

# Null-Emission-Schiffe mit Elektroantrieb

**CO<sub>2</sub>-REDUZIERUNG** Die internationale Schifffahrtsorganisation (IMO) hat in diesem Frühjahr beschlossen, die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Ende des Jahrhunderts auf null zu senken. Batterie betriebene Schiffe, insbesondere in küstennahen Gewässern, könnten einen entscheidenden Beitrag dazu leisten.

Stefan Schulz

Foto: Siemens



Abb. 1: Autofähre „Ampere“ [6]

## TECHNISCHE DATEN

Autofähre „Ampere“

Länge ü.a.	80 m
Breite ü.a.	20 m
Höchstgeschwindigkeit	12 kn
Reisegeschwindigkeit	10 kn
Motorleistung	2 x 450 kW
Batteriekapazität	1,0 Mwh
Passagierkapazität	350
Pkw-Kapazität	120

Die IMO verabschiedete auf der 72. MEPC Sitzung Mitte April einen Klimaschutzplan, nach dem die Schifffahrt die globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050 gegenüber 2008 mindestens halbieren und bis Ende des Jahrhunderts keinerlei CO<sub>2</sub> mehr emittieren soll. Als Zwischenschritte wurden die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf Basis der Transportleistung um 40 Prozent bis 2030 und um 70 Prozent bis 2050 bezogen auf die Emissionen von 2008 vereinbart und dies jeweils als Mittelwert der internationalen Schifffahrt [1].

Vor allem durch Reduzierung der Fahrtgeschwindigkeit konnte möglicherweise in den letzten Jahren etwa zehn Prozent Emissionsreduzierung erreicht werden. Wenn man die Lebensdauer von Schiffen mit 30 Jahren veranschlagt, wird es 2030 noch mindestens 60 Prozent alter konventioneller (Diesel)-Schiffe geben. Mit den verbleibenden 40 Prozent als Neubauten müssten dann die verbleibenden 30 Prozent Einsparungen für die gesamte Flotte erreicht werden. Wenn man dies wahr machen wollte, dürften 75 Prozent der Neubauten in den nächsten zwölf Jahren nur noch als „Null Emission Schiffe“ realisiert werden.

## Technische Grundlagen

Auf Langstrecken sind Schiffe mit Verbrennungsmotoren wegen der erforderlichen Speicherung von großen Energiemengen im Schiff wohl weiterhin erforderlich. Für den emissionsfreien Betrieb von Verbrennungsmotoren kommt es auf einen klimaneutralen Brennstoff ohne fossile Kohlenwasserstoffe an. LNG als Brennstoff ist daher auch nur ein Übergangprojekt und Bio Fuels sind wegen der eingeschränkten Verfügbarkeit nur ein Nischenmarkt. Für den zukünftigen emissionsfreien Betrieb von Schiffen sind letztlich nur E-Fuels auf Wasserstoffbasis (mittels elektrischer Energie aus Wasser und CO<sub>2</sub> hergestellte synthetische Brennstoffe) sinnvoll. Dieselmotoren auf E-Fuel-Basis wäre sicherlich zunächst sehr einfach einzusetzen, aber der energetische Gesamtwirkungsgrad dieser Brennstoffe mit Dieselmotoren liegt nur bei 20-25 Prozent [2]. Das neue Projekt HyMethShip soll den Gesamtwirkungsgrad verbessern und basiert auf Methanol, das auf dem Schiff zunächst in einem Membranreaktor in Wasserstoff und CO<sub>2</sub> aufgetrennt wird. Der Wasserstoff wird dann als Brennstoff in einem Gasmotor eingesetzt und das CO<sub>2</sub>

## TECHNISCHE DATEN

„Future of the Fjords“

Länge ü.a.	42 m
Breite ü.a.	15 m
Höchstgeschwindigkeit	22 kn
Reisegeschwindigkeit	16 kn
Motorleistung	2 x 450 kW
Batteriekapazität	1,8 Mwh
Passagierkapazität	400
Reichweite (16 kn)	48 sm



Abb. 2: Passagierfähre „Future of the Fjords“ [7]



The Original

wird auf dem Schiff tiefgekühlt gelagert und an Land wieder zur Methanol-Produktion genutzt [3]. Es wird aber noch viel Zeit für Forschung und industrielle Implementierung dieser Technologie benötigt. Generell dürften die E-Fuels vor allem wegen des hohen Energiebedarfs zu deren Herstellung erheblich teurer werden als konventionelle Brennstoffe auf fossiler Basis.

Auf kurzen Strecken sind bereits heute Lösungen auf Basis von Wasserstoff mit Brennstoffzellen oder auch rein Batterie basierte, vollelektrische Schiffe realisierbar. Der Antrieb auf Basis Wasserstoff mit Brennstoffzellen hat den Vorteil kurzer Tankzeiten, ist aber technisch aufwendig und teuer und hat zudem nur einen energetischen Gesamtwirkungsgrad von etwa 40 Prozent [4]. Die Batterie basierte Lösung hat zwar etwas längere Ladezeiten, ist aber erheblich kostengünstiger und kommt auf den hervorragenden energetischen Gesamtwirkungsgrad von etwa 80 Prozent. Im Folgenden soll daher zunächst auf batteriebasierte Schiffe näher eingegangen werden. Um die Transportleistung des Schiffes zu optimieren, muss aber nicht nur die Effektivität des Antriebs gesteigert, sondern auch der Widerstand verringert werden. Bei ähnlichen Schiffen mit gegebener Wasserlinienlänge und Geschwindigkeit verändert sich der Widerstand annähernd linear mit der Verdrängung [5]. Dies hat sehr große Auswirkungen auf den Energieverbrauch vor allem bei schnellen Schiffen oberhalb der Froudezahl 0,4. Grundsätzlich gilt dies in etwas geringerem Maß aber auch bei langsameren Schiffen. Auch hier gilt es, hauptsächlich wegen des Schiffswiderstands, möglichst viel Gewicht zu sparen, um vernünftige Reichweiten und Batteriekosten zu realisieren.

### Batteriebasierte, elektrische Schiffe aus Skandinavien

In Skandinavien wurden vor allem durch staatliche Vorgaben und Fördermittel bereits die ersten vollelektrischen Schiffe mit batteriebasierten Elektroantrieben realisiert. Hier entwickelt sich der neue High-Tech-Schiffbau momentan rasant, wobei wir in Deutschland leider noch am herkömmlichen Stahlschiff mit Dieselmotoren festhalten. Nur bei den elektrischen Antrieben und Komponenten sind deutsche Unternehmen beteiligt, aber das Gewicht und damit der Widerstand des Schiffes werden dort bei der Optimierung solcher Schiffe immer wichtiger. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen zwei herausragende Beispiele mit hoher Effizienz.

Die „Ampere“ wurde bei Fjellstrand aus Aluminium gebaut und wiegt daher trotz der zehn Tonnen schweren Batterien nur etwa halb so viel wie ein konventionelles Stahlschiff mit Dieselantrieb. Mit diesem Schiff werden nach Angaben der Reederei pro Jahr etwa 1000 t Diesel und 2680 t CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart.

Die „Future of the Fjords“ ist ein echter Leichtbau aus Kohlefaser-Sandwich mit nochmals großer Gewichtsreduktion gegenüber Aluminium und wurde bei Brodrene Aa speziell für die ruhigen Fjordgewässer gebaut. Das Schiff kann mit seiner 1,8 Mwh-Batterie drei Stunden mit 16 kn Reisegeschwindigkeit fahren und wird aus einer 2,4 Mwh-Batterie im Hafen Gudvangen in 20 Minuten für die nächste Fahrt aufgeladen.

### Situation der batteriebasierten elektrischen Projekte in Deutschland

Leider fehlt uns in Deutschland momentan noch jeglicher finanzieller Anreiz für die Reedereien, Schiffe mit vollelektrischem Antrieb einzusetzen. Es geht nicht so sehr um Fördermittel für die Entwicklung, sondern in erster Linie um die Frage der Rentabilität der Schiffe in Anbetracht des bisher sehr billigen Schiffs- >

# Original Spares. Original Service. No Compromises.

MEET US AT  
**SMM 2018**  
HALL A1  
BOOTH 210

If you value the quality of original parts, you'll expect the same uncompromising standards when it comes to service.

Details and insights can be found at  
[skf-simplex.com](http://skf-simplex.com).

**SKF**®





Abb. 3: Baltec B360, ein langsames, voll elektrisches Passagierschiff

› TECHNISCHE DATEN

„Baltec B360“	
Länge ü.a.	36 m
Breite ü.a.	8,6 m
Passagierkapazität	270 Personen
Höchstgeschwindigkeit	10 kn
Reisegeschwindigkeit	7 kn
Motorleistung	3 x 50 kW
Batteriekapazität	1 Mwh
Reichweite (80 Prozent Batterie 7 kn)	110 sm
Betriebsdauer (7 kn)	16 Std.

› TECHNISCHE DATEN

„Baltec F330“	
Länge ü.a.	33 m
Breite ü.a.	9,6 m
Passagierkapazität	265 Personen
Höchstgeschwindigkeit	ca. 24 kn
Reisegeschwindigkeit	ca. 18 kn
Motorleistung	2 x 500 kW
Batteriekapazität	2 Mwh
Reichweite (80 Prozent Batterie 18 kn)	64 sm
Betriebsdauer (18 kn)	3,5 Std.



Abb. 4: Baltec F330, eine Schnellfähre für Küstengewässer

diesels, der auch weiterhin gegenüber dem elektrischen Strom steuerlich begünstigt wird. Für die Reeder rechnen sich daher vollelektrische Schiffe betriebswirtschaftlich heute noch nicht. Allenfalls gibt es Gründe zum Umstieg vor allem in Hafencities, die bereits unter Dieselabgasen leiden. Erste Überlegungen sind dort zwar vorhanden, aber es ist eben nicht damit getan, konventionelle Stahlschiffe mit einem elektrischen Antrieb auszurüsten. Hierbei versprechen Kunststoff-Sandwichschiffe wegen ihres geringen Gewichts und damit Widerstands deutlich bessere Effektivität. Technisch sind auch hierzulande die Werften in der Lage, solche Projekte auf sehr hohem technischem Niveau zu realisieren, aber im Gegensatz zu Skandinavien fehlt es

hier in Deutschland noch an staatlicher Förderung, um die Reedereien zu überzeugen.

Nachfolgend zwei Beispiele für kurzfristig realisierbare vollelektrische Leichtbau-schiffe in Deutschland (s. Abb. 3 und 4).

Das Konzept Baltec B360 ist ein langsames, vollelektrisches Passagierschiff – ein Sandwich-Leichtbau für Binnengewässer mit sehr geringem Eigengewicht trotz der fast sieben Tonnen schweren Batterie. Das Schiff kann mit 80 Prozent der Kapazität seiner 1 Mwh-Batterie 16 Stunden mit 7 kn Reisegeschwindigkeit fahren. Dieses Schiff dürfte durch sein geringes Gewicht die momentan effizienteste Lösung für kleinere langsam fahrende vollelektrische Schiffe darstellen.

Bei langsamen Schiffen wie dem hier gezeigten B360 ist die erforderliche Leis-

tungserhöhung für die dreifache Verdrängung des Stahlschiffes noch relativ gering. Für die gleiche Geschwindigkeit muss die Motorleistung, die Batteriekapazität und der Energieverbrauch um etwa 75 Prozent erhöht werden. Daher lassen sich mit dem leichteren Sandwichschiff bei gleicher Geschwindigkeit auch größere Reichweiten erzielen. Allein durch den Mehrpreis der erhöhten Batteriekapazität dürfte das Sandwichschiff gegenüber dem Stahlschiff eher preisgünstiger werden. Die Betriebskosten sind wegen des geringeren Energieverbrauchs und der geringeren Unterhaltungskosten des Kunststoffs ohnehin niedriger.

Das Konzept Baltec F330 ist eine E-Schnellfähre für Küstengewässer – ein Kunststoff-Sandwich-Leichtbau mit 95 t



SHIP DESIGN & CONSULT GMBH

NAVAL ARCHITECTURAL CONSULTANT AND CALCULATION SERVICES

Services

- Efficiency optimisation
- Draught increase calculation
- Lightship surveys
- Stability calculation

Design

- Custom made concept designs
- Feasibility studies
- LNG driven vessels
- Scrubber refit

Construction

- FEM strength calculation
- Steel construction
- Sea fastening
- Conversions



info@shipdesign.de  
www.shipdesign.de

Meet us at



Hall B4, Stand EG108 (HSIA)

Verdrängung trotz der fast 14 t schweren Batterie. Das Schiff kann mit seiner 2 Mwh-Batterie 3,5 Stunden mit 18 kn Reisegeschwindigkeit fahren. Dieses Schiff dürfte wegen der geringeren Batteriekosten preisgünstiger als ein Aluminiumschiff sein und die momentan effizienteste Lösung für schnell fahrende, küstentaugliche und voll-elektrische Schiffe darstellen.

Bei schnelleren Schiffen, wie dem hier gezeigten F330, ist die erforderliche Leistungserhöhung für die doppelte Verdrängung eines Aluminiumschiffs aber erheblich. Für die gleiche Geschwindigkeit müsste die Motorleistung, die Batteriekapazität und der Energieverbrauch verdoppelt werden. Allein die kleineren Batterien des Kunststoff-Sandwichschiffs dürften sich bereits deutlich in einem günstigeren Kaufpreis niederschlagen. Die Betriebskosten des leichteren Sandwichschiffs sind wegen des deutlich geringeren Energieverbrauchs und der geringeren Unterhaltungskosten des Kunststoffs ebenfalls deutlich günstiger. Für schnelle vollelektrische Schiffe kommt aus wirtschaftlicher Sicht kaum ein anderes Konzept in Frage.

### Schlussfolgerungen

Zunächst zeigen uns die norwegischen Beispiele, was durch eine effektive staatliche Förderung bei der Einführung effektiver, vollelektrischer Schiffe erreicht werden kann. Auch in den Niederlanden hat man bereits Nischen für elektrische Binnenfrachter ausfindig gemacht. Aber der große Durchbruch fehlt auch hier anscheinend noch.

Bei uns in Deutschland könnte man möglicherweise in Hafenstädten wie Hamburg und Kiel beginnen. Die ersten Landstromversorgungen für diese Schiffe sind bereits vorhanden oder zumindest konkret geplant [8]. Man könnte damit anfangen, beispielsweise Lotsenboote oder auch die kleinen Hafenfähren sukzessive durch die Null-Emission-Schiffe zu ersetzen und damit zur Luftreinhaltung in diesen Städten beitragen. Konzepte für vollelektrische Lotsenboote und kleinere Fähren liegen bereits vor.

Um in Deutschland mit vollelektrischen Schiffen weiterzukommen, fehlt möglicherweise auch ein Beurteilungsmaßstab. Bei der Effizienz ist der Energieverbrauch pro Frachteinheit maßgeblich. Es könnte beispielsweise bei gegebener Geschwindigkeit (Froudezahl) und Reichweite der Stromverbrauch je Tonne bzw. je Passagier und Seemeile betrachtet werden. Mögli-

cherweise könnten daraus auch Effizienzklassen gebildet werden. Effizienzklassen für Kühlschränke und Waschmaschinen sind ja unterdessen Standard. Für Schiffe gibt es so etwas nicht, was die Beurteilung durch die Reedereien erschwert.

Eine wesentliche Bremse zur Einführung von vollelektrischen Schiffen ist auch die Steuerfreiheit von fossilen Kraftstoffen für Schiffe und auch Flugzeuge im Gegensatz zur normal versteuerten Elektroenergie. Vor allem hier müsste sich die Politik bewegen, um Null-Emission-Schiffe zu fördern und damit die Klimaproblematik zu entschärfen.

### Quellen

- [1] IMO Marine Environment Protection Committee 72nd session 12. April 2018
- [2] <https://www.bundestag.de/blob/544092/dab1b2ac-5f0264e4b35ea370d197922e/wd-5-008-18-pdf-data.pdf> 2018 S.12
- [3] <http://www.lec.at/wp-content/uploads/2018/06/Presseinformation-HyMethShip.pdf>
- [4] Klaus Stolzenburg „Hydrogen in the Transport Sector“: <https://www.mariko-leer.de/downloads/presentationen/>
- [5] Hütter und Schulz „Leichtbau als Baustein zur Effizienzsteigerung“ Schiff&Hafen Mai 2017 S.20 ff.
- [6] [http://www.fjellstrand.no/flyers/flyer\\_1696.pdf](http://www.fjellstrand.no/flyers/flyer_1696.pdf)
- [7] <https://www.braa.no/fast-ferries/futureofthefjords>
- [8] <http://www.kn-online.de/Kiel/Absichtserklaerung-Kiel-will-Kreuzfahrtschiffe-mit-Landstrom-versorgen>

Der Autor:  
Stefan Schulz, Baltec Offshore GmbH,  
Lübeck

**World class support,  
anytime anywhere in the world**

ClassNK is a global classification society, providing the highest quality survey and certification services through a network of over 130 exclusive surveyor offices across the world. Established over a century ago, our highly qualified surveyors are there to support your needs, when you need them.

**ClassNK** [www.classnk.com](http://www.classnk.com)

**SMM 2018**  
Booth No. **B2.EG.212**