

Sauberer Antrieb

Null Emissionen: Wasserstoff ist als Brennstoff auch bei Schiffen auf dem Vormarsch – noch allerdings im kleinen Maßstab. Für größere Schiffe kann Gas schon heute eine umweltfreundliche und wirtschaftliche Alternative sein

Kein CO₂, kein Schwefeldioxid, keine Geräusche – mit dieser eindrucksvollen Emissionsbilanz möchten demnächst viele Schiffe unterwegs sein. Ermöglichen kann das der Einsatz von Wasserstoff. Mit seinem hohen Energieinhalt bei niedriger Umweltbelastung während der Nutzung bietet H₂ eine energieeffiziente Alternative zu herkömmlichen Brennstoffen, die wegen der hohen Ölpreise auch wirtschaftlich attraktiv wird.

Die weltweiten Bestrebungen, den CO₂-Ausstoß einzuschränken, zeigen Wirkung. Gas, das im Vergleich zu Mineralölen einen niedrigen Kohlenstoffanteil aufweist, wird als Schiffsbrennstoff populär. Die Einrichtung von Schwefel-emissions-Begrenzungszonen (SECAs) in Nord- und Ostsee sowie im Ärmelkanal tun ein Übriges. Ab 2015 muss dort der Schwefelanteil im Brennstoff von 1,5 Prozent auf 0,1 Prozent reduziert werden. In Kalifornien gilt dies bereits ab Juli 2009,

für Hilfsmaschinen schon heute. Das Timing ist perfekt: Heute werden Investitionen vertretbar, die noch vor kurzer Zeit als unwirtschaftlich angesehen werden mussten.

„Alsterwasser“ im Einsatz

In Hamburg ist das emissionsfreie Schiff bereits Realität. Seit Kurzem gleitet die „FCS Alsterwasser“ über die Alster und ihre Kanäle in der Hamburger Innenstadt. Rund 100 Passagiere haben Platz auf dem Öko-Ausflugsdampfer der ATG. „Ein Fahrgastschiff mit Brennstoffzellenantrieb in dieser Größe hat es weltweit noch nicht gegeben“, sagt der langjährige Reedereichef Jens Wrage.

Als Treibstoff dient reiner Wasserstoff. Je 48 Kilowatt (kW) Leistung (64 PS) bringen die beiden Brennstoffzellenmodule – so viel, wie auch für einen Bus gebraucht werden. Die Eigenentwicklung der Firma Proton Motor für das EU- →

Die Projekte

Reykjavik: „Elding I“

Die „Elding I“ wurde bei einer ersten Testfahrt im April 2008 eingeweiht. Das Walbeobachtungsschiff hat neben dem üblichen Schiffsdiesel einen Wasserstoffhilfsantrieb. Die zwei Aussichtsebenen und das dritte Deck ermöglichen allen Passagieren, die Wale in natürlicher Umgebung zu beobachten. Nähern sich Wale, wird der Hauptmotor ausgeschaltet, damit die Gäste sie besser sehen und hören können und sich der Abstand weiter verkleinern lässt. Das war, wie Eigner Vignir Sigursveinsson berichtet, in der Vergangenheit wegen des Geräusches des unteren Dieselmotors nicht möglich: „Mit Wasserstoffantrieb ist das Schiff vollständig geräuschlos, sodass wir die tolle Erfahrung bieten können, Wale in natürlicher Umgebung zu sehen.“

Ursprünglich wurde die „Elding I“ auf Island als Rettungsboot gebaut. Sie ist ein 125-Tonnen-Kreuzer für 150 Passagiere und gehört zum SMART-H₂-Projekt. Dieses Demonstrationsprojekt testet verschiedene

Photo: Elding



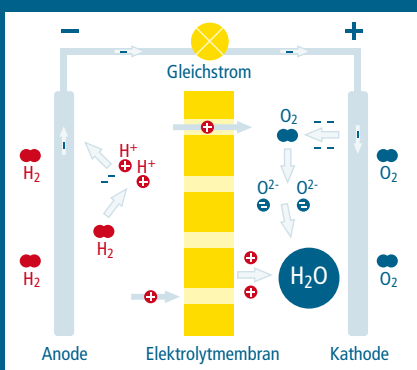
LEISETRETER. Bei der „Elding I“ ersetzt ein Brennstoffzellenantrieb den Hilfsdiesel – zur Freude der Wale.

Wasserstoff-Brennstoffanlagen als Antrieb von Fahrzeugen und Schiffen. SMART H₂ begann im März 2007 und läuft bis 2010.

GL-Experten setzten die Studien- und Forschungsergebnisse um und konnten so das Brennstoffzellensystem der „Elding I“ zertifizieren. Die Zertifizierung umfasst die Überprüfung des Sicherheitssystems, der BZ-Anlage und der Elektrik sowie Belastungstest und Überprüfung des Explosions-

schutzes. Der Hilfsantrieb (Auxiliary Power Unit, APU) des Schiffes besteht aus einer Brennstoffzelle, die durch komprimierten Wasserstoff Strom für den Schiffsbetrieb liefert.

Die Zertifizierung erfolgte im April. „Das Projekt demonstriert erstmals den Einsatz von Brennstoffzellensystemen auf einem kommerziellen hochseetüchtigen Schiff“, sagt Dr. Würsig (GL).



Die Brennstoffzellen-Technik

Analog zur Batterie lässt sich bei einer Brennstoffzelle chemische Energie von beispielsweise Wasserstoff (H₂) und Sauerstoff (O₂) direkt in elektrische Energie umwandeln.

H₂ und O₂ werden an Elektroden herangeführt. Sie verbinden sich dort in einer umgekehrten Elektrolyse, einer „kalten Verbrennung“, zu Wasser. Aufgrund der direkten Umwandlung der chemischen in elektrische Energie ist

der Wirkungsgrad einer Wasserstoff-Brennstoffzelle hoch. Er kann bis zu 60 Prozent betragen. Die meisten Brennstoffzellen nutzen den Sauerstoff der Umgebungsluft, sodass nur der für die Reaktion benötigte Wasserstoff als Treibstoff mitgeführt werden muss. Erfunden wurde das Prinzip schon 1839 von Friedrich Schönbein und Sir William Robert Grove. Derzeit gibt es sechs Brennstoffzellen-Typen.

→ Forschungsprojekt ZEMSHIPS wurde Mitte Juli per Sattelschlepper in Hamburg-Oorthkaten bei der SSB-Werft angeliefert. In einer Baugruppe als Brennstoffzellensystem zusammengefasst sind die sechs Brennstoffzellen-Stacks in einer durchlüfteten Kapsel sowie Steuerung, Luftkompressor, Schalldämpfung und Kühlung. Das Hybridsystem besteht aus Brennstoffzelle und Batterie. Der erhöhte Energiebedarf für das An- und Ablegen wird über eine Batterie gedeckt. Während der Fahrt wird sie vom Brennstoffzellenantrieb wieder aufgeladen. Das System kann somit optimal ans Lastprofil angepasst werden. Die Brennstoffzellen werden aus zwölf Drucktanks mit 350 bar gespeist. Getankt wird an einer Wasserstofftankstelle im Hamburger Stadtteil Barmbek.

Lange Zeit war die Leistung der Zellen so niedrig, dass sie „nur“ für die Bordelektrik, aber nicht für den Antrieb ausreichte. Das hat sich geändert. „Brennstoffzellen leisten heute 10 bis 250 Kilowatt“, sagt Dr. Gerd Würsig, Brennstoffzellenexperte beim Germanischen Lloyd. Je größer, desto besser:

Ein Ergebnis der 2004 abgeschlossenen Machbarkeitsstudie FCSHIP ist, dass für Schiffsanwendungen Module mit rund 500 kW nutzbarer Leistung benötigt werden. „Damit können kleine Fähren und Sportboote angetrieben werden“, sagt Dr. Würsig. Für Fähren, Schlepper und Behördenfahrzeuge geht es aber bei 1 Megawatt Energiebedarf erst los. Auf absehbare Zeit sind die verfügbaren Leistungsgrößen jedoch für Hauptantriebe von Seeschiffen noch zu gering.

ÖKO-DAMPFER. Der Brennstoffzellenantrieb gewährleistet beim Ausflugschiff „Alsterwasser“ (links: Cockpit) einen umweltfreundlichen Passagiertransport.



Amsterdam: Fuel Cell Boat

In den Grachten von Amsterdam soll das „Fuel Cell Boat“ ab Anfang 2009 fahren. Ein niederländisches Konsortium aus den Unternehmen Alewijnse, Integral, Linde Gas, Marine Service North und der Reederei Lovers entwickelt derzeit ein mit Wasserstoff angetriebenes Schiff für Kanalrundfahrten, das wie die Hamburger „Alsterwasser“ rund 100 Passagieren Platz bietet. Gebaut wird das Ausflugsschiff auf der niederländischen Werft Bodewes in Hasselt. Der stählerne Rumpf des Schiffes wird durch einen Kompositaufbau und einen innovativen elektrischen Antrieb mit ummantelten, nabenlosem Propeller ergänzt.

Das Schiff wird bis zu zwölf Stunden täglich im Einsatz sein. 2000 Kilogramm



Photos: Fuel Cell Boat b.v.



Batterien werden die Spitzenleistungen unterstützen. Das Brennstoffzellensystem wird vom Germanischen Lloyd zertifiziert. Auch der Brennstoff soll umweltfreundlich erzeugt werden. Strom aus dem Windpark Shell-Nuon/Q7 in der Nordsee wird die Elektrolyse produzieren, an deren Ende Wasserstoff steht.

Auch der erste Firmenkunde steht bereits fest. Shell Amsterdam wird mit dem Fuel Cell Boat täglich 600 Mitarbeiter zum und vom Arbeitsplatz auf der anderen Seite der IJ bringen – also vom Amsterdamer Hauptbahnhof zum New Technology Centre (NTC) von Shell. Das Projekt wird vom niederländischen Wirtschaftsministerium gefördert.



Photo: H2 Yacht

Hamburg: H₂Yacht

Auch das „Tuckerboot“ setzt auf Hybrid-Antrieb: Für den normalen Fahrbetrieb wird der Strom der Brennstoffzelle zur Verfügung gestellt. Die Pufferbatterien federn starke Lastwechsel ab. „Die ‚H₂Yacht 675‘ könnte in Serie produziert werden und wäre damit das erste kommerzielle Wassersportboot mit Brennstoffzellenantrieb“, sagt Dr. Walter Pelka, Geschäftsführer von H₂Yacht. Mit einer Länge von 6,75 Metern und der Entwurfskategorie C (küstennahe Gewässer) ist es für Binnenreviere und

Küstenfahrten vorgesehen. Acht Personen finden Platz.

Der Rumpf wird aus glasfaserverstärktem Kunststoff auf einer Hamburger Bootswerft hergestellt, das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) entwickelte die PEM Brennstoffzellen mit 2 x 1,2kW. Der Wasserstoffs lagert in Metallhydridspeichern. Die Kapazität wird auf das jeweilige Fahrtgebiet des Bootes und die Betankungsmöglichkeiten abgestimmt. Sowohl Boot als auch Antriebssystem werden vom Germanischen Lloyd zertifiziert.



Photo: Zebotec

Bodensee: COBALT 233 ZET

Bereits im November 2005 wurde das erste BZ-Sportboot von Zebotec in Konstanz vorgestellt. Die Schweizer Firma Brunnert-Grimm und die süddeutsche Zebotec rüsten derzeit ein Seriensportboot mit einem Hybridantrieb aus Elektromotor, Batterien und Brennstoffzellen aus. Die Zertifizierung des 2 x 12 kW- Antriebs erfolgt durch den Germanischen Lloyd.



Photo: H2 Yacht

Der Weg der Brennstoffzelle in die Seeschifffahrt wird daher der Einsatz für die Hilfsenergieversorgung sein. „Mit ersten Anwendungen von BZ-Systemen auf Seeschiffen, die keinen Pilot- oder Demonstrationscharakter haben, rechnen wir ab 2015“, prognostiziert Dr. Würsig.

Das Brennstoffzellensystem der „FCS Alsterwasser“ hat der Germanische Lloyd nach seinen „Richtlinien für den Einsatz von Brennstoffzellen-Systemen an Bord von Wasserfahrzeugen“

gen“ (VI-3-11) zertifiziert. Bereits seit Mitte der 1980er-Jahre beschäftigt sich der GL mit der Entwicklung von Schiffen, Speichern und Umschlagseinrichtungen für Wasserstoff.

Vorreiter in Sachen Sicherheit

Als weltweit erste Klassifikationsgesellschaft hat der GL eigene Richtlinien für den Einsatz von Brennstoffzellen auf Wasserfahrzeugen entwickelt. Sie decken nicht nur Brennstoffzellen und Brennstoffsystem ab, sondern auch die Anforderungen an verwendete Werkstoffe, Lüftungssysteme, Feuerlöschanlagen, Explosionsschutz und Schutzsysteme. Auch die Erprobung der Anlage wird genau definiert.

Den Brennstoffzellenantrieb des offenen Passagierschiffs „Hydra“ zertifizierte der GL im Jahr 2000. Drei Jahre später wurde das BZ-Antriebssystem „CoolCell“ von MTU auf der Segelyacht „No. 1“ zertifiziert. Zu den Projekten gehörten auch der gemeinsam mit HDW Fuel-CellSystems (HFCS) entwickelte 160-kW-Demonstrator für Seeschiffe und das unbemannte Forschungs-U-Boot „DeepC“. →





Photo: BPS

Alternative Gas

Gas hat gegenüber Öl klare Umweltvorteile. Bisher wurde aus Sicherheitsgründen die Nutzung von Gas als Schiffsbrennstoff im internationalen Verkehr von der Internationalen Seeschiffahrtsorganisation IMO untersagt. Nach SOLAS dürfen nur Brennstoffe mit einem Flammpunkt von mehr als 60 °C auf Schiffen verwendet werden. Deshalb ist neben Gasen beispielsweise auch Kerosin nicht zulässig. Ausnahme: LNG-Tanker, die das aus technischen Gründen anfallende „boil-off gas“ verbrennen dürfen.

„Gas ist nicht per se gefährlich“, sagt GL-Experte Dr. Würsig. Dies akzeptiert inzwischen auch die IMO. Ihr Sub-Committee on Bulk Liquids and Gases (BLG) erarbeitet derzeit eine Übergangsrichtlinie, um dem aktuellen Bedarf an Sicherheitsanforderungen für Erdgas als Schiffsbrennstoff gerecht zu werden. Voraussichtlich 2009 wird diese Richtlinie zur Beschlussfassung ans Marine Safety Committee (MSC) gehen. Geht alles glatt, gibt es ab 2010 eine rechtliche Grundlage, Erdgas als Schiffsbrennstoff in Kombination mit Verbrennungsmotoren im internationalen Seeverkehr einzusetzen. „Das schafft Planungssicherheit“, sagt Dr. Würsig, der

AUSNAHME. LNG-Tanker dürfen das beim Gastransport anfallende „boil-off gas“ nutzen.

auch Mitglied in der BLG-Arbeitsgruppe ist. Beim Einsatz als Schiffsbrennstoff müssen an Bord die spezifischen Eigenschaften von Gas berücksichtigt werden. „Gasförmige Kraftstoffe sind schwierig zu transportieren“, sagt Dr. Würsig. Statt üblicher Brennstofftanks werden Tanks für verflüssigte Gase oder sogar Druckbehälter benötigt. Das Volumen ist in jedem Fall größer, und mit einer Druckbehälterfüllung kommt man nicht weit. Eine flächendeckende Infrastruktur zur Brennstoffversorgung muss noch geschaffen werden. Damit ist auch klar, wo sich der Einsatz von Gasen am ehesten lohnt: auf Fähren oder Feeder-Schiffen im Linienverkehr mit kurzer Reisezeit.

Der Bedarf ist riesig. Die Anforderungen an Emissionsreduktion in Europa haben sich seit dem MEPC-Meeting im April 2008 erneut erhöht. Der Germanische Lloyd hat in einer Studie festgestellt, dass sich ein Gasschiff nicht nur in puncto Emissionen, sondern auch hinsichtlich der Kosten durchaus rechnen kann. Unter bestimmten Bedingungen könnte ein Container-Feeder mit 1500 TEU,

8750 KW und 16 Knoten sogar günstiger als ein konventioneller Frachter fahren.

In ihrem Szenario berücksichtigten die GL-Experten folgende Parameter: höhere Kosten für Brennstoff mit einem niedrigen Schwefelgehalt von 1,5 Prozent, eine CO₂-Abgabe von 25 US-Dollar pro Tonne, Investitionskosten und Einnahmeverluste durch den Wegfall von ca. 50 Containerstellplätzen, für die Gastanks. Überraschendes Ergebnis: Die kumulativen Kosten des Gasantriebs liegen nach 15 Betriebsjahren um eine Million US-Dollar niedriger als mit einem konventionellen Antrieb. Faustregel: Je höher der Ölpreis und je höher eine CO₂-Abgabe, desto größer ist der Kostenvorteil. In einem Pilotprojekt entwickelt der GL mit Partnern derzeit die operativen Details.

Ob Wasserstoff, LNG oder in Zukunft auch Propan oder Butan: „Gas als Schiffsbrennstoff kommt“, ist Dr. Pierre C. Sames, Leiter Strategische Forschung und Entwicklung beim GL, überzeugt. „Wir leisten damit einen Beitrag zur optimalen Brennstoffausnutzung und zur Reduktion von CO₂-Emissionen.“



Photo: Ganitzko

CONTAINER-FEEDER. Gasantrieb wirtschaftlich.

GASBETRIEBENER FEEDER	
Spez. Verbrauch:	7550 kJ/kWh
Kraftstoffpreis:	14,2 \$/GJ
Verbrauch/Rundreise:	219 t
Aufpreis Low Sulphur:	0
CO ₂ -Emission/Rundreise:	642 t
Gesamtkosten/Rundreise:	171 000 \$
Mindereinnahmen/Jahr:	200 000 \$

KONVENTIONELLER FEEDER 2007	
Spez. Verbrauch:	0,18 kg/kWh
Kraftstoffpreis:	600 \$/t
Verbrauch/Rundreise:	260 t
Aufpreis Low-Sulphur:	30 \$/t
CO ₂ -Emission/Rundreise:	809 t
Gesamtkosten/Rundreise:	184 000 \$
Mindereinnahmen/Jahr:	0

Ersparnis Gas gegenüber Öl: eine Million Dollar*

* Basis: 15 Betriebsjahre

→ Zusammen mit namhaften Partnern arbeitet der GL seit Jahren daran, die Vorteile dieser Technologie für weitere Einsatzbereiche zu erschließen – so geht es in Projekten mit Airbus um Sicherheitsanforderungen für Brennstoffzellensysteme an Bord von Flugzeugen.

Serientauglicher Prototyp

Rund fünf Millionen Euro kostete das Projekt ZEMSHIPS inklusive Schiff, Antrieb und Tankstelle. Allein die Brennstoffzelle mit Batterie und Tanks verschlang zwei Millionen Euro. „Würde man das System jetzt nachkaufen, wären es nur noch um die 300 000 Euro pro Brennstoffzellensystem“, sagt Anno Mertens, Projektleiter beim Brennstoffzellen-Experten Proton Motor. Ein vergleichbarer Dieselmotor kostet 60 000 bis 70 000 Euro, aber der profitiert auch von der langen Serienproduktion. Die steht der Brennstoffzelle noch bevor. „Über die Anwendung kommt man in die industrielle Fertigung“, sagt Mertens. „Dann ist die Brennstoffzelle auch in breiteren Märkten wettbewerbsfähig.“ ■ SNB

VERANSTALTUNGEN & LINKS

22. – 23. Oktober 2008
H2Expo 2008: Internationale Konferenz und Fachmesse für Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologien, CCH – Congress Center Hamburg; **Vortrag „Approval of marine hydrogen applications“** von Finn Vogler, Germanischer Lloyd, am 23.10. um 15 Uhr

23. Oktober 2008
ZEMSHIPS-Konferenz im Rahmen der H2Expo, CCH

Hamburg. Dr. Gerd Würsig, Germanischer Lloyd, moderiert die Vorträge am Nachmittag; **Vortrag „Sicherheit und Klassifizierung von Brennstoffzellenschiffen“** von Finn Vogler, Germanischer Lloyd am 23.10. um 14 Uhr

Linkliste
www.zemships.eu
www.elding.is/elding
www.fuelcellboat.nl
www.h2yacht.com
www.zebotec.de