

Wind Hybrid Coaster



Leichtbau-Hochleistungssegelrotoren für die Küstenschifffahrt

Der ECO FLETTNER als effizienter Zusatzantrieb

Beschreibung zum Innovationsprojekt Wind Hybrid Coaster im Rahmen vom Projekt MariTIM - Maritime Technologien und Innovationen - Modellregion Deutschland/Niederlande



Erstellt durch

Ralf Oltmanns, Regenerative Antriebstechniken
Prof. Kapt. Michael Vahs, Hochschule Emden/Leer
Sabrina Hennrich, MARIKO GmbH



Im Rahmen des Projekts



Projektbeschreibung zum Schwerpunkt
Europäische Modellregion für innovative Schiffsantriebe

Windunterstützte Schiffshybridantriebe:
Entwicklung innovativer Leichtbau-Hochleistungssegelrotoren für die Küstenschifffahrt

Das Projekt MariTIM wird im Rahmen des INTERREG IV A Programms Deutschland-Niederland mit Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) und des niederländischen Wirtschaftsministeriums (Ministerie van Economische Zaken), des niedersächsischen Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr sowie des Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes Nordrhein-Westfalen und der Provinzen Drenthe, Friesland, Gelderland, Groningen und Noord-Brabant kofinanziert. Es wird begleitet durch das Programm-Management INTERREG bei der Ems Dollart Region (EDR).

Unterstützt durch: / Mede mogelijk gemaakt door:



www.deutschland-nederland.eu

INHALTSVERZEICHNIS

Windunterstützte Schiffshybridantriebe	Seite 4 - 5
Problemstellung	Seite 6 - 7
Zielsetzung	Seite 8
Historie und Stand der Technik	Seite 9
Das Projektkonsortium	Seite 10 - 11
Die Innovation - eine Segelmaschine für die Küstenfahrt	Seite 12
Projektdurchführung	Seite 13
Funktionsprinzip	Seite 14 - 15



Aufbau des ECO FLETTNER Rotors im Leeraner Hafen
Quelle: WHC Projekt

WINDUNTERSTÜTZTE SCHIFFSHYBRIDANTRIEBE

Entwicklung innovativer Leichtbau-Hochleistungssegelrotoren für die Küstenschifffahrt

Schiffbauindustrie und Reedereiwirtschaft stehen an der Schwelle eines umfassenden Technologiesprungs im Bereich alternativer Schiffsantriebe. Wegen weiterer Verschärfungen bei den Grenzwerten für Schiffsabgase und aufgrund der Endlichkeit fossiler Brennstoffe, verbunden mit einer Verteuerung, werden in den kommenden Jahren dringend neue Lösungen für ressourcen- und umweltschonende Schiffsantriebssysteme gesucht. Der hier bestehende Innovationsdruck auf die Branche ist erheblich.

2011 schlossen sich im erweiterten deutsch-niederländischen Grenzraum 35 Unternehmen und Wissenseinrichtungen aus dem maritimen Sektor im INTERREG-Projekt MariTIM (Maritime Technologien und

Innovationen – Modellregion Deutschland/Niederlande) unter Koordination der MARIKO GmbH aus Leer zusammen, um „grünere Schiffe von morgen“ zu entwickeln. In den intensiven Entwicklungsprozessen wurde deutlich, dass durch das deutsch-niederländische Projektkonsortium neue Lösungsansätze auf hohem technischen Niveau entwickelt werden können, z. B.

Windunterstützte Schiffshybridantriebe: Entwicklung innovativer Leichtbau – Hochleistungssegelrotoren für die Küstenschifffahrt.

Dieses Projekt ist ein Teilprojekt im Projekt MariTIM. Nachfolgend wird das Projekt beschrieben.



Bauteil des Flettner Rotors
Quelle: MARIKO GmbH

PROBLEMSTELLUNG

Klimaschutz und Ressourcenschonung sind Herausforderungen, mit denen sich die Schifffahrt in naher Zukunft noch sehr viel stärker befassen muss, als sie dieses gegenwärtig tut. Sowohl aus Wirtschaftlichkeitsgründen (effizientere Schiffe) als auch als Reaktion auf zunehmend schärfere Emissionsgrenzwerte. Das Antriebssystem ist dabei der maßgebliche Faktor für die Umwelt- und Klimarelevanz eines Schiffes. Bisher reagierte die maritime Wirtschaft noch recht verhalten auf diese neuen – unausweichlichen – Herausforderungen.

Dieses gilt insbesondere für die Küstenschifffahrt. Hier sind die Anforderungen an den Umweltschutz und die Notwendigkeit innovativer Transportlösungen am größten. Die europäischen Küstengewässer beinhalten die weltweit am stärksten befahrenen Schifffahrtsrouten und sind überwiegend dicht bevölkert. Hieraus ergeben sich besondere Anforderungen an den Umweltschutz im küstennahen Schiffsverkehr. Dieses schlägt sich in den internationalen Regeln zur Begrenzung von Schiffsemissionen in die Luft deutlich nieder (MARPOL, Annex VI). Die Bereiche der Nord- und Ostsee einschließlich des Englischen Kanals gehören bisher zu den weltweit wenigen sogenannten „Emission Control Areas“, in denen besonders strenge Grenzwerte für Luftemissionen einzuhalten sind. Seit dem 1. Januar 2015 ist der Grenzwert von 1,0 % Schwefel im Schiffs-treibstoff auf 0,1 % in diesem Gebiet herabgesetzt worden.

Die Notwendigkeit neuer Schiffsantriebssysteme ist auch vor dem Hintergrund des Beitrags der Schifffahrt zum Klimawandel zu sehen. Auch wenn die Schifffahrt mit

ca. 2,2 %¹ noch einen vergleichsweise geringen Anteil an den weltweiten CO₂-Emissionen aufweist, besitzt sie insgesamt ein nicht unerhebliches Potenzial für die Verbesserung der Umweltbilanz bei den Luftemissionen.

Normalerweise würde ein Beitrag zum Klimaschutz eine deutliche Erhöhung der Kosten für die Schifffahrt bedeuten, z. B. durch teure Abgasnachbehandlungsanlagen. Die Energiekosten bilden schon heute den weitaus größten Teil der Gesamtkosten des Schiffsbetriebs, ein weiterer Anstieg ist vorgezeichnet. Daher sind für den Schiffbau und den Schiffsbetrieb Innovationen in den Antriebstechnologien von besonderer Bedeutung.

Nicht unerheblich in diesem Zusammenhang ist auch die Wertschöpfung, die von Antriebstechnologien im Schiffbau ausgeht. Die Branche steht vor der Herausforderung, dass sich Reedereien, Schiffbaubetriebe und Zulieferer zukünftig im Markt nur noch behaupten können, wenn sie auf die steigenden Energiekosten und Umweltschutzanforderungen kompetent und innovativ reagieren. Daher ist es wünschenswert, mit Leuchtturmprojekten Entwicklungsimpulse für einen innovativen Schiffbau und Schiffsbetrieb in Europa zu geben.

1. "Third IMO Greenhouse Gas Study 2014", International Maritime Organisation, London (2015)



MRS Godewind - Wind Hybrid Coaster
Quelle: CIG Engineering, Groningen

ZIELSETZUNG



MRS Godewind

Quelle: CIG Engineering, Groningen

Die Ausgangssituation macht deutlich, dass sich speziell die Küstenschiffahrt um neue ressourcen- und umweltschonende Schiffahrtskonzepte und Antriebssysteme kümmern muss. Deutschland und die Niederlande stehen als führende Schiffahrts- und Schiffbaustandorte in einer besonderen Verantwortung für die Entwicklung umweltschonender Systeme.

In diesem Projekt sollte insbesondere das Potenzial regenerativer Windenergie für den Schiffsvortrieb dargestellt werden. Die Wahl des technologischen Ansatzes fiel nach eingehender Analyse verschiedener Varianten auf die Verwendung von sogenannten Flettner-Rotoren. Aufbauend auf verfügbarem Wissen und Erfahrungen aus Projekten in der Vergangenheit sollte das technische Konzept und die Verwendung von Materialien überarbeitet werden, so dass eine neue Generation von Flettner-Rotoren – Projektname ECO FLETTNER Rotoren – mit spezieller Eignung für die Küstenschiffahrt entsteht. Parallel hierzu wurde der Entwurf

eines Standard-Küstenmotorschiffes so überarbeitet, dass eine Variante mit integrierten Flettner-Rotoren zur signifikanten Senkung des Kraftstoffverbrauchs entsteht – der „Wind Hybrid Coaster“.

Bei der Entwicklung der ECO FLETTNER Rotoren wurden insbesondere folgende Ziele verfolgt:

- leichte Bauweise durch verbesserte Konstruktion und Verwendung von Leichtbaumaterialien zur Senkung des Gesamtgewichts für gute Eignung auf kleinen Küstenschiffen
- Optimierung von Konstruktion, Produktion und Installation zur Erzielung niedriger Gesamtkosten
- aerodynamische Optimierung der Rotoren und der Schiffsstrukturen im Umfeld der Rotoren
- hydrodynamische Betrachtung des Schiffes im Segelbetrieb sowie Identifizierung möglicher hydrodynamischer Optimierungen an Schiffskörper und Anhängen
- Betrachtung aller schiffsbetrieblichen Einflussgrößen im Zusammenhang mit den Flettner-Rotoren mit dem Ziel der Optimierung des gesamten Kosten-Nutzen-Verhältnisses
- Auslegung der Rotorgröße und Anzahl zur Erzielung von signifikanten Kraftstoffersparnissen in einer Größenordnung von 10 bis 30 % für das zu betrachtende Schiff (Wind Hybrid Coaster)

HISTORIE UND STAND DER TECHNIK

Erste Entwicklung von Flettner-Rotoren

In den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts realisierte Anton Flettner zwei Rotorschiffe, die das Prinzip des sogenannten Magnus-Effekts nutzten. Flettner-Rotoren sind senkrecht stehende rotierende Zylinder, die ähnlich einem konventionellen Segel die Windenergie in Schub umwandeln und somit einem Schiff Vortrieb verleihen. Sie können daher ebenfalls als „Segel“ bezeichnet werden. Durch die aktive Rotation der Zylinder mittels Elektromotor wird jedoch eine wesentlich stärkere Segelkraft erzeugt als bei konventionellen Textilegeln. Das physikalische Wirkprinzip wird durch den Magnus-Effekt beschrieben, benannt nach Heinrich Gustav Magnus, der 1852 die Querkräfte an rotierenden Zylindern in einer Luftströmung nachwies. Das erste Rotorschiff, die „Buckau“, war mit zwei Rotoren, die später ausgerüstete „Barbara“ mit drei Rotoren aus Blech bestückt. Trotz der prinzipiell guten technischen Lösung setzte sich die Rotortechnologie aufgrund der motorisierten Konkurrenz bei zunehmender kostengünstiger Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe nicht durch.

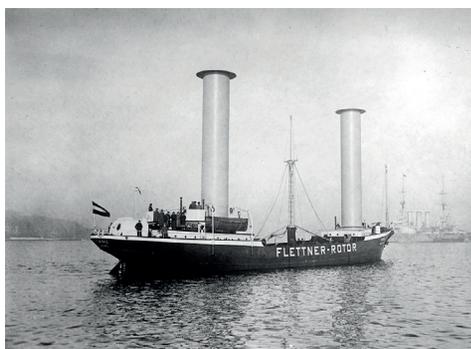
Wiederentdeckung der Flettner-Rotoren

Die sogenannten Ölkrise in den 70er und 80er Jahren des letzten Jahrhunderts sind der Hauptgrund für die plötzliche Wiederentdeckung der Segeltechnologie. Auf der Suche nach Möglichkeiten teuren Kraftstoff einzusparen, gelangte auch die Rotortechnologie in den erneuten Fokus von innovativen Entwicklern und Schiffbauern. So wurde z. B. die Ausrüstung des Tankschiffes „Nura“ mit zwei Flettner-Rotoren von der Hamburger Werft Blohm & Voss untersucht und vorbereitet². Für verschiedene Seegebiete ergaben sich gemäß Prognose jährliche Einsparungen von ca. 15 %. Mit einer

meteorologischen Routenoptimierung reichte man sogar mit 20 % Kraftstoffeinsparungen.

Der heutige Stand der Technik für Flettner-

Rotoren lässt sich gut anhand des Projektes „E-Ship 1“ des Auricher Windenergieanlagenherstellers Enercon beschreiben. In diesem Forschungs- und Entwicklungsprojekt wurde ein integrativer Ansatz zur Schaffung eines auf verschiedene Wettersituationen abstimmbaren Segel-Hybridantriebs entwickelt. Das „E-Ship 1“ ist ein Frachtschiff mit vier zusätzlichen Flettner-Rotoren, das 2010 von der Firma Enercon aus Aurich in Fahrt gebracht wurde. Rotoren, Schiffsform, Ruder und Propeller wurden sorgfältig aufeinander abgestimmt und bilden einen sogenannten Windkraft-Hybridantrieb. Seit Juli 2010 befindet sich das Schiff in der Erprobung, erste Ergebnisberichte geben eine Gesamttersparnisse gegenüber Vergleichsschiffen von ca. 30 % an, wovon ca. 15 % durch die Flettner-Rotoren beigetragen wird³.



Erstes Rotorschiff „Buckau“ mit zwei Rotoren

Quelle: www.sdtb.de/Medieninfo

2. Wagner, C. et al., „Weiterentwicklung des Flettner-Rotors zum modernen Windzusatzantrieb“, Blohm&Voss, Hamburg (1985)
3. Andreas Schmidt, Michael Vahs, „Entwicklung eines innovativen Schiffsantriebes gekennzeichnet durch den Einsatz von Magnus-Rotoren zur Windenergienutzung in Kombination mit einem hierauf abgestimmten Antriebspropeller“; Abschlussbericht zum Entwicklungsprojekt gefördert unter dem Az.: 25741 -24/0 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Aurich (2013)

PROJEKTKONSORTIUM



Übersicht der Partner
im Teilprojekt
Wind Hybrid Coaster

Es wurde ein deutsch-niederländisches Konsortium aus 15 Partnern zusammengestellt, das die erforderlichen Kompetenzen für eine erfolgreiche Umsetzung des Entwicklungsprojekts mitbringt. Es handelt sich um ein privat-öffentliches Konsortium mit Partnern aus Wirtschaft und Forschung:

- BOMA Maschinenbau GmbH (Borken)
Aufgabenbereiche:
 - Maschinenbau, Fertigung aller maschinenbaulichen Elemente des Rotors
 - Beratung in Konstruktionsfragen
- Coaster Services Jens Werner (Emden)
Aufgabenbereiche:
 - Berichtswesen
 - Bauleitung Aufbau des Teststands
- CIG Maritime Technologie (Groningen)
Aufgabenbereiche:
 - Design- und Machbarkeitsstudie für die Ausrüstung eines vorhandenen Küstenmotorschiffstyps (VG3800) mit ECO FLETTNER-Rotoren in zwei Hybrid-Antriebsvarianten:
 1. ECO FLETTNER-Rotoren mit dieselmechanischem Hauptantrieb (VG3800F)
 2. ECO Flettner-Rotoren mit diesel-elektrischem Hauptantrieb (VG3800 FE)
- Gerhard Dirks Elektrotechnik (Moormerland)
Aufgabenbereiche:
 - Rotorantriebstechnik
 - Regelungstechnik
 - Sicherheits- und Überwachungssystem

- Harms Elektromaschinen, (Leer)
Aufgabenbereich:
- Rotorantriebstechnik
- Hochschule Emden/Leer (Leer),
Fachbereiche Seefahrt und Technik
Aufgabenbereiche:
- wissenschaftliche Leitung
- Aerodynamik (Optimierung von Rotor,
Installationsort auf dem Schiff sowie
aerodynamische Umgebung)
- Mess- und Regelungstechnik
- schiffsbetriebliche Fragestellungen
(Sicherheit, Stabilität, Manövrieren,
gesetzliche Rahmenbedingungen)
- Ermittlung von Einsparpotenzialen
- LAIS Nord GbR (Leer)
Aufgabenbereiche:
- Technische Gesamtleitung
- Voruntersuchungen zur Festlegung
aller Entwurfsparameter
- Entwurf und Konstruktion des
ECO FLETTNER-Rotors
- Lloyd's Register EMEA Niederlassung
Deutschland (Hamburg)
Aufgabenbereiche:
- Beratung bei klassifikationsrelevanten
Fragestellungen
- Risikoanalyse, Vorbereitung von
Zertifizierungsprozessen
- MARIKO Maritimes Kompetenzzentrum
Leer gemeinnützige GmbH (Leer)
Aufgabenbereiche:
- Projektleitung und -management
von MariTIM
- Öffentlichkeitsarbeit,
Veranstaltungsmanagement
- MFH Marine- und Faserverbundtechnik
Haring GmbH & Co. KG (Emden)
Aufgabenbereiche:
- Entwicklung und Fertigung des
drehenden Rotorkörpers aus
Faserverbundstoffen
- MARIN Maritiem Research Instituut
Nederland (Wageningen)
Aufgabenbereiche:
- Hydrodynamik, Untersuchung und
Optimierung von hydrodynamischen
Prozessen am Schiff im Segelbetrieb
- Vorschläge zur Verbesserung des
Schiffsentwurfs: Bugform, Heckform,
Ruder und Anhänge
- Analyse des Einsparpotenzials durch
Reisesimulationen
- Privattreuhand GmbH & Co. KG, Jens
Wolters, (Leer)
Aufgabenbereiche:
- Beratung bei rechtlichen und
wirtschaftlichen Fragestellungen
- Ralf Oltmanns Entwicklung und Vertrieb
von regenerativen Antriebstechniken
(Leer)
Aufgabenbereiche:
- Projektidee und Projektaufbau
des ECO FLETTNER Rotors
- Projektkoordination
- Ergebnisverwertung, Marktanalyse
- SEC GmbH & Co. Shipperservices KG (Leer)
Aufgabenbereiche:
- Ausführung der Stahlbauarbeiten,
Schiffsfundamentierung und
Teststandaufbau
- Logistische Unterstützung des
Erprobungsbetriebs
- Wessels Reederei GmbH & Co. KG
(Haren/Ems)
Aufgabenbereiche:
- Reedereiseitige Beratung bei techni-
schen und betrieblichen
Fragestellungen

DIE INNOVATION – EINE SEGELMASCHINE FÜR DIE KÜSTENFAHRT

Im Projekt entstand ein innovativer Schiffs-hybridantrieb, der Bestandteil eines neuen zukunftsweisenden Schiffsentwurfs für den europäischen Küstenverkehr werden kann. Kernstück der Neuentwicklung ist ein sogenannter ECO FLETTNER Rotor, der neue Maßstäbe in der Windantriebstechnologie setzen soll.

Das neue Leichtbau-Hochleistungssegelrotorsystem soll eine Emissionssenkung ermöglichen und die Ziele der europäischen maritimen Politik für 2020 erfüllen. Aus dem Projekt sollen technische Lösungen für die breite Einführung bei Schiffsneubauten sowie für die Nachrüstungen von vorhandenen Schiffen abgeleitet werden.

Die innovativen Merkmale des Projekts sind drei Bereichen zugeordnet:

Weiterentwicklung der Flettner-Rotortechnik

- Erhebliche Gewichtsreduktion, Verwendung von Faserverbundstoffen
- Absenkung des Höhenschwerpunktes zur Minderung des Einflusses auf die Schiffsstabilität (hohe Relevanz für kleinere Schiffsgrößen)
- Neuartiges Rotor-Antriebskonzept für höhere Drehzahlen bei geringer Leistungsaufnahme; dadurch sollen höhere Segelleistungen ermöglicht werden
- Vereinfachung der Montage und Installation durch einen neuartigen Systemaufbau
- Durchschnittliche Einsparungen von 10 bis 30 % der Treibstoffkosten

Integration des Segelrotorsystems in ein ganzheitliches Schiffshybridantriebskonzept

- Abstimmung aller Antriebskomponenten zur Optimierung der Gesamteffizienz des Schiffes
- Hohe Flexibilität und gute Teillastfähigkeit der Motorkomponenten für verschiedene Wetterszenarien
- Absenkung der Emissionswerte, „Low Emission Ship“
- Aero- und hydrodynamische Maßnahmen zur Optimierung der Überwasser- und Unterwasserformen; dadurch Widerstandsreduzierung und Effizienzsteigerung

Entwicklung von Regel- und Steuerungselementen

- Bedienelemente
- Start-/Stoppautomatik
- Drehzahlregelung in Abhängigkeit aller relevanten Parameter
- Rotorüberwachung, Sicherheitssystem
- Untersuchung von Potenzialen durch softwareunterstützte Routenoptimierung
- Leistungsprognosen

PROJEKTDURCHFÜHRUNG

Voruntersuchungen und wissenschaftliche Begleitung

In verschiedenen Arbeitspaketen wurden alle grundlegenden Fragestellungen für den Entwurf und die Konstruktion des neuartigen ECO FLETTNER-Rotors untersucht. In Modellversuchen sind wichtige Erkenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen Schiff und Segelrotoren gesammelt worden. Diese ermöglichen zum einen eine optimierte Installation an Bord des Schiffes (Position der Rotoren, Abstände zwischen den Rotoren, aerodynamische Umgebung) als auch die Optimierung des Schiffskörpers sowie der Ruder zur Erzielung einer guten Gesamteffizienz des Schiffes. Durch Systemmodellierung und Simulation konnte eine weitgehende Prognose der möglichen Kraftstoffeinsparungen vorgenommen werden. Auf den untersuchten Routen entlang der europäischen Küste ergaben die Simulationen Einsparpotenziale zwischen 10 und 15 %.

Technischer Entwicklungsprozess

Die interdisziplinäre Entwicklungsarbeit verschiedener Spezialisten entpuppte sich als sehr geeigneter Prozess für ein Innovationsprojekt. Auch die verschiedenen Arbeitsweisen, die im Projekt länderübergreifend zusammentrafen, erwiesen sich als komplementär und wirkten sich positiv auf den Entwicklungsprozess aus. Der große Erfahrungsschatz des Konstrukteurs (Firma Lais) und die hohe Motivation aller Beteiligten sorgten für ein sehr zufriedenstellendes Ergebnis mit guten Verwertungsmöglichkeiten.

Der entwickelte ECO FLETTNER hat folgende Kennwerte:

- Höhe 18 m, Durchmesser 3 m, Endscheibendurchmesser 6 m
- Rotorkörper (drehender Teil) aus Faserverbundstoffen
- 50 kW Testmotor, erwartete Leistungsaufnahme 20 bis 30 kW, drehzahlabhängig
- maximale Drehzahl ca. 280 RPM, Drehzahlregelung durch Frequenzumrichter
- feste Trägerkonstruktion und Fundament aus Stahl
- zwei Lager mit Ölkreislaufschmierung
- Heizung für „Defrosting“



Der Rotor mit dem Namen ECO FLETTNER hat eine Höhe von 18 m und einen Durchmesser von 3 m.

Quelle: Ralf Oltmanns

FUNKTIONSPRINZIP

Der Wind Hybrid Coaster erhält gemäß Designstudie zwei Rotoren in einer Doppelanordnung direkt hinter dem Aufbau auf dem Vorschiff. Die Zylinder sind zweifach auf innen stehenden Tragmasten, sogenannten „Pivots“ gelagert. Sie werden erhöht hinter dem Aufbau angeordnet, um eine gute aerodynamische Anströmung zu erzielen. Im Unterbau angeordnet treibt ein Elektromotor den Rotor mit stufenlos regelbarer Drehzahl an. Die Rotoren benötigen eine Umfangsgeschwindigkeit von etwa der vierfachen Windgeschwindigkeit. Der Magnus-Effekt erzeugt am drehenden und vom Wind angeströmten Zylinder jeweils auf der mit

dem Wind drehenden Seite ein Unterdruckgebiet (in der Skizze mit Minuszeichen gekennzeichnet) und auf der gegenüberliegenden Seite ein Überdruckgebiet (in der Skizze mit Pluszeichen gekennzeichnet). Die Druckdifferenz erzeugt eine Schubkraft, die über das Rotorfundament in den Schiffskörper eingeleitet wird. Je nach Windrichtung in Bezug zum Kurs des Schiffes kann ein bestimmter Anteil des Rotorschubs für den Vortrieb genutzt werden. Durch Steuerung der Drehrichtung und Drehzahl wird der Rotor den vorherrschenden Windverhältnissen angepasst.



Druckfelder um den Rotor
Quelle: Grafik Team
Werbeagentur, Leer

Segeltechnik

Der Segelschub kann mit Hilfe der Drehzahlregelung stufenlos eingestellt werden.

Maximale Schubwerte ergeben sich bei hohen Rotordrehzahlen. Die Regeltechnik sorgt für die optimale Effizienz unter Berücksichtigung von Windgeschwindigkeit sowie Richtung, der benötigten Antriebsleistung für die Drehzahl des Rotors im Verhältnis zur erzielten Schubleistung.

Bei Kursen gegen den Wind kann keine Schubleistung erzielt werden. Nutzbare Windrichtungen beginnen bei einem Einfallswinkel von ca. 30 Grad bezogen auf die Vorausrichtung. Der Wendewinkel (nicht nutzbarer Windsektor) umfasst somit ca. 60 Grad.

Flettner-Rotoren gelten als ausgesprochen sicheres Segelsystem, da der Segelschub stufenlos über die Drehzahl geregelt werden kann. Eine Notabschaltung bringt den Rotor bei Bedarf schnell zum Stillstand. Die Schubregelung und der relativ niedrige aerodynamische Druckpunkt machen das Schiff unempfindlich gegenüber Stabilitätsbelastungen durch Seitenschubkräfte mit der einhergehenden Gefahr großer Krängungswinkel und des Kenterns. Die Rotorregelung ermöglicht die Einstellung von Grenzwerten für Krängungswinkeln, die nicht überschritten werden sollen.

Eine Steigerung des Einsparpotenzials entsteht durch meteorologische Routenoptimierung. Ein Optimierungsalgorithmus, der das windabhängige Leistungspotenzial der Segelrotoren berücksichtigt, soll die günstigste Route finden. Für die Automatisierung der Routenoptimierung speziell für windunterstützte Schiffe ist weitere Entwicklungsarbeit erforderlich. In diesem Projekt wurden bereits wichtige Grundlagen in der Modellierung von Schiffen mit Wind-Hybrid-Antrieben gelegt.

Motoren-Antriebs-Konzept

Das niederländische Schiffskonstruktionsbüro CIG Maritime Technologie überarbeitete das bestehende Antriebskonzept des Typschiffs „VG 3800“ mit dem Ziel der Integration von Flettner-Rotoren bei vertretbarem Änderungsaufwand. Es entstanden 2 verschiedene Varianten für den Hauptantrieb:

- der Typ „VG 3800 F“ erhält einen standardmäßigen dieselmechanischen Hauptantrieb auf Basis eines mittelschnell laufenden Dieselmotors. Für einen guten Wirkungsgrad im Teillastbetrieb bei zusätzlichem Rotorschub soll ein Verstellpropeller mit optimierter Kombinatorregelung sorgen. Hierzu wurden spezielle hydrodynamische Untersuchungen bei der niederländischen Schiffbauversuchsanstalt MARIN durchgeführt.
- der Typ „VG 3800 FE“ erhält einen dieselelektrischen Antrieb mit 4 Dieselgeneratoren, die gegenüber der dieselmechanischen Variante eine verbesserte Anpassung der Maschinenleistung an den verfügbaren Segelrotorschub ermöglichen und schlechte Maschinenwirkungsgrade im Teillastbetrieb vermeiden. Ein mit stufenloser Drehzahl regelbarer Elektromotor wirkt über die Antriebswelle auf einen Festpropeller.

Die Entscheidung für eine der beiden Antriebsvarianten kann durch Betriebssimulationen unter Berücksichtigung des Fahrprofils und der fahrtgebietsabhängigen Windverhältnisse gestützt werden.

Kontakt



Ralf Oltmanns
Entwicklung und Vertrieb von regenerativen Antriebstechniken
(Projektkoordination)
Telefon: +49 (0) 172 - 4255028
E-Mail: r.oltmanns@grafik-team.de



Katja Baumann
MARIKO GmbH (Projektmanagement)
Telefon: +49 (0) 491 - 926 1179
E-Mail: katja.baumann@mariko-leer.de



Prof. Kapitän Michael Vahs
Hochschule Emden/Leer (Wissenschaftliche Leitung)
Telefon: +49 (0) 491 - 92817 5022
E-Mail: michael.vahs@hs-emden-leer.de



www.maritim-de-nl.eu