

Neues Konzept für Schiffsantrieb mit Booster-Motor

Beim Umbau von drei Container-Schiffen auf der Werft Blohm + Voss GmbH, Hamburg, wurde neben der Verkürzung der Schiffe erstmals ein neuartiges Konzept zur Erhöhung der Schiffsgeschwindigkeit mit Booster-Antrieb realisiert. Dabei hat man die bekannte Wellengeneratortechnik, bei der die elektrische Leistung mittels eines Getriebes über die Hauptmaschine von der Wellenanlage in den Schiffsbetrieb eingespeist wird, gewissermaßen umgedreht – also statt PTO (Power take off) PTI (Power take in) [1]. ABB Industrietechnik AG lieferte die kompletten elektrischen 4-MW-Booster-Anlagen und die elektrische Ausrüstung der Bugstrahlruder.

Die Anforderungen an Container-Schiffe haben sich geändert. Heute sind schnelle Schiffe für Überseetransporte gefragt. Für den neuen Container-Dienst werden Schiffe mit einer Stellplatzkapazität von 2500 bis 6000 TEU (Maßeinheit für 20-Fuß-Container) benötigt, die mit einer Geschwindigkeit von wenigstens 21 Knoten laufen.

Modernisierung von ECON Ships

Deshalb suchte die *Sea-Land Division* der *CSX Corporation*, USA, nach einer Möglichkeit, ihre großen und relativ langsamen Container-Schiffe, die in den frühen 80er Jahren als sogenannte ECON Ships in Korea (damals für die United States Lines, USL) gebaut worden waren, zu modernisieren.

Die Schiffe, die bei ihrer Ablieferung zu den wirtschaftlichsten Container-Schiffen zählten, hatten eine Stellplatzkapazität von etwa 3900 TEU und liefen mit einer Geschwindigkeit von nur 18 Knoten. Bei USL wurden sie unter der Bezeichnung Atlantic Class Vessels (ACV) geführt. Die wichtigsten ursprünglichen Abmessungen dieser Container-Schiffe zeigt *Tabelle 1*.

Knapp zehn Jahre später wurde die Geschwindigkeit der dominierende Faktor

für diese Container-Schiffe. Dagegen trat bei diesem Schiffstyp die hohe Container-Kapazität in den Hintergrund [2]. Um eine hohe Geschwindigkeit zu erreichen, lag es nahe, die Schiffe um drei Luken zu verkürzen und jeweils mit einem neuen Vorschiff bzw. einem neuen Achterschiff und neuem Antrieb zu versehen. Diese Lösung wurde dann jedoch aus Kostengründen verworfen.

Andere Lösungsvorschläge scheiterten daran, daß der Zeitrahmen, z.B. beim Neubau von Teilen in anderen Ländern, nicht eingehalten werden konnte.

Das neue Konzept SL-31

Werft und Reeder einigten sich schließlich auf ein vollkommen neues Konzept, das die Projekt-Kurzbezeichnung SL-31 erhielt (SL für Sea-Land, 3 für 3000 TEU und 1 für 21 kn) [1]. Dabei sollten die ACV-Container-Schiffe um drei Luken verkürzt, das

Vorschiff schlanker gestaltet und die Leistung am Propeller vergrößert werden.

Von der Werft wurden umfangreiche Berechnungen und Versuche bei der Hamburger Schiffsversuchsanstalt (HSVA) durchgeführt, um sicherzustellen, daß die Geschwindigkeitssteigerung von 18 auf 21 kn auch tatsächlich erreicht wird. Dafür mußte auf jeden Fall die Antriebsleistung gesteigert und die Form des Vorschiffs modifiziert werden. Die Abmessungen des verkürzten Containerschiffes zeigt *Tabelle 1*.

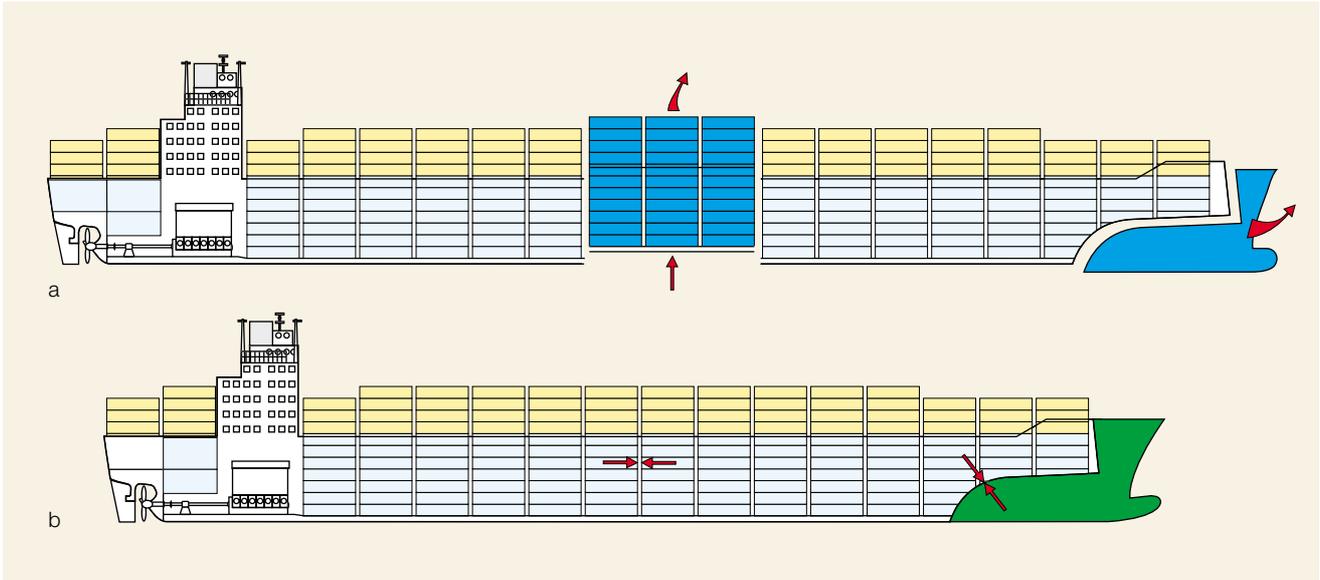
Der Umbau des Schiffskörpers erforderte Maßarbeit, die nur eine erfahrene Werft wie die Blohm + Voss GmbH leisten konnte. So mußten beim Heraustrennen des Midbody (Mittschiffteil mit drei Luken) 330 m Brennschnitt pro Stoß mit einer Genauigkeit gelegt werden, die eine Nacharbeit im Bereich der Container-Stauegerüste nach dem Zusammenschwimmen von Vor- und Hinterschiff überflüssig machte [2]. Außerdem mußten die komplette Energieversorgung vom Hinterschiff zum Vorschiff, etwa 350 Kabel sowie zahlreiche Rohrleitungen in den Betriebsgängen sowie im Rohrtunnel getrennt werden.

Nach Heraustrennung des Mittschiffteils und Installation von provisorischen Schotten ließ man Vorschiff und den Mittschiffteil aufschwimmen und mit Schleppern aus dem Dock ziehen. Anschließend zog man das Vorschiff wieder bis auf etwa 300 mm an das Hinterschiff heran. Dann schwamm das Dock wieder auf, und das Vorschiff wurde mit Hubzügen an das Hinterschiff herangezogen, ausgerichtet, abgeheftet und verschweißt. Der kritischste Teil war das Heranziehen und Ausrichten; dabei mußte auf größtmögliche Genauigkeit geachtet werden. Eine Abweichung von der ursprünglichen Längsachse um nur wenige Millimeter hätte bereits zu einem Geschwindigkeitsverlust geführt. Für die Ausrichtung wurden optische Meßeinrichtungen eingesetzt.

Man muß sich vor Augen halten, daß es bei diesen Maßnahmen um zigtausend Tonnen schwere Teile ging, die mit Schotten abgedichtet und dann von Schleppern

Thomas Fetzberger
Carola Kuhrau

ABB Industrietechnik AG



Umbau von Container-Schiffen von «Atlantic-Class Vessels» in «SL-31»

1

a Abtrennung des Vorschiffs und Heraustrennung des Mittschiffteils

b Verkürztes Schiff mit neuem Vorschiff

manövriert und im Dock wieder exakt abgesetzt werden mußten. Insofern ist schon allein dieser Teil des Umbaus eine enorme schiffbauliche Leistung.

Der Weg zur Leistungssteigerung

Neue Wege mußten auch beim Antrieb der Container-Schiffe beschritten werden. Die vorhandene Maschine Sulzer 7 RLB 90 wies eine Leistung von 20 590 kW (100%) bzw. 18 530 kW (90%) auf. Um im Fahrdienst 21 kn zu erreichen, hätte man ohne Umbau der Container-Schiffe die Maschinenleistung auf etwa 40 000 kW erhöhen müssen. Durch hydrodynamische Verbesserungen am Vorschiff konnte zunächst eine Leistungersparnis von 3700 kW erzielt werden **3**. Durch Verkürzung um drei «hatchgroups» (Luken) verringerte sich außerdem der Hatchgroup-Reibungswiderstand am Schiff, was eine weitere Leistungersparnis von 1500 kW brachte **4**. In der Summe ergab sich also eine Leistungsverbesserung von 5200 kW. Um im Fahrdienst die geforderten 21 kn zu erreichen, mußten zusätzlich 3800 kW in die Propeller-Wellenanlage eingespeist werden.

Umgedrehte Wellengeneratortechnik

Für die erforderliche Steigerung der Antriebsleistung entwickelte die Blohm + Voss GmbH eine neue, unkonventionelle Lösung, bei der man die bisher übliche Wellengeneratortechnik sozusagen umgedreht hat. Bisher wurde die elektrische Leistung mittels eines Getriebes mit angehängtem Generator von der Hauptmaschine in das Bordnetz eingespeist. Bei dem neuen Konzept hat man statt des sogenannten PTO- einen PTI-Antrieb verwendet **5**. Dabei werden mittels eines Tunnelgetriebes, das über eine Vulkankupplung an das Schwungrad der Haupt-

maschine angeflanscht ist, über einen 6,6-kW-Elektromotor 4000 kW in den Hauptantriebsstrang übertragen **6**, **7**. Der Elektromotor wird durch ein zusätzliches Wärtsilä-Diesel-Generatoraggregat über einen 6-MVA-Generator, Typ 12 R 32, mit 4860 kW (100%) bzw. 4374 kW (90%) versorgt. Hochspannungsschaltanlage und Diesel-Generator sind in einem neu errichteten Maschinenraum auf dem Hauptdeck installiert. Um die langsamlaufende Hauptmaschine mit dem Elektromotor über das Tunnelgetriebe zu verbinden, waren umfangreiche regelungstechnische Neuentwicklungen erforderlich.

Für die Energieübertragung ins Wasser

Tabelle 1: Hauptabmessungen und Geschwindigkeit der Container-Schiffe

	Vor dem Umbau Atlantic-Class Vessel	Nach dem Umbau SL-31
Länge	279,00 m	248,26 m
Breite	32,20 m	32,20 m
Höhe	21,50 m	21,50 m
Tiefgang beladen	11,676 m	11,676 m
Geschwindigkeit (10 m Tiefgang)	18,0 kn	21,0 kn



Sea-Land Pride (ex Galveston Bay) im Dock 10, nachdem das Vorschiff abgetrennt wurde. Der Midbody wird zum Trennen vorbereitet.

Foto Blohm + Voss GmbH

wurde ein neuer KaMeWa-Verstellpropeller mit 7,1 m Durchmesser installiert, der bis zu 24 400 kW absorbieren kann, was der maximalen Leistung an der Welle entspricht. Der Durchmesser ist 0,5 m kleiner als der des ursprünglichen Propellers. Der neue Propeller kann aber auf Grund der speziellen Formgebung 20% mehr Lei-

stung abgeben. Die Leistung am Propeller wurde auf Grund der Kenndaten der Maschinen zu 19 160 kW vorausberechnet.

Schleppversuche bei 10 m Tiefgang und 21 kn ergaben einen Leistungsbedarf von 18 639 kW, so daß sich eine Sicherheitsmarge von 521 kW ergibt. Wenn man

diese zusätzliche Leistung in Geschwindigkeit umrechnet, beträgt die mögliche höchste Fahrgeschwindigkeit 21,2 kn.

Um die Antriebsleistung zu steigern, hätte es zwei alternative Möglichkeiten gegeben, die ausführlich zwar diskutiert, aber verworfen wurden:

- Zwei zusätzliche dieselmechanische Z-Antriebe mit einem Dieselmotor als Primärtrieb und Übertragung der Leistung direkt über ein Getriebe auf je einen Propeller Back- und Steuerbord. Dieses System hätte mit den Seitenpropellern erhebliche Turbulenzen erzeugt, so daß die Strömung am Hauptpropeller beeinflusst und dessen Wirkungsgrad reduziert worden wäre.
- Zwei dieselektrische Antriebe, bei denen jeder Propeller durch einen Elektromotor angetrieben und die elektrische Energie von Diesel-Generatoren erzeugt worden wäre. Hier wären die Systemkosten noch höher als vorgeannt gewesen.

Booster-Antrieb patentiert

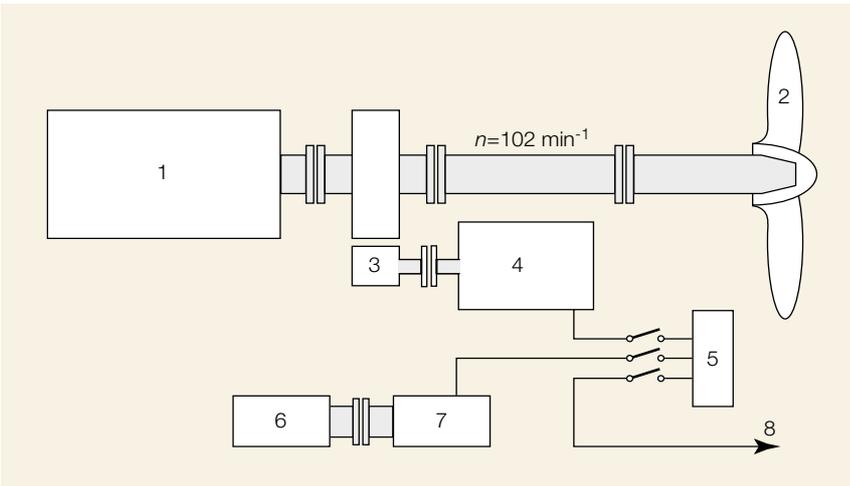
Bei der realisierten neuen Lösung mit dem Booster-Antrieb werden bekannte Komponenten vollkommen neu miteinander verknüpft – statt PTO jetzt PTI, wie bereits beschrieben. Diese Lösung wurde inzwischen patentiert [2].

Eine Kraftübertragung in die Hauptwelle hat es in dieser Form bisher nicht gegeben, und wie bei manchen scheinbar einfachen Lösungen steckt der Teufel im Detail. Die Kombination eines langsamlaufenden Dieselmotors mit oszillierendem Drehmoment mit einem Elektromotor mit konstantem Drehmoment an einer Propellerwelle war niemals zuvor realisiert worden. Um den Elektromotor und das Getriebe gegen die Vibrationen der Hauptmaschine zu schützen, wurde ein Tunnelgetriebe eingesetzt, das die Leistung des Elektromotors über eine Mehrscheibenkupplung auf das Getriebe und dann über eine Vulkankupplung direkt auf das Schwungrad der Hauptmaschine und die Propellerwelle überträgt. Den Energiefluß in die Welle zeigt **3**.

Das neue Vorschiff wird vorgesetzt.

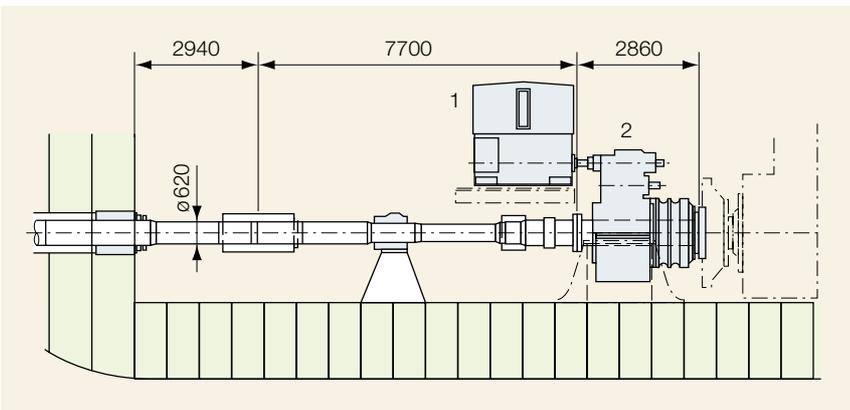
Foto Blohm + Voss GmbH





Entwurf des neuen Schiffsantriebs mit Booster-Motor

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1 Sulzer-Dieselmotor, 20 588 kW | 5 Schalttafel, 6,6 kV |
| 2 Verstellpropeller | 6 Wärtsilä-Dieselmotor, 4860 kW |
| 3 Getriebe | 7 Generator, 4374 kW |
| 4 Booster-Motor, 4000 kW | 8 Zum Bugstrahlruder, 1800 kW |



Die Sea-Land Pride in Dock 10 nach dem Umbau und die Sea-Land Value im Dock 11

Foto Blohm + Voss GmbH

Kontrollsysteme neu entwickelt

Für das Zusammenspiel dieser zwei unterschiedlichen Systeme mußten die automatischen Steuerungen für den kompletten Antrieb neu entwickelt werden, um die Funktionssicherheit bei jeder Betriebsart gewährleisten zu können. Allein die Lösung dieses Problems war eine große Herausforderung, vor allem wenn man bedenkt, unter welchem Zeitdruck diese Entwicklungen durchgezogen werden mußten. Für diese Anwendung wurde ein neues digitales Kontrollsystem (Woodward 721) installiert.

Die neue Hauptmaschinen/Booster-Anlage wurde von den zuständigen Klassifizierungs-Gesellschaften U.S. Coast Guard (USCG) und American Bureau of Shipping (ABS) streng nach der «Failure Mode Effective Analysis» (FMEA) geprüft.

Wellenanordnung für Booster-Motor und Tunnelgetriebe

- | |
|------------------|
| 1 Booster-Motor |
| 2 Tunnelgetriebe |



**Lieferung von
ABB Industrietechnik AG,
Geschäftsfeld Marine,
Öl- und Gasindustrie, für jedes
Container-Schiff**

- 1 Generator, 6,6 kV, 6 MVA
- 1 Booster-Motor, 6,6 kV, 4 MW
- 1 Schaltanlage, 6,6 kV
- 1 Transformator, 6,6 kV, 480 V, 500 kVA
- 1 Bugstrahlrudermotor, 6,6 kV, 1,8 MW
- 1 Schalttafel, 480 V
- 1 Monitoringsystem MK II mit Pult
- Diverse Motorstarter

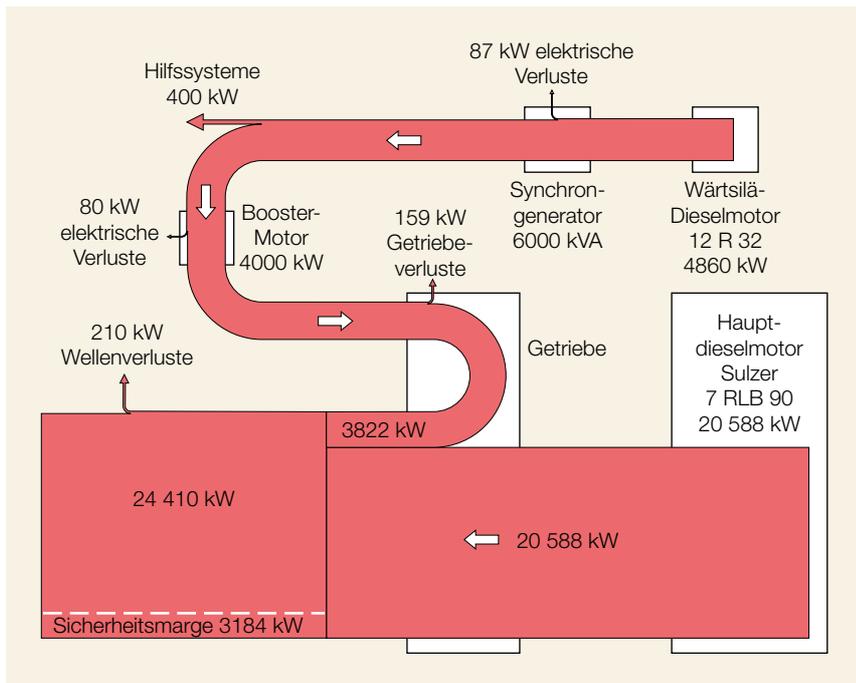
Dabei wurden im Dock und auf See alle möglichen Fahrprofile durchgespielt, um die Sicherheit und Zuverlässigkeit des innovativen Booster-Systems gewährleisten zu können.

Der neue E-Hilfsbetrieb für die Booster-Anlage wurde von dem Booster-Diesel-Generator über einen 6600/480 V, 500-kVA-Transformator mit versorgt.

Getriebe und Booster-Motor

7

Energiefluß in die Propellerwelle



**Booster auch
für Bugstrahlruder**

8

Weil der Booster-Diesel-Generator im Hafen und bei Anlegemanövern für den Booster-Antrieb nicht benötigt wird, dient er gleichzeitig als Antrieb für das neu installierte ABB-Bugstrahlruder. Somit hat der Booster-Diesel-Generator zwei Aufgaben. Er liefert

- zusätzliche Energie für den Hauptantrieb (PTI) oder
- Antriebsleistung für das Bugstrahlruder. Der Diesel-Generator speist eine 6,6-kV-Schaltanlage mit Verbraucherabgängen für den Booster-Motor, das Bugstrahlruder und einen Hilfstransformator.

ABB Industrietechnik AG, Geschäftsfeld Marine, Öl- und Gasindustrie, lieferte die komplette elektrische Booster-Anlage **9**, **10**, die elektrische Ausrüstung des Bugstrahlruders und die komplette Verkabelung aller elektrischen Systeme. Beim Umbau des Schiffes mußte u. a. auch die komplette Kabelanlage zum Vorschiff ge-



Der Booster-Generator

9

Die neue Pultsektion der Booster-Anlage

10



kürzt werden. Das bedeutete, daß bei etwa 350 Kabeln jeweils rund 40 m Länge herauszuschneiden und anschließend über Schrumpfmuffen wieder miteinander zu verbinden waren. Dabei wurden in enger Zusammenarbeit mit der Werft und anderen Zulieferern alle Systeme unter Beachtung der Vorschriften von ABS und USCG aufeinander abgestimmt.

Zielvorgabe voll erreicht

Die Probefahrt nach Fertigstellung des ersten Schiffes, der *Sea-Land Pride* (ex Galveston Bay), im Sommer 1994 war ein großer Erfolg. Das Schiff, das vor dem Umbau mit einer Geschwindigkeit von 18 kn lief, erzielte ohne Booster-Anlage 19 kn und mit Booster-Anlage knapp 22 kn. Noch in der zweiten Hälfte desselben Jahres wurden auch die beiden Schwesterschiffe *Sea-Land Value* und *Raleigh Bay* nach erfolgreichem Umbau übergeben.

Literaturhinweise

- [1] Meissner, H.-M.: Sea-Land ACV Vessel Conversion to SL-31. Blohm + Voss, Referat.
- [2] Meissner, H.-M.; Wheeler, W. D.: Sea-Land Atlantic Container Vessel (ACV) Conversion to SL-31. Northern California Section of The Society of Naval Architects and Marine Engineers, San Francisco/CA, 16.2.1995.

Adresse der Autoren

Thomas Fetzberger
 Carola Kuhrau
 ABB Industrietechnik AG
 Geschäftsfeld Marine,
 Öl- und Gasindustrie
 Postfach 500 323
 D-22703 Hamburg
 Telefax: +49 (0) 40/8 53 45-407
 E-mail:
 thomas.fetzberger@deind.mail.abb.com
 carola.kuhrau@deind.mail.abb.com