

DAS MAGAZIN FÜR WASSERSTOFF UND  
BRENNSTOFFZELLEN

# HZwei



→ H<sub>2</sub> AN BORD VON BOOTEN

→ H<sub>2</sub>-PROJEKTE AN DER KÜSTE



# RADIKAL NEUE ANTRIEBE FÜR SCHIFFE

Zero-Emission-Shipping-Symposium in Hamburg



42

Der maritime Sektor ist schon seit geraumer Zeit im Visier von Umweltschützern, emittieren doch insbesondere die Kreuzfahrtschiffe große Schadstoffmengen – sei es während ihrer Fahrten in zuvor teils unberührte Naturregionen oder in den Häfen, wenn die Diesellaggregate zur Aufrechterhaltung der Bordenergieversorgung durchlaufen. Es ist allerdings Besserung in Sicht: Der Anfang für einen saubereren Schiffsverkehr wurde gemacht. Erste Reeder schwenken um auf emissionsärmere Flüssigerdgasmotoren. Und auch Brennstoffzellen könnte in Zukunft ein wichtiger Part zukommen.

Neben der Notwendigkeit, den bis dato vornehmlich dieselmotorisch betriebenen Schiffsverkehr zukünftig nachhaltiger zu gestalten, scheint mittlerweile auch der Wille vorhanden zu sein. Nach jahrelanger Diskussion über die Einführung von verflüssigtem Erdgas (Liquefied Natural Gas – LNG) gehen dieser Tage die ersten großen Schiffe, die mit diesem tiefkalten Kraftstoff fahren, in Betrieb. Das bekannteste Beispiel dürfte die AIDAnova sein, die am 31. August 2018 in der Meyer Werft in Papenburg getauft wurde und ausschließlich mit LNG-Antrieb fährt.

Die AIDAnova ist das einzige Kreuzfahrtschiff, das im August 2018 im Rahmen eines Rankings vom Naturschutzbund Deutschland (NABU) vier grüne Propellerschrauben verliehen bekommen hat, so dass der Umweltverband da-

Mit dem Bau von AIDAprima und AIDAprila hat sich AIDA Cruises 2011 als eines der ersten Kreuzfahrtunternehmen für den Einsatz von Flüssigerdgas entschieden. Die Dual-Fuel-Motoren dieser Schiffe können während der Hafenliegezeit mit LNG betrieben werden, vorausgesetzt dass hierfür landseitig eine entsprechende Kraftstoffversorgung sichergestellt ist.

für eine – wenn auch eingeschränkte – Reiseempfehlung aussprechen konnte. Dementsprechend erklärte der Geschäftsführer der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW), Dr. Klaus Bonhoff: „Schiffsantriebe für erneuerbar herstellbare Flüssigkraftstoffe wie LNG eignen sich vor allem für Schiffe mit hohen Energiebedarfen bei längeren Fahrtrouten.“ Alle anderen Kreuzfahrtschiffe nutzen nach wie vor Schweröl, das zwar günstig, aber äußerst umweltschädlich ist. Entsprechend schlecht schnitten sie in dem Ranking ab.

Aber selbst für LNG weist der NABU auf eine aktuelle Studie von Transport & Environment hin und merkt an, dass Flüssigerdgas „keineswegs der Heilsbringer für die Schifffahrt ist, denn auch hierbei handelt es sich um einen fossilen Kraftstoff“. Weiter heißt es, LNG bringe „keinen nennenswerten Vorteil gegenüber Diesel, wenn es um den Klimaschutz“ gehe.

Die AIDAnova ist das graue unter den schwarzen Schafen.  
NABU-Verkehrsexperte Dietmar Oeliger [NDR.de]

**UMWELTAUFLAGEN WERDEN STRENGER** Ähnlich wie beim Straßenverkehr wird seit Jahren daran gearbeitet, den maritimen Sektor sauberer zu machen. So wurde beschlossen, dass ab 2020 weltweit nur noch Treibstoffe zugelassen werden, die höchstens 0,5 % Schwefel enthalten (in der EU max. 0,1 % Schwefel, derzeit 3,5 %). In so genannten Emissions-Überwachungsgebieten (Sulphur Emission Control Areas – SECA-Zonen, z. B. Nord- und Ostsee) gilt die 0,1-%-Grenze bereits heute. Da mit dieser Grenzwertabsenkung der Aufwand zur Nachreinigung der Abgase von Schiffen, die mit dem teerartigen Schweröl betrieben werden, im-

„Durch die Ausrüstung eines 1.400-TEU-Containerschiffs\* mit einem LNG-Antrieb können die jährlichen Treibhausgasemissionen von 1.500 und die NO<sub>x</sub>-Emissionen von 500.000 Diesel-Pkw kompensiert werden.“

\* Anzahl der 20-Fuß-Container NOW

mer größer wird, suchten die Reeder schon vor Jahren nach einer Alternative und fanden diese in LNG.

Dieser bei Umgebungsbedingungen gasförmig vorliegende Kraftstoff muss zwar im Gegensatz zu seinem mineralölischen Bruder vergleichsweise energieaufwändig bei unter -160°C gelagert werden, damit er flüssig wird. Aber dafür verringert sich der Ausstoß von Stickoxiden um 90 Prozent und der von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) um 20 Prozent. Feinstaubemissionen werden um rund 98 Prozent reduziert. Zudem ist das Gas schwefelfrei. Ähnlich wie an Land bei den Brennstoffzellenautos und Wasserstofftankstellen stehen allerdings die Reeder derzeit vor dem Problem, dass bislang noch nicht sonderlich viele Häfen mit LNG-Betankungsmöglichkeiten ausgestattet sind.

**ZES-KONFERENZ IN HAMBURG** Um über all diese Hintergründe zu informieren, hatte die NOW GmbH, die sich auch um die Umsetzung der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie (MKS) der Bundesregierung kümmert, am 4. September 2018 zum Symposium Zero Emission Shipping nach Hamburg eingeladen. Im Rahmen der Leitmesse der maritimen Wirtschaft SMM trafen sich dort auf dem Messegelände wie bereits 2016 etwa 150 Teilnehmer, um – neben LNG – auch über emissionsarme Alternativen zu herkömmlichen Schiffskraftstoffen wie zum Beispiel Wasserstoff zu diskutieren.

Die Veranstaltung war unterteilt in drei Themenblöcke (LNG, Batterien, Brennstoffzellen), und gleich zu Anfang wurde klar, dass die Technologiereife der BZ-Technik am geringsten ist. Deutlich wurde aber auch, dass viele Akteure insbesondere im Short-Sea-Bereich und in der Binnenschifffahrt sowie bei der Energieversorgung in Häfen große Potentiale sehen. Ein aktuelles Problem ist beispielsweise, dass effizientere Motoren zwar den Verbrauch reduzieren. Wenn die Schiffe dann aber lange Zeit vor Anker liegen, weil die Häfen verstopft sind, müssen die Motoren für die Bordenergieversorgung weiterlaufen und ruinieren die bis dahin vergleichsweise gute Energiebilanz.

**LNG AUF DEM VORMARSCH** Während der ZES vermittelte Christian P. Hoepfner von der Reederei Wessels ein paar Eindrücke, wie ein LNG-Betrieb aussehen kann. Anhand der Wes Amelie zeigte er, dass vom Abgas „in jedem Lastbereich nichts mehr zu bemerken ist – kein Qualm, keine Rußpar-

Die Internationale Seeschiffahrts-Organisation IMO ist eine Sonderorganisation der Vereinten Nationen und gilt als wichtigster Regelgeber in diesem Bereich. Die in der IMO zusammengeschlossenen 174 Staaten haben sich auf ein Reduktionsziel von Treibhausgasen für 2050 um 50 Prozent gegenüber 2008 geeinigt. Die Frist zur Einreichung von Änderungsanträgen für 2020 ist allerdings bereits verstrichen. Jetzt wird daran gearbeitet, Brennstoffzellen bis 2024 im Kapitel E des IGF Codes (International Code of Safety for Ships Using Gases or Other Low-Flashpoint Fuels) zu verankern. Unter anderem wird in diesem Zusammenhang derzeit auch die Verwendung von Methanol überprüft.

tikel und kein Geruch“. Die Wes Amelie ist ein Containerschiff, das mit MKS-Fördermitteln zu 60 Prozent gefördert und innerhalb von 90 Tagen auf LNG umgerüstet wurde. Laut Hoepfner wird dadurch rund 31 Prozent weniger CO<sub>2</sub> emittiert. Selbst unter Berücksichtigung des Methanschlupfes (Austritt unverbrannten Methans), der derzeit bei etwa 25 Prozent liegt, sei insgesamt immer noch eine Verringerung der treibhausgaswirksamen Emissionen sichergestellt. Zudem sei kraftstoffseitig mit verflüssigtem Erdgas eine Kostenreduktion in Höhe von „mindestens 25 Prozent“ realisierbar.



Abb. 2: Die AIDAprima landete auf Rang 3 des NABU-Rankings

Interessant war auch die Präsentation von Christian Becker, der die kurz zuvor fertiggestellten LNG PowerPacs von HPE Hybrid Port Energy präsentierte. Hierbei handelt es sich um Containerlösungen (1,5 MW), die einfach zu transportieren sind und die Energieversorgung von Schiffen im Hafenbereich sicherstellen können. Becker berichtete: „Wir arbeiten daran, auch Wasserstoff mit aufzunehmen, da Norwegen und Dänemark das von uns fordern.“ Die 40-Fuß-Container können wahlweise direkt am Kai positioniert oder auch mit anderen Containern an Bord gebracht werden, so dass sie dann innerhalb von 30 Minuten betriebsbereit sind.

„Das Ziel für 2050 kann nur mit radikal neuen Antriebssystemen wie Wasserstoff und Batterien erreicht werden.“  
Esbén Poulsson, International Chamber of Shipping (ICS)

**WASSERSTOFF NUR IM FÄHRBETRIEB** Gerhard Untiedt von der Meyer Werft machte nochmals deutlich, dass „LNG im Passagierbereich angekommen“ ist. Er sagte: „Das ist der Kraftstoff, der es für die nächsten Dekaden auch bleiben wird. Bio-Fuels sehen wir wegen der Konkurrenzsituation nicht, außerdem sind sie nur begrenzt verfügbar.“ In Bezug auf elektrische Antriebe stellte er klar: „Akkus und Wasserstoff sind für Langstrecken ungeeignet. Wasserstoff sehen wir überhaupt nicht als Antriebskraftstoff, außer beispielsweise bei Fähren.“

Die anwesenden politischen Vertreter signalisierten während der Diskussion durchaus Gesprächsbereitschaft. So munterte Thorsten Herdan, Abteilungsleiter Energiepolitik im Bundeswirtschaftsministerium (BMWi), die Industrie- und Verbandsvertreter ausdrücklich dazu auf, konkrete Wünsche nach neuen Regularien zu äußern. Auch Achim Wehrmann, Unterabteilungsleiter Schifffahrt Bundesverkehrsministerium (BMVI), zeigte sich kooperationsbereit – auch mit dem BMWi. Er stellte aber ebenso klar, dass notfalls auch ohne dessen Input geplant würde, wenn von der Wirtschaft nichts geliefert würde. Seitens des Verbands Deutscher Reeder (VDR) kamen in Hamburg indes keine konstruktiven Vorschläge. Stattdessen wurde nur betont, wie schwierig die Lage mit dem Ausstieg aus dem Schweröl für die Reeder sei. ||

# BRENNSTOFFZELLEN AN BORD VON BOOTEN

## e4ships 2.0 – Verlängerung maritimer Demo-Projekte

Der maritime Sektor rückt immer mehr in den Fokus potentieller Wasserstoff- und Brennstoffzellenanwendungen. Während zunächst jahrelang an reinen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben gearbeitet wurde, scheint jetzt allmählich auch ein kommerzieller Einsatz möglich zu sein.

Über sieben Jahre hinweg wurden seit 2009 in dem Leuchtturmvorhaben *e4ships* potentielle Anwendungsmöglichkeiten von Brennstoffzellen in der Schifffahrt in verschiedenen Einsatzgebieten erforscht. Mittlerweile ist das Vorhaben – ebenso wie die einzelnen Teilprojekte – abgeschlossen. Im September 2016 fand dazu eine Ergebniskonferenz statt, auf der sichtbar wurde, dass trotz des Einsatzes vieler Fördermillionen im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie NIP nicht wirklich viel Konkretes erreicht wurde (s. HZwei-Hefte Okt. 2014, Okt. 2015 u. Jan. 2017).

Paradoxaerweise war ausgerechnet das Teilprojekt *HyFerry*, bei dem der Betrieb einer Nordseefähre mit einer Brennstoffzelle studiert werden sollte, frühzeitig eingestellt worden, weil sich damals die Industrie gegen eine Projektweiterführung ausgesprochen hatte. Heute gilt der Fährbetrieb als der Bereich in der Schifffahrt, in dem Brennstoffzellen am ehesten eine Chance eingeräumt wird. So unterzeichnete Siemens erst im August 2018 gemeinsam mit PowerCell Sweden AB einen Kooperationsvertrag, um die Integration von Brennstoffzellen in der Schifffahrt voranzutreiben. Dr. Joachim Hoffmann bestätigte gegenüber HZwei, dass insbesondere norwegische Hybridfähren ein großes Potential böten.

**WEITERFÜHRUNG DER DEMO-PROJEKTE** Weil nach wie vor ein großes Entwicklungspotential in diesem Wirtschaftszweig gesehen wird, gibt es seit 2017 mit *e4ships 2.0* ein Nachfolgevorhaben mit entsprechenden Folgeprojekten: *MultiSchIBZ*, *SchIBZ2*, *Pa-X-ell 2*, *RiverCell 2* und *ELEKTRA*.

*Pa-X-ell 2* hat weiterhin die Bordenergieversorgung von Kreuzfahrtschiffen im Visier. Ziel ist, mehrere methanolbetriebene BZ-Einheiten dezentral in ein Passagierschiff einzubauen, so dass die Feuerzonen unabhängig voneinander – auch im Hafen – mit sauberem Strom und auch mit Wärme versorgt werden können (s. Abb. 2).



Abb. 1: HySeas-III-Zeichnung [Quelle: DLR]

### NORWEGISCHE LH<sub>2</sub>-FÄHRE

Mit gutem Beispiel voran geht hierbei die norwegische Reederei Norled AS, die seit 2014 die MF Ampere, nach eigener Aussage die erste Elektrofähre der Welt mit einer Antriebseinheit von Siemens Norge, am Sognefjord betreibt. Ende November 2018 gab das Unternehmen bekannt, dass es die Ausschreibung der norwegischen Straßenverwaltung für den Bau und den Einsatz der ersten H<sub>2</sub>-Elektrofähre der Welt gewonnen habe. Diese soll zwischen Hjelmeland und Nesvik verkehren. Inhalt des Auftrags, der bis Februar 2030 gilt, sind die Entwicklung, der Bau und der Betrieb einer Fähre, bei der mindestens fünfzig Prozent des Energiebedarfs durch flüssigen Wasserstoff gedeckt sein sollen. Betriebsstart soll im April 2021 sein.

Hege Økland, Geschäftsführer des Maritim-CleanTech-Clusters des Norwegian Centre of Expertise, erklärte: „Dies ist ein wichtiger Meilenstein für eine umweltfreundliche Schifffahrt und ein Beleg dafür, dass die Partner von NCE Maritime CleanTech bei der Entwicklung von Wasserstofflösungen für Schiffe weltweit führend sind.“ Ivan Østvik, Projektleiter bei Norled, sagte: „Die Partner des Konsortiums arbeiten seit eineinhalb Jahren zusammen. Gemeinsam haben wir eine Technologie entwickelt, die für Fähren geeignet ist. Die Technologie ist jedoch auch für andere Schiffstypen von großer Bedeutung.“

Bei *RiverCell 2* geht es seit April 2017 um die Entwicklung und Erprobung eines Hybridkonzepts zur Gesamtenergieversorgung eines Flusskreuzfahrtschiffs mit Brennstoffzellen von Serenergy sowie mit alternativen Treibstoffen (Brennstoffe mit niedrigem Flammpunkt). *RiverCell 2* wird mit 2,1 Mio. Euro gefördert und läuft bis September 2019.

*ELEKTRA* (ursprünglich ein Teil von *RiverCell 1*, s. HZwei-Heft Apr. 2016) bezeichnet sowohl ein Kanalschubboot als auch ein Projekt. In diesem Vorhaben geht es um die Konzeptionierung und den Aufbau eines hybrid-elektrisch angetriebenen Schubschiffes, das im regionalen und überregionalen Gütertransport insbesondere zwischen Berlin und Hamburg, aber auch bis nach Polen emissionsfrei unterwegs sein soll. Zum Einsatz sollen dabei drei Niedertemperatur-Brennstoffzellen à 100 kW (FCveloCity-HD-System von Ballard) sowie Li-NMC-Akkumulatoren von Hoppecke (2 x 1.025 kWh für Antrieb, 1 x 300 kWh fürs Bordnetz) plus einer 1,8-kW<sub>p</sub>-Photovoltaikanlage kommen. Der Wasserstoff soll bei 500 bar in Druckbehältern gespeichert werden: insgesamt sechs Flaschenbündeln à 125 kg<sub>H<sub>2</sub></sub>, die vergleichsweise einfach per Kran direkt vom Lkw an Bord gebracht werden können. Die kommerzielle Indienststellung im Berliner Westhafen war ursprünglich für Ende 2018 geplant. Jetzt ist der Baubeginn für Ende 2019 und der Erprobungsbeginn für 2021 terminiert.

**ELEKTRISCHE YACHT MIT LOHC-SPEICHER** Über *e4ships* hinaus gibt es inzwischen noch zahlreiche weitere mariti-

me Vorhaben: So werden derzeit von Nobiskrug Versuche unternommen, LOHC als H<sub>2</sub>-Speicher für vollelektrische Motoryachten einzusetzen. Wie der Rendsburger Hersteller von Superyachten im August 2018 bekanntgab, wird aktuell gemeinsam mit H<sub>2</sub>-Industries ein entsprechendes System entwickelt. Holger Kahl, Geschäftsführer von Nobiskrug, erklärte dazu: „Wir glauben, dass Wasserstoff die Energie der Zukunft, die in flüssigem LOHC-Öl gespeichert werden kann, ist.“ Interessant ist für ihn insbesondere die gute Speicherfähigkeit der schwer entflammaren und nicht explosiven Flüssigkeit: „Vorteilhaft ist, dass sich LOHC ähnlich wie Diesel lagern und transportieren lässt.“

Michael Stusch, CEO und Gründer von H<sub>2</sub>-Industries, sagte zu der geplanten Yacht: „Es wird das erste vollelektrische Schiff sein, das auf der LOHC-Technologie von H<sub>2</sub>-Industries mit einer Reichweite von über 1.000 Seemeilen und einer Reisegeschwindigkeit von zehn Knoten basiert.“ Ähnliche Ankündigungen hatte es auch schon 2013 gegeben – damals mit dem Schiffsbau-Designbüro motion code: blue. Bei der Umsetzung haperte es damals jedoch.

H<sub>2</sub>-Industries will indes nicht nur im Yachtbereich aktiv werden. Gemeinsam mit PortLiner will das Unternehmen auch in die emissionsfreie Binnenschifffahrt einsteigen. Der niederländische Schiffsbauer arbeitet derzeit an der Konstruktion vollelektrischer Lastschiffe, die über sogenannte Power-Boxen mit Energie versorgt werden. In diesen Energie-Containern sollen sich zunächst Akkumulatoren, später eventuell auch LOHC-Speicher befinden, so dass der Frachtverkehr auf Flüssen und Kanälen künftig emissionsfrei und nachhaltig erfolgen könnte. Ein entsprechendes Konzept präsentierten beide Firmen während der internationalen Schifffahrtmesse SMM im September 2018 in Hamburg.

**WIR!-INITIATIVE CAMPFIRE** Im Nordosten Deutschlands laufen derweil Aktivitäten, in denen sowohl die Küstennähe zur Ostsee als auch das große Windaufkommen zusammengebracht werden sollen, um daraus ein ganzheitliches regionales Konzept zu schmieden unter dem Motto: „Brennstoffe aus Wind und Wasser – Energie- und maritime Mobilitätswende in der Region Nord-Ost“. Bei dem Forschungsvorhaben CAMPFIRE fand sich Anfang 2018 ein Bündnis aus Wirtschaft und Wissenschaft zusammen, um gemeinsam Null-Emissions-Kraftstoffe in unterschiedliche maritime Antriebe zu integrieren. Nach eingehender Diskussion über die Eignung verschiedener Energieträger wurde zunächst festgestellt, dass „die Herstellung von klimaschonenden, synthetischen Kraftstoffen aus überschüssiger Windenergie auf der Basis von elektrokeramischen Dünnschichtmembranen besonders effizient und langzeitstabil erfolgen kann“.

Anlässlich eines Workshops im Ozeaneum in Stralsund am 11. September 2018 erklärte Christian Pegel, Landesminister für Energie, Infrastruktur und Digitalisierung: „Emissionsfreie Schiffsantriebe bieten eine große Chance für Mecklenburg-Vorpommern: Lokal erzeugter Windstrom wird genutzt, um die Schifffahrt klimafreundlich auszugestalten. Damit könnten zwei zentrale Wirtschaftsfelder – erneuerbare Energien und maritime Wirtschaft – mehr Wertschöpfung für die Region und mehr Akzeptanz für die Energiewende bringen.“

Dementsprechend lautete die erste Zwischenbilanz der mittlerweile rund siebzig Vertreter: „Die Vision einer Zero-Emission-Ostsee ist bis 2030 realisierbar, wenn maritime Antriebe grüne Brennstoffe, die aus Ökostrom regional erzeugt und mit innovativen Elektrokeramik-basierten Energiesystemen sowie gängigen bereits umgesetzten Tech-

nologien kombiniert werden, nutzen.“ Ziel der fünfjährigen Umsetzungsphase und darüber hinaus ist nun, neben neuartigen Schiffsantrieben auch innovative Membrankomponenten zur Marktreife zu bringen. Von zentraler Bedeutung soll auch die Produktion von grünem Ammoniak (NH<sub>3</sub>) aus lokal erzeugtem Windstrom sein.

CAMPFIRE ist eine Initiative des Förderprogramms „WIR! – Wandel durch Innovationen in der Region“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Mittlerweile engagieren sich darin dreißig klein- und mittelständische sowie Großunternehmen, Forschungsinstitute und Hochschulen in der Region Nord-Ost, die von Rostock über Stralsund und Greifswald bis Neubrandenburg reicht.

**PROBEFAHRT AUF DEM BODENSEE** Auch im Süden der Republik wird an Wasserstoffbooten geschraubt. Seit 2007 arbeiten Wissenschaftler der Hochschule Konstanz (HTWG, s. HZwei-Heft Juli 2007) an dem Forschungsschiff Solgenia, das im Sommer 2018 zu einer dreitägigen Probefahrt aufbrach, um Methanol als neuen Kraftstoff zu testen. Zuvor war das Hybridboot mit Druckwasserstoff betrieben worden. Die Genehmigung der H<sub>2</sub>-Betankungsstation am Seerhein hatte fünf Jahre gedauert. Jetzt setzt Forschungsleiter Prof. Richard Leiner jedoch auf den Flüssigkraftstoff, dessen Handhabung ihm einfacher und günstiger erscheint.

Nach der Probefahrt (136 km, Durchschnittsgeschwindigkeit: 8,5 km/h, Verbrauch: 25,2 l) berichtete Leiner >>

45

# EFCF 2019

## Exhibition & Conference Benefit from Combi-Tickets

Low-Temperature  
**Fuel Cells  
Electrolysers  
H<sub>2</sub> Processing**

Prof. H. A. Gasteiger  
Prof. A. Bandarenka

special  
**SYMPOSIUM**  
Microbial  
Enzymatic  
Electrochem.  
Reactors

**MEEP**



2 - 5 July  
Lucerne Switzerland  
**EFCF.com**

special  
**SYMPOSIUM**  
Grid  
Service  
Market

**GSM**

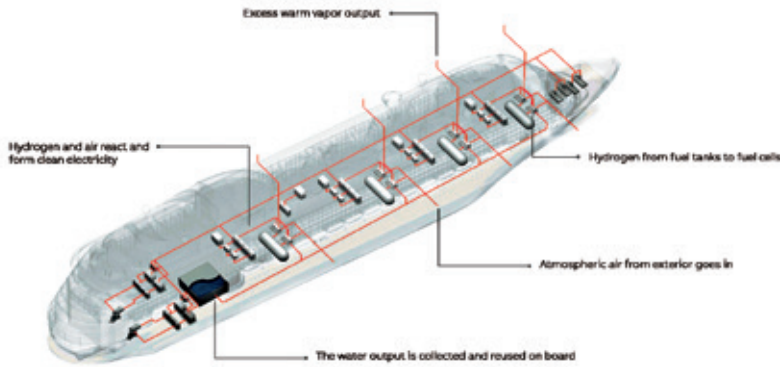


Abb. 2: SF-BREEZE-Entwurf, Quelle: Sandia National Laboratories

gegenüber HZwei: „Wir sind begeistert über die einfache Handhabung von Methanol im Vergleich zu Wasserstoff.“ Weiter erklärte er: „Nach der Erfahrung von nunmehr zehn Jahren mit Wasserstoff bin ich zu der Überzeugung gekommen, dass diese Technik für den Betrieb von kleineren Booten ungeeignet ist. Im Gegensatz dazu lässt sich Methanol so einfach handhaben wie Benzin/Diesel und würde daher von den Bootsbesitzern eher als Ersatz angenommen werden.“

Auf europäischer Ebene gibt es aktuell das Projekt Maranda, bei dem verschiedene Unternehmen der EU an der Erprobung eines BZ-Hybridantriebs auf dem Forschungsschiff Aranda arbeiten. Dabei werden MS-100-Brennstoffzellen von PowerCell verwendet, die in ein System des Unternehmens Hyon eingebaut werden. Im Juni 2018 erhielt die norwegische Firma, ein Gemeinschaftsunternehmen von Nel ASA, Hexagon Composites ASA und PowerCell Sweden AB, die Genehmigung für den Einsatz von modulbasierten Brennstoffzellenlösungen in der maritimen Industrie von der Zertifizierungsgesellschaft DNV GL.

**SCHOTTISCHES BIG-HIT-Projekt** In Schottland konzentriert man sich währenddessen auf den Fährbetrieb. Dort soll eine Hochseefähre, die zwischen den Orkney-Inseln Mainland und Shapinsay verkehrt, auf den Betrieb mit Wasserstoff umgestellt werden (s. HZwei-Hefte Jul. 2016 und Jul. 2018). Im Rahmen des Big-Hit-Vorhabens soll eine Brennstoffzelle von Ballard auf der HySeas III von Ferguson Marine ab 2021 den bisherigen Dieselmotor ersetzen. Der Wasserstoff dafür soll vor Ort regenerativ erzeugt werden.

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) beteiligt sich an diesem Projekt mit ökonomischen und ökologischen Analysen sowie mit der Ermittlung des Marktpotenzials. Dr. Thomas Vogt, Abteilungsleiter Energiesystemanalyse, erläuterte: „Unsere Analyse soll zeigen, inwiefern die Umsetzung eines wasserstoffbetriebenen Fährbetriebs nicht nur vor den Orkney-Inseln, sondern auch auf weiteren Strecken in Europa möglich und sinnvoll ist.“ Das Projekt HySeas III startete am 1. Juli 2018 und wird von der Europäischen Union finanziert. Die Kosten belaufen sich auf etwa 12,6 Mio. Euro (s. Abb. 1).

**Aktivitäten in Nordamerika** Ende Juni 2018 hat der kanadische Stack-Hersteller Ballard eine Absichtserklärung mit dem schweizerischen Technologieunternehmen ABB über die Entwicklung eines BZ-Systems für maritime Zwecke unterzeichnet. Ziel ist der Bau eines Moduls, das 3 MW leistet, aber nicht größer als ein herkömmlicher, mit fossilen Brennstoffen betriebener Schiffsmotor ist. Peter Terwiesch, Leiter der Division Industrieautomation bei ABB, erklärte: „Die nächste Generation von Schiffen wird elektrisch, digital und vernetzt sein. Die Zusammenarbeit mit Ballard Power Systems wird die Entwicklung neuartiger BZ-Technologien, mit der die Schiffe von morgen angetrieben werden, beschleunigen.“

Rob Campbell, Chief Commercial Officer bei Ballard Power Systems, sagte: „Der sich schnell entwickelnde Schifffahrtsmarkt bietet interessante Wachstumsmöglichkeiten für emissionsfreie Brennstoffzellentechnologien. Zudem hat Ballard bereits containerisierte PEM-BZ-Systeme im Megawattbereich an Land entwickelt und eingesetzt. Dadurch haben wir die notwendige Erfahrung und das Know-how für eine effiziente Zusammenarbeit zur Entwicklung sauberer Energielösungen für zentrale Anwendungen in der Schifffahrt.“ Zur Modellierung solch eines Megawattantriebs arbeitet ABB mit der norwegischen Forschungsorganisation SINTEF zusammen und verwendet dafür zwei 30-kW-Stacks von Hydrogenics.

In den Vereinigten Staaten von Amerika gibt es die Water-Go-Round-Initiative, die ab September 2019 ein erstes Brennstoffzellenschiff in Betrieb nehmen will. Der Katamaran Zero (s. Cover) soll mit zwei Elektromotoren angetrieben werden, die jeweils eine Leistung von 300 kW erzielen und von Brennstoffzellen der Firma Hydrogenics versorgt werden. Die 250-bar-Tanks von Hexagon mit einem Fassungsvermögen von 264 kg sollen einen Betrieb über zwei Tage ermöglichen. Die Kiellegung erfolgte am 8. November 2018.

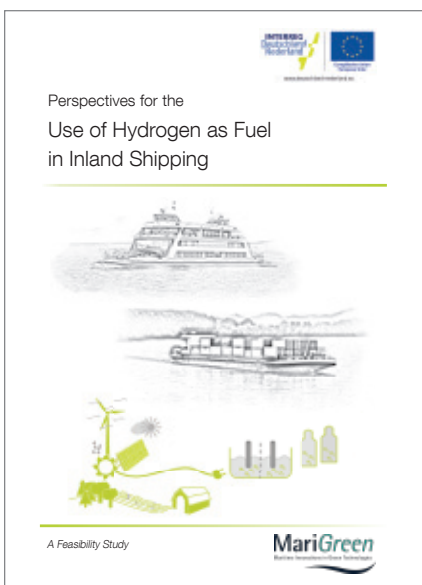
Dieses Konzept basiert auf den Überlegungen von Dr. Joseph Pratt, der während seiner Zeit bei Sandia National Laboratories mehrere Entwürfe eines wasserstoffbetriebenen Schiffs anfertigte und schließlich gemeinsam mit Lennie Klebanoff in der Studie SF-BREEZE (San Francisco Bay Renewable Energy Electric Vessel with Zero Emissions) die Realisierbarkeit seiner Überlegungen unter Beweis stellte. Heute ist Pratt Geschäftsführer des Unternehmens Golden Gate Zero Emission Marine (GGZEM), das er mit gegründet hat. Tom Escher, Präsident von San Francisco's Red and White Fleet, sagte: „Dies ist ein Meilenstein. Wir können die Umweltverschmutzungen bei Schiffen beseitigen. Dies könnte erhebliche Auswirkungen auf jede Werft des Landes haben.“ Mit SF-BREEZE sei gezeigt worden, dass das, was vor kurzem noch wie Science-Fiction erschienen sei, heute schon Wirklichkeit werden könne, hieß es weiter.

Ein zweites Vorhaben der Sandia National Laboratories war der Entwurf des Küstenforschungsschiffs Zero-V. Hierbei ging es um die Studie eines 10-Knoten-Schiffs mit einer Reichweite von 2.400 Seemeilen, das an vier Anlaufhäfen der US-Westküste mit flüssigem Wasserstoff betankt werden sollte. Als Resultat wurden fünf kommerziell relevante Fahrgastschiffentwürfe, die ausschließlich mit Brennstoffzellen betrieben werden, vorgestellt.

Außerdem gibt es unter anderem noch zwei ebenfalls elektrisch betriebene Katamarane, die derzeit die Erde umrunden – angetrieben von Solarenergie und Wasserstoff: *Energy Observer* und *Race for Water*. Über *Energy Observer* wurde bereits im HZwei-Heft Oktober 2017 ausführlich berichtet. *Race for Water* ist ein ähnliches Schiff, das ebenfalls mit Photovoltaikpanelen und Akkus ausgestattet ist und zusätzlich über ein Wasserstoffsystem von Swiss Hydrogen SA verfügt.

**H<sub>2</sub> IM VERBRENNUNGSMOTOR** Ein gänzlich anderer Technologiefad wurde bei dem im Juli 2018 gestarteten Marineforschungsprojekt *HyMeth-Ship* gewählt. Hierbei wird zwar auch zunächst Wasserstoff mit Hilfe erneuerbarer Energien erzeugt. Durch die Zufuhr von Kohlenstoffdioxid wird aber daraus Methanol hergestellt. An Bord wird von diesem Kraftstoff das CO<sub>2</sub> in einem Membranreaktor (Reformer) wieder abgeschieden und in einem CO<sub>2</sub>-Behälter zwischengelagert. Der freiwerdende Wasserstoff wird in einem Hubkolbenmotor verbrannt. Erreicht das Schiff den Hafen, wird das zwischengespeicherte CO<sub>2</sub> für die Methanolherstellung genutzt, so dass der Kreislauf geschlossen wird.

Das 9,2-Mio.-Euro-Projekt wird vom Large Engines Competence Center (LEC) der TU Graz, einer Forschungseinrichtung für Großmotorentechnologie, koordiniert. „Das Konzept stellt einen möglichen Weg dar, um große Mengen an erneuerbarer Energie über einen längeren Zeitraum zu speichern und einen de facto emissionsfreien Schiffsantrieb darzustellen“, erklärte Stephan Laiminger vom Konsortialpartner Jenbacher Gasmotoren. ||



Perspectives for the Use of Hydrogen as Fuel in Inland Shipping, [www.hydrogeit.de/study-marigreen.pdf](http://www.hydrogeit.de/study-marigreen.pdf)

Die GE Jenbacher GmbH & Co OG gehörte seit 2003 zu General Electric (GE). Im Juni 2018 verkaufte der US-amerikanische Konzern jedoch seine gesamte Distributed-Power-Sparte für 3,25 Mrd. US-\$ an den Finanzinvestor Advent International.

Am 5. November 2018 ist eine neue Machbarkeitsstudie zu Entwicklungstrends und -perspektiven der H<sub>2</sub>-Verwendung in der Binnenschifffahrt präsentiert worden. Die englischsprachige Studie wurde im Rahmen des EU-Förderprojekts MariGreen von der RWTH Aachen im Auftrag der MARIKO GmbH und FME erstellt. Der Autor Sören Tinz vom Lehrstuhl für Verbrennungskraftmaschinen der RWTH Aachen kommt darin zu dem Schluss, dass die technische Umsetzbarkeit in vielen Bereichen der Binnenschifffahrt grundsätzlich gegeben ist. Gleichzeitig stellt er jedoch fest, dass der Einsatz von Wasserstoff für die Schiffsbetreiber derzeit noch nicht wirtschaftlich ist. Hauptgrund seien die erheblichen Kosten für die regenerative H<sub>2</sub>-Produktion sowie für die Schiffsumrüstung. Zur Eliminierung von Hürden beim Einstieg in diese Technologie empfiehlt die Studie nachdrücklich die „Initiierung, Entwicklung und Förderung von Demonstrationsprojekten, die die technische Machbarkeit praktisch nachweisen“.



## Starten Sie Ihre Mission beim DLR

Das DLR ist das Forschungszentrum für Luft- und Raumfahrt sowie die Raumfahrtagentur der Bundesrepublik Deutschland. Rund 8.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter forschen gemeinsam an einer einzigartigen Vielfalt von Themen in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr, Sicherheit und Digitalisierung. Wenn auch Sie sich für die Welt der Spitzenforschung begeistern, starten Sie Ihre Mission in unserem **Institut für Technische Thermodynamik** in **Stuttgart**.

### Ingenieurin oder Ingenieur Mechatronik, Elektromechanik, Elektrotechnik o. ä.

Konzepterstellung und Anpassung von HT-Brennstoffzellen- und -Elektrolyse-Test-Ständen sowie Wartung von Testständen

#### Ihre Mission:

In der Abteilung Elektrochemische Energietechnik werden im Fachgebiet Hochtemperatur-Zellen und Stacks (HTZS) im Rahmen der grundfinanzierten Aktivitäten und von Drittmittelprojekten Hochtemperatur-Brennstoffzellen und -Elektrolysezellen entwickelt und ihr Verhalten sowie das von Zellstapeln (Stacks) bezüglich Leistung und Degradation untersucht. Die Arbeiten werden mit dem Ziel durchgeführt, wissenschaftliche Kenntnisse über neue Materialien sowie Betriebs- und Langzeitverhalten von Zellen und Stacks zu erhalten.

#### Ihre Qualifikation:

- abgeschlossenes technisches Hochschulstudium der Fachrichtung Mechatronik, Elektromechanik, Elektrotechnik o. ä. (Diplom/Bachelor)
- Kenntnisse in Steuerungs- und Regelungstechnik (idealerweise SPS, Siemens S7)

#### Ihr Start:

Freuen Sie sich auf einen Arbeitgeber, der Ihr Engagement zu schätzen weiß und Ihre Entwicklung durch vielfältige Qualifizierungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten fördert. Unser einzigartiges Arbeitsumfeld bietet Ihnen Gestaltungsfreiräume und eine unvergleichbare Infrastruktur, in der Sie Ihre Mission verwirklichen können. Vereinbarkeit von Privatleben, Familie und Beruf sowie Chancengleichheit von Personen aller Geschlechter (m/w/d) sind wichtiger Bestandteil unserer Personalpolitik. Schwerbehinderte Bewerberinnen und Bewerber bevorzugen wir bei fachlicher Eignung. Erfahren Sie mehr über diese Position und Ihre Mission bei einem einzigartigen Arbeitgeber unter [www.DLR.de/dlr/jobs/#31395](http://www.DLR.de/dlr/jobs/#31395).



[DLR.de/jobs](http://DLR.de/jobs)

