



100 Fahrgäste und null Emissionen

Das erste Fahrgastschiff mit Brennstoffzellenantrieb



Zemships – zero emission ships

Die Vision vom Verkehr auf dem Wasser ohne Emission von Schadstoffen – in Hamburg ist sie Wirklichkeit geworden. Hier hat im August 2008 das erste Fahrgastschiff der Welt mit Brennstoffzellen als Antrieb und Wasserstoff als Energieträger abgelegt: die FCS „Alsterwasser“. Zunächst bis 2010 wird die FCS „Alsterwasser“ im Linienbetrieb der ATG auf der Alster, dem 164 ha großen Binnengewässer im Herzen der Stadt, fahren. Ziel des einzigartigen, von der EU geförderten Projekts ist es, den emissionsfreien Schiffsantrieb in der Praxis zu erproben und den Weg für die Verbreitung dieser Technologie auf Schiffen zu ebnen.



Bisher beschränkte sich der maritime Einsatz von Brennstoffzellentechnik auf militärisch genutzte Unterseeboote und sehr kleine Überwasserschiffe. Zemships ist das weltweit erste Projekt, das zwei Brennstoffzellensysteme der Leistungsklasse von 48 kW in Kopplung mit einer 560-V-starken Blei-Gel-Batterie in ein Fahrgastschiff integriert. Ein Projekt von wegweisender Bedeutung für die Binnenschifffahrt! Zu den Hauptaufgaben von Zemships gehört daher vor allem die Überprüfung der Effizienz und Praxistauglichkeit des brennstoffzellengetriebenen Fahrgastschiffes sowie der dazugehörigen Infrastruktur zum Betanken und Lagern von Wasserstoff.

Hamburg – das Tor zur Umwelt

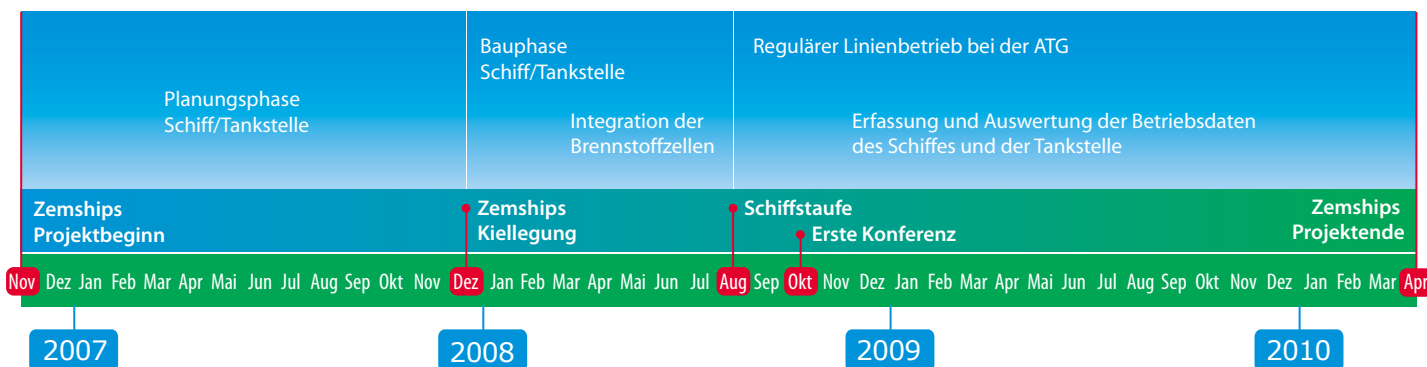
Hamburg hat bereits Erfahrung auf dem Gebiet der Brennstoffzellentechnologie gesammelt. Die größte Hafenstadt Deutschlands ist Vorreiter im Klimaschutz. Die Hamburger Hochbahn AG betreibt seit 2003 brennstoffzellengetriebene Busse im Linienverkehr – zurzeit hat sie sechs dieser Fahrzeuge im Einsatz. Durch den Betrieb der FCS „Alsterwasser“ erhofft man sich eine weitere Entlastung von Emissionen des Innenstadtbereichs, denn ihr Einsatzgebiet, die ökologisch hochsensible Alster, befindet sich mitten im Zentrum der Millionenmetropole.

Unter der Leitung der Hamburger Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt entwickelten folgende Partner das Projekt Zemships:

- ATG Alster Touristik
- Germanischer Lloyd
- Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
- HOCHBAHN
- hySOLUTIONS
- Linde Group
- Proton Motor
- UJV Nuclear Research Institute

Verantwortlich für den Schiffsbetrieb ist die ATG. Das hybrid-elektrische Brennstoffzellensystem wurde von Proton Motor entwickelt und vom Germanischen Lloyd zertifiziert. Federführend für die Entwicklung und den Betrieb der Wasserstofftankstelle ist die Linde Group.

Die Erwartungen an das Projekt sind hoch – die Chancen ebenfalls. Steigende Treibstoffkosten und ein zunehmendes Interesse an umweltverträglichen Antriebssystemen lassen die Nachfrage nach der innovativen Brennstoffzellentechnik wachsen. Das Projekt bietet die Möglichkeit, ein Produkt auf den Markt zu bringen, das den Bedarf an Antriebsleistung mit hocheffizienter neuester Technologie befriedigt und zugleich ökologische Nachhaltigkeit garantiert.



Das Konsortium – Kompetenz hoch neun

Zemships wird von einem Konsortium aus neun Unternehmen und Institutionen realisiert. Jedes Experten-Team trägt mit seinem spezifischen Know-how zum Erfolg des Projekts bei. Die Bündelung der Kompetenzen ermöglicht die Verwirklichung der zukunftsweisenden Idee eines emissionsfreien Fahrgastschiffes. Hier ein Überblick über die Projektzuständigkeiten der einzelnen Partner:



Die ATG Alster Touristik GmbH, eine Tochter der HOCHBAHN, ist verantwortlich für den Entwurf und den Bau des Schiffskörpers sowie den Betrieb der FCS „Alsterwasser“.



Behörde für
Stadtentwicklung
und Umwelt

Als Initiator und Koordinator des Projekts engagiert sich die Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU) neben vielen anderen Aufgaben, die sie wahrnimmt, für den Schutz ökologisch sensibler innerstädtischer Gewässer.



Der Germanische Lloyd hat die FCS „Alsterwasser“ begutachtet und zertifiziert. Von der unabhängigen Schiffsklassifikationsgesellschaft wurden die weltweit ersten Richtlinien für den Betrieb von Brennstoffzellensystemen veröffentlicht.



HOCHBAHN

Als Vorreiter im Klimaschutz kann die HOCHBAHN bereits Erfahrungen mit der Brennstoffzellentechnologie aufweisen. Das Nahverkehrsunternehmen betreut im Projekt Zemships den Bereich der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit.



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Die Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW) begleitet das Projekt, indem sie den Betrieb des Brennstoffzellenfahrgastschiffes umfassend datentechnisch erfasst und wissenschaftlich auswertet.



hySOLUTIONS fördert im Auftrag der Stadt Hamburg die Entwicklung und Anwendung von Brennstoffzellen und Wasserstoff. Gemeinsam mit der HOCHBAHN ist die GmbH für die Presse- und Öffentlichkeitsarbeit sowie für die Koordination der Weiterbildung der ATG-Mitarbeiter verantwortlich.



THE LINDE GROUP

Das weltweit führende Gas- und Engineerunternehmen – The Linde Group – baut und betreibt die zukunftsweisende Zemships-Wasserstoff-Infrastruktur. Linde setzt dabei dank der in das Projekt eingebrachten neuen Verdichtertechnologie Maßstäbe.



Die Proton Motor Fuel Cell GmbH, Spezialist für Brennstoffzellen- und Hybridsysteme, ist verantwortlich für die Entwicklung, Herstellung und Implementierung des Brennstoffzellen-Antriebssystems der FCS „Alsterwasser“.



Aufgabe des tschechischen Nuclear Research Institute (UJV) ist es, ein mathematisches Modell für den Schiffsantrieb zu entwerfen und die Antriebssysteme zu visualisieren.

Der Prototyp – Pionier einer neuen emissionsfreien Schiffsgeneration

Mit einer Länge von ca. 25 Metern und etwa einem Meter Tiefgang hat das Schiff die für Alsterdampfer übliche Größe. Ein normales Fahrgastschiff – mit eingebautem Klimaschutz! Um die FCS „Alsterwasser“ mit einem umweltfreundlichen Brennstoffzellenhybridsystem ausrüsten zu können, bedurfte es allerdings umfangreicher baulicher wie technologischer Anpassungen gegenüber konventionellen Schiffen. Der SSB Spezialschiffbauwerft Oortkaten und den Ingenieuren von Proton Motor ist es jedoch gelungen, den Schiffskörper so zu gestalten, dass er sowohl der besonderen Antriebstechnik als auch bis zu 100 Passagieren Platz bietet.

Um den Fahrgästen den gewohnten Komfort bieten zu können, musste die FCS „Alsterwasser“ zudem bedarfsgerecht ausgebaut werden. Diverse Einrichtungsgegenstände und technische Geräte, wie Toiletten und Pantry, waren auf dem Schiff unterzubringen. Die beiden Brennstoffzellensysteme, die Blei-Gel-Batterien und die Wasserstofftanks mussten auf engstem Raum entsprechend den Richtlinien des Germanischen Lloyd funktionsgerecht und sicher installiert werden.

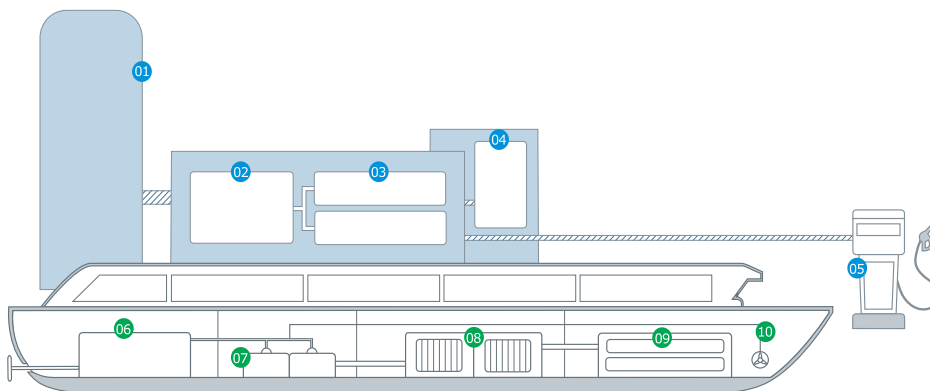
Dabei galt es, die vielen elektronischen Schnittstellen zu beachten und auch den sicherheitsrelevanten Bauteilen der Wasserstoffversorgung genug Raum zu geben. Anforderungen, die den Konstrukteuren Höchstleistungen abverlangten.

Auch das Brennstoffzellensystem muss Spitzenleistungen erbringen, um den Elektromotor der FCS „Alsterwasser“ mit 100 kW (ca. 130 PS) anzutreiben. Nie zuvor wurde ein Fahrgastschiff mit einer Leistung



von über 5 kW ausschließlich durch Brennstoffzellen bewegt – mit Wasserstoff als alleinigem Energieträger. Damit die kontinuierliche Energieversorgung während der Fahrt gewährleistet ist, können bis zu 50 kg des gasförmigen Treibstoffs in 350-bar-Drucktanks an Bord des Schiffes gespeichert werden – und Energie für einen ca. 3-tägigen Schiffsbetrieb liefern.

Einziges Nebenprodukt des chemischen Prozesses in der Brennstoffzelle: umweltfreundlicher Wasserdampf. Und auch bei den Fahrgästen sind nur freundliche Reaktionen zu erwarten. Sie genießen auf der FCS „Alsterwasser“ eine völlig abgasfreie und zudem geräuscharme Fahrt. Der Prototyp zeigt, dass es schon heute möglich ist, Zukunftstechnologie im Alltag einzusetzen.



Gesamtsystem

H₂-INFRASTRUKTUR

ZEMSHIP

- 01 LH₂-Tank**
(flüssiger Wasserstoff)
- 02 GH₂-Vorverdichter**
(gasförmiger Wasserstoff)
25 bar
- 03 GH₂-Hauptverdichter**
450 bar, redundanter
Ionenverdichter
- 04 Hochdruckpuffer**
- 05 GH₂-Dispenser**
für das ZEMship
- 06 Fahrmotor**
100 kW
- 07 Hybridsystem**
Energiemanagement
und Batterie
- 08 2 Brennstoffzellen-
systeme**
Proton Motor, je 50 kW
- 09 Wasserstofftanks**
350 bar
- 10 Bugstrahlruder**
20kW_{el}

Der Antrieb – hocheffizient, sauber und leise

Doch was unterscheidet den Brennstoffzellenantrieb der FCS „Alsterwasser“ von anderen? Proton Motor hat die Brennstoffzellensysteme entwickelt: Es kommen zwei Systeme der Baureihe PM A 50 maritime zum Einsatz. Diese wurden speziell für Schiffsanwendungen entwickelt. Die flüssigkeitsgekühlten PEM-Brennstoffzellen (PEM = Proton Exchange Membran) sind nicht nur besonders leistungsstark, sondern auch modular einsetzbar und äußerst robust.

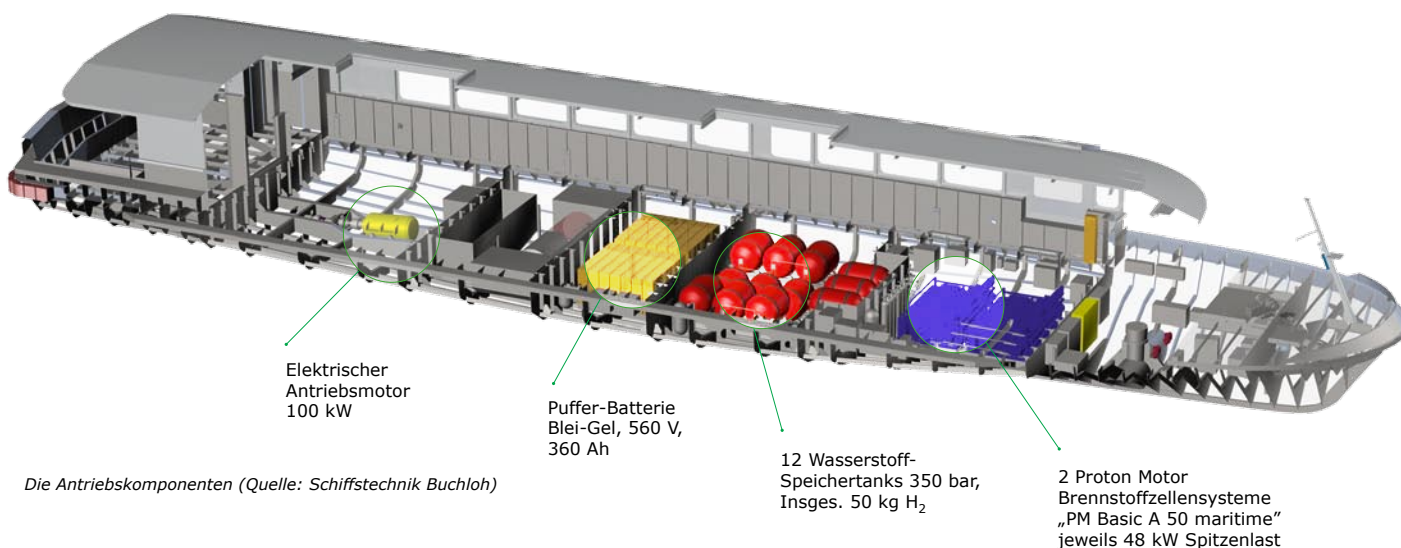
In ihrem Aufbau sind sie an die typischen Einbausituationen in Schiffen angepasst. In einer einzigen kompakten Baugruppe sind die Brennstoffzellenstacks mit allen wichtigen Peripherie-Systemen wie Kühlung und Luftversorgung optimal eingepasst. So kann das System ohne spezielle Anpassungen auch in andere Schiffstypen integriert werden. Der elektrochemische Prozess in der Brennstoffzelle vollzieht sich vollkommen schadstofffrei. Doch auch die optimale Brennstoffausnutzung und die effiziente Betriebsweise des hybrid-elektrischen Brennstoffzellensystems tragen zur Klimaverträglichkeit des Schiffes bei. Aufgrund seines günstigen Teillast- und Lastwechselverhaltens kann das System im typischen Betrieb auf der Alster einen doppelt so hohen Wirkungsgrad aufweisen wie ein Dieselantrieb. Dieses Schiff verbraucht also nur halb soviel Treibstoff wie ein herkömmlicher Ausflugsdampfer dieser Größe.

Eine wesentliche Neuerung ist die Integration der Brennstoffzelle in ein Hybrid-System. Die Energie, die die Brennstoffzellen liefern, wird in einem integrierten Batteriepaket zwischengespeichert.

Dieses versorgt den Elektromotor lastabhängig mit Energie. Das nachfragegesteuerte Energiemanagement über Batterien stellt sicher, dass in Spitzenlastzeiten – wie beim An- und Ablegen – kurzzeitig immer genug Energie vorhanden ist. Die Brennstoffzellen werden folglich geschont und ihre Lebensdauer damit optimiert.



Für einen effizienten Betrieb der FCS „Alsterwasser“ sorgt neben dem intelligenten Energiemanagement ein Low-Energy-Wassermanagementsystem. Es erspart eine externe Befeuchtung der Brennstoffzellenmembrane sowie das Nachfüllen von de-ionisiertem Wasser. Das Projekt ist ein Meilenstein auf dem Gebiet der Brennstoffzellentechnologie und unterstreicht die Rolle des Wasserstoffs als alternativem Energiespeichermedium.



Die Wasserstoffversorgung – innovative Kompression

Auch bei der Zemships-Tankstelleninfrastruktur kommt innovative Technik zum Einsatz – und zu einem hervorragenden Ergebnis. Linde, verantwortlich für Konstruktion, Fertigung und Inbetriebnahme der Wasserstofftankstelle, hat für das Projekt ein vollkommen neues Verfahren entwickelt: die ionische Verdichtung. Dank dieser neuartigen Methode kann der gasförmige Wasserstoff ohne eine mechanische Kolbenkompression auf einen Druck von 450 bar gebracht werden.

Bei seiner Anlieferung mit dem Tankwagen befindet sich der Wasserstoff zunächst noch im verflüssigten Zustand (Liquified Hydrogen, LH₂). Im cryogenen Speichertank wird der LH₂ bei minus 253° C in einem superisolierten Tank gelagert. Erst bei der Betankung der FCS „Alsterwasser“ wird der flüssige Wasserstoff im gasförmigen Aggregatzustand (GH₂) verdampft und mittels eines Schraubenverdichters in der ersten Stufe auf einen Druck von 25 bar komprimiert.



In der zweiten Stufe kommt die neue Technologie des durch Linde patentierten ionischen Kompressors zum Einsatz. Mit Hilfe einer ionischen Flüssigkeit wird das Gas zunächst auf einen Druck von 290 bar verdichtet – im Boostermodus dann sogar auf bis zu 450 bar. Um 50 kg des gasförmigen Wasserstoffs (GH₂) an Bord in den Tanks der FCS „Alsterwasser“ zu speichern, wird dieser bei einem Druck von 350 bar und einer angenommenen Normtemperatur von 15° C gelagert.



Das neue Verfahren der ionischen Kompression bietet gegenüber der herkömmlichen Kolbenkompression klare Vorteile: Neben der außergewöhnlich hohen Energieeffizienz und einer für die großen Betankungsmengen notwendigen Förderleistung ist vor allem die Reinheit des Wasserstoffgases hervorragend.

Unerwünschte Verschmutzungen, wie sie bei der Kompression mit Metallkolben leicht entstehen, lassen sich durch die „sauberere“ isotherme Verdichtung vollständig vermeiden. Die Geräuschentwicklung verringert sich im Zuge dessen ebenfalls erheblich – auf unter 65 db(A).

Ebenfalls wichtig für den Betrieb dieses Schiffes: Eine einfache und schnelle Bedienung der Betankungsanlage. In nur zwölf Minuten kann die FCS „Alsterwasser“ mit bis zu 50 kg des komprimierten Wasserstoffs (CGH₂) betankt werden. Die Zemships-Tankstelle befindet sich in unmittelbarer Nähe zur Hamburger Innenstadt, direkt an einem Seitenarm der Alster, auf dem U-Bahn-Betriebsgelände der HOCHBAHN. Insgesamt zeichnet sich das Projekt nicht nur durch seine innovative Brennstoffzellentechnik aus, sondern auch durch viele technologische Neuentwicklungen im Bereich der Infrastruktur.

Die Betriebsaufnahme der FCS „Alsterwasser“ ist die Premiere einer neuen, emissionsfreien und leisen Schiffsgeneration – und eine lohnenswerte Investition in die Zukunft.

Schiffsspezifikation

Schiffstyp	Brennstoffzellenfahrgastschiff mit Hafenfahrlizenz und Abnahme durch den Germanischen Lloyd
Kapazität	100 Fahrgäste
Länge über alles	25,46 m
Breite über alles	5,36 m
Höhe über der Wasserlinie	2,65 m (2,30 m mit abgesenktem Hubdach)
Wasserverdrängung	72 Tonnen beladen
Tiefgang mit Fahrgästen	1,33 m
Max. Fahrgeschwindigkeit	15 km/h
Material	Stahl und Aluminium

Antriebssystemspezifikation

Brennstoffzellentyp	Proton Motor PM 600 Proton Exchange-Membrane (PEM)
Brennstoffzellensystem	Proton Motor „PM Basic A 50 maritime“
Anzahl der Brennstoffzellensysteme an Bord	2
Spitzenleistung pro System	48 kW
Max. Systemeffizienz	> 50 %
Brennstoffzellenbetriebstemperatur	< 70°C
Gesamtgewicht (pro System)	ca. 500 kg
Abmessungen pro System	2200 x 1100 x 900 mm
Batteriespeicher	Blei-Gel-Batterie 560 V (7 x 80 V), 360 Ah
Elektromotorenart	Drehstrommotor 100 kW
Speicherform des H ₂	gasförmig (GH ₂) bei 350 bar/15°C
Speichervolumen an Bord	50 kg
Typische Tankhäufigkeit	alle 2 bis 3 Tage



Kontakt

Zemships
Öffentlichkeitsarbeit

Karim-Tarik Hammou
hySOLUTIONS GmbH
Steinstraße 25
20095 Hamburg

Telefon +49 40 32 88-44 75
Fax +49 40 32 88-35 38
Mobil +49 178 628 06 27
Email karim-tarik.hammou@hysolutions-hamburg.de

www.zemships.eu

 Gefördert durch finanzielle Mittel des EU-Life Programms

