

## Leistungseinsparungen durch eine neuartige hydrodynamische Vordralldüse

Dipl.-Ing Friedrich Mewis  
MSH, Mewis Ship Hydrodynamics, Dresden

### Summary

With the advent of today's volatile bunker prices, the reduction of fuel consumption has become a major concern for ship owners. From a propulsion point of view, one possibility lies in the use of so-called "Energy-Saving Devices" (ESD). These are stationary devices positioned near the propeller that improve the overall propulsion efficiency.

This paper introduces a novel approach, a Pre-Swirl Duct which is marketed under the trademark name Mewis Duct<sup>®</sup> (MD).

The MD consists of a wake equalising duct combined with an integrated pre-swirl fin system positioned ahead of the propeller. By pre-correcting the flow into the propeller, the device essentially reduces the rotational losses in the resulting propeller slipstream and increases the flow velocity in the inner radii of the propeller. Additionally the duct itself produces a significant forward thrust.

The Mewis Duct<sup>®</sup> is suited to vessels with high block coefficient and speeds lower than 21 knots. This encompasses tankers and bulk carriers of every size, together with multi-purpose carriers and feeder type container vessels. The expected power reduction is in the range from 4 % for small container vessels to 10 % for large tankers and bulk carriers, depending on the propeller loading and ship speed. A beneficial by-product of the Mewis Duct<sup>®</sup> is a small improvement to the ship's yaw stability.

The Mewis Duct<sup>®</sup> has been developed in co-operation with Becker Marine Systems, Hamburg, who also exclusively market and sell the product.

### Zusammenfassung

Durch die anhaltend hohen Treibstoffpreise der letzten Jahre ist die Verringerung des Brennstoffverbrauchs wieder in den Mittelpunkt des Interesses der Schiffsbetreiber gerückt. Eine der vielfältigen Möglichkeiten dazu besteht in der Anbringung von zusätzlichen Bauteilen, meistens Leitflächen in der Nähe des Propellers oder am Propeller selbst. Diese Anbauten werden als „Energy-Saving Devices“ (ESD) bezeichnet, eine treffende deutsche Bezeichnung gibt es leider nicht. Die ESD erhöhen die Effektivität der Propulsion und helfen somit Brennstoff einzusparen.

Im vorliegenden Beitrag wird die Entwicklung einer neuartigen ESD vorgestellt, die unter der Handelsmarke Mewis Duct<sup>®</sup> (MD) eingetragen ist. Diese sehr komplexe Einrichtung ist eine unmittelbar vor dem Propeller angeordnete Düse mit integriertem Fin-System. Sie zielt auf die Verbesserung der Propellerzuströmung, die Verringerung der Drallverluste im Propellerstrahl und der Verluste im Propellernabenwirbel. Durch die Verringerung von drei unabhängigen Verlusten am arbeitenden Propeller sind die erzielbaren Gewinne höher als bei vergleichbaren Erfindungen, die meist nur auf eine Verlustquelle ausgerichtet sind.

Die MD ist für Einschrauber mit hohem Blockkoeffizient und Geschwindigkeiten bis zu 21 kn geeignet. Das sind Tanker und Massengutschiffe aller Größen, aber auch Mehrzweckschiffe und Container Feeder Schiffe. Die zu erwartende Leistungseinsparungen sind von der Propellerbelastung und Schiffsgeschwindigkeit abhängig und betragen 4 % für kleine Container Schiffe und bis zu 10 % für große Tanker und Bulker. Die Einrichtung ist sowohl für Neu-

bauten als auch für die Nachrüstung geeignet. Ein günstiger Nebeneffekt der Mewis Duct<sup>®</sup> liegt in der Erhöhung der Kursstabilität des Schiffes.

Die Mewis Duct<sup>®</sup> wurde in Kooperation mit Becker Marine Systems (BMS) Hamburg entwickelt und wird von BMS vertrieben.

## Einleitung

Unter „Energy-Saving Devices“ (ESD) versteht man stationäre passive Elemente, meistens Strömungsleitflächen, die in der Nähe des Propellers angebracht werden, um die Propulsion des Schiffes zu verbessern mit dem vorrangigen Ziel die erforderliche Antriebsleistung zu verringern. ESD können sowohl vor dem Propeller am Schiffskörper als auch hinter dem Propeller am Ruder oder am Propeller selbst angebracht werden.

ESD werden schon seit mehr als 100 Jahren erfolgreich zur Verbesserung der Propulsion angewendet. So berichtet Wagner (1929) in einem auch heute noch lesenswerten Beitrag vor der STG über 25 Jahre Erfahrungen mit dem Contra-Propeller-Prinzip.

Seit den Ölpreiskrisen in den 1980er Jahren ist das Interesse an Brennstoff sparenden Entwicklungen aller Art erheblich gestiegen, so auch an ESD. Die meisten ESD sind auf eine einzelne Verlustquelle gerichtet und damit im möglichen Gewinn auf die Höhe des Verlustes beschränkt, den sie verringern.

Die im vorliegenden Beitrag vorgestellte Mewis Duct<sup>®</sup> (MD) zielt auf die Verringerung von gleich drei Verlustarten, Drallverlust im Propellerstrahl, Zustromverlust und Nabenwirbel-Verlust, und ist dadurch in der Lage, höhere Gewinne zu erzielen als die ESD, die nur auf eine Verlustquelle ausgerichtet sind.

## Verlustanalyse für den am Schiff arbeitenden Propeller

ESD sollen die Verluste um den im Schiffsnachstrom arbeitenden Propeller verringern, damit ist ihrer Wirksamkeit eine physikalische Grenze gesetzt, sie können nicht mehr verbessern als im jeweiligen Verlust steckt.

Die Haupt-Verluste um einen arbeitenden Propeller sind:

Unvermeidbarer Verlust:

- Axialer Austrittsverlust

Teilweise vermeidbare Verluste am Propeller:

- Drallverlust im Propellerstrahl
- Drallverlust hinter der Nabe
- Spitzenwirbelverlust
- Verluste durch Flügelreibung
- Verlust durch Profilwiderstand
- Verlust durch endliche Flügelzahl

Teilweise vermeidbare Verluste durch Wechselwirkungen mit der Schiffsströmung:

- Verlust durch unsymmetrisches Nachstromfeld
- Verlust durch ungleichförmiges Nachstromfeld

Der axiale Austrittsverlust ist unvermeidbar, seine Energie wird bei der notwendigen Vermischung des Propellerstrahls mit dem umgebenden Wasser in den so genannten Nachlauf abgegeben und bleibt dort erhalten. Daraus ergibt sich in Abhängigkeit von der Propellerbelastung ein ideeller Wirkungsgrad  $\eta_{id}$ , der nicht überschritten werden

$$\text{kann: } \eta_{id} = \frac{2}{1 + \sqrt{1 + C_{Th}}}$$

mit dem Schubbelastungsgrad  $C_{Th}$  als einzigem Parameter:

$$C_{Th} = \frac{T}{\frac{1}{2} \rho \cdot V_A^2 \cdot D^2 \cdot \pi/4}$$

worin:

$$\begin{aligned} T &= \text{Propellerschub in } N \\ \rho &= \text{Dichte des Wassers in } \text{kg/m}^3 \\ V_A &= \text{Anströmgeschwindigkeit in } \text{m/s} \\ D &= \text{Propellerdurchmesser in } \text{m}. \end{aligned}$$

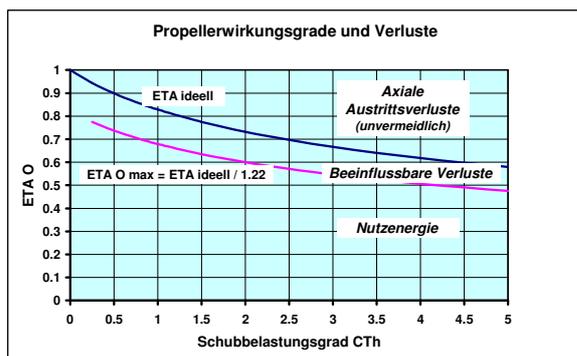


Abbildung 1 Ideeller Wirkungsgrad und maximaler Wirkungsgrad von Propellern

Durch geeignete Maßnahmen zur Verringerung des Schubbelastungsgrades, wie z. B. Vergrößerung des Propellerdurchmessers, kann auch der axiale Verlust reduziert werden. In der Abbildung 1 ist dieser Zusammenhang dargestellt. Zum Vergleich ist der mit einem Propeller maximal erzielbare Propellerwirkungsgrad  $\eta_{Omax}$  eingetragen, der unabhängig von der Propellerbelastung etwa 22 % kleiner ist als der ideale Wirkungsgrad. Dieser Zahlenwert ist das Ergebnis einer langjährigen statistischen Auswertung von Ergebnissen von Propulsionsversuchen für optimale Propeller im Arbeitspunkt am Schiff.

Alle oben erwähnten vermeidbaren Verluste am Propeller liegen innerhalb dieses Bereiches, siehe dazu Abbildung 2. Die erzielbaren Gewinne können nicht größer sein als die Einzelverluste. Aus technischen Gründen kann jedoch meist nur maximal zwei Drittel des Verlustes vermieden bzw. zurück gewonnen werden.

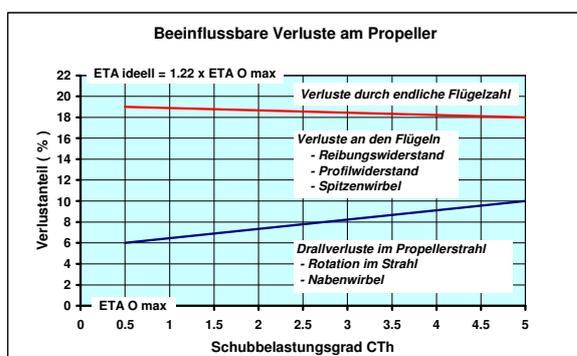


Abbildung 2 Beeinflussbare Verluste am Propeller, prinzipielle Aufteilung

Der Propeller arbeitet jedoch nicht in homogener Anströmung sondern im Nachstromfeld des Schiffes, das aus seiner Sicht unsymmetrisch und unregelmäßig ist. Durch eine Verbesserung der Wechselwirkungen zwischen Schiff, Propeller und Ruder ist eine weitere Möglichkeit zur Einsparung von Energie gegeben, die zum Beispiel durch Düsen und Vordüsen und Leitflächen verschiedener Art erreicht wird. Die dabei erzielbaren Gewinne liegen in gleicher Größenordnung wie am Propeller. Wenn durch die Leitflächen selbst Schub erzeugt wird, können diese Gewinne auch größer sein. Die Gewinne durch derartige Leitflächen wie Vordüsen sind völlig unabhängig von den Gewinnen, die durch Verringerung der Verluste am Propeller erzielt werden können.

In manchen Fällen werden Leitflächen (wie Vordüsen) vor dem Propeller nur installiert, um die Vibrationserregung des Propellers zu verringern, dann wird bewusst auf Leistungseinsparungen verzichtet oder sogar Verluste in Kauf genommen.

Für die Beurteilung der Wirksamkeit bezüglich Leistungseinsparungen einer ESD sollte man ausschließlich die erzielte Leistungsdifferenz bei gleicher Geschwindigkeit bzw. die erzielte Erhöhung der Geschwindigkeit bei gleicher Leistung heranziehen. Die für den herkömmlichen Propellerentwurf erforderlichen Wechselwirkungs-Ziffern sind gänzlich ungeeignet für die Beurteilung und Optimierung von ESD.

## Stand der Technik

Aus der Vielzahl der erfolgreichen „Energy-Saving Devices“ ragen die folgenden Erfindungen heraus, die hier sortiert nach ihrer Wirkungsweise zusammengestellt sind. Einige von ihnen sind mehr als ein-tausend Mal (Costa Bulb, WED und PBCF) in der Großausführung realisiert worden.

Verbesserung Wechselwirkungen und Propellerentlastung:

- Schneekluth Düse (WED)
- Sumitomo Integrated Lammeren Duct (SILD)

Verringerung Drallverluste:

- SVA – Fin System
- DSME – Pre Swirl System (PSS)

Verringerung Nabenwirbelverluste:

- Ruder Wulst, Costa Bulb
- Mitsui Propeller Boss Cap Fins (PBCF)

Der Vollständigkeit halber sollen hier noch zwei herausragende Erfindungen erwähnt werden, deren Einsatz in der Großausführung jedoch immer wieder zu technischen Schwierigkeiten geführt hat, so dass sie sich trotz deutlich höheren erzielbaren Einsparungen nicht durchgesetzt haben:

- Gegenlaufpropeller
- Grimsches Leitrad

Eine ebenfalls herausragende Erfindung ist die

- Kort Düse,

die sich in Folge ihrer Robustheit und einer erheblichen Erhöhung des Trossenzuges bei Schiffen mit hoher Propellerbelastung, wie Schlepper und Binnenschiffe, vollständig etabliert hat.

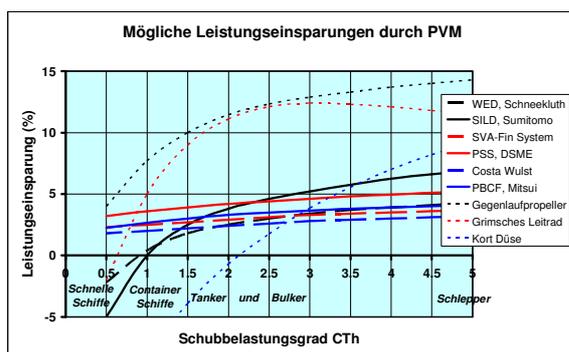


Abbildung 3 Erzielbare Leistungseinsparungen durch verschiedene bekannte ESD

Die aus Abbildung 3 ersichtlichen Leistungseinsparungen durch die jeweilige ESD gelten für Schiffe mit guten Linien und optimierten Propellern mit einem Wirkungsgrad  $\eta_{Omax}$  gemäß Abbildung 1. Mit

schlechten Schiffslinien und nicht optimalen Propellern lassen sich oft größere Gewinne erzielen.

Um die angegebenen Gewinne realisieren zu können ist in jedem Fall ein individueller Entwurf für die ESD und ein Nachweis mittels CFD-Rechnungen oder Modellversuchen erforderlich. Da das aus Kostengründen nicht immer erfolgt, gibt es eine nicht unerhebliche Zahl installierter ESD, die eher zu Leistungsverlusten geführt haben als zu Gewinnen.

### Idee zum Entwurf einer neuen ESD

Berücksichtigt man die Erkenntnisse aus den vorangegangenen Abschnitten, dann ist es leicht verständlich, dass eine aus den bekannten Lösungen herausragende neue ESD mindestens zwei, besser drei unabhängige Verluste um den hinter dem Schiff arbeitenden Propeller verringern muss. Außerdem sollte diese neuartige ESD keine zusätzlich zum Propeller drehenden Teile aufweisen, denn daran sind letztendlich die hydrodynamisch hervorragenden Erfindungen Gegenlaufpropeller und Grimsches Leitrad gescheitert.

Das Entwurfsziel der Mewis Duct<sup>®</sup> (MD) besteht darin, die oben genannten drei Möglichkeiten zur Verbesserung der Propulsion in einer ESD zu vereinen. Das wird erreicht durch:

- Verringerung der Verluste in der Zuströmung zum Propeller durch Anordnung einer Düse unmittelbar vor dem Propeller. Die Düsenachse liegt oberhalb der Propellerachse und der Düsendurchmesser ist deutlich kleiner als der Propellerdurchmesser. Die Düse erzeugt selbst Schub und stabilisiert die Wirkung der Fins. Durch die Entlastung des Propellers werden dabei auch die axialen Austrittsverluste infolge eines geringeren Schubbelastungsgrades gemäß Abbildung 1 verringert.

- Verringerung der Drallverluste im Propellerstrahl durch Anordnung eines unsymmetrischen Fin-Systems innerhalb der Düse. Die Profillänge der Fins ist kürzer als die Düsenlänge und die Fins sind am hinteren Ende der Düse angeordnet. Die Düse wirkt für die Fins als Endplatte.
- Verringerung der Verluste im Nebenwirbel durch die Konzentration des Vordralls im inneren Teil der Propellerfläche, wodurch der Drall hinter dem Propeller in Nabennähe verringert wird. Dieser Effekt wächst mit zunehmender Nabendicke, ist also größer bei Verstellpropellern.

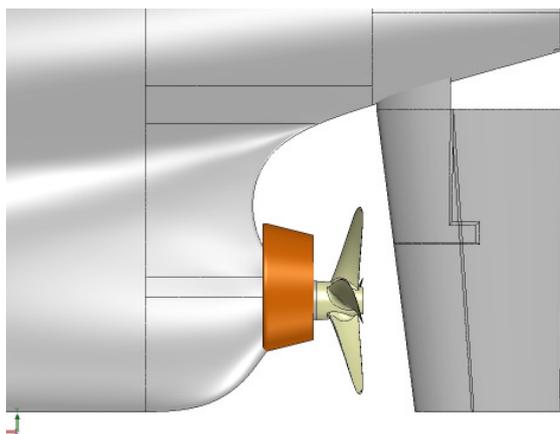


Abbildung 4 Mewis Duct<sup>®</sup>, Seitenansicht, prinzipielle Anordnung

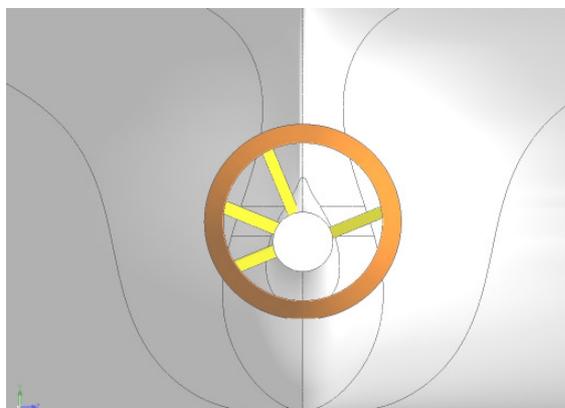


Abbildung 5 Mewis Duct<sup>®</sup>, Ansicht von hinten, prinzipielle Anordnung

Die MD ist zum Propeller vertikal nach oben verschoben angeordnet. Die Gründe dafür sind:

- Gezielte Erhöhung der Anströmgeschwindigkeit im oberen Teil der Propellerebene
- Verteilung der Spur des Düsenachlaufes auf einen größeren Propellerbereich

Die unsymmetrische Anordnung der Fins resultiert aus der aus Sicht des Propellers unsymmetrischen Zuströmung. Auf der aufschlagenden Seite dreht der Propeller mit der aufwärts gerichteten Strömung (energetisch ungünstig) und auf der abschlagenden Seite gegen die größtenteils aufwärts gerichtete Komponente der Propellerzuströmung (energetisch günstig). Folglich ist es notwendig auf der aufschlagenden Seite mehr Vordrall zu erzeugen, um einen optimalen Vordrall zu erhalten.

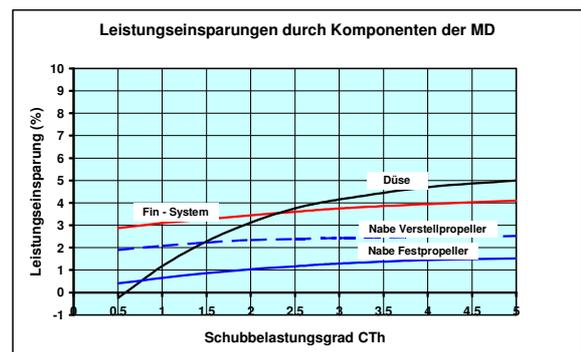


Abbildung 6 Mewis Duct<sup>®</sup>, Erzielbare Leistungsersparungen der Komponenten

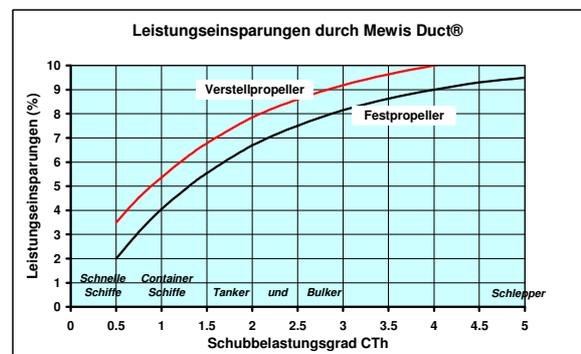


Abbildung 7 Mewis Duct<sup>®</sup>, Erzielbare Leistungsersparungen

Die beiden Hauptkomponenten der MD, Vordüse und Fin-System, beeinflussen die Propellerdrehzahl in entgegengesetzter Richtung. Bei gleicher Leistung, also höherer Geschwindigkeit wird die Drehzahl durch das Fin-System verringert und durch die Düse erhöht. Die Drehzahlrückung durch das Fin-System ist etwas stärker. Es scheint möglich zu sein, die Reduktion der Drehzahl unter 1 % zu halten, so dass eine Nachrüstung der MD ohne Änderungen am Propeller erfolgen kann.

Wird die MD für einen Neubau angewendet kann der Propeller spitzentlastet entworfen werden, wodurch ein weiterer Gewinn von etwa einem Prozent erzielt werden kann.

Die MD ist unmittelbar vor dem Propeller angeordnet und bildet dadurch weitgehend eine hydrodynamische Einheit mit diesem. Dadurch ist zu erwarten, dass die MD unabhängig vom Tiefgang, Trimm und der Geschwindigkeit nahezu gleich bleibende Leistungseinsparungen bringt.

Als willkommener Nebeneffekt wird durch die MD die Kursstabilität, die bei völligen langsamen Schiffen oft kritisch ist, verbessert. Es ist zu erwarten, dass auch die Vibrationserregung durch den Propeller verringert wird.

Die MD ist für Einschrauber mit hohem Blockkoeffizient und Geschwindigkeiten bis zu 21 kn geeignet. Das sind Tanker und Massengutschiffe aller Größen, aber auch Mehrzweckschiffe und Container Feeder Schiffe.

### **Optimierung mit Hilfe von CFD-Berechnungen**

Die Mewis Duct<sup>®</sup> ist eine sehr komplexe hydrodynamische Einrichtung mit außerordentlich vielen geometrischen Freiheitsgraden, allein für die Düse sind es 12 und für jede der Fins 8, dazu kommt die Anzahl der Fins. Es handelt sich also um eine

nicht-lineare Optimierungsaufgabe, die sich nicht oder noch nicht geschlossen lösen lässt, deshalb erfolgt die Auslegung und Optimierung mit einer so genannten manuellen Fall zu Fall Optimierung:

- Einbringung von Erfahrungen des Designers
- Berechnung der Strömung mittels CFD-Methoden, die Optimierung erfolgt Schritt für Schritt jeweils wieder auf der Basis der gesammelten Erfahrungen
- Kontrolle der Ergebnisse im Modellversuch
- Kontrolle der Ergebnisse in der Großausführung

Da die Erfahrungen von Schiff zu Schiff größer werden, wird der Optimierungsprozess immer kürzer.

CFD-Methoden werden schon seit etwa zwei Jahrzehnten erfolgreich auch zum Entwurf und zur Optimierung von Propulsionsorganen eingesetzt. Die direkte Berechnung der erforderlichen Antriebsleistung des Komplexes Schiff mit arbeitendem Propeller ist immer noch nicht ausreichend genau; es lassen sich jedoch Unterschiede zwischen modifizierten Schiffsförmern und auch Propulsionsorganen mit ausreichender Genauigkeit berechnen. Außerdem erhält man mit den CFD-Ergebnissen detaillierte Informationen zur Strömung um das gesamte Propulsionsorgan und den Schiffskörper sowie zu Kräften von Einzelteilen einer ESD für Modell und Großausführung, die durch Messungen überhaupt nicht zu erhalten sind und deren Analyse außerordentlich zum Verständnis der Wirkungsweise einer ESD beiträgt.

Für die Berechnung der Strömung um das Hinterschiff mit arbeitendem Propulsionsorgan werden Reynolds-Averaged Navier Stokes (RANS) Methoden verwendet, die die Viskosität der Flüssigkeit berücksichtigen. Zur erfolgreichen Nutzung der käuflich erwerblichen Rechenverfahren ist neben einer leistungsfähigen Rechentechnik ausreichende Erfahrung in der Gittererzeugung und Turbulenzsimulation erforder-

lich. Die Ergebnisse sind derartig vielfältig und umfangreich, dass allein die Auswahl der wichtigen Ergebnisse Erfahrung erfordert, ebenso deren Interpretation.

Zur Beurteilung der untersuchten Varianten werden u. a. die folgenden Ausschnitte aus den gesamten Ergebnissen verwendet:

- Berechneter Nachstrom ohne Propeller im Modellmaßstab zum Vergleich mit dem gemessenen Modell-Nachstromfeld und Justierung des Berechnungsverfahrens
- Berechnung von Strömungsfeldern (Nachstrom) mit arbeitendem Propeller in verschiedenen Ebenen vor und hinter dem Propeller und anderen Ebenen für Modell und Großausführung
- Umströmung der Düse und dazugehörige Kräfte mit arbeitendem Propeller, Großausführung
- Umströmung der Fins und dazugehörige Kräfte mit arbeitendem Propeller, Großausführung
- Umströmung des Komplexes MD mit arbeitendem Propeller, Großausführung
- Bestimmung von Antriebsleistung, Drehzahl und Propellerschub, Großausführung

In den Abbildungen 8 bis 10 sind als Beispiel die mit arbeitendem Propeller berechneten Strömungsfelder in einer Ebene vor dem Propeller, die zwischen Düse und Propeller liegt, für drei Fälle, Großausführung, wiedergegeben

- Abb. 8: Keine Vordüse, keine Fins, der arbeitende Propeller verdreht das Nachstromfeld in Drehrichtung im Uhrzeigersinn
- Abb. 9: Nur Vordüse (Teil der MD), in Nabennähe ist die Erhöhung der Zuströmgeschwindigkeit gut zu erkennen, die Spur der Düse ist ebenfalls als Geschwindigkeitserhöhung zu erkennen
- Abb. 10: Vordüse und Fins (Mewis Duct<sup>®</sup>), es ist deutlich der Dralleffekt des Fin-Systems zu erkennen

Das Schiff hat einen 4-flügeligen Propeller, dessen oberer Flügel in dieser Momentaufnahme in der 12 Uhr-Stellung steht, wodurch die Verdrehung der Nachlaufdüse durch den arbeitenden Propeller etwas überzeichnet wird.

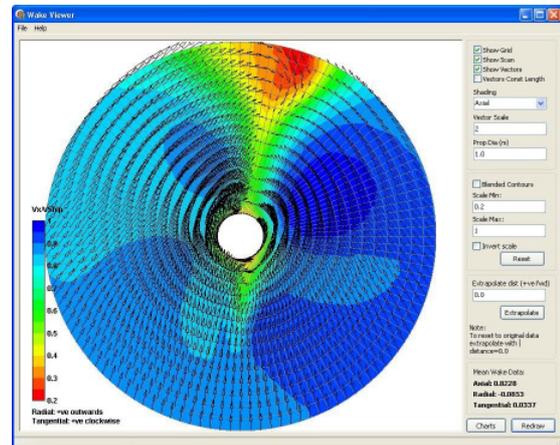


Abbildung 8 Strömungsfeld vor dem arbeitenden Propeller, keine Anbauten

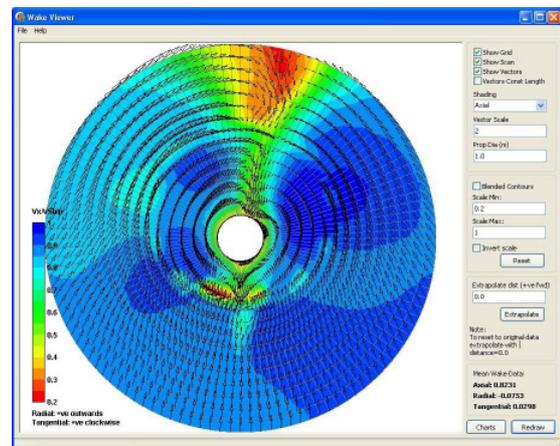


Abbildung 9 Strömungsfeld vor dem arbeitenden Propeller, Anbauten: nur Vordüse

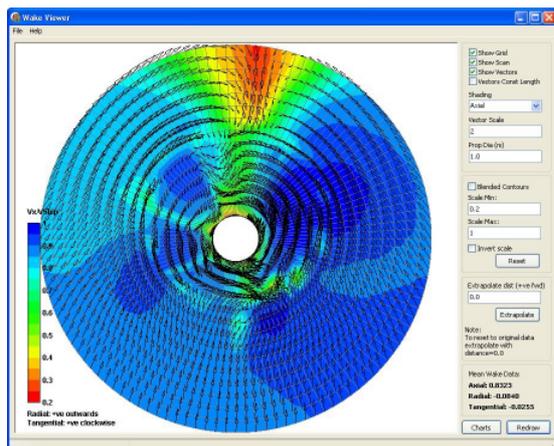


Abbildung 10 Strömungsfeld vor dem arbeitenden Propeller, Anbauten: Vordüse und Fins (Mewis Duct®)

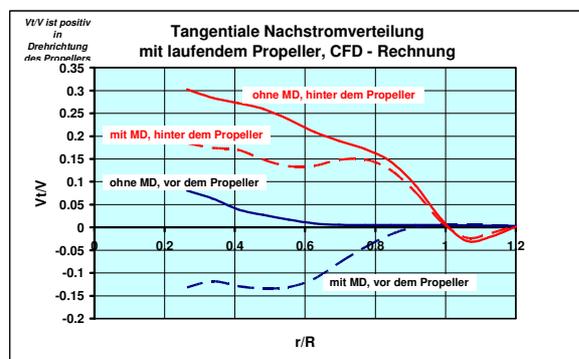


Abbildung 11 Tangentiale Geschwindigkeitsverteilung mit und ohne Mewis Duct® vor und hinter dem arbeitenden Propeller

Die Abbildung 11 erklärt die Wirkungsweise der MD bezüglich der Verringerung der Rotationsverluste im Propellerstrahl und im Nabenwirbel. Die beiden oberen Kurven zeigen die über den Umfang gemittelten tangentialen Geschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Radius hinter dem arbeitenden Propeller ohne und mit MD. Es tritt durch die MD hinter dem Propeller eine deutliche Verringerung des Dralls auf, das bedeutet geringere Drall-Energie im Propellerstrahl und damit Einsparungen an Leistung. Ein Vergleich des Dralls vor und hinter dem arbeitenden Propeller zeigt, dass hinter dem Propeller nur noch etwa 2/3 des von der MD erzeugten Vordralls vorhanden ist.

Durch die Konzentration der Drallreduzierung auf die inneren Radien wird der Na-

benwirbel deutlich verkleinert, was sich bei dickeren Naben (Verstellpropeller) stärker auswirkt als bei dünnen (Festpropeller).

## Modellversuchsergebnisse

Um die richtige Antriebsleistung bzw. Geschwindigkeit von Schiffen zu bestimmen, sind Propulsionsversuche mit Schiffsmodellen erforderlich. Auch für die Ermittlung von feinen Unterschieden zwischen Varianten sind sie gut geeignet. Propulsionsversuche sind als Nachweis der erzielten Leistungseinsparungen durch ESD allgemein anerkannt, Voraussetzung ist jedoch dass der Maßstab klein genug ist, um Reynoldszahleinflüsse so gering wie möglich zu halten. Modellpropeller sollten einen Durchmesser von über 220 mm besitzen, besser 240 mm.

Bei Anwendung einer ausgefeilten Versuchs-Methodik sind Unterschiede von 0,2 % der Leistung, des Schubes und der Drehzahl zwischen Varianten messbar. Somit können Propulsionsversuche auch sehr gut zur Feineinstellung der Anstellwinkel der Fins verwendet werden.

Bis jetzt wurden vier aktuelle unterschiedliche Schiffe mit Mewis Duct® in Widerstands- und Propulsionsversuchen untersucht. Die Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Schiffstypen und die Versuchsergebnisse. Die erzielten Leistungseinsparungen liegen zwischen 5 und 10 %, alternativ lassen sich mit gleicher Leistung 0,22 bis 0,41 kn höhere Geschwindigkeiten erreichen.

Bemerkenswert ist, dass die Mewis Duct® auch bei nicht Design-Bedingungen, wie im Ballasttiefgang, nahezu gleiche Leistungseinsparungen aufweist und der ermittelte Gewinn auch unabhängig von der Geschwindigkeit ist, siehe dazu Abb. 12. Bei den jüngsten Versuchen in der SSPA wurden für den Ballasttiefgang erheblich höhere Gewinne als beim Designtiefgang

Tabelle 1 Modellversuchsergebnisse mit Mewis Duct®

Nr.	Versuchs-Anstalt	Schiffs Typ	Ladung	Propeller Typ	CTh	Ladefall	Geschw.	Leistungs Einsparung	Geschw. Erhöhung
-	-	-	DWT	-	-	-	kn	%	kn
1	HSVA	Bulker	118.000	FPP	2.3	Design	14.6	6.9	0,27
2.1	SVA	Mehrzw.	12.700	CPP	1.6	Design	15.2	7.7	0,22
2.2	(=)	(=)	(=)	(=)	1.6	Ballast	15.9	7.4	0,24
3.1	HSVA	Mehrzw.	45.000	FPP	1.4	Design	15.4	6.0	0,27
3.2	(=)	(=)	(=)	(=)	1.4	Leicht	15.8	5.4	0,24
4.1	SSPA	Mehrzw.	43.000	FPP	2.1	Design	15.2	6.0	0,23
4.2	(=)	(=)	(=)	(=)	2.1	Ballast	15.7	10.6	0.41

ermittelt, siehe dazu auch Tabelle 1. Auch eine Wiederholung der Versuche brachte identische stabile Ergebnisse. Eine mögliche Erklärung könnte Ablösung am Hinterschiffsmodell im Ballastzustand sein, die im Designtiefgang – und auch in der Großausführung - nicht auftritt. Wenn es so ist, müssen die 10 % Leistungseinsparung im Ballastzustand auf die 6 % vom Designtiefgang herunter skaliert werden. Eine

Aufklärung können die geplanten Großausführungsmessungen im Jahr 2010 bringen.

Die besonders hohen Gewinne beim 2. Schiff, dem Mehrzweck-Frachter mit 12.700 DWT, sind auf die dicke Nabe des Verstellpropellers zurückzuführen, deren Wirbelverluste durch die Mewis Duct® reduziert werden, siehe dazu auch die Abbildungen 6 und 15.

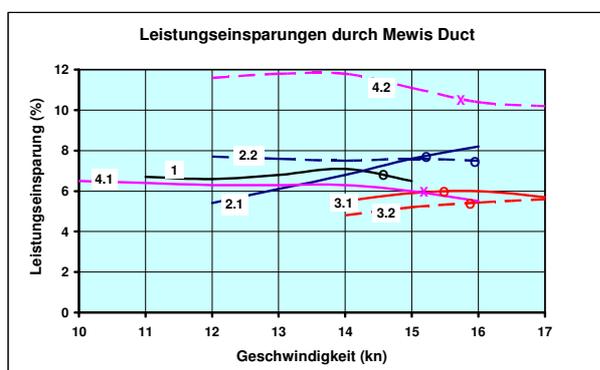


Abbildung 12 Leistungseinsparungen durch Mewis Duct® für 4 Schiffe, davon 3 mit verschiedenen Tiefgängen, O,X = Entwurfsgeschwindigkeit

Die Abbildung 13 zeigt einen Ausschnitt aus einem Versuchsbericht der HSVA; bei der Entwurfsleistung  $P_D$  wird mit der MD eine um 0,27 kn höhere Geschwindigkeit erzielt, das entspricht 6 % Leistungsreduzierung bei der Dienstgeschwindigkeit 15,42 kn. Die beiden oberen Kurven zeigen die Drehzahlverläufe. Die Drehzahl wird bei gleicher Leistung durch die MD nur um 0,6 Umdrehungen reduziert.

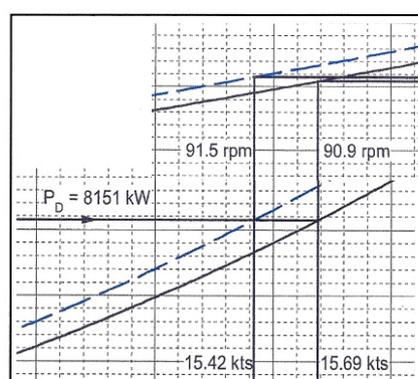


Abbildung 13 Mehrzweck-Frachter, 45.000 DWT, Ausschnitt aus dem HSVA-Versuchsbericht

- gestrichelte Linie: ohne Anbauten
- durchgezogene Linie: mit Mewis Duct®

Bei allen vier untersuchten Projekten ist die Drehzahlrückung durch die MD bei gleicher Leistung, also höherer Geschwindigkeit, nur etwa 1 %. Damit bestätigt sich die Behauptung, dass eine Nachrüstung der Mewis Duct® ohne Änderungen am Propeller möglich ist.



Abbildung 14 HSVA - Modell einer Mewis Duct®, 45.000 DWT Mehrzweck-Frachter



Abbildung 16 Mewis Duct®, montiert am Hinterschiff eines 45.000 DWT Mehrzweck-Frachters, Propellerdurchmesser 7 m.

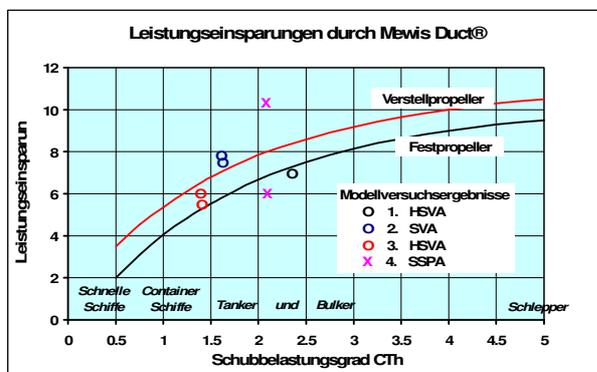


Abbildung 15 Leistungseinsparungen durch Mewis Duct®, Modellversuchsergebnisse

## Großausführung

Im Herbst 2009 sind an zwei unterschiedlichen Schiffen verschiedener Reedereien insgesamt drei Mewis Duct® nachgerüstet worden. Die Abbildung 16 zeigt ein Foto der MD am Hinterschiff eines 45.000 DWT Mehrzweck-Frachters unmittelbar nach der Montage. Dieses Schiff ist in Tabelle 1 als Nr. 3 zu finden. Die Versuche hatten 6 % Leistungseinsparung für den Design Tiefgang und 5,4 % im teilbeladenen Tiefgang ergeben.

Ein kurzfristiger exakter Nachweis in der Großausführung ist leider nicht so einfach wie im Modellversuch, da die Genauigkeit von Probefahrten mit etwa +/- 5 % Leistung den nachzuweisenden Bereich fast einschließt. Ein sehr genauer Nachweis wäre möglich, wenn

auf einem Schiff ein funktionierendes „Energy-Monitoring System“ installiert ist, mit dem mindestens ein Jahr vor der Installation und ein Jahr danach gemessen und ausgewertet wird. Mit mehreren Reedereien werden zurzeit Vorgehensweisen überprüft, wie die Leistungseinsparung der MD so genau wie möglich in der Großausführung nachgewiesen werden kann.

Die bisher vorliegenden zwei Probefahrtsergebnisse haben mit etwas Glück allerdings die erwarteten Leistungseinsparungen bestätigt.

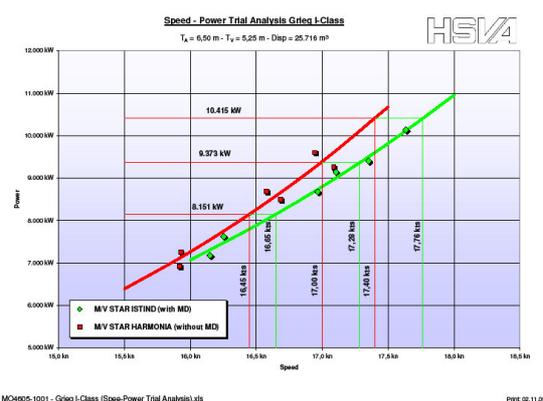


Abbildung 17 Großausführungsmessungen mit und ohne MD für ein 45.000 DWT-Mehrzweck-Frachter, im Mittel 6 % Leistungseinsparung

Für das oben erwähnte Mehrzweck-Frachtschiff wurden im teilbeladenen Zustand im Modellversuch im Mittel 5,4 % Leistungs-

einsparung gemessen und in der Großausführung 6 %, siehe dazu Abbildung 17. Dieser Vergleich leidet jedoch etwas unter der Tatsache, dass die Groß-Versuche mit und ohne MD mit zwei Schwesterschiffen zwar jeweils nach dem Docken aber bei zwei unterschiedlichen Tiefgängen und unter unterschiedlichen Probefahrtbedingungen durchgeführt wurden, die von der HSVA auf einen einheitlichen Zustand umgerechnet worden sind. Allerdings gibt es vom Kapitän des Schiffes mit der nachgerüsteten MD die wichtige Mitteilung: Das Schiff fährt merklich schneller als vorher ohne MD.

Eine wichtige Aussage aus dem Maschinenkontrollraum eines zweiten Schiffes ist, dass die Vibrationen nach Installation der MD deutlich abgenommen haben, Messungen wurden nicht vorgenommen.

### Ausblick

Die Entwicklung der Mewis Duct<sup>®</sup> ist im Augenblick in einer entscheidenden Phase angelangt, der Realisierung in der Großausführung. Die Entwicklung ist noch nicht abgeschlossen. Wenn es uns gelingt das vorhandene Verlustpotential durch weitere Optimierung voll auszuschöpfen, sind Gewinne von bis zu 2 % über den in Abbildung 15 dargestellten Kurven erzielbar. Erste viel versprechende Schritte in diese Richtung sind bereits erfolgt.

Die konsequente Anwendung von CFD-Methoden bei der Optimierung der MD lässt im Zusammenhang mit den gesammelten Erfahrungen der Designer den Schluss zu, dass in Zukunft immer weniger Modellversuche notwendig sein werden, um die Effekte der MD nachzuweisen. Allerdings ist es wünschenswert, den Einfluss der MD auf Kursstabilität, Vibrationserregung und Kavitationsverhalten durch Modellversuche oder Großausführungsmessungen zu ermitteln.

Es wird zurzeit überprüft, ob die Mewis Duct<sup>®</sup> für Schiffe, die schneller als 21 kn fahren, geeignet ist.

### Danksagungen

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dirk Lehmann, dem Geschäftsführer von BMS, der zusammen mit seinen Mitarbeitern das Projekt „Entwicklung einer Leistung sparenden Einrichtung für völlige langsame Schiffe“ initiiert, finanziert und außerordentlich unterstützt hat. Die gesamte Entwicklung der Mewis Duct<sup>®</sup> ist ohne die Inanspruchnahme öffentlicher Fördergelder erfolgt.

Die CFD Berechnungen werden von Herrn Steve Leonard und dem Team der Rostocker Firma IBMV mit großem Sachverstand und Enthusiasmus durchgeführt. Auch an ihn geht ein besonderer Dank.

Nicht vergessen will ich meinen ehemaligen Kollegen, Herrn Professor Hans-Erhard Peters, der mir vor mehr als 20 Jahren erklärt hat, wie eine ESD im Zusammenspiel mit dem Propeller und Schiff wirkt und damals mit mir zusammen das SVA - Fin System entwickelt hat.

### Verwendete Abkürzungen

- BMS Becker Marine Systems GmbH, Hamburg
- CFD Computer Fluid Dynamics
- DSME Daewoo Shipbuilding & Engineering Co. Ltd, Korea
- DWT Tragfähigkeit, dead weight tons
- ESD Energy-Saving Devices
- HSVA Hamburgische Schiffbau Versuchsanstalt
- IBMV Maritime Innovationsgesellschaft mbH Rostock
- MD Mewis Duct<sup>®</sup>
- MSH Mewis Ship Hydrodynamics
- PBCF Propeller Boss Cap Fins (Mitsui)
- PSS Pre Swirl System (DSME)
- RANS Reynolds-Averaged Navier Stokes (-Solver)
- SILD Sumitomo Integrated Lammeren Duct
- SSPA Schiffbau Versuchsanstalt Göteborg, Schweden
- STG Schiffbautechnische Gesellschaft
- SVA Schiffbau Versuchsanstalt Potsdam
- WED Wake Equalising Duct (Schneekluth Düse)

## Verwendete Literatur

Albring, W. (1961) „Angewandte Strömungslehre“, Verlag Theodor Steinkopff, Dresden 1961

Breslin, J. P., Andersen, P. (1994) “Hydrodynamics of Ship Propellers” Cambridge Ocean Technology Series 3, Cambridge University Press, ISBN 0 521 57470 6

Dyne, G. (1983) “Ship Propulsion Improvement – Principles and a Survey of Alternative Propulsion Systems“, Eight WEGEMT School, Gothenburg

Lee, J. T., Kim, M. C., Suh, J. C., Kim, S. H. and Choi, J. K. (1992) “Development of a Preswirl Stator-Propeller System for Improvement of Propulsion Efficiency: a Symmetric Stator Propulsion System”, Transaction of SNAK, Vol. 29, No. 4, Busan, Korea

Ouchi, K., Kawasaki, T., Tamashima, M. (1990) “Propeller Efficiency Enhanced by PBCF”, 4<sup>th</sup> International Symposium of Marine Engineering (ISME 90), Kobe, Japan

Prandtl, L. (1956) „Führer durch die Strömungslehre“, Verlag Vieweg Braunschweig 1956

Riegels, F. W. (1958) „Aerodynamische Profile“, Verlag R. Oldenbourg München 1958

Sasaki, N., Aono, T. (1997) “Energy Saving Device “SILD””, Journal of Shipbuilding Vol. 45, No. 135, Japan

Schneekluth, H. (1986) “Wake equalising duct”, The Naval Architect, April 1986, London, UK

Schneekluth, H. (1988) „Hydromechanik zum Schiffsentwurf“, Köhler Verlag Herford 1988, ISBN 3-7822-0416-6

Wagner, R. (1929) “Rückblick und Ausblick auf die Entwicklung des Contrapro-

pellers”, Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft, 30. Band, pp. 195 – 256, Berlin, Germany

## Eigene Veröffentlichungen zum Thema

Mewis, F., Peters, H-E. (1986) “Power Savings through a Novel Fin System”, 15. SMSSH Conference, Varna, Bulgarien

Mewis, F., Peters, H-E. (1987) „Verbesserungen der Propulsion durch ein neuartiges Flossensystem“, Internationales Rostocker Schiffstechnisches Symposium 1987, Schiffbauforschung, Sonderheft, 26. Jahrgang (1987), Band 2, Hydrodynamik

Mewis, F., Peters, H-E. (1990) „Experience gained with Container Ships equipped with SVA Fin Systems”, 19. SMSSH Conference, Varna, Bulgarien

Mewis, F., Peters, H-E. (1990) “Das Leitflossensystem der SVA und seine Anwendung am Containerschiff SATURN”, HANSA, 127. Jahrgang, Nr. 17/18 (1990)

Mewis, F., Hollenbach, U. (2007) „Hydrodynamische Maßnahmen zur Verringerung des Energieverbrauchs im Schiffsbetrieb“, HANSA, 144. Jahrgang, Nr. 5 (2007) und Jahrbuch der STG, Band 101 (2007)

Mewis, F. (2008) “Development of a Novel Power-Saving Device for Full-Form Vessels”, HANSA, 145. Jahrgang, Nr. 11 (2008)

Mewis, F. (2009) „Erste Ergebnisse von Modellversuchen mit Mewis Duct<sup>®</sup>“, Schiff & Hafen, März 2009

Mewis, F. (2009) „A Novel Power Saving Device for Full-Form Vessels“, First International Symposium on Marine Propulsors, Trondheim, Norway, June 2009

## Erörterung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Som Deo Sharma,  
Hilden

Ich möchte dem Vortragenden gratulieren, und zwar sowohl zu seiner ausgereiften Erfindung als auch zu seinem hervorragenden Vortrag darüber. Eine Vordralldüse für Schiffspropeller ist eigentlich seit mindestens hundert Jahren überfällig. Fast alle Strömungsmaschinen haben einen Rotor und einen Stator. Warum nicht auch der Schiffspropeller? In der Tat hat es seit der Erfindung des Schraubenpropellers zahlreiche Vorschläge dazu gegeben, aber keiner hat sich wirklich durchgesetzt. Der Vortragende hat die Schwächen und Stärken aller Vorgänger in einer umfassenden Übersicht dargestellt. Aufbauend auf den empirischen Erfahrungen dieser Vorgänger und unter klugem Einsatz der ihnen seinerzeit nicht zur Verfügung stehenden heutigen CFD-Methoden hat Herr Mewis seine Vordralldüse MEWIS DUCT optimiert und überzeugend dargelegt, warum sie unter hydrodynamischen und mechanischen Gesichtspunkten mehr Erfolg verspricht als alle vorhergehenden Modelle. Seine Erklärung für das gewählte Akronym MEWIS, nämlich „Maximum Efficient Wake Improving System“ ist ebenso einfallsreich wie die Vorrichtung selbst. Wenn ich dennoch dazu einen Vorschlag machen darf, würde ich empfehlen „Most Efficient Wake Improvement System“. Das wäre meines Erachtens noch etwas flüssiger.

*Antwort: Sehr geehrter Herr Professor Sharma, ich danke Ihnen sehr für diese überaus positive Einschätzung meiner Arbeit. Ihre Worte tun mir richtig gut und bedeuten für mich eine weitere wichtige Bestätigung der Richtigkeit meiner Gedanken, die zu dieser Erfindung geführt haben. Auch den Änderungsvorschlag des Akronyms MEWIS zu „Most Efficient Wake Improvement System“ nehme ich gern an.*

Dipl.-Ing. Peter Schenzle, Hamburg

Vielen Dank für die schöne und klare Präsentation. Die ersten Ergebnisse für die Stator-Düse erscheinen wirklich verblüffend!

Der präsentierte Erfolg betrifft die energetische Effizienz, also die Verringerung des Energieverlusts. Der Weg zum Erfolg soll über die Verbesserung der Propellerzuströmung führen. Das sollte dem Propeller das Leben und Arbeiten leichter machen.

Dankt er es Ihnen denn auch durch ruhigen Lauf und geringere Schwingungserregung? Das müsste man dann doch auch erwarten!

*Antwort: Lieber Herr Schenzle, es ist tatsächlich so, dass die Mewis Duct dem Propeller das Arbeiten erleichtert. Insbesondere werden die Blattspitzen entlastet, was immer zu einer Reduzierung der vom Propeller ausgehenden Druckimpulse führt. Leider haben wir noch keine Messungen dazu im Kavitationstank gemacht. Es gibt aber eine Meldung von der Großausführung eines mit MD nachgerüsteten Schiffes, wonach die Vibrationen im Maschinenkontrollraum nach der Installation der MD deutlich verringert waren.*

Prof. Dr. Horst Rulfs, Hamburg

Zu Ihrem hervorragendem Vortrag und den bemerkenswerten Ergebnissen möchte ich Ihnen herzlich gratulieren. Zur Auslegung Ihres Systems habe ich eine Frage. In welchem Verhältnis zum Propellerdurchmesser sollten der Durchmesser und die Länge der Düse ausgelegt werden?

Eine weitere Frage betrifft das Grimsche Leitrad. Können Sie sich vorstellen, dass das Grimsche Leitrad – vorausgesetzt, die mechanischen Probleme sind lösbar – eine „Wiederbelebung“ erfährt?

*Antwort: Wir haben noch lange nicht alle Elemente der Mewis Duct so weit unter-*

*sucht, dass wir sicher sein können bereits das allgemeine Optimum gefunden zu haben. Aber zu Ihrer konkreten Frage, den Düsendurchmesser haben wir bisher im Bereich von 0,55 bis 0,75 mal Propellerdurchmesser untersucht und die Düsenlänge im Bereich von 0,4 bis 0,5 mal Düsendurchmesser.*

*Zum zweiten Teil Ihrer Frage bezüglich der Widerbelegung des Grimschen Leitrades muss ich Ihnen leider sagen, dass nach meiner Meinung das Grimsche Leitrad zwar die beste und genialste Lösung darstellt aber einfach nicht robust genug für den rauen Schiffsbetrieb ist. Ich denke da insbesondere an die filigranen Flügel und die Tatsache, dass das Grimsche Leitrad weit unter die Basislinie des Schiffskörpers nach unten herausragt, wodurch es besonders gefährdet ist.*

*Dem Gegenlaufpropeller gebe ich dagegen durchaus noch Chancen.*

Dr.-Ing Hans-Joachim Hansen, Hamburg

Wie verändern sich die Ergebnisse mit der Änderung von Tiefgang und Trimm?

*Antwort: Die MD liegt unmittelbar vor dem Propeller und bildet so eine hydrodynamische Einheit mit diesem. Dadurch ist bei praktisch möglichen Änderungen von Tiefgang und Trimm kein Einfluss auf die erzielbaren Leistungsgewinne zu erwarten. Die bisher erzielten Versuchsergebnisse bestätigen diese Behauptung.*

Dipl.-Ing. Jens-Julius Kappel, Hilleroed, Dänemark

Wie sind die Propulsionskoeffizienten in Propulsionsprognosen mit Vordralldüse zu bestimmen?

*Antwort: Lieber Herr Kappel, ich muss Sie leider enttäuschen, ich benutze diese Propulsionskoeffizienten nicht. Ich überlasse den jeweiligen Versuchsanstalten die Bestimmung dieser Kennziffern jeweils nach*

*Art des Hauses. Ich kann also Ihre Frage nicht beantworten, es gibt aber brauchbare Empfehlungen der ITTC dazu.*

*Die Propulsionskoeffizienten sind meines Erachtens gänzlich ungeeignet für den Entwurf, die Optimierung und Beurteilung von mehrkomponentigen ESD's.*

Dipl.-Ing. Eckhard Praefke, Hamburg

Zunächst möchte ich den Autor und die Firma Becker beglückwünschen zu Ihrem Erfolg bei der Entwicklung und Vermarktung der „Mewis-Düse“. Die relativ einfache Bauart ohne bewegliche Teile, verbunden mit der Möglichkeit der nachträglichen Installation, wird nach meiner Einschätzung angesichts der aktuell geführten Diskussion über Schiffsbetriebskosten und Treibhausgasemissionen weitere Verbreitung finden.

Mein Diskussionsbeitrag bezieht sich auf die Aussage des Autors, dass in manchen Fällen der Propeller hinter einer nachträglich installierten Mewis-Düse die Antriebsleistung weiterhin bei der gewünschten Drehzahl aufnimmt. Die Mewis-Düse induziert am Propeller nach Aussage des Autors sowohl einen Vordrall als auch eine axiale Zusatzgeschwindigkeit, die in solchen Fällen in summa die Leistungs-Drehzahl-Relation am Propeller nicht verändern. Hierzu möchte ich zu bedenken geben, dass diese Situation zunächst sehr günstig aussieht, dass sich aber dennoch bei näherem Hinsehen Probleme ergeben könnten, weil der Propeller mit insgesamt höheren Geschwindigkeiten beaufschlagt wird als ohne Mewis-Düse. Hinzu kommen örtliche Nachstrom-Inhomogenitäten im Propellerkreis hinter den Leitschaufeln und hinter dem Düsenring. Wenn ein kavitations-optimierter Propeller diesen lokalen verstärkten Zustromschwankungen ausgesetzt wird, können Kavitationserscheinungen auftreten, die ohne Mewis-Düse nicht aufgetreten sind. Ich möchte daher anraten, diese Einflüsse bei nachträglichen Installations-

tionen regelmäßig auf mögliche Auswirkungen zu überprüfen.

*Antwort: Ich stimme mit Ihnen vollständig überein. Es besteht auch die Aussicht, dass schon in nächster Zeit Kavitationsversuche durchgeführt werden. Wir haben unsere Untersuchungen bisher auf CFD-Rechnungen beschränkt und keine signifikanten Kavitationserscheinungen entdecken können. Mir ist aber bewusst, dass jeder Propeller individuell ist und somit Einflüsse auf die Kavitationserscheinungen regelmäßig überprüft werden sollten.*