

Michael Vahs

## „Green Ship“ als Zukunftsaufgabe

### Abstract

Der Vortrag widmet sich den Anforderungen, technischen Potentialen und Realisierungsmöglichkeiten für eine Entwicklung zu nachhaltiger Schifffahrt. „Green Ship“ steht als Synonym für ein umweltfreundliches und ressourcenschonendes Schiffs-konzept. Aus der Vielzahl der Aspekte wird hier auf den Schiffsantrieb fokussiert, der sowohl wirtschaftlich durch die hohen Energiekosten als auch ökologisch durch die quantitativ hohen Luftemissionen die größte Relevanz hat. Einleitend wird kurz die wirtschaftliche und ökologische Situation der Schifffahrt dargestellt. Hieraus werden Visionen für technologische Entwicklungen abgeleitet, die dann den realisierbaren Potentialen gegenüber gestellt werden. Anschließend erfolgt die Darstellung von F&E-Projekten zur Entwicklung nachhaltiger Schifffahrt, an denen sich das Institut Seefahrt Leer aktiv beteiligt hat. Als Ergebnis werden abschließend die zukünftigen Möglichkeiten und Chancen bewertet.

### Inhalt

1. Einleitung und Ausgangssituation
2. Visionen
3. Technische Potentiale
4. Die Zukunft mitgestalten: F&E-Projekte unter Mitwirkung des „Instituts Seefahrt Leer“
5. Zusammenfassung und Ergebnis

#### 1. Einleitung und Ausgangssituation

Im vergangenen Jahrzehnt konnte in der internationalen Schifffahrt ein beträchtlicher Wandel beobachtet werden. Globalisierung und das damit verbundene Wachstum im Welthandel haben weltweit einen großen Transportbedarf erzeugt. Dies drückt sich insbesondere im Wachstum der Containerflotte sowohl in Schiffsanzahl als auch Schiffsgröße aus. Sogenannte Megacarrier mit einer Containerkapazität von über 10.000 TEU sind z.B. für eine Dienstgeschwindigkeit von 26 Knoten ausgelegt und benötigen dafür eine Maschinenleistung von 90 Megawatt mit einem Tagestreibstoffverbrauch von ca. 350 Tonnen Schweröl. Erst die in 2008 beginnende Rezession hat diese gewaltige Wachstumsphase vorerst gebremst. Ein neuer Aufschwung wird jedoch bereits von Wirtschaftsoptimisten ausgerufen. Auf der anderen Seite sind sich die Wissenschaftler einig, dass die Erdatmosphäre die anthropogen verursachte Menge an Emissionen nicht ohne einschneidende Auswirkungen auf das Klima und die Lebensbedingungen auf der Erde aufnehmen kann. Klimawandel ist in aller Munde. Mit Spannung erwarten wir die Weltklimakonferenz in Kopenhagen im Dezember 2009, auf der die Weichen für die zukünftige Klimapolitik gestellt werden.

Obwohl der Seetransport wegen seiner im Vergleich zu anderen Verkehrsträgern hohen Energieeffizienz als umweltfreundlich gilt, wurde der Beitrag zu schädlichen Emissionen bislang unterschätzt. Beispiele:

- Schiffe verbrennen Öle mit einem durchschnittlichen Schwefelgehalt von 2,7 % gegenüber 0,001 % in Kraftfahrzeugtreibstoffen. Die Schifffahrt ist somit für ca. 7 % der weltweiten SO<sub>x</sub>-Emissionen verantwortlich.
- Das Verbrennungsverfahren von großen Schiffsmotoren erzeugt einen vergleichsweise hohen Anteil an NO<sub>x</sub>-Emissionen. Der Anteil am weltweiten Ausstoß beträgt ca. 12 %.
- Der Anteil der Schifffahrt an den weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen beträgt 3,3 %. In Gesamtmengen betrachtet haben CO<sub>2</sub>-Emissionen die weitaus höchste Klimarelevanz (vgl. IMO 2009).

Die internationale Politik hat bereits mit Gegenmaßnahmen reagiert. Speziell für die internationale Seeschifffahrt wurde in 2005 die MARPOL-Konvention um die Anlage VI ergänzt. In einem zeitlichen Stufenplan sollen die Luftemissionen global und insbesondere regional in sogenannten „Emission Control Areas“ (ECA) durch die Einführung von Grenzwerten beschränkt werden. Dennoch bleibt die Frage offen, ob die bisher verabschiedeten Maßnahmen ausreichen werden, um das übergeordnete Ziel, die Begrenzung des Temperaturanstiegs in diesem Jahrhundert auf maximal 2 Grad zu begrenzen, erreicht werden kann. Statistische Betrachtungen und Prognosen lassen darauf schließen, dass weitaus größere Anstrengungen erforderlich sind.

## 2. Visionen

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, welche Anforderungen an zukünftigen Seetransport gestellt werden müssen: nachhaltiger Transport durch nachhaltige Antriebskonzepte, Minimierung des ökologischen „Footprint“. Das langfristige Zukunftsmodell könnte das „Zero-Emission-ship“ sein, ein Schiffsbetriebskonzept ohne schädliche Emissionen in die Umwelt. Doch wie weit sind wir von diesen Visionen entfernt? Ist es realisierbar, dass große Seeschiffe zukünftig mit innovativen Segelsystemen und Wasserstoffantrieben nahezu lautlos und emissionsfrei die Ozeane überqueren? Können die technologischen Problemstellungen gelöst werden?

Visionäre haben sich bereits Gedanken gemacht. Die norwegisch-schwedische Reederei Wallenius Wilhelmsen hat bereits in 2005 zur Weltausstellung in Japan ihre Vision für 2025 in einer Design-Studie vorgestellt. Der 250 Meter lange Autotransporter „Orcelle“, benannt nach einer artengefährdeten Delfinspezies, soll über einen „Zero-Emission“-Hybridantrieb verfügen, bestehend aus festen mit Solarpanelen beschichteten Tragflächensegeln und einem elektrischen Brennstoffzellenantriebssystem, das mit regenerativ erzeugtem Wasserstoff betrieben werden soll.

STX-Europe, internationaler Schiffbaukonzern und Spezialist im Bau von Kreuzfahrtschiffen der Superlative, verfolgt bei der in 2009 veröffentlichten Studie „EOSEAS“ ein ähnliches Konzept, tritt im Anspruch jedoch etwas kürzer. Neben den aus flexiblem Material gefertigten Segeln liefern die mit verflüssigtem Erdgas betriebenen Verbrennungsmotoren die Energie für den Vortrieb durch Elektromotoren und für den Hilfsbetrieb. Mit stark reduzierten Abgaswerten wird das Ziel eines „Low emission ship“ angestrebt. EOSEAS soll eine Länge von 305 Metern haben und Kreuzfahrtstandard der Spitzenklasse bieten.

Es gibt viele weitere zukunftsweisende Konzepte. Die vorgestellten Design-Studien greifen jedoch am weitesten in die Zukunft und bestehen durch eine aufwändige Visualisierung. Es drängt sich jedoch die Frage auf, in wie weit sie realisierbar sind und realisiert werden sollen, oder doch nur einem Marketing geleiteten Wunschenken entspringen?

### 3. Technische Potentiale

Ein Konzept zur schnellen signifikanten Reduktion von Emissionen in die Luft kann nur realisierbar sein, wenn technologische Ansätze vorhanden sind und praktikable Lösungen erreicht werden können. Für eine schnelle Einführung der neuen Technologien sind in unserer Wirtschaftsordnung insbesondere auch Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit zu erfüllen, d.h. sie müssen wettbewerbsfähig sein. Für das Ziel einer nachhaltigen Energieversorgung von Schiffen können folgende Potentiale für verschiedene Energieträger angenommen werden:

- *Solarenergie (Photovoltaik)*: Solarpaneele erzeugen derzeit angenähert 100 Watt pro Quadratmeter. Ein mittelgroßer Schiffsantrieb benötigt eine Antriebsleistung von z.B. 10.000 Kilowatt. Es wäre somit eine Panelfläche von 100.000 Quadratmetern erforderlich, um das Schiff zumindest bei nutzbarer Sonneneinstrahlung mit Solarstrom zu versorgen. Es wird deutlich, dass Solarstrom für Seeschiffe nur einen kleinen Anteil der erforderlichen Energie bereit stellen kann. Beispiel: In einem aktuellen F&E-Projekt wurde der 200 Meter lange japanische Autotransporter „Auriga Leader“ auf der freien Decksfläche weitestgehend mit Solarpanelen bestückt. Die produzierte Energie soll ca. 0,05% der Antriebsenergie betragen. Ein gewisser Nischenmarkt könnte jedoch für kleine, leichte Fahrgast- und Sportfahrzeuge entstehen.
- *Brennstoffzellensysteme*: Brennstoffzellen können dann als erneuerbare Energiequelle betrachtet werden, wenn der eingesetzte Wasserstoff von regenerativen Primärerzeugern stammt (Wind, Sonne, Wasserkraft) oder wenn das wasserstoffhaltige Gas per Reformertechnik an Bord aus biogenen Treibstoffen hergestellt wird. Ersteres macht gesamtökologisch erst Sinn, wenn regenerative Energie an Land überschüssig vorhanden ist. Beim Einsatz biogener Treibstoffe ergibt sich aus der Nahrungsmittelkonkurrenz beim Anbau eine weitere Problemstellung. Brennstoffzellentechnologie kann dennoch auch bei Verwendung von Dieselkraftstoff im Reformier die Emissionen senken, wenn der Gesamtwirkungsgrad signifikant höher ist als bei Verbrennungsmotoren. Mittelfristig stellen Brennstoffzellenaggregate als Schiffsantrieb aufgrund der Logistik- und Speicherprobleme sowie der Kostenstruktur nur eine Speziallösung für militärische Anwendungen (U-Boote), eventuell auch für Luxusyachten dar.
- *Windantriebssysteme*: Der Segelantrieb ist historisch betrachtet mit seiner mehrtausendjährigen Betriebserfahrung wohl das bewährteste Schiffsantriebssystem überhaupt. Die Verfügbarkeit der Windenergie auf See ist hoch, die Energiedichte ist ausreichend, um unter günstigen Bedingungen bei Frachtschiffen Geschwindigkeiten von ca. 18 Knoten erreichen zu können. Neben konventionellen Systemen befinden sich zurzeit innovative Segelsysteme in der Entwicklung und Erprobung, so das Zugdrachensystem des Hamburger Startup-Unternehmens SkySails und das Segelrotorsystem des Auricher Windenergiespezialisten Enercon. Der Markterfolg wird insbesondere von Segelleistung, Integrierbarkeit in den Schiffsentwurf, Automationsgrad und Systemrobustheit abhängen. Die Anforderungen an Schiffsfahrpläne lassen für fast alle Schifffahrtsbereiche jedoch nur ein Segelhybridantriebskonzept zu. Die Kombination mit elektrischen Antrieben erscheint vor dem Hintergrund des Teillastbetriebs als sehr geeignete Variante.
- *Andere regenerative Antriebe*: Neben den genannten Technologien wird zurzeit auch an der Nutzbarkeit von Wellenenergie mit verschiedenen Ansätzen gearbei-

tet. Es sind jedoch noch keine technischen Projekte zur schiffbaulichen Realisierung bekannt.

#### **4. Die Zukunft mitgestalten: F&E-Projekte unter Mitwirkung des „Instituts Seefahrt Leer“**

Seit 2002 beteiligt sich das „Institut Seefahrt Leer“ der Fachhochschule Emden/Leer an der Erforschung und Entwicklung von Segelantriebssystemen für die Handelsschifffahrt. Im Wesentlichen widmet sich das Institut der Untersuchung und Konzeptentwicklung zur Integration der Segelsysteme in den Schiffsbetrieb sowie der Optimierung der Routenführung zur Erzielung maximaler Treibstoffeinsparungen.

In einem vom BMBF geförderten Verbundprojekt wurde in Kooperation mit der Reederei Briese aus Leer in 2006 der ehemalige Tonnenleger „Beaufort“ als erstes Schiff für den Erprobungsbetrieb des Zugdrachensystems von SkySails umgerüstet. Eine Besatzung bestehend aus Professoren und Studierenden unternahm die ersten Erprobungsfahrten mit dem System im Sommer 2006. Die gesammelte Betriebserfahrung sollte der Weiterentwicklung des Systems dienen. Die Messergebnisse sollten einen ersten Ansatz zur Ermittlung des Leistungspotentials und somit zugleich das Potential für CO<sub>2</sub>-Einsparungen liefern. Zurzeit befindet sich das System auf mehreren Schiffen in der Erprobung. Neben dem Nachweis der Segelleistung über längere Zeiträume wird insbesondere die Robustheit und Zuverlässigkeit des Systems entscheidend sein, ob es sich am Markt etablieren kann.

Seit 2006 kooperiert das „Institut Seefahrt Leer“ in dem Projekt „E-Ship“ des in unmittelbarer Nachbarschaft ansässigen Technologieführers für Windkraftanlagen, „Enercon“ aus Aurich. Herausragendes Merkmal dieses Projekts ist der Einsatz von 4 Segelrotoren, die auf eine Entwicklung des Ingenieurs Anton Flettner in den 20-er Jahren des 19. Jahrhunderts zurückgehen. Auf dem zurzeit bei der Emden Cassenswerft in der letzten Bauphase befindlichen „E-Ship 1“ werden jedoch viele Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und des Umweltschutzes in einem Gesamtkonzept integriert, z.B.

- voll automatisierte Segelrotoren mit hohen Leistungswerten,
- dieselelektrisches Hauptantriebskonzept, u.a. optimiert für den Teillastbetrieb beim Segeln,
- Abgasenergierückgewinnung,
- Reduzierung des hydrodynamischen und aerodynamischen Widerstands,
- Optimierung weiterer Propulsionskomponenten,
- Betriebssicherheit durch hohe Redundanz.

Das Projekt „E-Ship“ ist zurzeit wohl der weltweit intensivste Ansatz, um neue Maßstäbe in Energieeffizienz und Umweltschutz zu setzen. Ein Einsparpotential von 30 - 50 % erscheint realisierbar.

In zahlreichen Diplomarbeiten wurden verschiedene Aspekte des Energiesparschiffkonzeptes untersucht und Lösungsansätze entwickelt, z.B.

- Optimierung der Routenführung und Prognose des Einsparpotentials,
- Verwendung von Reibung reduzierenden Anstrichmitteln,
- Abfallverwertungskonzept unter Verzicht jeglicher Entsorgung auf See,
- Übertragbarkeit des Konzeptes auf andere Schiffstypen.

Die in den Projekten gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen fließen direkt in die Lehre ein, z.B. in das zusätzliche Lehrangebot „Segelsysteme und andere innovative Antriebstechnologien“. Die Absolventen, angehende Schiffsoffiziere und Kapitäne, sollen für die Zukunft gerüstet werden und aktiv sowie verantwortungsvoll die Schifffahrt zur Nachhaltigkeit mitgestalten.

## **5. Zusammenfassung und Ergebnis**

Die Herausforderungen der Zukunft sind groß. Soll das übergeordnete Klimaziel, die Beschränkung des Temperaturanstiegs in diesem Jahrhundert auf maximal 2 Grad erreicht werden, so müssen die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050 bezogen auf 1990 in etwa halbiert werden. Statistische Betrachtungen und Prognosen lassen noch nicht erkennen, dass dieses Ziel erreicht wird. Das Umdenken fällt schwer. Der Umbau der Energieversorgung, für die Schifffahrt sowie an Land, erscheint schwierig und teuer. Dabei ist das eine Täuschung. Allen Kosten-Nutzen-Bilanzen, die heutzutage aufgemacht werden, fehlt eine beträchtliche Kostenstelle, die Bezifferung „zukünftiger Schäden“ durch heutiges Handeln bzw. Versäumnisse. Wissenschaftler sind sich zwar einig, dass die Prävention von Klimaschäden die weitaus kostengünstigste Option darstellt, dennoch werden die Kosten zur Schadensvermeidung nicht mit den Einsparungen durch die Verhinderung zukünftiger Schäden verrechnet. Nicht nachhaltig handeln heißt, auf Kosten zukünftiger Generationen, insbesondere auch in anderen Teilen der Welt Schulden aufzunehmen, die in der Zukunft getilgt werden müssen. Wirtschaftliches Handeln ist gegenwärtig zu kurzfristig ausgelegt, der schnelle Profit zählt, langfristige Nachhaltigkeitsüberlegungen sind noch unzureichend verankert.

Dabei macht der technologische Fortschritt durchaus große Hoffnungen. Die Vision des „Zero-emission-ship“ wird durch richtungweisende Projekte in unserer unmittelbaren Umgebung an der Küste ein gutes Stück näher gebracht. Die Halbierung der Schiffsemissionen bis 2050 ist möglich, technisch sowie wirtschaftlich. Energiesparmaßnahmen rechnen sich bereits heutzutage bei derzeit moderaten Energiepreisen. Viele Maßnahmen amortisieren sich schon innerhalb von fünf Jahren oder weniger. Es bleibt zu wünschen, dass derjenige, der zukünftige Schäden vermeidet, auch dafür einen Bonus erhält. Die Politik als Vertreter auch zukünftiger Generationen ist hier gefragt. Wir blicken mit Spannung auf die Weltklimakonferenz im Dezember in Kopenhagen.

Einen wichtigen Beitrag können jedoch auch die Bildungsträger wie Schulen, Berufsbildende Schulen und Hochschulen leisten. Denn Innovation beginnt im Kopf. Auch die Ausrichtung auf nachhaltiges wirtschaftliches Handeln muss gelernt werden. Wir brauchen motivierte und verantwortungsbewusste Absolventen, die stets aktiv nach Lösungen suchen und Verbesserungen herbeiführen wollen.

## **Literatur**

International Maritime Organization (IMO) (Ed.). 2009: Second IMO GHG Study 2009. London. (Im Internet unter [http://www.imo.org/includes/blastDataOnly.asp/data\\_id%3D27795/GHGStudyFINAL.pdf](http://www.imo.org/includes/blastDataOnly.asp/data_id%3D27795/GHGStudyFINAL.pdf) [besucht am 22.07.2010])

## **Keywords**

Green Ship, Seetransporte, Schifffahrt, Zero-emission-ship, Low-emission-ship, Institut Seefahrt Leer

## **Angaben zum Autor**

Vahs, Michael, Prof. Kapt., Institut Seefahrt Leer, Fachhochschule Emden/Leer