Thema: Elektromobilität | **Autoren:** Klaus Taube, Volker Dzaak, Markus Mühmer

H_2-ANTRIEB AUF DER CORIOLIS

Emissionsfreies Energiesystem eines Fluss- und Küstenschiffes

Abb. 1: Die Coriolis [Quelle: Hereon]

Global ist die Schifffahrt für etwa drei Prozent aller Kohlenstoffdioxidemissionen verantwortlich. Die Internationale Seeschifffahrts-Organisation IMO (von engl. International Maritime Organization) hat sich daher zum Ziel gesetzt, diese bis zum Jahr 2050, verglichen mit dem Stand von 2008, mindestens zu halbieren. Für Schiffe werden aufgrund der hohen Leistungsbedarfe und der großen zurückzulegenden Reichweiten vollelektrische Lösungen nur in einigen Anwendungsfällen möglich sein. Wasserstoff und seine Derivate wecken daher bei der maritimen Industrie zunehmendes Interesse aufgrund ihres Potentials, den Emissionsausstoß der Schifffahrt deutlich zu reduzieren. Die Herausforderung ist dabei, Wasserstoff einerseits in sicherer Form und möglichst kompakt an Bord zu speichern und andererseits das Gesamtenergiesystem auf verschiedene Anforderungen abzustimmen und seine Steuerung optimal zu gestalten.

Derzeit wird bei der Hitzler Werft in Lauenburg das Forschungsschiff Coriolis des Helmholtz-Zentrums Hereon, Geesthacht, gebaut. Das Schiff wird neben einem dieselelektrischen Antriebssystem auch Batterien sowie ein Wasserstoffsystem an Bord verbaut haben. Letzteres hat das Hereon gemeinsam mit dem DLR Institut für Maritime Energiesysteme und dem Ingenieurbüro Technolog, Hamburg, konzeptioniert.

WASSERSTOFFSYSTEMLABOR H2SL AN BORD Das H2SL ist als ein über das Schiff verteiltes Wasserstoffsystem geplant. Die Hauptkomponenten sind ein Metallhydridtank (MH-Tank), eine Eigenentwicklung des Hereon, sowie eine Niedertemperatur-PEM-Brennstoffzelle. Dazu kommen noch verschiedene Komponenten der Peripherie, wie beispielsweise eine Bunkerstation für Wasserstoff, ein Tankanschlussraum am Metallhydridtank und zwei Abblasemasten.

Insbesondere für ein vergleichsweise kleines Schiff wie die Coriolis mit knapp 30 m Länge muss die Anordnung der Komponenten sehr genau geplant werden. Grund hierfür ist unter anderem, dass es für die Verwendung von Wasserstoff an Bord noch keine bindenden Regularien gibt.

Die Definition von Gefahrenzonen sowie die einzuhaltenden Abstände von Be- und Entlüftungen stammen aus dem IGF-Code, welcher in der Schifffahrt den Umgang mit Kraftstoffen mit niedrigem Flammpunkt reguliert und bisher vorrangig für LNG angewendet wird. Hier wird bisher aber noch keine Rücksicht auf die speziellen Eigenschaften von Wasserstoff, wie beispielsweise die wesentlich höhere Flüchtigkeit als bei LNG, genommen. Dies zeigt sich unter anderem bei der Größe und Form der Gefahrenzonen (s. kugelförmige Gefahrenzonen um die Ausbläser und Lufteinlässe). Eine Erweiterung des IGF-Codes auf die Nutzung von Wasserstoff befindet sich derzeit in Arbeit.

Das Tanksystem, bestehend aus dem eigentlichen Metallhydridtank sowie dem vorgeschriebenen inertisierbaren Tankanschlussraum, wird auf einer 5“-Containergrundplatte aufgebaut und etwa die halbe Höhe haben. Neben dem Gewicht des Metallhydrids selbst bestimmen die stählernen Tankhüllen, Verrohrungen und insbesondere der Druckbehälter des Tankanschlussraums das Gesamtgewicht. Bei einem Gesamtsystemvolumen von rund 4 m^3 und einem Gesamtsystemgewicht von etwa 5 Tonnen speichert das Tanksystem circa 30 kg H_2.

Damit ist die Brennstoffzelle in der Lage, das Schiff mit etwa 500 kWh grüner Energie zu versorgen. Allerdings nur unter der Voraussetzung, grüner Wasserstoff kann und darf tatsächlich gebunkert werden – eine Herausforderung in sich, wie erste Sondierungsgespräche mit Wasserstoffproduzenten und Häfen gezeigt haben.

Im Vorfeld der Werftausschreibung wurde der Energiebedarf für die Propulsion bei der SVA Potsdam im Modellversuch ermittelt und auf die Großausführung skaliert. Die Schiffsform der Coriolis ist auf den Betrieb bei niedriger Geschwindigkeit optimiert, weil dies dem vorrangigen Betriebsprofil in der küstennahen Fahrt entspricht (s. Abb. 2).

Aufgrund des geringen Leistungsbedarfes bei Schleichfahrt kann die Brennstoffzelle, welche eine elektrische Nennleistung von etwa 100 kW haben wird, in Kombination mit der Batterie für viele Messkampagnen und in weiteren Betriebszuständen (z. B. Liegezeiten) der Coriolis verwendet werden, ohne dass ein Dieselmotor zugeschaltet werden muss. Zusätzlich zur Propulsion müssen noch die elektrischen Verbraucher an Bord versorgt werden, welche jedoch nur einen Bruchteil der benötigten Antriebsenergie beanspruchen.

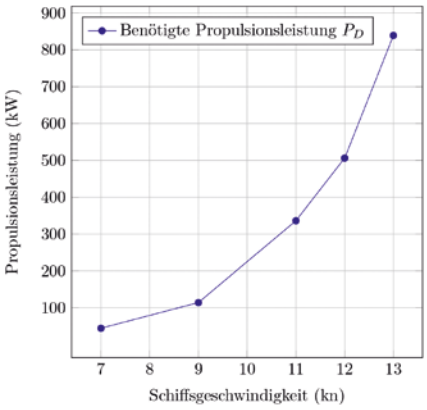

Abb. 2: Benötigte Propulsionsleistung in Abhängigkeit von der Schiffsgeschwindigkeit [Quelle: SV Atech]

METALLHYDRIDTANKS Die im Folgenden genannten Eigenschaften machen aus Sicht von Hereon die MH-Tanks für eine Reihe von Anwendungen im maritimen Bereich attraktiv:

- Moderate Beladedrücke von deutlich unter 100 bar bei Betriebstemperaturen von unter 100 °C
- Kaltstart eines MH-Tanks prinzipiell auch bei Temperaturen unter 0 °C möglich (Hereon EP 3 843 190)
- Durch die chemische Bindung des Wasserstoffs ist

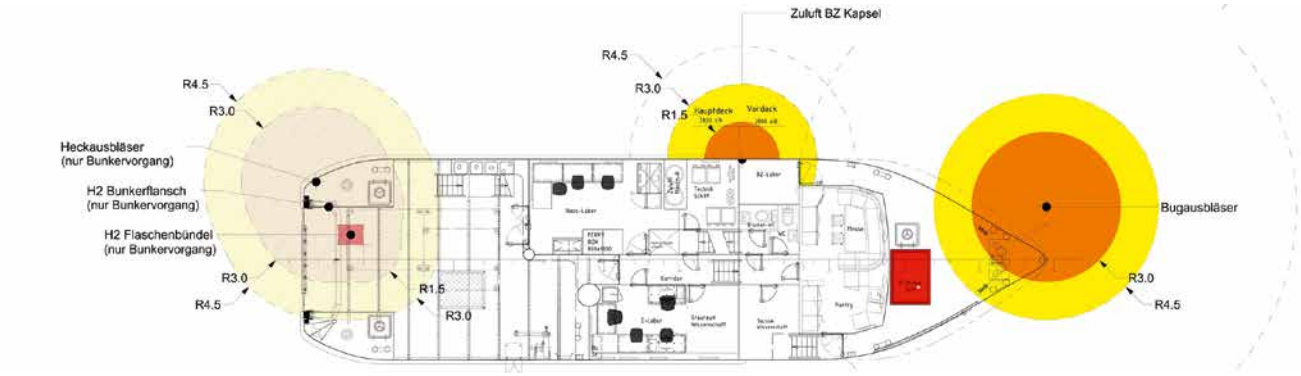

Abb. 3: Darstellung der Gefahrenzonen [Quelle: Technolog Services]

prinzipbedingt keine plötzliche Freisetzung von großen Wasserstoffmengen möglich, was einen signifikanten Sicherheitsgewinn an Bord bedeutet.

- Die wegen der niedrigen Beladedrücke erlaubte flexible Bauform ermöglicht eine leichte Anpassung an die Schiffsform → eingesparter Bauraum. Insbesondere für kleine Schiffe nehmen heutige Druckwasserstofftanks sehr viel Platz ein, der dem Schiff als wertvoller Ladungsraum verloren geht.
- Hohes Gewicht kann in bestimmten Anwendungsfällen sogar vorteilhaft sein, z. B. bei Segelschiffen statt des sonst notwendigen „toten" Ballasts zur Lagestabilisierung.

FORSCHUNG IM WASSERSTOFFSYSTEMLABOR (H2SL)

Hereon und DLR untersuchen gemeinsam, für welche Schiffstypen die Kombination aus Niedertemperatur-Brennstoffzelle und Metallhydridtank eine sinnvolle Lösung für das Antriebssystem darstellt. Ziel der beiden Forschungsinstitute ist es, ein Leitkonzept zu erstellen, welches eine leichte Adaption und Integration des Konzeptes des Coriolis-Energiesystems auch in andere Schiffe und Schiffstypen ermöglicht.

Zusätzlich zur Option, das Schiff emissionsfrei zu betreiben, bietet das H2SL noch viele weitere Möglichkeiten, innovative Forschungsansätze zu verfolgen. Hereon und DLR planen intensive Forschungsarbeiten anhand des Antriebssystems. Durch den Betrieb des H2SL in realer maritimer Umgebung, die Möglichkeit des Online-Fernzugriffs auf die Betriebsdaten und der sofortigen Anpassung von Steuerungsparametern und damit durch das Studium der Auswirkungen dieser Änderungen erwarten die beiden Einrichtungen wertvolle Erkenntnisse und Echtzeitdaten zu relevanten Forschungsfragen.

Aufsetzend auf den Betriebsdaten wird das DLR einen digitalen Zwilling des Wasserstoffenergiesystems entwickeln, um den Zustand des Systems jederzeit zu erfassen, die Systemsteuerung zu optimieren und Rückkopplungen für den Betrieb abzuleiten.

Darüber hinaus sollen anhand der Daten Betriebsstrategien für das hybride Energiesystem der Coriolis entwickelt werden. Durch die Variation aus verschiedenen Energiequellen (Batterie, Brennstoffzelle und Verbrennungsmotor) gibt es viel Flexibilität hinsichtlich des Betriebes bei verschiedensten Energieverbrauchsszenarios. Ziel ist es, für unterschiedlichste Fahrt- und Lastzustände ein Optimum in Bezug auf Kraftstoffverbrauch und Betriebskosten durch eine intelligente Lastaufteilung zu erreichen.

Der Vorteil einer solchen Untersuchung auf einem Forschungsschiff ist unter anderem, dass die in der Theorie entwickelten Strategien im nächsten Schritt direkt in das Energiemanagementsystem überführt und auf diese Weise zeitnah im Betrieb validiert werden können.

Hybride Energiesysteme finden immer häufiger Einzug auf Schiffen. Die Erkenntnisse aus dem Betrieb der Coriolis werden zukünftig wertvolle Hinweise liefern, die auch auf andere Schiffstypen übertragen werden können und somit einen Beitrag zur Emissionsreduktion des maritimen Sektors leisten. ||

Autoren:
Klaus Taube, Hereon, Geesthacht → klaus.taube@hereon.de
Volker Dzaak, Hereon, Geesthacht
Markus Mühmer, DLR Institut für Maritime Energiesysteme

Weiterbildung für die Energiewende

In 2023 zünden wir den H2-Weiterbildungsturbo und bieten Ihnen einen Strauß von topaktuellen (Zertifikats-) Weiterbildungsangeboten rund um den Wasserstoff.

- Fachkraft Wasserstoff – Befähigte Person nach TRBS 1203
- Gasanlagen in Fahrzeugen (Stufen E, 1E, 2E und 3E) nach DGUV-FBHM-099
- Wasserstoff-Praxistag
- NEU: Wasserstoff-Erzeugung

Profitieren Sie von unserer langjährigen Erfahrung im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzelle und unserem starken Praxisbezug.
In eigenen Laboren, aber auch mit mobilen Praxisübungen bringen wir Ihnen auch den „handwerklichen" Umgang mit Wasserstoff bei.

WBZU – Weiterbildungszentrum für innovative Energietechnologien,
Helmholtzstr. 6, 89081 Ulm, Tel. 0731 1425 7522, info@wbzu.de, www.wbzu.de

Handwerkskammer Ulm