Podded drives im Vormarsch

Hydrodynamische Aspekte

Friedrich Mewis

Die erfolgreiche Inbetriebnahme des Kreuzfahrtschiffes "Elation" der Carnival Cruise Lines in der ersten Hälfte des Jahres 1998, angetrieben durch zwei 14 MW-Azipods, hat nun auch die letzten Zweifel ausgeräumt, daß ein Antrieb derartig großer Schiffe mit Podded drives möglich ist.

Unter Podded drives verstehen wir hier den direkten Antrieb des Propellers / der Propeller durch einen Elektromotor in einer drehbaren Gondel (Azimut), die im vorliegenden Fall mit vorn liegenden Zugpropellern arbeitet. Abb. 1 zeigt die Antriebsanlage der "Elation", die aus zwei 14 MW Azipods (das sind die Podded drives der ABB Azipod Oy, Finnland) besteht. In Abb. 2 sind die Modelle von zwei 14 MW Azipods im Maßstabe 1:25 an einem Schiffsmodell der HSVA wiedergegeben.

Die Verlagerung des Antriebsmotors in diese außerhalb des Schiffskörpers liegende Azimut-Vorrichtung hat erhebliche Konsequenzen für das gesamte Schiff. Hier sollen nur zwei signifikante Beispiele stellvertretend für viele genannt werden:

- der Dieselmotor ist nicht mehr an einen bestimmten Platz gebunden,
- Heckstrahlruder sind nicht mehr erforderlich.

Mit all seinen Konsequenzen für den Schiffsentwurf kann sich diese Innovati-

Der Autor:

Dipl.-Ing. Friedrich Mewis ist Leiter der Abteilung Widerstand und Propulsion in der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt GmbH (HSVA) on in die Reihe der großen Schritte einreihen, die die Entwicklung des Schiffbaus kennzeichnen. Die großen Schritte sind etwa:

Ruderschiff / Segelschiff / Dampfschiff mit Seitenradantrieb/ Propellerantrieb/ Dieselmotor und nun:

dieselelektrischer Außenbordantrieb (Podded drive).

In diesem Beitrag wird jedoch ausschließlich über die hydrodynamischen Konsequenzen gesprochen, die ebenfalls erheblich sind.

Mögliche hydrodynamische Verbesserungen durch Podded drives

Das Hauptverkaufsargument für Podded drives ist eigenartigerweise die erzielbare Leistungseinsparung, obwohl andere hydrodynamische Eigenschaften wie die Vibrationserzeugung und das Manövrierverhalten weitaus nachhaltiger (meist) positiv beeinflußt werden. Ganz zu schweigen von den Vorteilen, die z.B. durch den Wegfall der Heckstrahlruder entstehen. In diesem Beitrag wird ausdrücklich nur von großen Zwei-Schrauben-Kreuzfahrtschiffen gesprochen. Bei anderen Schiffstypen kann alles anders sein, sogar eine entgegengesetzte Aussage kann möglich sein. Und so ist es kein Wunder, daß in der Fachliteratur von Leistungseinsparungen bis zu 20 Prozent von einzelnen Anbietern die Rede ist. Dieser Gewinn ist nach Ansicht des Verfassers für die hier diskutierten, sehr großen Antriebseinheiten an Zwei-Schrauben-Kreuzfahrtschiffen nicht erzielbar. Das Potential beläuft sich für Ein-Propeller-Anlagen jedoch auf fünf bis zehn Prozent, wovon bis zu fünf Prozent (in der HSVA gemessen) durch den geringeren Widerstand der Azimuts gegenüber der herkömmlichen Ausführung mit Wellenböcken und Rudern bedingt sind. Der Rest ist durchaus durch eine Optimierung der Gestaltung der Pods und der Anordnung der Propeller im Nachstrom des Schiffes erzielbar, was nur mit Pods wirklich möglich ist.

An dieser Stelle soll noch einmal erwähnt werden, daß hier nur über hydrodynamische Gewinne gesprochen wird. Verluste, die z.B. aus der Dieselmotor-Generator-Elektromotor-Energieumwandlung entstehen, werden nicht berücksichtigt. In Abb. 3 sind die erzielbaren Verbesserungen durch Podded drives gegenüber herkömmlichen Zwei-Schraubenschiffen aus der Sicht des Verfassers zusammengestellt. Derartig große Einheiten von > 10 MW sind in der Großausführung bisher nur von der ABB/Azipod Oy in Finnland realisiert worden. Es sind jedoch andere Lösungen in Entwicklung bzw. Erprobung die einen noch höheren Gewinn versprechen: Von Kamewa/Cegelec wird ein Zugpropeller-Pod mit schlankem Gehäuse angeboten. Siemens-Schottel (SSP) hat einen mit zwei gleichlaufenden Propellern (Twin-Propeller) und wesentlich schlankerem Gehäuse arbeitenden Pod-Antrieb entwickelt, der wesentlich höhere Leistungseinsparungen bringen soll.

Nachweis der Effektivität

Ein exakter Nachweis der Effektivitätssteigerung (Leistung) in der Großausführung ist schwierig, weil die z.B. für die "Elation" gemeldeten sieben bis neun Prozent Leistungseinsparungen noch am äußeren Rand der möglichen Unsicherheit (+/– 4%) von Probefahrtsmessungen liegen. Für die Großausführung kann hier erst eine sehr sorgfältig ausgeführte Langzeitmessung des Verbrauchs Gewißheit bringen. Die Bedingungen fü einen realistischen Vergleich sind günstig, denn es sind sechs Schwesterschiffe





▲ Abb. 2: 14 MW-Azipod-Modellantrieb an einem Kreuzfahrtschiff-Projekt der Meyer Werft (Maßstab 1:25)

■ Abb. 1: Kreuzfahrtschiff "Elation" mit zwei 14 MW Azipods (Quelle: ABB Azipod) ne wurden mit Nachstrommessungen verglichen. Die Versuchsergebnisse des Propulsionsverhaltens ergaben eine deutliche Leistungseinsparung bei der optimierten Variante.

Entwicklung eines Low-Wash-Katamarans für den Einsatz auf Binnenwasserstraßen

Hans Georg Zibell, Christian Masilge, Hermann Lochte-Holtgreven

Von der Deutsche Binnenwerften GmbH, Werft Berlin, ist die Konzeption und der Entwurf eines sog- und wellenschlagarmen Fahrgastschiffs für den Einsatz in Boddengewässern der Ostsee erstellt worden. Aus Gründen des Umweltschutzes sollte sich das Fahrzeug durch extrem niedrige Wellenbildung auszeichnen. Das Fahrzeug ist als Verdränger-Katamaran geplant worden, der ca. 100 Passagiere mit einer Geschwindigkeit jon bis zu 20 kn auf flachem Wasser befördern kann. Die Rümpfe wurden extrem schlank ausgeführt, dementsprechend lag die Verdrängung bei 32,5 m³. In der VBD wurde in Modellversuchen der Katamaran für den Einsatz auf beschränkter Wassertiefe untersucht und modifiziert. Ermittelt wurden Widerstand und Wellenbild auf verschiedenen Wassertiefen für unter-, trans- und überkritische Fahrt. Die Modelluntersuchungen wurden durch CFD-Ergebnisse mit Formvarianten ergänzt.

Leistungsprognose für kleine, breite Containerschiffe

Alfred Kracht, Karl-Heinz Nicolaysen, Hans-Joachim Stitterich

Sowohl die Prognosen auf der Basis allgemeiner Entwurfsgrundlagen als auch die Ergebnisse aus bisher üblichen Routileversuchen, denen physikalisch nicht vergleichbare Einzelversuche mit Rumpf und Propeller zugrunde liegen, werden den gestiegenen Anforderungen an eine zuverlässige Leistungsvorhersage nicht mehr gerecht, vor allem, wenn Maßstabseffekte eine wesentliche Rollé spielen. Das Problem der Maßstabseffekte läßt sich aber nur lösen, wenn és genügend zuverlässige Messungen /an Großausführungen gibt, die mit den entsprechenden Modellversuchsergebnissen verglichen werden können. Hierfür sind mit zwei Modellen Widerstands-, Propulsions- und Propeller-Last-Variationsversuche durchgeführt worden mit besonderem Augenmerk auf das Nachfahren der mit entsprechenden Großausführungen durchgeführten Probefahrtsmessungen. Regressionsanalysen aller Versuchsergebnisse lieferten für jedes Modell Propulsionsfunktionen, die wesentlicher Bestandteil eines entwickelten Prognoseverfahrens darstellen. Weil die Propellereigenschaften unter Betriebsbedingungen hinter dem Rumpf bestimmt werden, enthält dieses Prognoseverfahren die altbekannten hydrodynamischen Mängel nicht mehr und gibt nicht nur physikalisch plausible Auskunft über alle Eigenschaften der Systemkomponenten und über ihr Zusammenwirken, sondern auch eine zuverlässige Aussage über die zu erwartende Antriebsleistung.

Manövriersimulation auf der Basis von Großausführungsmessungen

Stefan Krüger

Wesentlicher Bestandteil der frühen Projektdefinitionsphase ist die Bestimmung des Manövrierverhaltens des Schiffes sowie eine zuverlässige Auslegung der Manövrierorgane. Hierzu sind numerische Simulationen ein unerläßliches Hilfsmittel. Als numerisches Modell verwendet die FSG ein erweitertes/Kraftmodell nach Söding. Zur Verifikation der Simulationen werden ständig umfangreiche Probefahrtsmessungen durchgeführt. Es wird gezeigt, daß nicht nur beliebige Manöver mit ausreichender Genauigkeit simuliert werden können, sondern daß das Modell gleichzeitig dazu geeignet ist, die Manövrierorgane auszulegen. 3

TUHH

Kolloquium 98/99

Das Kolloquium 98/99 der Arbeitsbereiche Schiffbau der Technischen Universität/Hamburg-Harburg hat im Oktober begonnen. Auf dem Programm stehen von November bis Februar 1999 noch folgende Themen:

6. November: "Doppelhüllen-Tanker zum Schutz der Umwelt", Dipl.-Ing. Dirk Lindenau (Lindenau GmbH);

13. November: "Three-dimensional Wave-Structure Interaction in a Viscous Fluid", Prof. Dr. Ronald Yeung (University of California, Berkeley);

27. November: "Untersuchung propellerinduzierter Druckschwankungen mit Hilfe von Hochgeschwindigkeits-Videoaufnahmen", Dipl.-Ing. Christian Johannsen (HSVA);

4. Dezember: "Klebeverbindungen im Schiffbau", Dr. Andreas

Die 21. Georg-Weinblum-Gedächtnis-Vorlesung findet am Mittwoch, dem 18. November, um 15.00 Uhr in der Industrie- und Handelskammer Lübeck (Breite Str. 6 - 8) staft. Die Vorlesung wird gehalten von Aad. J. Hermans, Professor für Mathematische Physik an der Technischen Universität Delft. Thema: "The Role of Applied Mathematics in Hydrodynamics for Ships and Floating Offshore Structures".

Echtermeyer (Det norske Veritas); 11. Dezember: "Sail Handling Systems for Contemporary Cruising Ships", Dipl.-Ing. Zygmunt Choren (Choren Design & Consulting);

8. Januar: "Untersuchung der wandnahen Strömung im Heckbereich von Schiffen", Dr.-Ing. Andreas Junglewitz (TUHH);

15. Januar: "Fahrrinnenvertiefung der Unter- und Außenelbe - Ergebnisse einer wasserbaulichen Systemanalyse mit numerischen Modellen", Dr.-Ing. Gerd Flügge (Bundesanstalt für Wasserbau);

22. Januar: "Das Zykloidal-Ruder - Ein neuartiges Manövrierorgan" (mit Modellversuch im IfS-Tank), Dr.-Ing. Dirk Jürgens/Dipl.-Ing. Cristian Thieme (JA-FO Technologie);

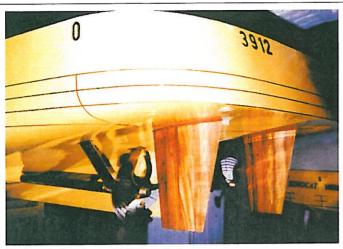
29. Januar: "Verhalten von Mehrkörper-Schiffen im Seegang", Prof. Dr.-Ing. Heinrich Söding (TUHH);

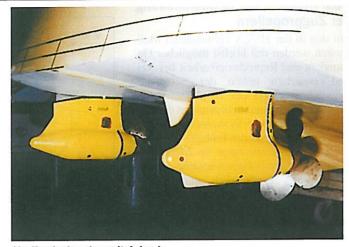
5. Februar: "Schallpegelprognosen an Bord von Schiffen", Dipl.-Ing. Jürgen Jokat (Germanischer Lloyd).

Die Veranstaltungen im Hörsaal A der Arbeitsbereiche Schiffbau der TUHH (ehem. Institut für Schiffbau/IfS), Lämmersieth 90, Hamburg, beginnen jeweils um 15 00 Uhr 3

Eine deutsche Werft muß nicht notwendigerweise teurer sein

Unsere lange Reparatur-Erfahrung verkürzt Ihre Aufliegezeit. Krögerwerft Rendsburg Tel. 04331/951-0, Fax 04331/951-145

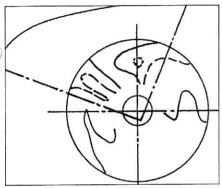




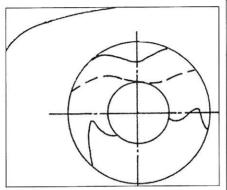
3a: Zweischrauber mit Wellenblöcken

3b: Zweischrauber mit Azipods

Vibrationserregung geringer (Probefahrtergebnis) durch gleichmäßigeres Zustromfeld zum Propeller



3c: Zustromfeld zum Propeller Stb., 2-Schrauber mit V-Böcken



3d: Zustromfeld zum Propeller Stb., ohne Anhänge

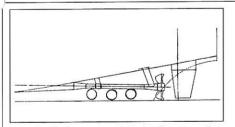
Abb. 3: Mögliche Verbesserungen durch Podded drives gegenüber herkömmlichen Zweischraubern

Leistungseinsparungen durch: – weniger Widerstand (gemessen in der HSVA) – verbesserte Propulsion (Meinung des Verfassers)

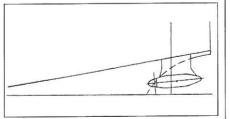
Manövriereigenschaften: Drehkreisverhalten: Stoppvermögen: Gierstabilität:

Probefahrtergebnis: besser, kleinere Drehkreise Probefahrtergebnis: besser, Stoppweg steuerbar

Meinung des Verfassers: schlechter



3e: Manövrierorgan: 2 Ruder im Propellerstrahl. 2–3 Heckstrahlruder



3f: Manövrierorgan: Azipod drives wie bei "Elation", Januar 1998

HSVA

Seminar

Die Hamburgische Schiffbau-Versuchsanstalt GmbH (HSVA) führt am 27. November in ihren Räumen in der Bramfelder Straße 164 ein Seminar

"CFD im Schiffsentwurf"

durch. Beginn: 10.00 Uhr. Die HSVA lädt ihre Kunden und Interessierte herzlich zu dieser Informationsveranstaltung über Möglichkeiten und Grenzen moderner CFD-Verfahren für Schiffsentwurf und Analyse ein und bittet um Anmeldung unter: Tel. 040-69203-0, Fax 040-69203-345, e-mail info@hsva.de.

mit herkömmlichem Antrieb in Fahrt und es wird zwei Schwesterschiffe mit Azipod-Antrieb geben.

Die Verringerung der Vibrationserregung und die Verbesserung der Manövriereigenschaften (ausgenommen wahrscheinlich die Gierstabilität) läßt sich wesentlich sicherer nachweisen, weil die Unterschiede zum herkömmlichen Antrieb deutlich größer sind, wie aus der Pressemitteilung der Azipod Oy nach den Probefahrtmessungen mit der "Elation" hervorgeht.

Für den Nachweis der erzielbaren Leistungseinsparungen sind Modellversuche besser geeignet als Großausführungsmessungen. Hier beträgt die Unsicherheit bei sorgfältig ausgeführten Modellversuchen mit genügend großen Modellen (wegen der Reynoldszahl) etwa zwei Prozent (+/– 1%).

Meßergebnisse, die wirklich eindeutig größere Gewinne ausweisen, liegen in der HSVA noch nicht vor, da in jedem Fall gleichzeitig andere Änderungen vorgenommen wurden.

Die einzig wirkliche Meßlatte ist aus hydrodynamischer Sicht der Vergleich der benötigten Antriebsleistung am Propeller zwischen einem Pod getriebenen Schiff und einem herkömmlichen Schiff ohne jegliche Änderung der Schiffsform (wie z.B. annähernd bei der "Elation" und den sechs Schwesterschiffen praktiziert). Eine Anpassung der Schiffsform könnte einen weiteren, wenn überhaupt, geringen Gewinn bringen.

Rechnerische Nachweise über Freifahrtcharakteristika, wie sie für herkömmliche
Schiffe mit Druckpropellern üblich und
legitim sind, führen meistens zu falschen
Ergebnissen, weil bei Zugpropellern mit
derartig großen Nabendurchmessern der
Propellerschub nicht wirklich sinnvoll
meßbar ist, was im nächsten Abschnitt
nachgewiesen wird. Aber diese Tatsache
stört sicher nur den Propellerentwerfer,
denn das einzige Maß, das interessiert,
sind die Brennstoffkosten, die sich aus
hydrodynamischer Sicht in der erforderlichen Propellerleistung ausdrücken.

Zum Problem der Schubmessung bei Zugpropellern

Mit den in der HSVA verwendeten Meßgeräten werden mit höchst möglicher Genauigkeit und Reproduzierbarkeit bei Azipod-Versuchen neben der Schiffsgeschwindigkeit und der Propellerdrehzahl das Propellerdrehmoment direkt in der Propellerachse und der Systemschub (Schub der gesamten Azimut-Einheit) in einer Zwei-Komponentenwaage im Modell gemessen. Die Propulsionsversuche werden in der HSVA grundsätzlich mit einer Freifahrtcharakteristik ausgewertet, die unter gleichen Bedingungen, also mit dem gleichen Gerätetyp, aber unter Freifahrtbedingungen (HSVA-Propellerboot) aufgenommen wird (Freifahrt-Variante A). Um aufzuzeigen, welchen weiten Spielraum Freifahrtergebnisse mit Zugpropellern mit großen Nabendurchmessern erlauben, d.h. im Klartext welche Fehler gemacht werden können, werden in Abb. 4 drei verschiedene Anordnungen für den Freifahrtversuch wiedergegeben, die alle drei erforderlich sind, um das ganze Problem zu verstehen.

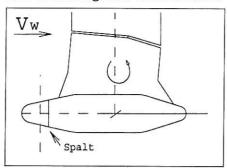
Abb. 5 zeigt die dazugehörigen Freifahrtkurven (HSVA-Meßergebnisse, P 2333). Abb. 5 zeigt deutlich, daß die Ko-Werte der Freifahrt-Anordnungen A und C im Rahmen der Meßgenauigkeit gleich sind, d.h. die mit den Azimut-Geräten gemessenen Leistungen sind richtig bzw. liefern die gleichen Propellerdrehmomente wie das vielfach erprobte herkömmliche Freifahrtgerät.

Der Vergleich der K_T-Werte zwischen den Varianten A und C zeigt die erwarteten Unterschiede, da bei A der Systemschub (Propellerschub minus "Gondelwiderstand") und bei C nur der Propellerschub gemessen wird. Allerdings zeigt der Vergleich C mit B (B ist die herkömmliche Freifahrt-Anordnung), daß durch den bei C als stehenden Dummy montierten Azimut-Körper sowohl der Propellerschub als auch das Propellerdrehmoment des davor arbeitenden Propellers erheblich beeinflußt werden. Die Problematik ist weitaus komplizierter als hier dargestellt, z.B. übt einen weiteren Einfluß auf die Meßergebnisse auch der Variante A die Spaltbreite sowie die im Modellversuch im Gegensatz zur Großausführung durchaus gegebene Möglichkeit des Durchfließens des Azimut-Körpers aus. In der HSVA werden die Messungen grundsätzlich mit geschlossenen Azimut-Körpern gemacht, um den Druckabbau im Spalt zu verhindern.

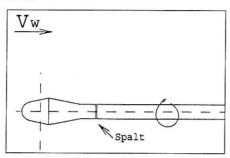
Zur Zeit werden in der HSVA ergänzende Messungen sowie CFD-Rechnungen der Umströmung der Azimut-Körper vorgenommen, um eine endgültige Klärung des Problems zu erreichen.

Es ist zwangsläufig, daß mit Messung C gegenüber B, obwohl jeweils der Propellerschub gemessen wird, ein anderer

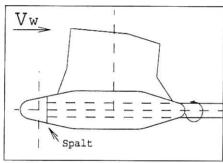
Abb. 4: Anordnungen des Freifahrtversuchs



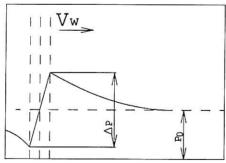
4a: HSVA-Propellerboot, Meßordnung und Gerät identisch mit Propulsionsversuch. Meßwerte: Systemschub, Propellerdrehmo-



4b: Herkömmliche Freifahrtversuchs-Anordnung. Meßwerte: Propellerschub, Propellerdrehmoment



4c: Herkömmliche Freifahrtversuchs-Anordnung mit Azimut-Körper-Dummy, Meßwerte: Propellerschub, Propellerdrehmoment.



4d: Druckverlauf vor und hinter einem arbeitenden Propeller (stark schematisiert)

Schub gemessen wird, weil der Vortrieb des Gehäuses, der im Systemschub der Messung A automatisch enthalten ist, eine Rückwirkung auf den Propeller hat. Die Erklärung für die aufgezeigten signifikanten Unterschiede, die eine richtige Messung des Propellerschubes unmöglich machen, sind die inneren Kräfte im Spalt zwischen Propeller und Azimut-Körper, die durch den Überdruck unmittelbar hinter dem arbeitenden Propeller

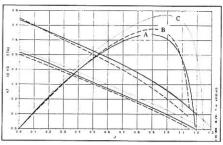


Abb. 5: Freifahrtcharakteristik von Azimut-Propellern unter verschiedenen Freifahrtbedingungen, HSVA-Propeller 2333;

- A Azimut-Gerät im Propellerboot, Messung: Systemschub, K_{TSy},
- K_{QP}, η_{OSy}

 B Herkömmliche Freifahrt Messung: Propellerschub, K_{TP}, K_{QP}, η_O

 C Herkömmliche Freifahrt mit Azimut dummy Messung: Propellerschub, KTP, KOP, no

entstehen. Der Druckverlauf vor und hinter dem arbeitenden Propeller, wie er schematisch in Abb. 4d wiedergegeben wird, läßt den Schluß zu, daß diese Kräfte erheblich sein können. Der Systemschub bleibt davon unberührt, da die inneren Kräfte sich gegenseitig aufheben. In Abb. 4b ist zu sehen, daß dieser unvermeidliche Spalt bei dem verwendeten herkömmlichen Freifahrtgerät der Firma Kempf und Remmers aus diesem Grunde nach hinten verlegt worden ist.

Für den Propellerentwerfer verändert sich damit die Aufgabenstellung, er muß den Azimut-Propeller mit dem gemessenen Propellerdrehmoment und einem "geschätzten" Propellerschub entwerfen, bzw. er muß nur wissen, wie er den ihm von den Versuchsanstalten angegebenen Schub interpretieren soll.

Zusammenfassung

Aus allem oben Gesagtem kann insgesamt geschlußfolgert werden, daß mit Podded drives mit großer Wahrscheinlichkeit bei optimaler Anordnung eine kleinere Propellerdrehleistung für den Schiffsvortrieb erforderlich ist. Daß jedoch wirklich Treibstoff gespart werden kann, läßt sich nicht unbedingt daraus ableiten.

Die Vibrationserregung dürfte mit Azimut-Antrieben deutlich geringer sein. Der Einfluß auf die Manövriereigenschaf-

ten ist different. Während offensichtlich ist, daß mit Podded drives das An- und Ablegen in Verbindung mit den immer erforderlichen Bugstrahlrudern sich zu einer ganz einfachen und ungefährlichen Sache entwickelt, kann bei voller Geschwindigkeit sowohl das Kurshalten als auch das Stützen nur schlechter sein.

Der eigentlichen Frage, ob der Schiffsbetrieb durch Podded drives billiger und/oder sicherer wird, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden.

Literatur

- [1] Kurimo, R., Poustoshniy, A. and Syrkin, E.: "Azipod Propulsion for Passenger Cruisers", NAV '97, Sorrento, March 18-21, 1997
- [2] Kurimo, R.: "Sea Trial Experience of the First Passenger Cruiser with Podded Propulsors", PRADS '98, The Hague, September 1998, p. 743-748. **3**