schon gewesen sein“ erinnert sich Ulrich Schmidtchen, Gründungsmitglied und bis heute im Vorstand tätig: „Man musste damals wie heute immer eine Zwei-Stärken-Brille aufhaben: wo stehen wir heute, wo wollen wir hin, und was machen wir jetzt. Aber damals unterschieden sich Realität und Vision viel stärker als heute. Von der etablierten Energiewirtschaft wurde man entweder gar nicht wahrgenommen oder milde belächelt. Und als ich bei Freunden mal über das Thema Wasserstoff als Kraftstoff für Autos redete, sagte man mir: ‚Auf deinen Grabstein werden wir schreiben: Er fuhr mit Wasserstoff‘. Aber wir fühlten, dass es Zeit war, etwas zu tun. Bei der Gründung sagten wir uns: in einem Jahr kann das Kind entweder laufen und sprechen, oder wir haben einfach etwas gelernt.“ Und so saßen er und fünf andere Fachleute dann eines Tages in Berlin um einen Tisch herum, und man tat etwas (siehe Abbildung).

Mittlerweile kann das Kind hervorragend laufen und sprechen. Der DWV ist heute der professionelle und kompetente Ansprechpartner für Medien und Politik zu allen Fragen rund um Wasserstoff und Brennstoffzelle. Wasserstoff ist nicht mehr der Kraftstoff der Zukunft – er ist heute Realität, auch wenn er noch am Anfang steht. Elektromobilität ohne Wasserstoff und Brennstoffzelle würde nur ein Nischenmarkt bleiben. Und immer deutlicher wird auch, dass der Speicherbedarf für Energie, der durch den stetig steigenden Marktanteil der Erneuerbaren entsteht, nicht ohne die Systemkomponente Wasserstoff gedeckt werden kann. Der DWV tut nicht so, als habe er das ganz allein bewirkt, aber er ist stolz darauf, seinen Teil zu dieser Entwicklung beigetragen zu haben.



DWV-Gründung am 12. Juni 1996

Heute ist die Energiewende im vollen Gange. Wir stehen daher erst am Anfang der technischen und wirtschaftlichen Nutzung von Wasserstoff und Brennstoffzellen bei der Entwicklung eines nachhaltigen Energiesystems. Es bedarf keiner großen Phantasie, vorherzusagen, dass die nächsten 15 Jahre mindestens genauso spannend sein werden wie die letzten. Daraus folgen für den DWV vermehrte Aufgaben, denen sich der Verband auch in Zukunft stellen wird.

1.2 Die Trends 2011

Im Laufe des Jahres 2011 konnten wir beobachten, dass die Fahrzeug- und Kraftstoffindustrie auch weiterhin zielstrebig am **Kraftstoff Wasserstoff** arbeitet. Die meisten großen Fahrzeughersteller wollen 2015 in die Serie gehen. Die Ausnahme ist Daimler – hier ist 2014 das Ziel. Rechtzeitig zum Hochfahren der Fahrzeugzahl dazu muss auch die Tankstellen-Infrastruktur zumindest in ihrer Anfangsphase vorhanden sein. Auch daran wird gearbeitet. Beispiele für beides werden Sie auf den folgenden Seiten finden.

Mittelfristig jedoch wird Wasserstoff möglicherweise an einer anderen Stelle mindestens ebenso wichtig werden, nämlich als **Energiespeicher**. Der zunehmende Anteil erneuerbarer Energie im Stromnetz erfordert nicht nur Durchleitungsmöglichkeiten, die bisher schlicht nicht vorhanden sind, sondern auch Speicherkapazitäten, die das bisher verfügbare Maß weit übersteigen. Es gibt die verschiedensten Möglichkeiten, Energie zu speichern, aber wenn man wirklich große Mengen davon für längere Zeit (etwa ab drei Tage) vorhalten will, gibt es kaum eine Alternative zum Wasserstoff.

2 Politik

2.1 Bürgervotum zu Wasserstoff und Brennstoffzellen

Was denkt der deutsche Normalbürger über Wasserstoff und Brennstoffzellen? Unterstützt er die Entwicklung dorthin? Man müsste ihn fragen. Aber wie macht man das?

Nach skandinavischen Vorbildern hat das Berliner Unabhängige Institut für Umweltfragen (UfU) im Rahmen des NIP und mit finanzieller Unterstützung daraus in dem Projekt „HyTrust“ eine „Bürgerkonferenz“ organisiert. Eine Gruppe von 16 Personen aus Berlin und Umgebung wurde zusammengestellt, die zum einen weitgehend zufällig ausgewählt wurde, andererseits aber auch bestimmte Kriterien erfüllen musste. Zum Beispiel durfte niemand von ihnen beruflich oder anderweitig mit dem Thema bisher zu tun gehabt haben. An drei Wochenenden im April und Mai dieses Jahres informierten sich die Teilnehmer der Konferenz intensiv über die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie im Mobilitätssektor, diskutierten miteinander und formulierten abschließend das Gutachten. Sie trafen auf Verkehrsexperten, Klimaforscher, Vertreter der Automobil- und aus der Zulieferindustrie, sie konnten Bundestagsabgeordnete interviewen, selbst Wasserstoffautos fahren und wurden visuell durch einen Zeichner unterstützt.



Übergabe des Bürgergutachtens

Am 16. Mai fand im Bundespresseamt die Übergabe des Gutachtens an den Auftraggeber statt (Abbildung). Dieser war vertreten durch den Leiter der Unterabteilung Klima- und Umweltschutzpolitik im Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Dirk Inger. Anwesend waren außerdem für die Daimler AG Peter Froeschle, der Verkehrsexperte des Bundes für Umwelt und Natur BUND Dr. Werner Reh und der Staatssekretär des

Brandenburgischen Ministeriums für Wirtschafts- und Europaangelegenheiten Henning Heidemanns.

Und was sagen die repräsentativen Bürger denn nun zu der Sache? Alle, die dazu Stellung nahmen, sagten, das Ergebnis sei positiver, als sie gedacht hätten. Es ist ein klares Ja, aber mit Bedingungen.

Die Bürgergruppe lässt in ihrem Votum keinen Zweifel daran, dass das Wasserstoffauto nur dann eine Zukunftsoption ist, wenn der für den Antrieb benötigte Wasserstoff CO₂-frei aus erneuerbaren Energien hergestellt wird. Keineswegs soll der Wasserstoff-Brennstoffzellenantrieb auf PKW beschränkt bleiben, sondern auch für Schiffsverkehr, für Busse und möglicherweise auch für Flugzeuge entwickelt werden. Gleichzeitig sind die Teilnehmer der Bürgerkonferenz dafür, die weitere Entwicklung alternativer Antriebe technologieoffen zu gestalten.

Grundsätzlich spricht sich die Bürgergruppe für einen Wandel hin zu intelligenter Vernetzung von Individual- und öffentlichem Verkehr aus. Sie forderte

- eine schnelle Energiewende,
- politische Rahmenbedingungen, die eine umweltfreundliche und sozialverträgliche Mobilität begleiten,
- klar geregelte Verantwortlichkeiten,
- systematisches Lernen aus guter Praxis,
- die genaue und unabhängige Überprüfung, Bewertung und den Vergleich von Aufwand und Wirkungsgraden der unterschiedlichen Nutzungsmöglichkeiten von Wasserstoff für Verstromung, Wärme, Gasautos und Wasserstoff-Brennstoffzellenfahrzeuge,
- dass der Wirkungsgrad der Brennstoffzelle und die Reichweite des Wasserstoffautos verbessert werden,
- Forschung nach Alternativen zu seltenen und teuren Rohstoffen sowie ein effizientes Brennstoffzellen-Recycling,
- dass das Wasserstoffauto für die Mehrheit der Bevölkerung bezahlbar sein wird sowie
- dass weitere neue Antriebskonzepte sowie bestehende Antriebe besser genutzt und weiter optimiert werden und insgesamt eine nachhaltige Produktion von Autos angestrebt wird

2.2 Wasserstoff vor dem Europäischen Parlament

Bei einer Anhörung des Europäischen Parlaments unter dem Motto „Powering Europe's future energy and mobility“ am 15. März hoben Experten die Bedeutung der kohlenstoffarmen Wirtschaft hervor, wiesen aber auch auf die Schwierigkeiten bei ihrer Schaffung hin. In diesem Zusammenhang wurde die Rolle hervorgehoben, die der Wasserstoff dabei spielen kann.

Jean-Marie Bemtgen, hochgestellter Mitarbeiter in der Energiedirektion der Kommission, warnte: „Wenn die EU bis 2050 eine entkarbonisierte Gesellschaft haben will, kann sie nicht mit dem heutigen technischen Tempo weitermachen. 2050 mag für Politiker noch lange hin sein, aber für die Technologie ist das eine sehr kurze Zeitspanne. Wenn die EU vor 2050 die Wasserstofftechnologie für den Massenmarkt haben will, muss sie Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet beschleunigen.“ Auch sei Arbeit erforderlich, um Europas Führungsrolle dabei wiederzuerlangen. „Das Ziel muss sein, dass wir mit sehr dynamischen Ländern wie Japan, China und Korea mithalten können.“

Er bezeichnete zwar die Herausforderungen als „enorm“, sagte aber, die Kommission würde alles tun, was sie kann, damit das Ziel erreicht wird. „Wasserstoff als Energieträger kann sehr nützlich sein und wird auf EU-Ebene oben auf der Tagesordnung bleiben.“ Er drückte die Hoffnung aus, dass sich die Rolle des Wasserstoffs im Energiemix im kommenden achten Forschungs-Rahmenprogramm der Kommission spiegeln wird.

Eine Bedingung machte er allerdings klar: „Wenn wir große Mengen Wasserstoff wollen, muss er aus ‚grünem‘ Strom kommen. Sonst hat es keinen Sinn.“

2.3 Start für das erweiterte Europaprojekt HyER

Grund zum Feiern hatten am 28. Oktober 2011 in Brüssel die Vertreter von 32 europäischen Regionen und Kommunen, die sich den beschleunigten Einsatz von batterie- und brennstoffzellenelektrischen Fahrzeugen und den Aufbau der dazu gehörenden Infrastruktur zum Ziel gesetzt haben. Der gesamte Bereich der rein batterieelektrischen Fahrzeuge einschließlich ihrer Infrastruktur kam zu den brennstoffzellenelektrischen Fahrzeugen, so dass die Initiative jetzt wirklich alles abdeckt, was elektrisch fährt. In Anwesenheit von Vertretern der Europäischen Kommission wurde der alte Name HyRaMP durch „HyER“, Hydrogen Fuel Cells and Electromobility for European Regions, ersetzt. Arbeitsplan und Satzung wurden den erweiterten



Die Partner von HyER blicken optimistisch in die Zukunft

Zielen angepasst. Auch zwei neue Mitglieder wurden aufgenommen, die Stadt Rotterdam und die westfranzösische Region Poitou Charentes.

Für die Generaldirektion Move der Kommission gratulierte Fotis Karamitsos, Direktor für Innovative and Sustainable Mobility, HyeR zu den bisherigen Erfolgen. Er erwarte sich von den Regionen Anregungen für die lokale Entwicklung, damit die EU wirksame finanzielle und regelungspolitische Maßnahmen treffen könne.

Karamitsos forderte die Regionen auf, neue netzgestützte und emissionsfreie Transportlösungen für den Stadt- und Fernverkehr zu suchen, auch für den Seeverkehr. Er hoffe, dass noch viele Regionen und Kommunen HyER beitreten würden, damit die EU das Ziel erreiche, den Gebrauch von Fahrzeugen mit herkömmlichen Kraftstoffen bis 2030 zu halbieren und die Emissionen aus dem gesamten Transportsektor bis 2050 um 60 % zu senken.

2.4 Parlamentarischer Abend des DWV

Wasserstoff und Brennstoffzellen sind ein unabdingbarer Teil des Energiesystems der Zukunft. Auch in der Elektromobilität werden sie eine zunehmend wichtige Rolle spielen. Zahlreiche Brennstoffzellenfahrzeuge im erfolgreichen Praxiseinsatz beweisen bereits heute, dass sich hier ein Markt entwickeln wird, der Wachstumschancen bieten kann. Baden-Württemberg kann dabei durch sein Know-how in der Wasserstoff- und Brennstoffzellenbranche sowie seinen traditionell starken Fahrzeug- und Maschinenbau eine Vorreiterrolle einnehmen.

Dies war das Fazit der Beteiligten beim Parlamentarischen Abend 2011 des DWV, der am 19. Oktober gemeinsam mit dem Land Baden-Württemberg in dessen Berliner Landesvertretung ausgerichtet wurde.



Baden-Württembergs Umweltminister Franz Untersteller



Parlamentarischer Staatssekretär Jan Mücke vertrat das Bundesverkehrsministerium

Bei Baden-Württemberg spielt natürlich die Autoindustrie eine bedeutende Rolle. So stand das Thema der vernetzten Mobilität im Mittelpunkt. Mobile und stationäre Anwendungen wachsen immer mehr zusammen, wozu nicht zuletzt der Wasserstoff als verbindendes Element beiträgt. Das gastgebende Bundesland vertrat Umweltminister Franz Untersteller.

„Für eine zukunftssichere und nachhaltige Energieversorgung, die sowohl umwelt- und klimaverträglich als auch bezahlbar und gesellschaftlich akzeptiert ist, ist ein Systemwechsel hin zu elektrischen Antrieben erforderlich“, erklärte der Minister. „Dabei brauchen wir die Brennstoffzelle, da sie in allen Fahrzeugsegmenten bis hin zu Bussen eingesetzt werden kann und so langfristig ein weitgehend CO₂-freies Verkehrssystem ermöglicht“. Wesentliche Voraussetzung hierfür sei, dass regenerativer Wasserstoff getankt werde, der aus erneuerbaren Energien gewonnen werde. Baden-Würt-



Blick in den großen Saal der Landesvertretung Baden-Württembergs

temberg unternehme große Anstrengungen, um Politik und Wirtschaft des Landes gemeinsam auf diese Herausforderungen einzustellen. Um die vielschichtigen Aktivitäten des Landes besser zu koordinieren, bündele das Land Kräfte durch die Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie, die e-mobil BW GmbH.

Bereits jetzt werden in Baden-Württemberg deutschlandweit die meisten Kilometer mit Brennstoffzellenfahrzeugen zurückgelegt. Die H₂-Tankstelle am Stuttgarter Flughafen ist die meistfrequentierte Europas. Das Land treibt den Ausbau der H₂-Infrastruktur weiter engagiert voran und investiert allein 2011 vier Millionen Euro in den Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur. Bis Anfang 2012 werden landesweit schon fünf H₂-Tankstellen in Betrieb sein – zwei davon mit einem Elektrolyseur gespeist mit regenerativen Energien.

Im Rahmen des nationalen Programms Wasserstoff NIP fördert die Bundesregierung den Ausbau der Wasserstoffwirtschaft. Jan Mücke, Parlamentarischer Staatssekretär beim Bundesminister für Verkehr, Bau, Stadtentwicklung, bemerkte dazu: „Wasserstoff und Brennstoffzellen sind Schlüsseltechnologien für die Transformation des Energiesystems von fossilen zu erneuerbaren Energieträgern. Politik, Wirtschaft und Wissenschaft sind aufgefordert, weiterhin an einem Strang zu ziehen. Nur so lassen sich die Herausforderungen im Hinblick auf eine kommerzielle Nutzung von Wasserstoff und Brennstoffzellen meistern. Gemeinsam können wir diesen Technologien, die wir in der stationären Energieversorgung wie im Verkehr für eine erfolgreiche Energiewende brauchen, zum Durchbruch verhelfen.“

Als Vertreter der Automobilindustrie, die in Baden-Württemberg besonderes Gewicht hat, sprach Dr. Christian Mohrdieck, Leiter der Entwicklung Brennstoffzellen- und Batterie-Antriebstechnik der Daimler AG, über Mobilität im ökologischen Ener-

giesystem: Die Brennstoffzellentechnologie eröffnet nach seinen Worten der Elektromobilität vielversprechende Möglichkeiten. Denn damit lassen sich schon heute auch größere Fahrzeuge über mehrere hundert Kilometer lokal emissionsfrei bewegen. Die Mercedes-Benz B-Klasse F-CELL verbinde mit einer Reichweite von rund 400 Kilometern und kurzen Betankungszeiten lokal emissionsfreie Mobilität mit Langstreckentauglichkeit und überzeugenden Fahrleistungen. Die Alltags-tauglichkeit sei bei dem Mercedes-Benz F-CELL World Drive (der ersten Weltumrundung mit Brennstoffzellenfahrzeugen durch 14 Länder, vier Kontinente, 125 Tage, 35000 km) erneut bewiesen worden.

Als die größte noch zu überwindende Hürde auf dem Weg zu einem breiten Einsatz von Brennstoffzellenfahrzeugen habe sich dabei die fehlende flächendeckende Wasserstoffinfrastruktur erwiesen. Um das Bekenntnis von Daimler zum Wasserstoff zu unterstreichen, hätten Daimler und Linde entschieden, in den kommenden drei Jahren

20 zusätzliche Tankstellen mit regenerativ erzeugtem Wasserstoff in Deutschland zu errichten und damit dem Aufbau eines ausreichenden Tankstellennetzes eine Initialzündung zu geben.

Die herausragende Bedeutung des Wasserstoffs als Sekundärenergieträger liegt in der Vielfalt seiner Anwendungsmöglichkeiten: in der Speicherung und Verstetigung der Primärenergien, in der Elektromobilität mit hoher Reichweite sowie in der stofflichen Anwendung in der Industrie, besonders der Chemie.

„Bei der Entwicklung der Technologie stehen Deutschland und Baden-Württemberg im internationalen Vergleich mit an führender Stelle. Ob Wasserstoff und Brennstoffzelle in Zukunft nach Deutschland kommen oder aus Deutschland, das entscheiden wir im Rahmen einer neuen Energiepolitik“, appellierte der Vorsitzende des Deutschen Wasserstoffverbands, DWV, Dr. Johannes Töpler, an die Politik.

3 Mobile Anwendungen

3.1 Allgemeines

3.1.1 Auch der Güterverkehr will Wasserstoff

Hermann Grewer, Präsident des Bundesverbandes Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung (BGL) e.V., forderte am 7. Oktober in Nürnberg auf der diesjährigen Mitgliederversammlung des Verbandes neue, innovative Kraftstoffe für schwere Nutzfahrzeuge. Regenerativ gewonnener Wasserstoff könne dabei die Stellung einer Schlüsseltechnologie für den Straßengütertransport des 21. Jahrhunderts einnehmen. BGL-Präsident Grewer signalisierte dem anwesenden Bundesverkehrsminister Dr. Peter Ramsauer ein hohes Interesse des Transportlogistikgewerbes an umweltfreundlichen, praktikablen und auch bezahlbaren Kraftstoffen, die eines Tages den heute noch dominierenden Diesel ablösen können.

Elektromobilität sei zwar in aller Munde, so der BGL-Präsident, allerdings sei diese für das Nutzfahrzeug nur indirekt umsetzbar: Saisonale und tageszeitliche Stromüberschüsse aus erneuerbaren Energien könnten dagegen für die umweltfreundliche Produktion von Wasserstoff genutzt werden. Dieser wiederum könnte mit Hilfe eines neuen Verfahrens und Trägerstoffs wie herkömmlicher Kraftstoff getankt und gelagert werden. Wasserstoffmotore seien für mittelschwere Baureihen entwickelt und erprobt. Angesichts der zu erwartenden Preissteigerungen bei fossilen Kraftstoffen, sei es nur eine Frage der Zeit, wann sich neue Treibstofftechnologien rechneten. Deswegen sei jetzt die Zeit gekommen, die Entwicklung der Wasserstofftechnologie verstärkt voranzutreiben. BGL-Präsident Hermann Grewer: „Mit dem Aufbau von Kapazitäten zur Erzeugung erneuerbarer Energien liegt es geradezu auf der Hand, eine neue Kraftstoffstrategie für den Straßenverkehr, vor allem für den Straßengüterverkehr, zu entwickeln.“ Und weiter: „Dies gilt umso mehr, als die Väter des Konzepts von sich behaupten, dass die Trägerflüssigkeit für Wasserstoff in konventionellen Tankstellen verfügbar gemacht werden könnte.“

3.1.2 CEP: neue Industriepartner

Das Leuchtturmprojekt Clean Energy Partnership (CEP) wächst weiter und gewinnt attraktive Partner dazu. Mit den neuen Mitgliedern Air Liquide und Honda gewann die CEP 2011 zwei weitere starke Mitspieler für den Ausbau der Wasserstoffmobilität in Deutschland.

Für Air Liquide gilt Wasserstoff durch seinen Einsatz in Brennstoffzellen als Energieträger der Zu-

kunft und zählt zu den erklärten Wachstumstreibern des Konzerns, der seit über 40 Jahren Know-how für die gesamte Wasserstoff-Versorgungskette entwickelt. Diesen Erfahrungsschatz wird Air Liquide in die CEP einbringen.



Honda FCX Clarity

Honda betreibt seit Mitte der 1980er Jahre Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Brennstoffzelle und hat in den letzten 10 Jahren eine beachtliche Anzahl an Brennstoffzellen-Elektrofahrzeugen weltweit an Kunden ausgeliefert. Für Honda ist es daher ein konsequenter Schritt, den FCX Clarity, der seit September 2009 auf europäischen Straßen unterwegs ist, in die CEP zu bringen.



Beitrittspresskonferenz mit Vertretern der CEP, Air Liquide, BMVBS und NOW (v. l. n. r.)

Auf der Beitritts-Presskonferenz am 19. Mai bekräftigten Vertreter des BMVBS, der NOW, CEP sowie der neuen Partnerunternehmen ihren Willen zum Aufbau einer nachhaltigen und emissionsfreien Mobilität mit Hilfe der Wasserstofftechnologie. Jan Mücke, Parlamentarischer Staatssekretär beim Bundesverkehrsministerium, führte dazu aus: „Die Verwendung von Wasserstoff als alternativem Kraftstoff in Fahrzeugen ist eine viel versprechende Option für die Elektromobilität. Gerade deut-

sche Unternehmen sind führend in diesem Bereich. Mit der CEP und ihren Partnern wollen wir die Alltagstauglichkeit von Fahrzeugen mit Wasserstoff- und Brennstoffzellenantrieb erproben und demonstrieren. Wir brauchen diese Technologie u. a. als Alternative und Ergänzung zu den Batterie-fahrzeugen, für die langen Strecken, für große Autos, für Busse, aber auch auf dem Wasser und in der Luft.“

Dr. Klaus Bonhoff sagte für NOW: „Die CEP ist im NIP das Kernstück der Marktvorbereitung einer zukunfts-fähigen Mobilität mit Wasserstoff und Brennstoffzelle. Das kontinuierliche Wachstum der Partnerschaft verdeutlicht das große Engagement der Industrie, Mobilität mit Nullemissionen möglich zu machen. Dabei müssen wir international kooperieren. Der Beitritt von Air Liquide und Honda zur CEP ist deshalb umso wichtiger.“

3.1.3 CEP: neuer Länderpartner

Hessen ist der Clean Energy Partnership (CEP), dem größten Demonstrationsprojekt für Wasserstoffmobilität in Europa beigetreten. „Hessen startet in die mobile Zukunft und diese wird elektrisch sein. Die Brennstoffzellentechnologie hat dabei eine herausragende Bedeutung“, sagte Umweltministerin Lucia Puttrich am 8. September anlässlich der Beitrittsveranstaltung in Wiesbaden. Nach Berlin, Hamburg, Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg ist Hessen das fünfte Bundesland im Kreis der CEP, Europas führendem Projekt zur Demonstration von Brennstoffzellenfahrzeugen und der Förderung der zugehörigen Wasserstoffinfrastruktur. Ziel der Zusammenarbeit ist der Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur bis zum Jahr 2016.

„Wir gehen mit gutem Beispiel voran“, so Ministerin Puttrich. Das Umweltministerium wird über einen Zeitraum von drei Jahren selber ein Brennstoffzellenfahrzeug testen. Weitere Fahrzeuge unterschiedlicher Hersteller, die zu Fuhrparks von Unternehmen gehören, werden ebenfalls Erkenntnisse über die Alltagstauglichkeit der Technologie einbringen. Die Vorteile dieser Brennstoffzellenfahrzeuge liegen laut Ministerin in der hohen Reichweite (400 km und mehr) und der schnellen Betankungszeit. Daneben sind sie als Elektrofahrzeuge emissionsfrei und leise.

„Wir fördern sowohl konkrete Projekte als auch das Netzwerk um diese Technologie herum, das für eine erfolgreiche Implementierung der Technik in Hessen erforderlich ist“, so Puttrich. Hessen unterstützt das Kompetenznetzwerk der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (H2BZ-Initiative) in Hessen mit rund 700 k€ pro Jahr. Darüber hinaus fördert das Land Energietechnologieprojekte zum Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur im Rhein-



Hessens Umweltministerin Lucia Puttrich wird in der CEP begrüßt

Main-Gebiet. Im Zuge des Beitritts zur CEP beabsichtigt das Ministerium die Förderung von zunächst einer weiteren Tankstelle in Frankfurt am Main. Hessen verfügt bereits seit fünf Jahren in Höchst (Infraserv) über eine leistungsfähige, öffentliche Wasserstofftankstelle.

Der Beitritt Hessens zur CEP hat auch bundespolitische Bedeutung, ist doch das Bundesverkehrsministerium Förderer der CEP. „Mit unseren Programmen zur Förderung der Elektromobilität verfolgen wir ganz bewusst einen technologieoffenen Ansatz und unterstützen sowohl die Batterien als auch die Wasserstoff- und Brennstoffzelle. Keine Technologie wird die zukünftigen Herausforderungen, vor die uns Klimawandel und endliche Ölreserven stellen, alleine lösen können. Die Verwendung von Wasserstoff als alternativem Kraftstoff ist eine viel versprechende Option. Ich freue mich deshalb ganz besonders, dass nun auch das Land Hessen der CEP beigetreten ist. Das eröffnet Chancen für neue Allianzen mit den Industriepartnern in der Region und trägt zu einer verbesserten Sichtbarkeit dieser Zukunftstechnologie bei“, so Rainer Bomba, Staatssekretär im Bundesverkehrsministerium.

„Die drei Automobilpartner des hessischen CEP-Programms Daimler, Honda und Opel werden zusätzlich zu ihrer schon existierenden Flotte in Deutschland weitere Brennstoffzellenfahrzeuge hier im Bundesland einsetzen. Damit wird die Markterprobung in Deutschland signifikant ausgebaut“, betonte Karl-Friedrich Stracke, Vorstandsvorsitzender der Adam Opel AG im Namen der beteiligten Automobilhersteller. „Auf Basis der vielfältigen Fahrprofile in einer der größten Metropolregionen Europas erwarten wir wertvolle weitere Erkenntnisse für die Serienreife der Brennstoffzellenfahrzeuge. Die Entwicklung von so grundsätzlichen und weitreichenden Zukunftstechnologien wie dem emissionsfreien Autofahren mit Wasserstoff und Brennstoffzelle erfordert, dass

man die Kräfte bündelt, markenübergreifend, industrieübergreifend und gemeinsam mit der Politik. Das ist das Signal unseres gemeinsamen Engagements in Hessen“, so Stracke weiter.

„Elektromobilität und Wasserstoff gehören zusammen“, erklärte Dr. Joachim Wolf, Vorstand der H2BZ-Initiative Hessen e.V. „Die mit Wasserstoff betriebene Brennstoffzelle erhöht die Reichweite von Elektrofahrzeugen erheblich. Außerdem eignet sich Wasserstoff hervorragend als Langzeitspeicher für Energie aus erneuerbaren Quellen. Dieser Wasserstoff kann dann als Kraftstoff in emissionsfreien Wasserstoff-Fahrzeugen verwendet werden.“

3.1.4 CEP: neue Projekte

Zu den laufenden wichtigen Projekten der CEP zählt die Errichtung einer 700-bar- Wasserstoff-tankstelle in Düsseldorf. Hier können die Fahrzeuge zukünftig in 3 Minuten und damit unter vergleichbaren Bedingungen wie mit konventionellen Kraftstoffen aufgetankt werden. In den vergangenen vier Jahren hat Air Liquide eine wachsende Zahl von Wasserstofftankstellen konzipiert, gebaut und in Betrieb genommen und bis heute weltweit etwa 50 Wasserstofftankstellen errichtet.

Außerdem wird die CEP in Kürze noch drei weitere Tankstellen eröffnen – zwei in Hamburg in der HafenCity und in der Bramfelder Chaussee sowie eine in Berlin in der Heidestraße.

Bis zum Ende der Laufzeit der CEP im Jahr 2016 muss die Wasserstoff-Infrastruktur weiter ausgebaut werden. Neben der bereits seit fünf Jahren existierenden Anlage in Höchst werden daher unter anderem in Hessen weitere Wasserstoff-Zapfsäulen installiert, um ein flächendeckendes Netz an Wasserstoff-Tankstellen zu gewährleisten. Bei dessen Ausbau wird besonderer Wert auf die Bereitstellung von so genanntem „grünem Wasserstoff“ gelegt, der aus Erneuerbarer Energie stammt. Dies ist ein Ziel, das sowohl die CEP wie das Land Hessen verfolgen. Bundesweit sollen bis 2013 100 Wasserstofffahrzeuge im Einsatz sein.

3.2 PKW

3.2.1 Mit Wasserstoff um die Welt

Am 29. Januar 1886 erhielt ein gewisser Carl Benz unter der Nummer 37435 ein Patent auf ein dreirädriges „Fahrzeug mit Gasmotorenbetrieb“. Bis heute steckt sein Name in der Marke Daimler-Benz.

Im Rahmen eines Festakts genau 125 Jahre später am 29. Januar 2011 in Stuttgart gaben Bun-



Alte Wege und neue Technik



Emissionsfreie Fahrzeuge in Peking



Durch den Elbtunnel

deskanzlerin Angela Merkel und Dieter Zetsche, Daimler-Vorstandsvorsitzender, den symbolischen Startschuss für den Mercedes-Benz F-CELL World Drive. Von Stuttgart aus starteten drei Mercedes-Benz B-Klassen mit lokal emissionsfreiem Elektroantrieb mit Brennstoffzelle am 30. Januar eine 125-tägige und 30.000 km lange Fahrt um die Welt. Über vier Kontinente und durch 14 Länder fuhren die drei Autos einmal rund um den Globus, bis zum Ausgangspunkt Stuttgart, wo sich der „Weltkreis“ wieder schloss. Mercedes-Benz untermauerte mit dem F-CELL World Drive die techni-



Willkommen zu Hause!

sche Reife der Brennstoffzellentechnologie sowie die Alltagstauglichkeit der Fahrzeuge.

125 Tage lang waren drei B-Klasse F-Cell von Daimler unterwegs. Am 1. Juni kamen sie wieder an. In der Firmenzentrale wurde der weit gereiste Tross von Zetsche (in der Abbildung rechts) und dem Leiter Mercedes-Benz Cars, Thomas Weber (links), sowie Joachim Schmidt, Leiter Vertrieb und Marketing Mercedes-Benz Cars, in Empfang genommen.

Ziel der Fahrt war es, die technische Reife und Alltagstauglichkeit von Elektrofahrzeugen mit Brennstoffzelle zu demonstrieren und gleichzeitig auf die Notwendigkeit einer flächendeckenden Wasserstoff-Infrastruktur aufmerksam zu machen. Nach Meinung der Verantwortlichen ist das gelungen. „Mit dem F-CELL World Drive haben wir gezeigt, dass die Zeit für elektrische Fahrzeuge gekommen ist. Jetzt muss das Thema Infrastruktur Fahrt aufnehmen“, sagte Zetsche. „Denn nur mit einer adäquaten Anzahl von Tankstellen kann der Kunde Nutzen aus den Vorteilen der Technologie ziehen: große Reichweite, kurze Tankzeiten, keine Emissionen.“

Während ihrer Reise bewiesen die Fahrzeuge Leistung und Robustheit unter allen möglichen Umständen. Es ging durch Städte, über Landstraßen und Autobahnen und auch über unbefestigte Straßen, und das in den verschiedensten Klimazonen. Das einzige technische Problem war fremdverschuldet: auf der Strecke von Almaty nach Balkhasch in Kasachstan rammte ein anderes Fahrzeug einen der B-Klasse F-Cell und beschädigte die Hinterachse und den Stoßfänger. Das wurde in einer nahe gelegenen Werkstatt wieder in Ordnung gebracht, und für den Rest der Fahrt erinnerte nur noch eine kleine Beule an das Abenteuer.

Nur an zwei Stellen während der Reise konnten die Autos an vorhandenen Tankstellen versorgt werden. 130-mal wurde die mitfahrende mobile Tankstelle von Linde in Anspruch genommen. So

oder so dauerte das Tanken immer nur wenige Minuten.

Daimler sieht die Zeit für den Ausbau der Wasserstoff-Technologie in Deutschland gekommen. Anlässlich des erfolgreichen Abschlusses der Weltreise von drei Brennstoffzellenautos (siehe oben) gab Vorstandschef Dieter Zetsche bekannt, die Serienfertigung werde bereits 2014 anlaufen, ein Jahr früher als bisher vorgesehen.

Über die geplante Großserienfertigung machte Zetsche keine genauen Angaben, was etwa Stückzahl sowie Preise und Kosten der Autos betrifft. Bislang investierte das Unternehmen etwa eine Milliarde Euro in die Entwicklung der Brennstoffzellentechnologie.

3.2.2 Wasserstoff weist den Weg



Follow me-Fahrzeug in Stuttgart

In unverkennbarem schwarz-gelben Follow-Me Muster wird die Mercedes-Benz B-Klasse F-CELL künftig die Flugzeuge über die Landebahnen lotsen. Mit einer Leistung von 136 PS und einer Höchstgeschwindigkeit von 170 km/h fährt sie lokal emissionsfrei und ist damit richtungsweisender Anführer, nicht nur für die Maschinen am Flughafen. An der Wasserstofftankstelle, die 2009 direkt am Flughafencampus eröffnet wurde, kann das Follow-Me Fahrzeug innerhalb von nur drei Minuten mit Wasserstoff betankt werden und erzielt dann eine Reichweite von rund 400 km. „Damit bleiben wir am Puls der Zeit was die technologische Antriebsentwicklung am Boden betrifft“, sagt Walter Schoefer, Geschäftsführer der Flughafen Stuttgart GmbH.

3.2.3 Daimler baut Brennstoffzellen in Kanada

Mercedes-Benz wird ein Werk zur Produktion von Brennstoffzellen in Burnaby (British Columbia,

Kanada) aufbauen, um eine eigene Produktlinie mit billigeren und leistungsfähigeren Zellen für seine Autos aufzubauen. Sie soll 2012 den Betrieb aufnehmen. Bisher ist die Flotte ja noch recht klein, aber in den nächsten zwei bis drei Jahren soll sie auf etwa 10 000 anwachsen. 2015 ist der Gang in den breiten Markt geplant, wie hier schon berichtet wurde.

Christy Clark, Premierministerin der Provinz, äußerte sich verständlicherweise hoch erfreut über die Investition in Höhe von etwa 50 M\$. Sie hofft nicht nur auf den Nutzen für die Umwelt, sondern auch auf Arbeitsplätze. Allerdings war noch nicht zu erfahren, wie viele das genau sein werden. Für Daimler sagte Vizepräsident Herbert Kohler nur, in zwei Jahren wolle man 10 000 Fahrzeuge versorgen, aber die Endkapazität stehe noch nicht fest.

3.2.4 Koreanisch-skandinavische Zusammenarbeit

Kia Motors und die maßgeblichen Vertreter der nordischen Staaten Schweden, Dänemark, Norwegen und Island haben am 31. Januar ein Memorandum of Understanding (MoU) unterzeichnet, in dem es um die Zusammenarbeit bei der Markteinführung von Brennstoffzellenautos mit Wasserstoff als Kraftstoff geht. Hyundai Kia möchte damit seine Position als einer der führenden Hersteller auf dem globalen Markt auf diesem Gebiet stärken. Die nordischen Staaten wollen ihre Vorreiterrolle als einer der ersten Märkte für diese Fahrzeuge bekräftigen.

Jon Björn Skulason, Geschäftsführer von Iceland New Energy, sagte anlässlich der Unterzeichnung: „Dies ist eine einzigartige nordische Zusammenarbeit um den umweltfreundlichen Verkehr in der nordischen Region zu fördern. Mit sieben schon arbeitenden Wasserstoff-Tankstellen und einigen, die dieses und nächstes Jahr in Norwegen und Dänemark noch eröffnet werden, hat sich die nordische Region eine Schlüsselposition hinsichtlich der Zukunft des Wasserstoffs geschaffen.“

3.2.5 BMW knüpft neue Partnerschaften

Bei den Münchner Autobauern steht offenbar eine grundlegende Neuausrichtung auf dem Gebiet der zukünftigen Antriebe vor dem Abschluss. Wie im Laufe der letzten Wochen bekannt wurde, gehören dazu auch neue Partnerschaften.

Wie am 1. Dezember bekannt wurde, wollen BMW und Toyota wollen auf dem Gebiet umweltfreundlicher Antriebstechnologien mittel- und langfristig zusammenarbeiten. Die beiden Unternehmen haben dazu in Tokio eine gemeinsame Absichtserklärung unterzeichnet. Vereinbart wurde eine ge-

meinsame Forschung an Lithium-Ionen-Batterie-technologien der nächsten Generation. Zudem verständigten sich die beiden Unternehmen darauf, weitere mögliche Projekte für eine Zusammenarbeit zu prüfen. Darüber hinaus haben BMW und Toyota Motor Europe die Lieferung von Dieselmotoren von BMW an Toyota ab 2014 vereinbart.

Noch nicht offiziell bestätigt sind Berichte über eine Partnerschaft mit General Motors auf dem Gebiet der Brennstoffzelle, doch rauscht es schon vernehmlich im Blätterwald. Angeblich will BMW von GM Brennstoffzellen-Technologie haben und beteiligt sich im Gegenzug an den Forschungskosten in diesem Bereich. Die Verhandlungen laufen auf Hochtouren und seien weit fortgeschritten, heißt es. Nach der Automesse in Detroit, die Mitte Januar beginnt, soll die Partnerschaft mit einer Absichtserklärung, einem Memorandum of Understanding, besiegelt werden. Noch will sich GM nicht dazu äußern. BMW bestätigt nur, dass es Verhandlungen mit dem US-Autobauer gibt.

3.3 Busse

3.3.1 Null-Emissionsbusse jetzt auch in Köln



Brennstoffzellenbus im Betrieb in und um Köln

Die Regionalverkehr Köln GmbH (RVK) nahm am 6. Mai 2011 während einer Feierstunde die ersten zwei schadstofffreien Wasserstoff-Hybridbusse im Rheinland in Betrieb. Seit Juni 2011 werden diese Busse im regulären Liniendienst eingesetzt und in einer fünfjährigen Testphase erprobt.

NRW Wirtschaftsminister Voigtsberger dankte in seinem Grußwort den Partnern für Ihr Engagement bei der Realisierung des Projektes. Er freue sich sehr, dass gerade in der für NRW wichtigen Euregio (Köln/Aachen/Maastricht) der weltweit erste Gelenkbus mit Brennstoffzellenantrieb seinen Be-

trieb aufnimmt. NRW-Minister Voigtsberger sieht in den vorgestellten Bussen das Ergebnis eines vorbildlichen, grenzüberschreitenden Forschungs- und Entwicklungsprojekt zwischen nordrhein-westfälischen und niederländischen Unternehmen sowie Forschungseinrichtungen. Entwicklung, Beschaffung und Erprobung der Brennstoffzellenbusse werde vom Land NRW mit rund 5,5 M€ unterstützt. Der Gesamtaufwand für dieses Projekt wurde mit 7,7 M€ angegeben.

Der 18 Meter lange Gelenkbus verfügt neben einer Brennstoffzelle, welche vom kanadischen Hersteller Ballard stammt, über Batterien und Supercaps, die u. a. mit der Bremsenergie des Busses gespeist werden. Die elektrischen Speicher werden von dem nordrhein-westfälischen Batteriehersteller Hoppecke geliefert. Die Antriebstechnik wurde von der Vossloh Kiepe GmbH entwickelt und die Phileas-Busse wurden vom niederländischen Hersteller APTS gebaut. Neben den zwei Bussen in Hürth werden zwei baugleiche Brennstoffzellen-Hybridbusse in Amsterdam getestet werden. Das Projekt wird wissenschaftlich von der FH Köln und der RWTH Aachen begleitet.

Eine Tankstelle für die Busse ist letztes Jahr in Hürth in Betrieb gegangen. Diese öffentliche Wasserstofftankstelle steht den RVK Brennstoffzellenbussen in Zukunft zum Nachtanken zur Verfügung. Der Wasserstoff stammt als Nebenprodukt gewonnen aus der Chlor-Alkali-Elektrolyse am Chemiestandort Knapsack in Hürth.

3.3.2 Neue Wasserstoffbusse für Hamburg

Am 17. August erhielt die Hamburger Hochbahn die ersten Exemplare der neuen Generation des Daimler-Busses Citaro mit Brennstoffzellenantrieb. Zunächst sind es vier, drei weitere folgen dieses Jahr.

Seit 2003 setzt die Hochbahn mit Erfolg auf die Weiterentwicklung wasserstoffbetriebener Brennstoffzellenbusse. Mit bis zu neun Bussen im Linienbetrieb konnten wichtige Ergebnisse für die Produktion der neuesten Generation an den Hersteller geliefert werden. Die nun weltweit erstmals im Linienbetrieb eingesetzten neuen Brennstoffzellenhybridbusse können Bremsenergie rückführen und in Lithium-Ionen-Batterien speichern. Das Ergebnis: Mit voraussichtlich 10 kg Wasserstoff pro 100 km soll der Verbrauch auf die Hälfte gesenkt werden. Die neue Busgeneration verfügt neben der neuen Hybridtechnologie über leistungsstarke Elektromotoren in den Radnaben, elektrifizierte Nebenaggregate und weiterentwickelte Brennstoffzellen. Die Haltbarkeit der Brennstoffzellen soll auf mindestens sechs Jahre oder 12000 Betriebsstunden vergrößert werden. Das Vorhaben ist Teil der Clean Energy Partnership



Darauf ein kühles Wasser - neuer Brennstoffzellenbus in Hamburg

(CEP) und wird daher aus dem Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff und Brennstoffzellen (NIP) gefördert.

Hamburgs Erster Bürgermeister Olaf Scholz sagte anlässlich der Übergabe der Busse: „Mit den neuen Brennstoffzellenhybridbussen baut Hamburg seine Spitzenposition in Sachen moderner öffentlicher Nahverkehr weiter aus. Die heute vorgestellten HOCHBAHN-Busse zeigen: Zukunftssichere Antriebssysteme, die ohne fossile Brennstoffe auskommen, sind keine Zukunftsmusik, sondern Realität. Ein solcher Erfolg ist nur möglich durch die professionelle Zusammenarbeit starker Partner. Der Beweis der Alltagstauglichkeit dieser neuen Technologie ist auch ein wichtiges Signal an andere Wirtschaftszweige am Standort, etwa im Bereich der Luft- und Schifffahrtstechnik.“

Rainer Bomba, Staatssekretär im Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, meinte: „Mit diesen modernen Brennstoffzellenhybridbussen bringen wir heute deutsche Spitzentechnologie auf die Straße. Die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie ist sauber und effizient. Sie hat das Potenzial, sowohl unseren Verkehr nachhaltiger zu gestalten, als auch neue Märkte zu erschließen. Aber sie muss sich im Alltag bewähren. Nicht zuletzt deshalb fördern wir das hiesige Demonstrationsprojekt mit insgesamt nahezu zehn Millionen Euro aus dem NIP.“

Für Hochbahn-Chef Günter Elste ist diese Entwicklung schlichte Notwendigkeit: „In 20 bis 25 Jahren wird nach allen Prognosen Mineralöl und damit Diesel zu knapp und teuer sein, um damit Busse anzutreiben. Deshalb ist es das Ziel der HOCHBAHN, ab dem kommenden Jahrzehnt nur noch emissionsfreie Busse mit elektrischem Antrieb anzuschaffen. Die Inbetriebnahme dieser neuen Busgeneration ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg in die Elektromobilität.“

3.3.3 Schweizer Postbusse mit Brennstoffzellen

Die PostAuto Schweiz AG setzt als erstes Schweizer Unternehmen die Brennstoffzellentechnologie im öffentlichen Verkehr ein. Seit dem Fahrplanwechsel im Dezember 2011 fahren auf PostAuto-Linien in und um Brugg (Aargau) fünf Brennstoffzellenpostautos. Der Langzeittest wird von verschiedenen Partnern massgeblich unterstützt, wie etwa vom Kanton Aargau, dem Bundesamt für Energie und der Europäischen Union. Er gehört zum europäischen CHIC-Projekt. In den nächsten fünf Jahren testet PostAuto den Brennstoffzellenantrieb und nutzt als erstes Schweizer ÖV-Unternehmen Wasserstoff als Treibstoff.

Das dichte PostAuto-Liniennetz rund um Brugg eignet sich bezüglich Topographie und Linienführung gut für den Test. In der Stadt werden die fünf Postautos garagiert und betankt. Der Kanton Aargau unterstützt das Projekt Brennstoffzellenpostauto als Partner während fünf Jahren mit insgesamt 1,5 MSFr.

PostAuto baut in den nächsten Monaten in Brugg die erste Wasserstofftankstelle für Busse in der Schweiz. Deren Inbetriebnahme ist im Frühling 2012 geplant. Zu Beginn werden an der Tankstelle nur die Brennstoffzellenpostautos betankt. Es ist jedoch möglich, dass dort später auch andere Fahrzeuge tanken werden, darunter Forschungsfahrzeuge des Paul Scherrer Instituts, eines weiteren Projektpartners.

Der Langzeittest richtet sich an der ökologischen Nachhaltigkeit aus. Der grösste Teil des Wasserstoffs wird bei der Tankstelle in Brugg produziert. Er wird zu 100 % aus erneuerbaren Energiequellen wie Wasserkraft, Sonnen-, Windenergie und Biomasseanlagen gewonnen. Die Herstellung des Wasserstoffs verhält sich CO₂-neutral. Beim Fahren entstehen keine Abgase – ausgestoßen wird lediglich Wasserdampf – und die Lärmemissionen sind äußerst gering. Zudem gewinnen die Postautos beim Bremsen Energie zurück, die gespeichert und später zum Fahren oder beispielsweise für Heizung und Klimaanlage verwendet wird. PostAuto rechnet damit, während der fünfjährigen Versuchsphase mindestens 2000 Tonnen CO₂ einzusparen.

Den Elektrolyseur mit einer Leistung von 130 kg/Tag unter 350 bar liefert Hydrogenics.

3.4 Andere Fahrzeuge

3.4.1 Zu Lande ...

Leises Müllfahrzeug

Am 27. Juni nahm die Berliner Stadtreinigung das weltweit erste Müllfahrzeug in Betrieb, das mit Wasserstoff und Brennstoffzellen arbeitet. Mit der Berliner Firma Heliocentris Energiesysteme GmbH und dem Aufbautenhersteller FAUN wurde, gefördert durch das Bundesverkehrsministerium, ein Fahrzeug entwickelt, das deutlich leiser ist und bis zu 30 % weniger Diesel verbraucht.



Leises Müllauto für Berlin mit Brennstoffzelle

Zwei Jahre lang wird der weltweit erste Brennstoffzellen-Müllaster in den Berliner Stadtteilen Adlershof, Friedrichshain und Lichtenberg unter Alltagsbedingungen eingesetzt. Mit diesem Praxistest soll demonstriert werden, dass er beim Laden genauso gut funktioniert wie konventionelle Diesel-Fahrzeuge, aber dabei null Kohlendioxid, null Stickoxid und auch null Feinstaub emittiert. Die elektrische Energie für das Drehen der Mülltrommel und für das Anheben und Kippen der Mülltonnen kommt aus einer Brennstoffzelle, die im Fahrzeug integriert wurde. Der Dieselmotor des Fahrgestells wird nur noch zum Fahren gebraucht und wird beim Laden des Abfalls abgeschaltet. Bei einem konventionellen Fahrzeug muss der Fahrmotor zugleich die Energie für die hydraulische Pumpe liefern, die die Trommel dreht und mit der man die Mülltonnen hebt und umkippt, und macht daher im Stand erst richtig Krach. Da die Müllmänner oft schon recht früh mit der Arbeit anfangen, erhofft man sich von dem Fahrzeug besonders in dicht bebauten Wohnvierteln eine Verbesserung für die Anwohner. Friedrichshain und Lichtenberg sind solche Viertel. Aber das Fahrzeug wird auch auf anderen Strecken ausprobiert.

Die Heliocentris Energiesysteme GmbH hat eine sogenannte „Power-Box“ entwickelt, die ein 32 kW Brennstoffzellenaggregat sowie die für dessen Betrieb benötigten Wasserstofftanks, Luftversorgungs- und Kühlsysteme beinhaltet, und diese

hinter dem Führerhaus installiert. In der Kiste stecken auch zahlreiche Ultrakondensatoren, die von der Zelle aufgeladen werden und für die Spitzenleistungen sorgen, die man etwa beim Anheben und Umkippen der Tonnen braucht. So kann die Brennstoffzelle möglichst gleichmäßig arbeiten.

Zur Bestimmungsübergabe waren vom Senat von Berlin Wirtschafts-Staatssekretär Jens-Peter Heuer und für das Bundesverkehrsministerium Staatssekretär Rainer Bomba erschienen. Bomba hob hervor, dass Elektromobilität nicht nur Kleinwagen mit Batterien bedeuten könne, entgegen der gängigen öffentlichen Wahrnehmung. Ein derartiges Nutzfahrzeug mit Batterien wäre überhaupt nicht realisierbar. Die Brennstoffzelle sei ein wichtiges Element an solchen Stellen.

3.4.2 ... und in der Luft

Unbemanntes Flugzeug mit Wasserstoff als Treibstoff

Ein von der kalifornischen Firma AeroVironment entwickeltes unbemanntes Flugzeug namens Global Observer hat am 11. Januar auf der kalifornischen Edwards Air Force Base seinen Erstflug absolviert. Die Propellermaschine führt flüssigen Wasserstoff als Kraftstoff für ihre Verbrennungsmotoren mit, ist 21 m lang und hat eine Spannweite von 53 m; sie ist dafür gedacht, mit einer Nutzlast von etwa 200 kg fünf bis sieben Tage lang in der Stratosphäre (in Höhen von 17 bis 20 km) zu fliegen und die Erde zu beobachten. Aus dieser Höhe hat man ein Blickfeld von etwa 1000 im Durchmesser. Damit würde sie eine Alternative zu Satelliten zu einem wesentlich niedrigeren Preis bieten. Der Erstflug dauerte aber nur vier Stunden und ging bis in eine Höhe von 1500 m.

Am 1. April stürzte der Prototyp bei einem Erprobungsflug ab.

Elektrisches Bugrad im Rollversuch

Angetrieben durch ein elektrisches Bugrad rollte das DLR-Forschungsflugzeug A320 ATRA (Advanced Technology Research Aircraft) im Juni 2011 über den Flughafen in Hamburg-Finkenwerder (Airbus-Werksflugplatz). Bei den am 30. Juni 2011 erfolgreich abgeschlossenen Rollversuchen testeten Forscher und Ingenieure des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), von Airbus und von Lufthansa Technik erstmals ein mit



Elektrisches Bugrad im Rollversuch

Brennstoffzellen angetriebenes elektrisches Bugrad. Eingebaut in Verkehrsflugzeuge kann ein solches Bugrad Lärm und Abgase an Flughäfen deutlich reduzieren.

Ein Verkehrsflugzeug, das mit einem solchen Bugrad ausgestattet ist, kann ohne den Ausstoß von Schadstoffen und ohne Triebwerke in Richtung Startbahn rollen. So ließen sich zum Beispiel am Frankfurter Flughafen 17 bis 19 % der produzierten Emissionen und nahezu 100 % des Lärms während des Rollvorgangs einsparen. Das Einsparpotential am Flughafen Frankfurt bei der Nutzung eines elektrischen Bugradantriebs für Flugzeuge der Größe der A320-Klasse liegt bei circa 44 t Kerosin pro Tag.

Das Brennstoffzellensystem lieferte genügend elektrische Energie, um das 47 t schwere Flugzeug über das Rollfeld zu bewegen. Das Brennstoffzellensystem treibt dabei zwei Elektromotoren an, die in den beiden Felgen des Flugzeugbugrads eingebaut sind. Die notwendige Synchronisation der Antriebsmotoren im Bugfahrwerk hat sich bei den Tests als problemlos herausgestellt.

Durch den Einsatz der Brennstoffzelle kann sich auch die Betriebsdauer der Triebwerke verringern. Das bedeutet, dass diese in größeren Zeitabständen gewartet werden müssen. Wenn sich ein Flugzeug im Kurzstreckenbetrieb mit bis zu sieben Starts täglich mit einem elektrischen Bugrad über das Rollfeld bewegt, sind bis zu zwei Stunden weniger Betriebszeit der Triebwerke pro Tag möglich.

4 Stationäre Anwendungen

4.1 Umfrage des VDMA zu Brennstoffzellen in Deutschland

Eine Umfrage des VDMA unter seinen auf dem Gebiet der Brennstoffzelle tätigen Mitgliedern, die während der Hannover Messe 2011 der Öffentlichkeit vorgestellt wurde, liefert aktuelle Zahlen zur Situation des Gebiets und die Aussichten für die nähere und weitere Zukunft.

Die Umsätze der Brennstoffzellen-Industrie in Deutschland in den Bereichen Industrieanwendung, Hausenergieversorgung, Bord- oder Notstromversorgung lagen 2010 noch im zweistelligen Millionenbereich – Tendenz stark steigend. Hersteller aus Deutschland erwarten ab 2011 hohe zweistellige Wachstumsraten. Auf der Basis der Umfrage kann unter Berücksichtigung des Gesamtmarktes allein mit Brennstoffzellen zur Stromerzeugung jenseits des Auto- und Busantriebs bereits 2011 die 100 M€-Schwelle überschritten werden. Mittelfristig, so zeigt das Ergebnis der an der Umfrage beteiligten Unternehmen, darf mit einem Zuwachs von 50 auf 300 M€ gerechnet werden.

Die direkte Beschäftigung in der deutschen Brennstoffzellen-Industrie bei stationären Anwendungen und frühen Märkten ist mit über 2000 direkten Arbeitsplätzen derzeit noch überschaubar. Hersteller bauen das Personal aber bereits stark aus und entscheiden heute über ihre Zulieferer. „Bis zum Jahr 2020 können allein mit Brennstoffzellen für stationäre Anwendungen und frühe Märkte in Deutschland mehr als eine Milliarde Euro erwirtschaftet und über 5000 Menschen beschäftigt werden“, betont Johannes Schiel, Geschäftsführer der Arbeitsgemeinschaft Brennstoffzellen im VDMA. Nach Aussage der Nationalen Organisation für Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologien (NOW) werden bereits heute pro Jahr mehrere 100 M€ in Brennstoffzellen und Wasserstoffinfrastrukturen für Transportanwendungen investiert. Dieser Bereich ist von der Umfrage noch nicht berücksichtigt.

„Die für das frühe Stadium der Industrie bereits sehr hohe Exportquote von 56 % und der extrem hohe Wertschöpfungsanteil von über 80 % machen die deutsche Brennstoffzellen-Industrie zukunftsfähig. Mit stabilen energiepolitischen Rahmenbedingungen und industriepolitischen Maßnahmen zur Markteinführung in Deutschland kann die Exportquote weiter wachsen und die heimische Wertschöpfung bleibt erhalten“, bringt Guido Gummert, Geschäftsführer von BAXI Innotech und Vorstand von VDMA Brennstoffzellen, die Ergebnisse auf den Punkt.

Im Bereich Hausenergie, der Strom- und Wärmeerzeugung mit Brennstoffzellen im Einfamilienhaus, haben Hersteller allein für Deutschland ein technisches Marktpotential von jährlich über 250.000 Anlagen identifiziert. Gummert: „Wir rechnen mit mindestens 70.000 Brennstoffzellenheizgeräten in 2020“. Mit einigen 100 MW installierter Leistung pro Jahr werden Brennstoffzellen spätestens dann auch in Industrieanwendungen energiewirtschaftlich bedeutend. Die Zahl der heute noch meist kleinen Brennstoffzellensysteme für frühe Märkte steigt von etwa 4000 Systemen 2010 über knapp 40000 im Jahr 2015 bis 2020 auf etwa 100000 in immer größeren Leistungsbereichen an.

„Hersteller von Brennstoffzellen benötigen vor allem stabile energiepolitische Rahmenbedingungen und weitere Anreize zur Kostensenkung und Systemoptimierung. Neben dem Abbau von Markthemmnissen beschleunigt der Einsatz von zeitlich befristet und stark degressiv ausgerichteten Markteinführungsinstrumenten den Ausbau der Brennstoffzellenindustrie in Deutschland“, fassen Johannes Schiel und Guido Gummert zusammen. „Brennstoffzellen kommen! Wir arbeiten daran, dass sie auch in Zukunft verstärkt aus Deutschland kommen.“

4.2 Wasserstoff als Helfer für Windenergie im praktischen Versuch



Ministerpräsident Sellering vor dem ersten Spatenstich

Die WIND-Projekt Ingenieur- und Projektentwicklungsgesellschaft mbH (WIND-Projekt) vollzog am 7. Juli im Beisein des Ministerpräsidenten Mecklenburg-Vorpommerns Erwin Sellering den Ersten Spatenstich für eine innovative Energiespeicheranlage. Die CO₂-freie Energiespeicheranlage ist ein-



Mit vereinten Kräften: Landesregierung, Betreiber und NOW

gebettet in einen neuen Windpark, welcher parallel nördlich von Neubrandenburg in Mecklenburg-Vorpommern errichtet wird. Das Vorhaben trägt den Namen „RH2-WKA“.

Neben den WEA ist die Frage der nachhaltigen Energiespeicherung von zentraler Bedeutung in den Planungen. So wurde innerhalb mehrerer Jahre ein Konzept entwickelt, mit dem es künftig möglich sein soll, Windstrom zeitunabhängig und CO₂-frei speicherbar zu machen. Dies ermöglicht die verbesserte Netz- und Marktintegration von Strom und Wärme aus Erneuerbaren Energien. Der Schlüssel hierbei ist „Regenerativer Wasserstoff“ (RH2), der durch ein Elektrolyseverfahren produziert wird. Dieser Wasserstoff kann bedarfsgerecht in einem speziell dafür entwickelten Blockheizkraftwerk effizient nach dem Kraft-Wärme-Kopplungs-Prinzip (KWK) zurück in Strom umgewandelt werden. Die Leistungsstärke der Elektrolyseanlage ist mit 1000 kW die aktuell größte dieser Art deutschlandweit in Verbindung mit Windenergie. Das Wind-Wasserstoff-System soll künftig Strom für eine kontinuierliche Versorgung bereitstellen und tendenziell auch Wärme und Wasserstoff für andere Wirtschaftszwecke, z. B. als Treibstoff oder Brenngas zur Verfügung stellen. Für diese Zwecke sind die Errichtung einer Betankungsanlage sowie die Einspeisung von Wasserstoff in das örtliche Erdgasnetz bereits vorgesehen. Mit dem Vorhaben RH2-WKA sind ebenfalls nennenswerte Beschäftigungseffekte vor Ort verbunden. So entsteht parallel zur Errichtung des Windparks in Altentreptow ein Turmbau- und Servicestützpunkt des Anlagenherstellers ENERCON, in dem künftig mindestens 50 Arbeitnehmer beschäftigt sein werden.

Der symbolische Erste Spatenstich für die Wasserstoffspeicheranlage war für die WIND-projekt

der Auftakt für den Einstieg in den Energiespeicherbereich und die Entwicklung von Klimaschutztechnologie „Made in M-V“. Dass es dazu kam, war vor allem der Hilfe aus Bundesmitteln zu verdanken. „Wir sind dankbar darüber, dass das Demonstrations- und Innovationsvorhaben der RH2-WKA aufgrund des Neuheitsgrads maßgeblich durch das Nationale Innovationsprogramm für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) im Bereich der Energiespeichertechnik unterstützt wird“, so Carlo Schmidt, Geschäftsführer der Wind-projekt GmbH. Ansprechpartner ist hier die NOW GmbH Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Das Projekt wird mit 4,5 Mio. Euro aus dem NIP gefördert. Daher war auch die NOW bei der Zeremonie vertreten.

4.3 Hybridkraftwerk der ENERTRAG eröffnet

Einen großen Tag für sein Land feierte Brandenburgs Ministerpräsident Matthias Platzeck nach eigenen Worten am 25. Oktober nahe der uckermärkischen Stadt Prenzlau. Anlass war die Eröffnung des weltweit ersten Wind-Wasserstoff-Hybridkraftwerks, errichtet von der ENERTRAG AG. Dieses wegweisende Projekt hat zum Ziel, die Machbarkeit einer sicheren und nachhaltigen Energieversorgung und Energiespeicherung mit einem Mix aus rein erneuerbaren Energiequellen im Praxistest nachzuweisen. Das Wasserstoff-Hybridkraftwerk vereint erstmals die Energiequellen Wind, Wasserstoff und Biogas zu einem Verbund. Der in drei Windturbinen erzeugte Strom wird anteilig zur Herstellung von CO₂-freiem Wasserstoff eingesetzt. Dieser grüne Wasserstoff wird gespeichert und in Zeiten hoher Nachfrage bei gleichzeitig geringem Windenergieangebot in einem Wasserstoff-Biogas-Blockheizkraftwerk zur Strom- und Wärmeproduktion genutzt. Außerdem kommt der Wasserstoff auch an TOTAL Wasserstoff-Tankstellen in Berlin und Hamburg an die Zapfsäulen. So sorgt grüner Wasserstoff aus der Uckermark für CO₂-freie Mobilität auch in diesen Städten.

Warum macht man das? Werner Diwald, als ENERTRAG-Vorstand maßgeblich am Erfolg des Projekts beteiligt: „Die bedarfsgerechte Bereitstellung von Energie für die Sektoren Strom, Wärme und Mobilität allein aus erneuerbaren Quellen ist ein zentraler Baustein für die Energiewende und eine nachhaltige wirtschaftliche und versorgungssichere Energieversorgung. Eine wesentliche Rolle wird dabei die Speicherung der regenerativen Energien einnehmen. Wasserstoff ist nach einheitlicher Meinung das zentrale Medium, da Wasserstoff leicht, in großen Mengen und in der erforderli-



Ministerpräsident Platzeck bei der Eröffnung des Hybridkraftwerks, hinter ihm ein Bild von der Grundsteinlegung gemeinsam mit Bundeskanzlerin Merkel 2009

chen Geschwindigkeit die Energieströme transportieren und speichern kann. ENERTRAG setzt aus diesem Grund auf Wasserstoff und entwickelt gemeinsam mit industriellen Partnern Lösungen auf Basis heimischer Ressourcen, die die Energieversorgung Deutschlands in Übereinstimmung mit den politischen Zielen der Gesellschaft sicherstellen.“

Die ENERTRAG war aber nicht allein, sondern TOTAL Deutschland GmbH, Vattenfall und die Deutsche Bahn waren Partner. Die gesamte Investitionssumme für das Hybridkraftwerk beläuft sich auf 21 M€. Gefördert wird das Pionierprojekt, das bis Ende 2012 läuft, durch das Land Brandenburg und das Bundesverkehrsministerium.

Bei der Festveranstaltung anlässlich der offiziellen Eröffnung sagte Ministerpräsident Matthias Platzeck: „Der heutige Tag gibt richtig Aufwind! Das Hybridkraftwerk ist ein innovativer, umsetzbarer und wirtschaftlicher Beitrag zu mehr Klimafreundlichkeit. Mit dieser weltweit ersten Anlage gelingt es, die schwankende Windenergie in eine verlässliche Größe umzuwandeln, damit sie langfristig als planbare Energie für Strom, Wärme und Mobilität eingesetzt werden kann. Wir haben es mit einem Quantensprung in der modernen Speichertechnologie zu tun.“ Ganz besonders stolz war er natürlich darauf, dass dieses Signal an die Welt ausgeht aus der brandenburgischen Uckermark kommt, einer zwar landschaftlich reizvollen Gegend, die aber sonst nicht gerade als industrieller Nabel der Welt bekannt ist.

Von grüner Mobilität wurde nicht nur geredet, man konnte sie auch ganz praktisch „erfahren“. Brennstoffzellenautos von Daimler, General Motors, Audi und Honda standen bereit, so dass Interessenten eine kleine Runde drehen konnten.



Elektrolysehalle und Speichertanks

4.4 Bündnis für Wind-Wasserstoff

Um das Ziel zu erreichen, die Energiewende mit einem starken Ausbau der Erneuerbaren Energien umzusetzen sind Energiespeicher notwendig. Wasserstoff hat das Potential, in ausreichendem Umfang erneuerbare Energie aus Wind zu speichern. Vor diesem Hintergrund hat sich die Initiative „performing energy – Bündnis für Windwasserstoff“ aus namhaften Vertretern der Industrie, der Wissenschaft sowie von Organisationen aus dem Bereich Umwelt und Technologieförderung gebildet, um mit ersten Erprobungsvorhaben die Voraussetzungen für eine künftige wirtschaftliche Integration von Speichersystemen mit Wasserstoff in die Energiewirtschaft zu schaffen.

- Wasserstoff ist der einzige Energieträger, der in der Lage ist, in großen Mengen regenerativ erzeugte Energie über einen langen Zeitraum in der bestehenden Gasinfrastruktur zu speichern.
- Der gespeicherte Wasserstoff kann ins Erdgasnetz eingespeist werden und in Gaskraftwerken sowie dezentralen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zur Ausregelung der fluktuierenden erneuerbaren Energien genutzt werden.
- Der gespeicherte Wasserstoff kann als emissionsfreier Kraftstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge verwendet werden und so vom Energiebis zum Verkehrssektor eine gemeinsame Wertschöpfungskette bilden. Die Serienproduktion von wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellenfahrzeugen soll 2014 beginnen.
- Durch die Bereitstellung von grünem Wasserstoff für die Industrie können dort CO₂ Emissionen in relevantem Umfang vermieden werden.

Vertreter von 14 namhaften Industrieunternehmen, Forschungseinrichtungen sowie Organisationen aus den Bereichen Umwelt und Technologieförderung stellten am 7. Dezember in Berlin die Initiative „performing energy – Bündnis für Windwasserstoff“ vor. Die Initiative wird von den Ländern Brandenburg, Schleswig-Holstein und Hamburg unterstützt.



Die Partner des Bündnisses für Windwasserstoff: 14 Firmen, Forschungseinrichtungen und Verbände sowie drei Bundesländer

Die Partner der Initiative „performing energy“ beabsichtigen, die technische Machbarkeit und die Wirtschaftlichkeit großer Wind-Wasserstoff-Systeme zu erforschen, unter Alltagsbedingungen zu testen und mittelfristig zur Marktreife zu bringen. Für drei aufeinander abgestimmte Demonstrationsprojekte in Brandenburg und Schleswig-Holstein haben die Partner einen gemeinsamen Förderantrag gestellt und bei positiver Bewilligung soll in den Projekten die gesamte Wertschöpfungskette des Wind-Wasserstoffs über die Energiebereiche Strom, Wärme und Mobilität abgebildet werden.

Die Partner sind:

- Brandenburgische Technische Universität
- DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH,
- Deutsche Umwelthilfe e.V.
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Institut für Technische Thermodynamik,
- ENERTRAG AG,
- Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme,
- GASAG Berliner Gaswerke Aktiengesellschaft,
- hySOLUTIONS GmbH,
- Linde AG,
- NOW GmbH Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie,
- Siemens AG - Sektor Industry und Sektor Energy,
- TOTAL Deutschland GmbH,
- Vattenfall Europe Innovation GmbH und
- Vattenfall Europe Windkraft GmbH.

Die Arbeit des Bündnisses soll sich zunächst auf drei Demonstrationsprojekte richten, nämlich:

- großtechnische Erzeugung von Wasserstoff und Einspeisung ins Gasnetz,
 - Erzeugung und Rückverstromung von Wasserstoff und
 - Wasserstoffspeicherung in Salzkavernen
- sowie das Querschnittsthema
- Wasserstoff als Kraftstoff.

Teil aller Vorhaben ist die Nutzung des Wind-Wasserstoffs im Verkehr. Die Demonstrationsvorhaben sind deshalb an die Clean Energy Partnership (CEP) in Berlin und Hamburg angebunden. Allein in Berlin sind im Rahmen der CEP bereits rund 50 Elektrofahrzeuge mit Brennstoffzellen im Einsatz. Die Serienproduktion von wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellenfahrzeugen soll 2014 beginnen. In der Frage des Ausbaus der Wasserstoff-Mobilität kommt der nachhaltigen Erzeugung mit Windkraft eine Schlüsselstellung zu.

4.5 Zuverlässiger Notstrom für Meiningen

Die Stadtverwaltung des thüringischen Meiningen hat Mitte Mai eine neue Notstromversorgung für die Computer im Rathaus in Betrieb genommen. Acht Einheiten des Typs Nexa 1200 von Ballard, die in Deutschland von Heliocentris vertrieben werden, kommen zusammen mit Lithium-Ionen-Akkus zum Einsatz. Jedes einzelne Gerät liefert 1,2 kW, das System insgesamt also knapp 10 kW.

Die vorher vorhandene konventionelle unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) mit Bleibatterie



Nexa 1200

rien war nicht mehr in der Lage, lange Überbrückungszeiträume zu kompensieren. Die Stadtverwaltung hat sich nun für eine attraktive und neuartige Lösung des Problems entschieden. Damit wird die Notstromversorgung der gesamten Verwaltungs-EDV der Stadtverwaltung über mehrere Stunden lang sichergestellt. Dank Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnik läuft die Anlage auch noch leise und emissionsfrei.

Eine Besonderheit des Projektes ist die Installation dieser neuartigen Technologie im Schloss Elisabethenburg, in dem die Stadtverwaltung ihren Sitz hat. Damit werden ein historisches Gebäude und modernste Technik in Einklang gebracht.

4.6 Brennstoffzellen liefern Licht beim Shuttle-Abschiedsstart

Die NASA-Raumfähre Space Shuttle verwendet Brennstoffzellen – nein, nicht mehr, denn am 20. Juli fand der letzte Start statt. Daher waren deutlich mehr Fotografen und Kameralente anwesend als sonst. Brennstoffzellen machten sich dabei auch im Pressezentrum nützlich. Die amerikanische Firma Multiquip lieferte zusätzliches Licht mit Hilfe ihres Hydrogen Fuel Cell Powered Light Tower (H2LT). Außerdem lieferte eine Brennstoffzelle Strom, mit dem die Journalisten die Akkus ihrer Kameras aufladen konnten. Der Einsatz des Systems war der bisherige Höhepunkt einer ganzen Serie von Tests unter ernsthaften Bedingungen. Dazu gehörten die Verleihung der Oscars 2010 und der Grammys und Golden Globes 2011. Das System macht keinen Lärm und hält 68 Stunden durch. Die gewerbliche Produktion soll im letzten Quartal dieses Jahres beginnen.



Brennstoffzellen vorn und hinten

4.7 Brennstoffzelle am Flughafen Frankfurt

Neben zwei gelben Kassenautomaten an einem Parkplatz am Flughafen Frankfurt stehen jetzt zwei weitere große Gehäuse. Auf den ersten Blick ist nicht ersichtlich, dass sich in diesen Schränken modernste Hightech verbirgt. Darin geschützt untergebracht sind Brennstoffzellensysteme mit einer Leistung von 5 kW, inklusive Wasserstoffflaschen als Energieträger, welche Unterbrechungen im Versorgungsnetz sekundenschnell absichern und damit die oft schwerwiegenden Folgen von Stromausfällen vermeiden. Dabei gewährleistet das Brennstoffzellensystem bei Stromausfall nicht nur einen weiteren unterbrechungsfreien Betrieb des Parkscheinautomaten, sondern sichert vor allen Dingen auch die Hochverfügbarkeit des IT- und Stromnetzwerkes für ein nahe gelegenes Gebäude.

„Mit diesem Pilotprojekt, das wir gemeinsam mit Rittal umgesetzt haben, demonstriert die Fraport AG, dass sie mit der Brennstoffzellen-Technologie auf eine besonders wirtschaftliche und umweltfreundliche Zukunftstechnologie setzt und sie bereits heute im Betrieb hat“, erklärt Marcus Keimling, Projektleiter Brennstoffzelle bei der Fraport



Unauffällig im grauen Kasten steckt die Brennstoffzelle

AG. Der Flughafenbetreiber plant die Brennstoffzellentechnik zukünftig in noch weiteren Anwendungsbereichen des Airports einzusetzen.

Dank der neuesten Fortschritte ist die Brennstoffzelle anderen Notstrom-Technologien mittlerweile in fast jedem Punkt überlegen. In Sachen Zuverlässigkeit, Wartungsbedarf und Energieeffizienz liegt sie klar vorn. Aber auch bei der Überbrückungszeit bietet sie Vorteile: Die meisten rein batteriebetriebenen Lösungen können im Vergleich zu Brennstoffzellensystemen einen Stromausfall nur für wenige Minuten überbrücken. Demgegenüber sichern die Brennstoffzellen von Rittal mit insgesamt 200 Litern Wasserstoffvorrat eine Überbrückungszeit von bis zu zehn Stunden. Je nach Anzahl der Gasflaschen ist die Überbrückungszeit beliebig erweiterbar.

Ein zusätzlicher Vorteil der Brennstoffzellentechnologie von Rittal ist die umweltfreundliche, emissionsfreie Energiewandlung sowie der hohe Gesamtwirkungsgrad von bis zu 53 %. Durch die unmittelbare Wandlung von chemischer Energie in elektrische Energie ist der Prozess im Vergleich zu Generatorenlösungen zudem sehr geräuscharm.

4.8 Niedersachsens Polizei setzt auf Brennstoffzellen

Der Niedersächsische Innenminister Uwe Schünemann erhielt am 29. August in der Zentralen

Polizeidirektion in Hannover einen hochdotierten Förderbescheid von Enak Ferlemann, dem Parlamentarischen Staatssekretär beim Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). Die Landespolizeidirektion Niedersachsen erhält insgesamt 175 k€ Förderung aus dem Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP), um Brennstoffzellen in der unterbrechungsfreien Stromversorgung im Behördenfunk zu erproben.

Die Systeme werden an ausgewählten Basisstationen, die aufgrund von witterungsbedingten Ausnahmesituationen (Schnee, Hochwasser oder Sturmschäden) nur schwer erreichbar sind, länger anhaltende Stromausfälle überbrücken und somit für die Betriebssicherheit im aktuell errichteten Funknetz sorgen. Ausschlaggebend für den Einsatz des Netzersatzanlagen-Systems im Behördenfunk waren die umweltfreundlichen Betriebsbedingungen und die bis zu 72-stündige Überbrückungszeit.

„Als erstes Bundesland setzt Niedersachsen auf die Brennstoffzellentechnologie im digitalen Behördenfunk von Polizei, Feuerwehr, Rettungs- und Hilfsdiensten. Brennstoffzellen sind effizient und sauber. Die Bundesregierung ist der Auffassung, dass diese Technologie auch im Bereich der kritischen Stromversorgung dazu beitragen kann, klimaschädliches CO₂ einzusparen. Deshalb fördern wir mit dem NIP Forschung, Entwicklung und Demonstration in Höhe von 700 M€. Darüber hinaus stärken wir so auch unseren Technologiestandort“, betonte der Parlamentarische Staatssekretär Enak Ferlemann.

Das Gesamtprojekt der alternativen Stromversorgung umfasst die Installation von Brennstoffzellen an fünf niedersächsischen Standorten. Es hat einen Kostenrahmen von rund 365 k€. Die erste von bundesweit rund 4500 Basisstationen, die mit dem neuen Überbrückungssystem ausgestattet wird, befindet sich am Stadersand (Elbe) in der Polizeidirektion Lüneburg. Noch in diesem Jahr soll eine zweite Station in Rinteln an der Weser (Polizeidirektion Göttingen) folgen. Knapp die Hälfte der Investitionssumme ist über die Fördermittel abgedeckt.

5 Portable Anwendungen

5.1 Strom in der Tasche - überall



Das Ladegerät PowerTrek

Ladegeräte für netzferne Anwendungen von Elektronik kommen jetzt auf den Markt. Einer der Anführer ist die schwedische Firma myFC. PowerTrek ist ein taschengroßes leichtes Ladegerät für Nutzer, die viel Zeit abseits von Stromnetzen verbringen. Es sorgt überall sofort für Strom. Mit seinem stabilen, wasserdichten Gehäuse und

seiner robusten Technologie im Inneren erfüllt PowerTrek anspruchsvolle Bedürfnisse.

PowerTrek ist tragbare Batterie und Brennstoffzelle in einem. Die tragbare Batterie kann selbständig als verfügbare Stromquelle oder als Speicherpuffer für die Brennstoffzelle betrieben werden. Die Brennstoffzelle ermöglicht das sofortige Laden einer verbrauchten Batterie, ohne dass das Gerät mit einer Steckdose verbunden werden muss. Der Wasserstoff wird chemisch gebunden in besonderen Einheiten verkauft, die das Gas entwickeln, sobald man sie mit Wasser in Verbindung bringt. Um tragbare Geräte aufzuladen, zum Beispiel Mobiltelefone, Kameras und GPS-Geräte, verbindet der Nutzer sein Gerät über einen USB-Anschluss mit PowerTrek.

„PowerTrek ist den traditionellen tragbaren Ladegeräten deutlich überlegen. Brennstoffzellenstrom wird sofort erzeugt, und der Ladevorgang hängt nicht vom Wetter oder der Position der Sonne ab, wie es bei Solarmodulen der Fall ist. Im Vergleich zu batteriebetriebenen Reiseladegeräten sorgt PowerTrek für einen zuverlässigen Ladevorgang, weil die Brennstoffzellenpakete sich nicht verbrauchen, wie es bei Batterien der Fall ist“, so Björn Westerholm, Chef von myFC.

6 Infrastruktur

6.1 Tankstellen

6.1.1 Leistungsfähigste Tankstelle der Welt in Berlin

Die derzeit leistungsfähigste Wasserstoff-Tankstelle der Welt steht in Berlin am Schöneberger Sachsendamm. Es ist auch die erste derartige Shell-Station in Deutschland. Sie ist Teil der Clean Energy Partnership (CEP) und wurde am 20. Juni in Betrieb genommen. Die CEP wird im Rahmen des NIP von der Bundesregierung finanziell unterstützt.



Tankstelle Sachsendamm von oben

Auf dem Foto sieht man die technischen Anlagen für die Versorgung der Station auf einem Luftbild. Der Wasserstoff wird nicht am Ort erzeugt, sondern flüssig geliefert. Diesen Teil hat Linde übernommen. Was man allerdings nicht sieht, ist der Tank für die tiefkalte Flüssigkeit. Er befindet sich unterirdisch. Nur an einer Treppe merkt man, dass die Anlage auch noch in die Tiefe geht. Das Foto zeigt einen Tanklastzug, der gerade Wasserstoff liefert. Dort, wo er steht, können ab jetzt Busse tanken. Die Zapfsäule für PKW befindet sich unter dem Dach rechts im Bild, zusammen mit denen für andere Kraftstoffe (Benzin, Diesel, Erdgas).

Die Anlage hat eine Kapazität zur Betankung von rund 250 Wasserstoff-Fahrzeugen am Tag. Die Tankstelle wird jedoch vorwiegend zu Demonstrations- und Forschungszwecken betrieben, und es wird erwartet, dass dort im Schnitt zunächst etwa 20 Fahrzeuge pro Tag betankt werden. Es gibt nämlich derzeit in ganz Deutschland gerade 260 Fahrzeuge für den Kraftstoff Wasserstoff, wie Dirk Inger als Vertreter des Bundesverkehrsministeriums mitteilte. Aber man muss ja auch schon die Technologie für spätere Anlagen entwickeln, die etwa an Autobahnen stehen und bei denen die Zahlen dann ganz anders aussehen.

Was es an der Tankstelle nicht gibt, ist ein Füllanschluss für flüssigen Wasserstoff. Er wird zwar flüssig gespeichert, aber nur gasförmig abgegeben. Der letzte Vertreter der Flüssigspeicherung an Bord war BMW, aber seitdem man das Thema auch in München zu den Akten gelegt hat und Alternativen entwickelt, lohnt sich der Aufwand nicht mehr.

6.1.2 Daimler und Linde wollen die Infrastruktur anschieben

Anlässlich des Abschlusses der Weltreise von drei B-Klasse F-CELL hat der Daimlerkonzern bekannt gegeben, dass er zusammen mit dem Industriegashersteller Linde beim Aufbau von Wasserstoff-tankstellen in Deutschland aufs Tempo drücken will. In den kommenden drei Jahren wollen die beiden Firmen 20 zusätzliche Stationen errichten und dafür einen zweistelligen Millionenbetrag investieren. Eine Tankstelle koste etwa eine Million Euro.

Zusammen mit dem Ausbau von verkehrsgünstig gelegenen bestehenden Tankstellen von Mineralölfirmen werde sich das Wasserstoff-Tankstellennetz laut Daimler und Linde bis 2014 mehr als verdreifachen. Zurzeit gibt es knapp 30 Stationen. Die neuen Stationen sollten in den Regionen Stuttgart, Berlin und Hamburg sowie entlang einer neuen durchgängigen Nord-Süd- und Ost-West-Verbindung gebaut werden.

6.2 Wasserstoff im Energienetz

6.2.1 Wasserstoff als Regelenergie

Am 16. August 2011 fanden sich im Alten Schalthaus in Darmstadt 120 Experten von Energieversorgern und Unternehmen der Wasserstofftechnik sowie der Erneuerbaren-Energien-Branche zusammen. Gemeinsam diskutierten sie im Rahmen des vom Hessischen Umweltministerium und der Wasserstoff- und Brennstoffzelleninitiative Hessen (H2BZ) veranstalteten Workshops „Regelenergie – Lösungsansätze mit Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie“ über das Potenzial der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie für eine künftig gesicherte und gleichmäßige Energieversorgung. In drei Arbeitsgruppen und einer abschließenden Podiumsdiskussion haben hochkarätige Experten aus Wirtschaft und Wissenschaft mehrere Dimensionen des Themas Regelenergie beleuchtet. So handelte der erste Teil der Veranstaltung generell von der Regelleistung in der Energieversorgung und den Herausforderungen

durch erneuerbare Energien, auch hinsichtlich der neuen Rolle von der Energiespeicherung für die Stromversorgung. Anschließend folgte ein Vergleich verschiedener Energieträger mit ihren Auswirkungen auf das Netz. Schließlich konkretisierten drei Referenten das Thema Wasserstoff hinsichtlich Speicherung, Erzeugung und Bereitstellung im Zusammenhang mit der Energieversorgung.

Dabei wurde deutlich, welchen herausragenden Beitrag die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie für die sichere und saubere Energieversorgung der Zukunft leisten kann. Mit zunehmendem Ausbau erneuerbarer Energien wird der Einsatz effizienter Speicher immer wichtiger. Insbesondere für die Langzeitspeicherung erscheint Wasserstoff als eine viel versprechende Alternative. Hochdynamische Elektrolysesysteme zur Wasserstoffherzeugung lassen sich als flexible Regellast einsetzen, insbesondere dort, wo man Wasserstoff am Ende stofflich nutzt oder in einer anderen Energieform ausspeichert. Die profitabelste Verwendung so gespeicherten Wasserstoffs ist die Nutzung in Brennstoffzellenfahrzeugen.

6.2.2 Guter Start für Windgas

Mehr als 3000 Kunden haben bei Greenpeace Energy einen Vertrag für proWindgas unterschrieben. Damit läuft das erst im Juli gestartete Gasangebot besser als von der Energiegenossenschaft erwartet. Die Prognosen wurden nach oben korrigiert; bis zum Jahresende sollen 5000 Kunden gewonnen sein. Die Belieferung der Kunden be-

gann am 1. Oktober. Zunächst wird Erdgas geliefert, ab 2012 plant Greenpeace Energy dann zunehmende Anteile „Windgas“ beizumischen.

„Windgas“ ist schlicht und einfach Wasserstoff, der auf nachhaltige Weise aus überschüssigem Windstrom gewonnen wird. Immer wenn mehr Ökostrom entsteht als verbraucht wird oder auch als das Stromnetz transportieren kann, wird die überschüssige Energie in Wasserstoff umgewandelt und ins Gasnetz eingespeist. So werden Erneuerbare Energien speicherbar - und zwar in großen Mengen und nötigenfalls für viele Monate. „Windgas ist entscheidend für das Gelingen der Energiewende in Deutschland“, betont Astrid Kleinkönig, Marketingleiterin bei Greenpeace Energy: „Die Technik ermöglicht, dass wir uns in Zukunft vollständig aus Erneuerbaren Energien versorgen.“

Schon heute kann Windgas eine wichtige Rolle spielen: Ein zunehmender Teil Ökostrom, vor allem Windstrom, passt nicht mehr ins Stromnetz, weil die Leitungen nicht genügend ausgebaut sind. Nach neuesten Zahlen der Bundesnetzagentur gingen im vergangenen Jahr so 127 GWh Strom verloren. Der Strom im Wert von 30 M€ hätte ausgereicht, mehr als 30.000 Haushalte über ein Jahr zu versorgen.

In dem Tarif „proWindgas“ von Greenpeace Energy ist ein Aufschlag enthalten, der zum Aufbau der Windgas-Technologie dient. Aktuell prüft Greenpeace Energy Standorte für die nötige Infrastruktur.

7 Forschung und Bildung

7.1 Start für Ulmer Elektrochemie-Institut

In Ulm gaben am 17. Januar Bundesforschungsministerin Annette Schavan und der baden-württembergische Ministerpräsident Stefan Mappus den Startschuss für das neu gegründete Helmholtz-Institut Ulm für Elektrochemische Energiespeicherung (HIU). Das Institut ist eine Kooperation des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) und der Universität Ulm, assoziierte Partner sind das Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW). Das HIU soll die Brücke zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung schlagen und wird dafür vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) jährlich mit rund 4,5 M€ unterstützt. Seit 2008 hat das BMBF insgesamt über 250 M€ in die Forschung für Elektromobilität investiert, davon allein rund 140 M€ für den Aufbau von Kompetenzen in Elektrochemie.

„Das neue Helmholtz-Institut ist ein weiterer wichtiger Schritt auf dem Weg Deutschlands zum Leitmarkt für Elektromobilität. Es ist Teil der langfristig angelegten Strategie des BMBF, mit der wir exzellente deutsche Forschung im Bereich Batterietechnologien stärken wollen“, sagte Bundesforschungsministerin Annette Schavan in Ulm. „Batterietechnologie ist eine Schlüsseltechnologie für die Elektromobilität, sie liefert aber auch Speichermöglichkeiten für erneuerbare Energien wie Wind und Sonne.“

Durch das neue Institut werden u. a. elektrochemische Grundlagenforschung, Materialforschung und Theorie und Modellierung elektrochemischer Prozesse gestärkt, inklusive der Forschung an alternativen Batterie-Konzepten, sowie übergreifende Systembetrachtungen. Von den Ergebnissen wird im gleichen Maß auch die Brennstoffzellentechnologie profitieren, die ja in Ulm schon recht gut vertreten ist.

7.2 Die Gewinner des DWV-Innovationspreises

Zum Programm der DWV-Mitgliederversammlung gehört traditionell die Ehrung der Gewinner des Innovationspreises. 2011 hatten wir drei davon. In allen drei Klassen (Bachelor, Diplom/Master, Dissertation) gingen preiswürdige Arbeiten ein.

Die beste **Bachelorarbeit** legte nach Meinung des Preisgerichts Zülfi Engin vor. Sie wurde am Zentrum für Brennstoffzellen-Technik (ZBT GmbH) an der Universität Duisburg-Essen angefertigt. Ge-



DWV-Vorsitzender Johannes Töpler (l.) mit den Preisträgern Schwarz, Raksha und Engin

genstand ist die Langzeitstabilität von Brennstoffzellen-Werkstoffen, besonders organischen. Herr Engin hat die komplexen Vorgänge in Bezug auf die Alterung von Dichtungsmaterialien und Bipolarplatten herausgearbeitet und dokumentiert. In Umsetzung der theoretischen Erkenntnisse hat er dann eine Apparatur zur Qualifizierung der chemischen Stabilität von Materialien und Komponenten für den Einsatz in der Brennstoffzelle Umgebung aufgebaut. Umfangreiche Tests und Analysen belegten die Eignung dieses vereinfachten Analyseverfahrens für die Auswahl von Materialien für PEM-Brennstoffzellen. Somit muss die sehr zeit- und kostenintensive Erprobung des Gesamtsystems nur noch an wenigen ausgewählten Proben durchgeführt werden. Die Arbeiten werden am ZBT für weitere Entwicklungsarbeiten genutzt und erlauben jetzt eine schnellere Entwicklung und Verbesserung von Brennstoffzellen.

Die **Diplomarbeit** von Tetyana Raksha wurde an der TU München im Studiengang Energiewirtschaft und Energieanwendungstechnik angefertigt. Die Umwandlung in Wasserstoff und dessen Speicherung macht es möglich, das Angebot an erneuerbaren Energien und Nachfrage aufeinander abzustimmen. Für die Arbeit wurde ein Simulationsmodell entwickelt, mit dessen Hilfe ein Wasserstoffspeichersystem abgebildet und eine Vergleichsmäßigung des Windstroms durch Speicherung simuliert wird. Für unterschiedliche Systemauslegungen wurden die technische Realisierbarkeit nach heutigem Stand der Technik geprüft sowie die spezifischen Stromspeicherungskosten für jede Variante berechnet, um einen Vergleich der einzelnen Varianten zu ermöglichen. Der Einfluss von Parametern wie beispielsweise die aufgenommene elektrische Leistung, die spezifischen Investitionskosten der Elektrolyseanlagen, Salzkavernen sowie eines Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerks auf die Wirtschaftlichkeit des Speichersystems wurde detailliert untersucht. In der Folge wurde geprüft,

welche Anforderungen an die Kostenentwicklung speziell von Elektrolyseanlagen zu stellen sind, wenn sie mit einem konventionellen System konkurrenzfähig werden sollen.

Dr. Torsten Schwarz, Preisträger bei den **Dissertationen**, arbeitet seit 2003 für die Volkswagen AG an der Entwicklung von Brennstoffzellenantrieben. Das Wasserstoff-Subsystem eines Brennstoffzellenantriebs umfasst die Zuführung des Gases zur Brennstoffzelle, die Konditionierung (Druck, Temperatur, Gasfeuchte) sowie die Verteilung auf die katalytisch aktiven Bereiche der Brennstoffzellen-Anode. Allerdings diffundiert durch die Membran sowohl Wasserstoff auf die Kathodenseite als auch Stickstoff in Gegenrichtung. Dieses Phänomen („Crossover“) hat die Kenngrößen bisheriger Brennstoffzellen-Fahrzeuge ungünstig beeinflusst.

Im Rahmen der Arbeit entwickelte Dr. Schwarz zunächst ein Verfahren zur Gasanalyse, das nur einen geringen Einfluss auf die Vorgänge im System hat. Nach umfangreichen Messungen und theoretischen Analysen entstand ein völlig neues Konzept für die Anodengasführung, das die Mängel des alten Systems behebt und auch noch wesentlich einfacher ist. Die Arbeit führt somit zu einer fortgeschrittenen Antriebsgeneration wasserstoffbetriebener Brennstoffzellensysteme mit erhöhter Sicherheit, längerer Lebensdauer und höherem Wirkungsgrad. Die Ergebnisse können direkt bei der Entwicklung der neuen Generationen der Brennstoffzellen-Fahrzeuge in die Praxis überführt werden.

7.3 Brennstoffzellen-Bakterien

Dass es gar nichts Neues unter der Sonne gibt, weiß man ja, aber in der Tiefsee ist es auch nicht anders. An Schwarzen Rauchern, schlotförmigen Geothermal-Quellen der Tiefsee, wimmelt es nur so von Leben. Jetzt haben deutsche Wissenschaftler Muscheln entdeckt, die mithilfe von Bakterien Energie aus Wasserstoff gewinnen. Dabei scheint es sich um ein durchaus weit verbreitetes und äußerst effizientes Konzept zu handeln. Neuen Daten zufolge, die ein Forscherteam vom Max-Planck-Institut für marine Mikrobiologie und dem Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung jetzt gesammelt hat, können Muscheln, Röhrenwürmer und Garnelen mithilfe bestimmter Bakterien nicht nur, wie bisher bekannt, Schwefelwasserstoff und Methan unter Energiegewinn oxidieren, sondern auch reinen Wasserstoff.

Die Mikrobiologen fanden dies anhand neuer Proben aus dem Logatchev-Thermalgebiet am mittelozeanischen Rücken, zwischen den Kapverden und der Karibik gelegen, heraus. In etwa 3000 m Tiefe sickert hier Meerwasser in die Erdkruste, löst dort Mineralien und gelangt über geothermale

Quellen, die sogenannten Schwarzen Raucher, wieder in den Ozean. In diesem bis zu 400 °C heißen Milieu hat sich eine spezielle Lebenswelt entwickelt, die fernab von Sonnenlicht und Sauerstoff existiert. Mit Hilfe von Bakterien betreiben die Organismen anstelle von Fotosynthese die so genannte Chemosynthese – sprich: sie nutzen chemische Reaktionen, um Energie zu gewinnen.

Im Thermalgebiet Logatchev ist dies vor allem *Bathymodiolus*, eine Miesmuschelvariante, die riesige Teppiche von einigen Hundert Quadratmetern bildet. Sie beherbergt mindestens zwei verschiedene bakterielle Untermieter in ihren Kiemen, mit denen Hilfe sie sowohl Schwefelwasserstoff als auch Methan zur Energiegewinnung nutzen kann. Doch das scheint noch nicht alles zu sein, wie die Forscher jetzt nachweisen konnten: Sie entdeckten in den Kiemen der Muscheln ein Gen, das die Tiere dazu befähigt, an den heißen Quellen austretenden Wasserstoff zu oxidieren. Weitere Analysen zeigten, dass das Gen aus den gleichen Bakterien stammt, die auch Schwefelwasserstoff verarbeiten.

Auch bei Röhrenwürmern und Garnelen wiesen die Wissenschaftler das Gen nach. Man geht deshalb davon aus, dass die Fähigkeit, Wasserstoff als Energiequelle zu nutzen, unter den symbiotischen Gemeinschaften der Tiefsee weit verbreitet ist. Möglicherweise spielt sie sogar eine weitaus größere Rolle als die Oxidation von Methan und Sulfid: die Oxidation von Wasserstoff am Logatchev-Thermalgebiet bringt 7-mal mehr Energie als die Methanoxidation und bis zu 18-mal mehr Energie als die Oxidation von Sulfid, also Schwefelwasserstoff. Zudem registrierte das Forschungsteam an diesem Bereich des mittelatlantischen Rückens die höchste jemals an heißen Quellen gemessene Wasserstoffkonzentration. Eine ebenfalls erstaunliche Zahl ermittelten die Wissenschaftler für den Verbrauch des Muschelfeldes: Bis zu 5000 Liter des Gases verarbeiten die Schalentiere innerhalb einer Stunde.

Für die Wissenschaft bedeutet der Nachweis dieses Prozesses in einem natürlichen – wenn auch sehr extremem – Milieu, dass Forscher ihre Untersuchungen nicht weiter nur auf Laborversuche stützen müssen. Vielmehr stehen ihnen nun Organismen zur Verfügung, von denen sie konkrete Anhaltspunkt für physikalisch-chemische Reaktionen mit Wasserstoff erhalten.

7.4 Metallischer Wasserstoff

Sieht man sich das Periodensystem an, würde man erwarten, dass Wasserstoff ein Metall ist, denn er gehört zur selben Gruppe chemischer

Elemente wie die Alkalimetalle Lithium, Natrium und Kalium. Und mit etwas Druck ist er auch genau das. Am Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz hat man den gemeinhin als Gas bekannten Stoff ein wenig in die Mangel genommen.

Bei einem Druck von rund 23 GPa (230.000 bar) erstarrte der Wasserstoff zu einem Festkörper, seine Moleküle blieben dabei jedoch erhalten. Sobald 220 GPa (2,2 Megabar) auf der Probe lasteten, registrierten die beiden Forscher mit Hilfe der Spektren, dass sich die Struktur des Elementes änderte. Gleichzeitig wurde der Wasserstoff zum Halbleiter, wie die Forscher in Messungen der Leitfähigkeit feststellten. Dieser Halbleiter-Zustand war bislang unbekannt. Auch in Berechnungen, wie sich Wasserstoff bei hohen Drücken verhält, haben Theoretiker dafür bislang keine Anzeichen gefunden.

Als die Forscher den Druck auf die Probe weiter erhöhten, stieg die Leitfähigkeit des Wasserstoffs allmählich, bis sie bei 270 GPa (2,7 Mbar) auf das

Tausendfache sprang. Diesen Sprung hatten Rechnungen erst bei fast 400 GPa vorhergesagt. Man kann bisher nicht genau sagen, was passiert, aber vermutlich wird der Wasserstoff zu einem metallischen Leiter. Ob fest oder flüssig, bleibt zu klären. Möglicherweise leitet Wasserstoff unter diesen Bedingungen aber sogar wie ein Supraleiter, transportiert einen elektrischen Strom also völlig ohne Widerstand. Und dass bereits bei Raumtemperatur – anders als alle bekannten Supraleiter, die mehr oder weniger stark gekühlt werden müssen. Es ist noch nicht mal ausgeschlossen, dass der Wasserstoff zugleich auch eine reibungsfrei fließende Quantenflüssigkeit wird, was man bisher nur von Helium kennt. Damit wäre Wasserstoff der erste Stoff, der zugleich supraleitend und superfluid ist. Die Untersuchungen bleiben spannend.

8 Veranstaltungen und Medien

8.1 Konferenzen und Tagungen

8.1.1 Konferenz zur Sicherheit von Wasserstoff

185 hochrangige Wissenschaftler und Entscheidungsträger aus Politik und Industrie trafen sich vom 12. bis zum 14. September in San Francisco zur 4. International Conference on Hydrogen Safety. Diese Konferenzserie findet unter der Schirmherrschaft von HySafe statt, des internationalen Verbandes für die Wasserstoff-Sicherheit. Erstmals wurde die Konferenz in Nordamerika ausgerichtet.

Der HySafe-Vorsitzende Andrei Tchouvelev äußerte sich beeindruckt von der Hochrangigkeit der Teilnehmer, besonders derer aus den USA. Führende Vertreter des Wasserstoff- und Brennstoffzellenprogramms des US-Energieministeriums unterstrichen in den Plenarsitzungen, dass Sicherheit ein entscheidender Teil der Wasserstofftechnologie ist, denn niemand kauft ein Produkt oder eine Dienstleistung, wenn damit unannehmbare Risiken verbunden sind. Ähnlich äußerte sich ein Vertreter der NOW GmbH bei einem Überblick über das deutsche NIP-Programm.

Der Schwerpunkt der Konferenz lag auf wissenschaftlichen Untersuchungen der mit Wasserstoff-Unfällen verbundenen Erscheinungen wie Freisetzung, Zündung, Verbrennung usw. Zehn der 24 thematischen Sitzungen beschäftigten sich damit. In je vier Sitzungen standen Risikoabschätzung bzw. Normen und Vorschriften im Mittelpunkt. Bei der Risikoabschätzung ging es um Dinge wie die Ausbreitung des Gases in einer Garage, die Ausbreitung eines Feuers auf einem Parkplatz mit Wasserstoffautos oder numerische Studien. Auch das im Frühjahr in Deutschland angefertigte „Bürgergutachten“ wurde präsentiert (DWV-Mitteilungen 4/11).

Ebenfalls vorgetragen wurden Untersuchungen über Werkstoffe und Füllverfahren. BMW zeigte den Stand der Arbeit an dem neuen „cryo-compressed“-Tank, der die Vorteile von tiefkalter und Hochdruckspeicherung miteinander verbinden soll. Auch die von der BAM in Berlin untersuchte Speicherung in Glaskapillaren stand auf dem Programm.

Bei allen Präsentationen und Diskussionen wurde deutlich, dass die globale Zusammenarbeit unerlässlich ist. Das ist auch kein Wunder, denn immerhin handelt es sich hier um einen Teil der Antwort auf nicht minder globale Herausforderungen.

Nach Meinung von Marco Carcassi aus Pisa, seit der Schaffung der Konferenz 2005 verantwortlich

für ihre wissenschaftlichen Inhalte, hat sich die ICHS jetzt als internationales Hauptereignis für dieses Gebiet etabliert. So etwas braucht man auch. In jedem Wasserstoffprojekt spielt Sicherheit eine wichtige Rolle, aber nur selten ist sie das Thema selbst. Darum ist es gut, dass Leute wie die Mitglieder von HySafe sich dieses Punktes annehmen.

Die nächste ICHS wird vom 9. bis zum 12. September 2013 in Brüssel stattfinden. Dabei wird die Rolle von Wasserstoff im Energiemix der globalen Märkte im Mittelpunkt stehen. Das Institut für Energie und Verkehr des Joint Research Centre (JRC-IET) der Europäischen Kommission in Petten wird Gastgeber sein.

8.1.2 Pro H2-Technologie-Forum in Hannover

Auf Einladung von Solvay und mit der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW GmbH) als Schirmherr trafen sich am 12. Oktober mehr als 170 Vertreter aus Wissenschaft, Wirtschaft, Verbänden und Politik in Hannover zum ersten Pro H2-Technologie-Forum. Sie stellten Forschungsergebnisse und -projekte vor, die verdeutlichen, wie mit Wasserstoff-Technologien die Energiewende gelingen kann.

Bis zum Jahre 2050 sollen erneuerbare Energien 80 % des hiesigen Strombedarfs decken. Windkraft ist ein wichtiger Baustein im „grünen“ Energie-Mix. Mit dem Ausbau der Windparks wachsen aber auch die Herausforderungen: Speicherung überschüssiger Energie, Stabilisierung der Stromnetze und Ausgleich von Spannungsspitzen sind einige der Stichworte.

Um die Energiewende zu schaffen und die ehrgeizigen Ziele zu erreichen, sei es notwendig, „sich ernsthaft mit erneuerbaren Energien und ihrer effizienten Nutzung auseinander zu setzen“, betonte Dr. Andreas Meier, Vorsitzender der Geschäftsführung der SOLVAY GmbH vor dem hochkarätigen Teilnehmerkreis. Das Pro H2-Technologie-Forum könne künftig den passenden Rahmen dafür bieten. Alle wichtigen Player aus dem Energiebereich, darunter Unternehmen wie Siemens, E.ON Ruhrgas, Vattenfall, Linde oder Enertrag sowie Organisationen wie der Deutsche Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband (DWV) oder die Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW GmbH), waren in Hannover vertreten.

„Was wir brauchen, wenn wir neue Wege beschreiten wollen, ist eine breite Akzeptanz für die erforderlichen Maßnahmen und Investitionen“,

forderte Dr. Meier. Hier seien Unternehmen und Politik gleichermaßen in der Pflicht. Denn ohne neue Energiespeicher ist der Ausbau der erneuerbaren Energien für die Stromversorgung kaum denkbar. Das Problem: Sonne und Wind sind nicht planbar; die produzierte Energiemenge schwankt ebenso wie der Energiebedarf der privaten Haushalte und der Wirtschaft. Die starken Schwankungen müssen aber „geglättet“ werden, um die Stromnetze stabil zu halten.

Wie das im Einzelnen geschehen soll, dazu äußerten sich Vertreter der Industrie (Autos, Energie, Kraftstoff), der Politik (BMVBS, NOW) der Forschung (DLR) sowie von Projektteilnehmern (WIND-projekt).

Alles zusammen ergab eine eindrucksvolle Bestätigung dafür, dass Wasserstoff und Brennstoffzellen ein notwendiger Teil des Energiesystems von morgen sind.

8.2 Neue Publikation des DWV

Mit einer neuen Veröffentlichung liefert der DWV Informationen zur Sicherheit der Anwendung von Wasserstoff als Energieträger. Das *Wasserstoff-Sicherheits-Kompodium* enthält ganz allgemeine Informationen über den Begriff „Risiko“, über die speziell mit Wasserstoff verbundenen Risiken sowie zur Akzeptanz neuer Entwicklungen durch die Öffentlichkeit.

Welche Gefahren sind mit der Anwendung von Wasserstoff als Energieträger verbunden? Wie lernt der Endverbraucher ohne technischen oder wissenschaftlichen Hintergrund damit umzugehen? Und wie sind die Risiken in Verbindung mit Wasserstoff im Vergleich zu herkömmlichen Energieträgern wie Kohle, Öl, Gas oder Uran?

Mitautor Reinhold Wurster äußerte dazu: „Der Verbraucher hat das gute Recht, diese Fragen an eine neue Technik zu richten und Sicherheit zu verlangen. Bei der Einführung einer neuen Technik muss auch oft erst einmal eine gewisse Misstrauensschwelle in der Öffentlichkeit überwunden werden. Das war bei Eisenbahn und Gaslicht nicht anders. Absolute Sicherheit kann es allerdings nicht geben. Wie sicher ist denn dann sicher genug? Hier müssen die eingeführten Energieträger und Kraftstoffe den Vergleichsmaßstab liefern.“

Vor diesem Hintergrund beschäftigen sich die Autoren mit Fragen wie den Bedingungen für eine Gasexplosion, den Wechselwirkungen zwischen Wasserstoff und bestimmten Metallen, einschlägigen Regeln und Normen, Grundlagen des Explosionsschutzes sowie tatsächlichen Unglücksfällen von früher (Tempelhofer Feld 1894) und heute (Verkehrsunfälle mit Wasserstoffautos). Durch fundierte Informationen über das Thema und den



Das Sicherheits-Kompodium

Einsatz und Gebrauch der Produkte können natürliche Hemmnisse schneller überwunden werden. Die DWV-Broschüre liefert genau diesen Informationsbedarf und unterstützt bei der Demonstration der Produkte.

Ulrich Schmidtchen, Sicherheitsexperte des Verbandes und einer der Autoren, meint dazu: „In der öffentlichen Wahrnehmung treten das ‚Hindenburg-Syndrom‘ und der Knallgasversuch aus der Schule immer mehr in den Hintergrund. Das Thema Wasserstoff als Energieträger ist heute sehr positiv besetzt. Aber natürlich werden die Fragen nach der Sicherheit immer wieder gestellt. Das ist völlig normal, und die Öffentlichkeit hat ein Recht auf diese Informationen. Mit der neuen Broschüre hoffen wir, diesen Bedarf zu decken.“

Die 44-seitige Broschüre steht auf der Website des DWV zum Download bereit. Gedruckte Exemplare stellt der Verband auf Anfrage gerne zur Verfügung.

8.3 Wasserstoff bei nuklearen Störfällen

Die äußerst ernstesten Vorfälle im japanischen Kernkraftwerk Fukushima waren gekennzeichnet von mehreren Wasserstoffexplosionen. Vier Reaktor-

blöcke sind bisher dadurch schwer beschädigt worden. Der DWV hält es für wichtig, zur Information darüber beizutragen, wo dieser Wasserstoff herkam, wo er nicht herkam und wie es zu den Explosionen kam.

Wasserstoff gehört nicht zu den Betriebsmitteln einer kerntechnischen Anlage. Im normalen Betrieb taucht er in der Nähe der Brennstäbe nicht in nennenswerten Mengen auf. Die Kühlung des Reaktors erfolgt mit Wasser.

Kleine Mengen Wasserstoff und Sauerstoff entstehen zwar laufend in der Nähe der Brennstäbe durch Radiolyse von Wasser (Spaltung durch ionisierende Strahlung). Die Mengen sind aber nicht gefährlich und werden vielfach unverzüglich durch katalytische Konverter wieder abgebaut, in denen die Gase ohne eine Flamme zu Wasser reagieren.

Der Wasserstoff stammt auch nicht aus Thermolyse des Wassers (Spaltung durch hohe Temperaturen). Die dafür notwendigen Temperaturen von mindestens 2500 °C werden auch im Störfall nicht erreicht.

Die Quelle des Wasserstoffs ist eine andere: Die Hüllen der Brennstäbe,

die den Kernbrennstoff zusammenhalten, bestehen hauptsächlich aus dem Metall Zirkonium. Wenn die Brennstäbe im Störfall nicht mehr ausreichend gekühlt werden, erreichen sie weit höhere Temperaturen als vorgesehen. Bei etwa 1000 °C beginnt das Metall an den Oberflächen zu oxidieren. Da es aber rund um den Reaktorkern keinen freien Sauerstoff gibt, reagiert das Metall mit dem Wasserdampf und entzieht diesem den Sauerstoff. Nimmt man dem Wasser den Sauerstoff weg, bleibt Wasserstoff übrig.

Es entsteht zunächst also nur Wasserstoff, kein Knallgas. Unter letzterem versteht man ein Gemisch aus Wasserstoff und reinem Sauerstoff im genauen Verhältnis 2:1. Im vorliegenden Fall wird der Sauerstoff jedoch für die Reaktion verbraucht und nicht freigesetzt. Radiolyse erzeugt Knallgas, aber nur in kleinen Mengen. Thermolyse würde ebenfalls Knallgas erzeugen, aber sie liegt hier nicht vor.

Trotz der Anwesenheit des Wasserstoffs besteht am Ort seines Entstehens, im Reaktordruckbehäl-

ter, keine Explosionsgefahr, da kein Sauerstoff vorhanden ist. Wasserstoff selbst ist nicht explosiv, nur seine Gemische mit Sauerstoff (reiner Sauerstoff oder Luft) können es sein. Außerdem muss einem solchen Gemisch noch Zündenergie zugeführt werden. Durch die im nuklear abgeschalteten Reaktor weiter anfallende Nachzerfallswärme und die exotherme Oxidation der Metalle durch den Dampf erhöht sich aber der Gasdruck. Zugleich werden die druckführenden Strukturen weiter erhitzt, was ihre Festigkeit vermindert. So droht die Gefahr, die Reaktorumschließung mechanisch zu überlasten.

Lässt man daher das Wasserdampf/Wasserstoff-Gemisch in die Umgebung entweichen, um das System zu entlasten, vermischt sich der Wasserstoff mit Luft, und dann sind explosionsfähige Gemische leicht möglich. (Knallgas ist auch das nicht, weil zum Gemisch noch andere Gase außer Wasserstoff und Sauerstoff gehören, vor allem Wasserdampf und Stickstoff.) Gerade in einem Störfall kommt man auch leicht an Zündenergie, zumal diese bei den hier zu erwartenden erhöhten Konzentrationen recht niedrig liegt. Das zündwilligste Wasserstoff/Luft-Gemisch ist das mit einer Konzentration von 23 %; die Anwesenheit von Wasserdampf reduziert allerdings die Zündfähigkeit, bis bei ca. 60% Dampfanteil die Gemische überhaupt nicht mehr gezündet werden können.

Die Explosionen in Block 1 und 3 in Fukushima haben sich außerhalb des Sicherheitsbehälters im Gebäude ereignet und haben die Gebäude schwer beschädigt, die Sicherheitsbehälter dagegen nicht.

Daraus kann man schließen, dass die Dinge so abgelaufen sind wie oben beschrieben. Bei Block 2 sind allem Anschein nach auch noch Komponenten im Sicherheitsbehälter beschädigt worden. Die genauen Umstände dieses Falles können im Moment noch nicht beurteilt werden. Im Block 4 lief die Wasserstofferzeugung nicht im Reaktor ab, sondern in einem Wasserbecken, in dem zur Zeit des Erdbebens nicht benutzte Brennelemente gelagert wurden und das danach unfallbedingt unzureichend gefüllt war; so befand sich das Gas gleich im Gebäude statt zunächst im Sicherheitsbehälter.

9 Partnerorganisationen

Hürth als Ballards Tor zu Europa

Das kanadische Unternehmen Ballard Power Systems wird zukünftig vom bei Köln gelegenen Hürth aus Projekte in Nordrhein-Westfalen, Deutschland und im gesamten europäischen Ausland koordinieren. Anlässlich der Neuansiedlung wurden am Montag, dem 21. November, die Vertreter Ballards von Walther Boecker, Bürgermeister Stadt Hürth, im Technologie- und Industriepark Knapsack herzlich begrüßt.

„Ballard Power Systems entwickelt und produziert Brennstoffzellen und Systeme für zahlreiche Anwendungen, die weltweit genutzt werden – auch hier in Europa. Wir haben bereits viele Kunden in Deutschland und Europa und wir betrachten gerade Deutschland als einen wachsenden Schlüsselmarkt für unsere Technologie und unsere Produkte. Das gilt sowohl für Brennstoffzellen-Busse, unterbrechungsfreie Stromversorgungen und Systeme für die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)“, teilt Geoffrey Budd, Vertriebsleiter Europa, mit, der auf den expandierenden europäischen Markt baut.

Ballard ist sich des Stellenwerts der neuen Niederlassung in Hürth für die weltweiten Aktivitäten des Konzerns bewusst. „Europa wird einen ganz erheblichen Teil zu unserem weltweiten Wachstum beitragen. Gerade hier gibt es über die Europäische Union ehrgeizige Klima- und Umweltziele, die sich besonders gut mit Hilfe unserer Technologie erreichen lassen. Das Büro in Hürth wird damit eine Schlüsselposition in Europa einnehmen, um von hier aus den Vertrieb, aber auch den Service für unsere Brennstoffzellen-Systeme aufzubauen. Andere wichtige Märkte für uns sind Nord-Amerika, Süd-Amerika, Asien und Afrika.“

Konkrete Projekte belegen bereits jetzt, dass das Unternehmen auch in Zukunft an dem Ausbau des deutschen und europäischen Marktes arbeiten wird. „Die beiden PHILEAS Brennstoffzellen-Hybrid-Busse von APTS, die hier in der Region Rhein-Erft bis nach Köln bereits im Linienverkehr eingesetzt werden, sind ein sehr gutes Beispiel für das klare Bekenntnis der Region Rhein-Erft und Nord-

rhein-Westfalens zur Brennstoffzellen-Technologie. Wir sind in Europa bereits viele Jahre aktiv und wir arbeiten hart daran, weitere Busse hier in NRW aber auch in Deutschland und Europa (beispielsweise in Norwegen, England und den Niederlanden) auf die Straße zu bringen. Wir vertreiben unsere Produkte in Deutschland bereits an Firmen wie Heliocentris oder FutureE, beides deutsche System-Integratoren, die aus unseren Brennstoffzellen gefertigte Produkte in unterschiedlichen Versionen und Märkten erfolgreich vertreiben. Weiterhin haben wir mit der dänischen Firma DANTHERM POWER bereits eine Tochterfirma in Europa platziert.“

Der Technologie- und Industriepark Knapsack liefert für die Betankung der wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellenbusse den Wasserstoff, der als Nebenprodukt der chemischen Industrie anfällt. Die Nähe zu den europäischen Nachbarn wie Belgien, Niederlande und Frankreich macht den Standort für europäisch ausgerichtet Unternehmen zusätzlich interessant. Das Technologiezentrum ST@RT HÜRTH ist hier erste Anlaufstelle und Partner. „Nach langjährigen gemeinsamen Projektarbeiten mit dem Netzwerk HyCologne – Wasserstoff Region Rheinland und ST@RT HÜRTH konnte der Weltmarktführer aus dem Bereich der wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellen, die Ballard Power Systems Inc. aus Burnaby/Vancouver, überzeugt werden, eine Niederlassung im Technologiezentrum ST@RT HÜRTH zu eröffnen.“ Carsten Krause, Geschäftsführer von ST@RT HÜRTH, sieht die Ansiedlung als einen ersten, wichtigen Schritt. Die positive Zusammenarbeit mit dem Netzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW, der NOW Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie und der Germany Trade & Invest (Gesellschaft für Außenwirtschaft und Standortmarketing der Bundesrepublik Deutschland) ist die Basis für weitere Anbahnungen von Projekten und Ansiedlungen von internationalen Unternehmen.

10 Ausblick auf 2012

Das also war 2011. Und was bringt 2012?

Auf dem Weg zur Elektromobilität mit Hilfe von Wasserstoff und Brennstoffzellen werden wir 2012 mit Sicherheit weitere Fortschritte sehen können. Die Flotten der Demonstrationsprojekte (CEP in Deutschland, Skandinavien, Kalifornien) werden wachsen, und die Eröffnung einer neuen Tankstelle irgendwo wird irgendwann selbst in der Fachpresse nur noch eine Fußnote sein.

Weniger augenfällig werden die Fortschritte bei der Nutzung von Wasserstoff als Energiespeicher im Netz sein. Zu der Demonstrationsanlage der ENERTRAG in Prenzlau wird eine weitere in

Mecklenburg-Vorpommern kommen (RH2). Die wirklich großen Speicher sind natürlich mit einem erheblichen Kapitalbedarf verbunden, den keiner so einfach aus dem Ärmel schüttelt.

Leider ist auch für 2012 absehbar, dass die politische Willensbildung besonders im globalen Maßstab mit den technischen Möglichkeiten bei weitem nicht Schritt halten wird. Auch dieses Jahr wird für den Klimaschutz zu wenig und zu spät getan werden. Wir könnten es viel besser. Bedauerlich, dass wir hier keine positivere Prognose stellen können.

Die wichtigsten anstehenden **Veranstaltungen zum Thema** finden Sie regelmäßig in unserem *Wasserstoff-Spiegel*. Hier eine Auswahl:

11.,12.04.12, Berlin:

2012 Grove Conference on Fuel Cells Science & Technology

Kontakt: Fuel Cells 2012 Science & Technology, Marketing Coordinator, Fr. Marie Treadwell
URL: <http://www.fuelcelladvances.com/index.html>

23.-27.04.12, Hannover:

18. Gemeinschaftsstand „Wasserstoff und Brennstoffzellen“ im Rahmen der Hannover Messe

Kontakt: Tobias Renz FAIR, Hr. Tobias Renz
Post: Thalkirchner Str. 81, Kontorhaus 2, No. 330, 81371 München
Tel.: (089) 7201 3840, Fax: - 38420
URL: <http://www.h2fc-fair.com/>

03.-07.06.12, Toronto (Ontario, Kanada):

19. World Hydrogen Energy Conference

Kontakt: World Hydrogen Energy Conference

2012, JPD Conference Secretariat

Post: 1555 Peel St., Suite 500, Montreal, QC H3A 3L8 (Kanada)

Tel.: (001-514) 287-1070, Fax: - 1248

URL: <http://www.whec2012.com>

08.-10.10.12, Stuttgart:

f-cell

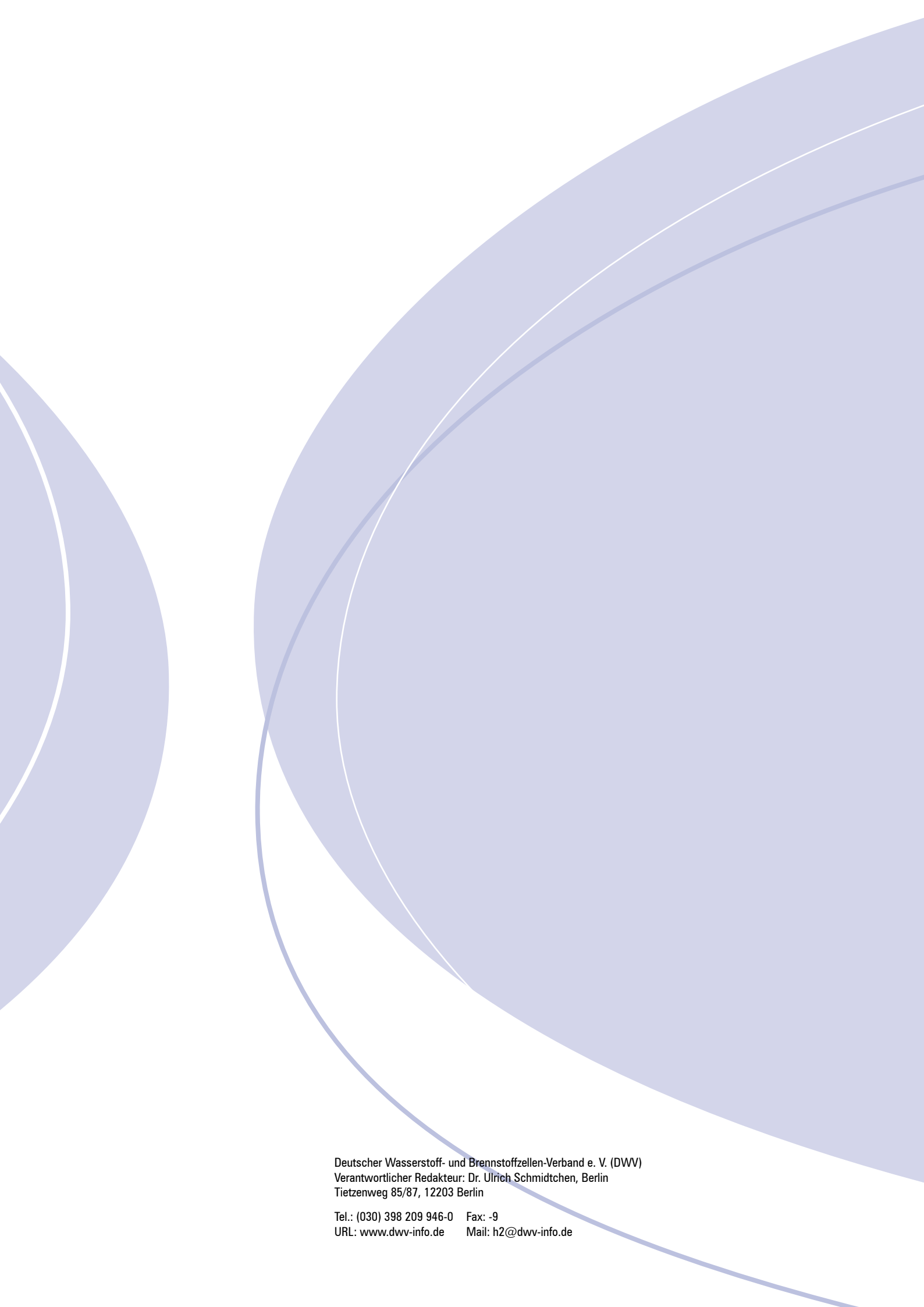
Kontakt: Peter Sauber Agentur Messen und Kongresse GmbH, Fr. Lena Jauernig
Post: Wankelstr. 1, 70563 Stuttgart
Tel.: (0711) 656960-56, Fax: -99
URL: <http://www.f-cell.de/>

08.-10.11.12, Stralsund:

19. Symposium Nutzung erneuerbarer Energiequellen und Wasserstofftechnik

Kontakt: FH Stralsund, Prof. Thomas Luschtinetz
Post: Zur Schwedenschanze 15, 18435 Stralsund
Tel.: (03831) 456-703 / 583, Fax: -687

Und auf unserer Jahrespressekonferenz 2013 können Sie dann erfahren, wie es tatsächlich war.



Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband e. V. (DWW)
Verantwortlicher Redakteur: Dr. Ulrich Schmidtchen, Berlin
Tietzenweg 85/87, 12203 Berlin

Tel.: (030) 398 209 946-0 Fax: -9
URL: www.dwv-info.de Mail: h2@dwv-info.de



Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband e.V. (DWV)

