

Propulsionsversuche mit und ohne Mewis Duct®

ANALYSE 2008 kam die Vorrichtung zur Verringerung der Antriebsleistung, die so genannte Mewis Duct®, auf den Markt. Um deren energiesparende Wirkung zu dokumentieren, wurden in acht Versuchsanstalten Propulsionsversuche für rund 48 Projekte mit und ohne Mewis Duct® durchgeführt. Die Analyse dieser Versuche hat eine durchschnittliche Leistungseinsparung von 6,3 Prozent ergeben.

Friedrich Mewis

Seit dem Jahre 2008 vertreibt die Becker Marine Systems GmbH (BMS), Hamburg, die sogenannte Mewis Duct® (MD), eine Vorrichtung zur Verringerung der Antriebsleistung von langsamen völli gen Schiffen. Innerhalb von nur drei Jahren hat sich dieses Produkt auf dem Weltmarkt etabliert (Abb. 1). Derzeit sind 90 MDs ausgeliefert (März 2012), davon sind fünf schon länger als zwei Jahre erfolgreich im Einsatz; über 200 sind insgesamt bestellt. Allein in den ersten drei Monaten 2012 wurden 84 MDs bestellt. Für 48 Projekte liegen inzwischen Modellversuchsergebnisse mit und ohne Mewis Duct® vor. Die erzielte Leistungseinsparung beträgt im Mittelwert nach insgesamt 89 Versuchen beachtliche 6,3 Prozent (siehe Tab. 1 und Abb. 4). Leistungseinsparung bedeutet in gleichem Umfang Reduzierung der Emission von Treibhausgasen. Die Versuche wurden in bisher acht verschiedenen Versuchsanstalten vorgenommen, wodurch eine Analyse der oft sehr un-

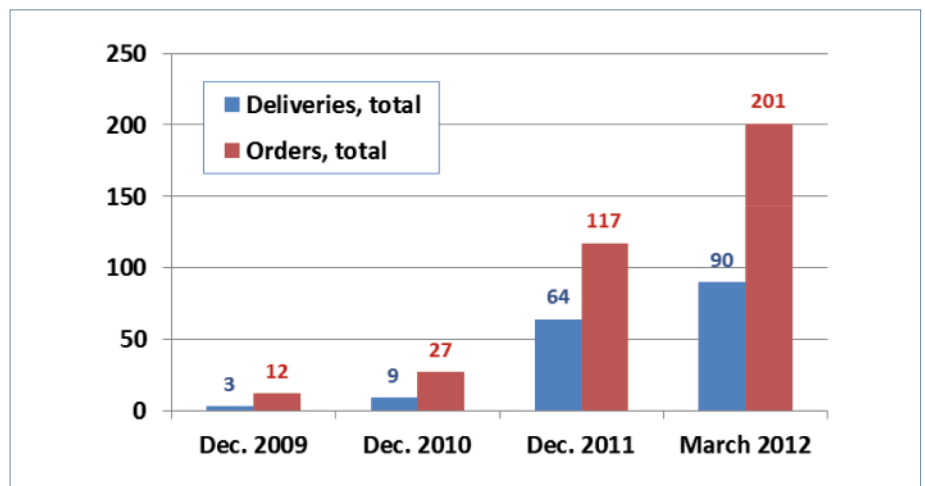


Abb. 1: Mewis Duct®, Entwicklung der Bestellungen und Auslieferungen 2009–2012

terschiedlichen Methoden bei der Lösung dieser extreme Genauigkeit erfordern den Aufgabe möglich ist. Diese Analyse soll im Nachfolgenden erfolgen.

Wirkungsweise der Mewis Duct®

Die Mewis Duct® ist eine hydrodynamisch wirkende energiesparende Vorrichtung, auch als Propulsion Verbessern de Maßnahme bezeichnet (in Englisch: Energy Saving Device (ESD)).

In ihr werden zwei seit langem bekannte Lösungen kombiniert:

- Anordnung von Strömungsleitflächen (Fins) vor dem Propeller zur Erzeugung von Vordrall, wodurch die Drallverluste im Propellerstrahl reduziert werden (seit mehr als 100 Jahren bekannt [Wagner, 1929]).

- Anordnung einer ringförmigen Leitfläche (Duct) vor dem Propeller, wodurch Verlustenergie, die im Schiffsnachstrom enthalten ist, zurück gewonnen wird (seit mehr als 60 Jahren bekannt, [van Lammeren, 1949]).

Durch die Kombination beider Elemente miteinander werden zusätzlich die Verluste im Nabenwirbel reduziert.

Da die beiden Verlustarten völlig unabhängig voneinander sind, lassen sich die erzielbaren Gewinne bei gelungener Ausführung addieren.



Abb. 2: Mewis Duct® an der „Bow Flora“, einem 40 000 tdw-Chemietanker der Odfjell Tankers, Norwegen

Die Drehzahlrückung durch die Mewis Duct® beträgt nur etwa ein Prozent, dadurch ist sie auch zum Nachrüsten geeignet, was sie von vielen anderen vergleichbaren Vorrichtungen unterscheidet.

Propulsionsversuchsergebnisse

Im Gegensatz zu den meisten konkurrierenden Anbietern von Energy Saving Devices gibt BMS eine Garantie ab für die Wirksamkeit der Mewis Duct®, die vertragsgemäß über Modellversuche nachgewiesen wird. Aus diesem Grund wurden im Jahr 2011 allein zweiundzwanzig Projekte in sieben verschiedenen Versuchsanstalten untersucht, 2012 werden es voraussichtlich noch mehr werden.

Es ist bemerkenswert, auf wie viele verschiedene Weisen man derartige Versuche vornehmen kann, das gilt für die Modellgestaltung, die Messtechnik, die Versuchsmethode und auch für die Auswert- und Umrechnungsmethode.

Die besondere Herausforderung dieser Versuche liegt darin, dass neben dem Nachweis der erreichten Einsparung die Anstellwinkel der mindestens vier Fins in kleinen Schritten optimiert werden müssen, wobei auch nur kleine Änderungen der Messwerte auftreten, die häufig im Bereich der möglichen Genauigkeit der Messung liegen. Die Winkeloptimierung tritt jedoch mehr und mehr in den Hintergrund weil die Fin-Winkel immer besser aus den CFD-Rechnungen bestimmt werden können. So konzentriert sich die Aufmerksamkeit auf die richtige Ermittlung des Unterschiedes zwischen mit und ohne MD.

Seit im September 2008 der erste Versuch mit MD in der HSVA durchgeführt wurde, haben weitere sieben Versuchsanstalten weltweit erfolgreich derartige Messungen vorgenommen. Ein wichtiges Ergebnis ist: Es gibt keine prinzipiellen Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Versuchsanstalten, wenn man nur die Leistungseinsparung betrachtet, allerdings ist die erzielte Genauigkeit sehr unterschiedlich, sie reicht von 0,4 Prozent bis zu 1,5 Prozent für Messungen ganzer Kurven, was insbesondere bei kleinen Gewinnen einen erheblichen Unterschied macht und manchmal zu Problemen führt.

In der Tab. 1 sind alle bis heute vorliegenden Ergebnisse zusammengestellt. Der durchschnittliche ermittelte Gewinn aller Versuche beträgt 6,3 Prozent, für den Designtiefgang 5,8 Prozent und für den Ballastiefgang 7,1 Prozent. Bemerkenswert ist, dass es noch kein Projekt gegeben hat, bei dem kein Gewinn durch die Mewis Duct® erzielt wurde. ►

Tab. 1: Versuchsergebnisse mit Mewis Duct®

No.	Towing Tank	Ship Type	DWT	V kts	CB	CTh	Power reduction	
							Design T	Ballast T
1	HSVA	BC	118k	14,5	0,847	2,27	6,9	6,0
2	SVA	BC	12k	15,5	0,794	1,88	8,0	7,4
3	HSVA	BC	45k	15,2	0,802	1,43	6,0	5,4
4	SSPA	BC	41k	15,2	0,795	2,10	6,0	11,0
5	SSPA	VLCC	318k	16,0	0,813	2,24	6,4	7,8
5a	HMRI	"	"	"	"	"	6,2	7,0
6	SSPA	BC	180k	15,2	0,847	1,98	5,0	8,5
7	HSVA	COT	158k	14,6	0,821	1,40	3,9	-
8	HSVA	HLC	20.5k	17,5	0,765	1,83	1,5	-
9	HSVA	BC	57k	14,4	0,848	2,05	5,4	7,2
10	HSVA	BC	163k	14,5	0,817	2,25	5,2	6,6
11	HSVA	BC	75k	16,0	0,879	1,86	4,5	7,1
12	SVA	RoRo	38.5k	20,2	0,687	1,10	2,7	3,4
13	MARINTEK	BC	37.5k	15,0	0,776	2,32	7,6	7,8
13a	MARIN	"	"	"	"	"	6,5	6,2
14	MARINTEK	BC	40k	15,0	0,808	2,75	9,0	10,0
15	MARIN	VLCC	306k	15,3	0,821	2,10	8,7	7,6
16	SVA	BC	45k	15,6	0,800	1,98	6,5	8,9
17	HSVA	BC	151k	15,6	0,815	2,24	5,3	-
18	MARINTEK	BC	35k	14,2	0,830	2,31	6,5	9,0
19	SVA	COT	74.7k	15,0	0,856	1,74	4,9	5,4
20	SVA	BC	82k	16,8	0,876	2,00	5,1	-
21	HSVA	BC	286k	15,4	0,850	2,14	7,6	10,2
22	HSVA	MPC	31k	18,0	0,755	1,16	3,6	3,3
23	HSVA	MPV	47,8	15,5	0,795	1,37	2,4	-
24	SSPA	BC	82k	14,5	0,870	1,79	5,7	10,5
25	HMRI	VLCC	318k	16,0	0,814	2,18	6,0	-
26	FORCE	BC	35k	14,0	0,818	1,43	1,8 inval.	4,6 inval.
26a	SSPA	"	"	"	"	"	4,5	-
27	MARINTEK	BC	205k	14,6	0,832	2,17	7,2	-
28	SSPA	BC	180k	15,4	0,852	2,36	4,8	7,2
29	HSVA	BC	52k	15,5	0,791	2,56	9,6	9,7
30	HMRI	VLCC	318k	16,0	0,814	2,20	6,3	-
31	SSPA	COT	114k	15,2	0,834	2,37	5,1	-
32	FORCE	BC	32k	13,7	0,820	2,31	6,8	-
33	SSPA	T	150k	14,0	0,774	1,74	4,7	-
34	SVA	BC	37,5	14,5	0,833	2,79	7,8	8,9
35	HSVA	BC	63,5k	14,5	0,860	1,45	0,9	2,5
36	SVA	BC	49,6k	14,5	0,795	1,74	5,6	9,0
37	SVA	BC	57k	13,9	0,861	2,86	8,1	-
38	SSPA	BC	53k	14,0	0,848	2,50	3,4	3,7
39	MOERI	BC	157k	15,0	0,819	2,11	5,6	6,0
40	SVA	BC	58k	13,9	0,841	2,37	10,2	-
41	HSVA	BC	40k	15,0	0,803	1,90	6,3	-
42	FORCE	BC	52k	15,4	0,772	1,57	4,7	6,2
43	MARINTEK	T	74,7	14,6	0,843	2,45	4,5	-
44	HSVA	BC	36	14,1	0,820	1,63	6,1	7,2
45	SSPA	BC	105	14,2	0,817	2,37	5,6	5,7
46	SSPA	T	316	16,0	0,813	1,78	7,1	7,2
47	SVA	BC	35k	14,0	0,805	1,35	3,2	5,2
48	FORCE	BC	113k	14,6	0,834	2,29	6,6	-
Average Design / Ballast							5,8	7,1
Average of all tests							6,3	

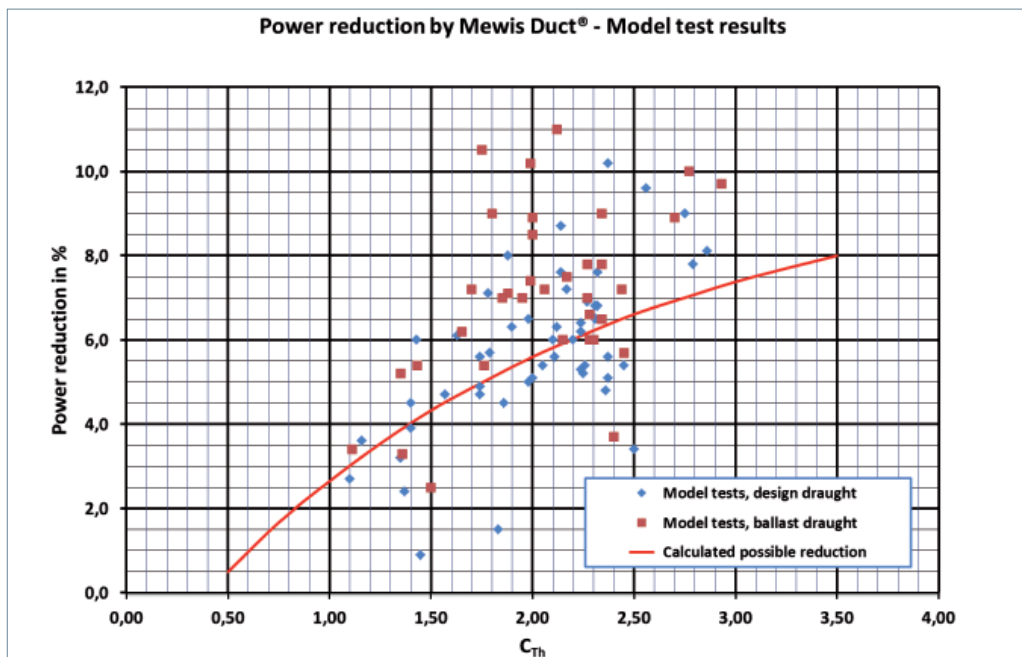


Abb. 3: Leistungseinsparungen durch die Mewis Duct®, Versuchsergebnisse

Zwischentiefgänge, die manchmal zusätzlich untersucht wurden, sind in der Tabelle nicht enthalten. Die allgemeine Tendenz ist: mit abnehmendem Tiefgang vergrößert sich der Gewinn. Weiterhin gibt es mittlerweile ein eindeutiges Ergebnis: der Gewinn ist nahezu unabhängig von der Geschwindigkeit.

Wenn der erzielte Gewinn im Ballasttiefgang sehr viel höher ist als im Designtiefgang, ist Vorsicht geboten, hier können örtliche Ablösungen am Hinterschiff des Modells durch die Düse beseitigt werden, die in der Großausführung gar nicht auftreten und demzufolge dort die Gewinne kleiner sind.

Bei drei Projekten von 48 (Nr. 8, 23, 35 in Tabelle 1) wurde die garantierte Leistungseinsparung nicht erzielt und die Verträge storniert.

In der Abb. 3 sind in einem Diagramm alle Versuchsergebnisse aus der Tab. 1 als Leistungseinsparung über dem Schubbelastungsgrad C_{Th} dargestellt. Die rote Linie ist eine Prognose-Linie, die in 2008 vor allen Versuchen und CFD-Rechnungen auf der Basis von Verlustbetrachtungen am arbeitenden Propeller hinter dem Schiff erstellt wurde [Mewis, 2009]. Vergleicht man sie mit den Messergebnissen, sieht

man, dass die Tendenz stimmt, aber die Korrelation schlecht ist, d.h., dass die eindimensionale Betrachtung der Abhängigkeit des erzielbaren Gewinnes nur vom Schubbelastungsgrad C_{Th} nicht ausreicht. Der Schubbelastungsgrad ist definiert als:

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

worin:

T = Propellerschub in N

ρ = Dichte des Wassers in kg/m^3

V_A = Anströmgeschwindigkeit in m/s

D = Propellerdurchmesser in m.

Inzwischen ist klar, dass drei weitere Kriterien die mögliche Leistungseinsparung durch MDs wesentlich beeinflussen:

- ▶ Güte der Schiffslinien, Nachweis über Nachstromfeld und Wechselwirkungs-Koeffizienten,
- ▶ Güte und Art des Propellerdesigns,
- ▶ Güte des Designs der Mewis Duct®.

Messmethoden

Die Messmethoden der einzelnen Versuchsanstalten müssen vom Kunden so akzeptiert werden, wie sie dort üblich sind, Einfluss nehmen wir jedoch auf die Messzeit für einen Run und auf die Wartezeit zwischen den Runs. Die erforderliche Messzeit ergibt sich aus der Zeit, die die Grundwelle der Wasserbewegung im Schlepptank hat, minus der Begegnungszeit, so wird garantiert, dass das Modell genau einmal die Grundwelle abfährt. Zur Erzielung einer höchst möglichen Genauigkeit jeder Messfahrt ist eine erstaunlich lange Wartezeit erforderlich, meistens 40 Minuten.

Test methods, general					Tests with MDs		
	Model Tank	Land	No	Test method	Propeller dia mm	Break-time min	Meas.-time sec.
1	HSVA	Germany	15	Continental	230-260	25-30	to 80
2	SVA	Germany	10	full British	200-250	30-40	to 90
3	SSPA	Sweden	11	Brit./1 point	190-250	40	to 90
4	MARINTEK	Norway	5	full British	192-250	40	to 90
5	HMRI	Korea	3	full British	210	21	50
6	MARIN	Netherl.	2	Brit./1 point	240-300	40	to 80
7	FORCE	Denmark	4	full British	230-250	30	to 90
8	KORDI	Korea	1	full British	250	20	60

Tab. 2: Versuchsmethoden bei Propulsions-Versuchen mit und ohne Mewis Duct®

Correlation methods, general					Correlation for MDs	
	Model Tank	Correlation method	Formfaktor	FD-correction	Wake-correction	Resist. with MD
1	HSVA	mod.IITC 57	no	deltaS	fac(1-WT)=const	no
2	SVA	mod.IITC 78/99	no	deltaS	fac(1-WT)=const	no
3	SSPA	IITC 78/99	yes, const.	deltaS	fac(1-WT)=const	yes
4	MARINTEK	mod.IITC 78	yes, const.	deltaS	fac(1-WT)=const	yes
5	HMRI	mod.IITC 78	yes, const.	deltaS	fac(1-WT)=const	yes
6	MARIN	mod.IITC 78	yes, const.	no	fac(1-WT)=const	no
7	FORCE	mod.IITC 57	yes, const.	deltaS	FORCE - method	yes
8	KORDI	IITC 78/99	no	deltaS	fac(1-WT)=const	yes

Tab. 3: Korrelationsmethoden für Propulsionsergebnisse mit Mewis Duct®

Zur Erläuterung:

„Continental“ wird benutzt für die Methode, bei der das Modell frei fährt und mit dem richtigen Reibungsabzug (zur Berücksichtigung der Reibungswiderstandsdifferenz Modell zu Schiff) durch Regulierung der Drehzahl der Selbst-Propulsionspunkt direkt gemessen wird.

„British method“ heißt, dass das Modell über eine Messvorrichtung zur Messung der axialen Kraft mit dem Schleppwagen verbunden ist, üblicherweise werden mehrere Drehzahlen bei jeder Geschwindigkeit gefahren. Diese Methode wird auch als Lastvariationsmethode bezeichnet.

„Full British“ heißt, dass für eine Geschwindigkeit mindestens drei Runs mit unterschiedlichen Drehzahlen gefahren werden, aus denen der Selbstpropulsionspunkt interpoliert wird.

„British/1point“ heißt, dass auf der Basis der Gradienten einer „Full British“-Messserie für die Dienstgeschwindigkeit für alle anderen Punkte nur noch ein Run gefahren wird, der mit den gleichen Gradienten auf den Selbstpropulsionspunkt umgerechnet wird. Diese Methode kann noch eleganter mit immer nur einem Messpunkt unter Verwendung der Freifahrtkurven des Propellers ausgeführt werden. Die Ein-Punkt-Methode funktioniert jedoch nur bei höchster Messgenauigkeit.

Generell ist zu sagen, je größer das Modell desto genauer sind die Ergebnisse. Die Modellpropeller-Durchmesser sollten über 220 mm betragen, in al-

len Fällen, in denen sie kleiner als 200 mm waren, sind erhebliche Genauigkeitsprobleme aufgetreten. Mit sehr großen Modellen auftretende Versperungsprobleme (blockage) lassen sich bei den völligen langsamen Schiffen gut korrigieren, weil kaum Wellen erzeugt werden, die reflektiert werden könnten. Die maximale Modellgröße wird in den einzelnen Versuchsanstalten jedoch häufig durch sehr praktische Dinge begrenzt, wie z.B. die Hebefähigkeit der Krane oder die Größe und das Equipment des Schleppwagens sowie aller Werkstätten.

Umrechnungsmethoden

Auch die Umrechnungsmethoden müssen vom Kunden so akzeptiert werden, wie die jeweilige Versuchsanstalt sie ausführt. Das gilt insbesondere, wenn eine Versuchsanstalt schon ausreichend Erfahrung mit derartigen Messungen hat. Nahezu alle Versuchsanstalten verwenden eine modifizierte ITTC-78-Methode, fünf von acht verwenden den Formfaktor, bei allen ist dieser Formfaktor gleich für Versuche ohne und mit MD, er wird auf vielfältige Weise, meistens aus Widerstandsversuchen bei kleinen Geschwindigkeiten ohne MD ermittelt (Prohaska-Methode). Der Unterschied des Reibungswiderstandes in Modell- und Großausführung wird in sieben von acht Versuchsanstalten durch Addition der benetzten Oberfläche der MD berücksichtigt, wie es auch für Ruder üblich ist. Hier fehlt eine klare Empfehlung der ITTC. Durch die ►

ECO-nomical air on-board



Leading the way in energy savings & environmental technologies

Engineered to perform in the toughest conditions, Atlas Copco Marine Air Systems provide the reliable starting, working and instrument air your ship demands. Customizable and fully certified, our marine air systems minimize installation and maintenance costs.

Atlas Copco is also committed to reducing your energy usage, improving your bottom line while limiting environmental impact. With global service coverage and dedicated local marine knowledge, Atlas Copco Marine Air Systems give you the power to deliver.

With the new LT KE, Atlas Copco extends its starting air portfolio to 90kW. We now have starting air capacities from 13 till 430 m³/hr.

www.atlascopco.com/marine



The new LT KE.

Atlas Copco

Accuracy, requirements and reality		
Measuring point, during one test series:		
Required accuracy	0.2 % of T & Q	
Best achieved accuracy	0.4 %	
Lowest achieved accuracy	2.0 %	
Repeatability T & Q, series to series:		
	point	curve
Required accuracy	0.4 %	0.2 %
Best achieved accuracy	0.8 %	0.4 %
Lowest achieved accuracy	3.0 %	1.5 %

Tab. 4: Genauigkeitsanforderungen und Realität

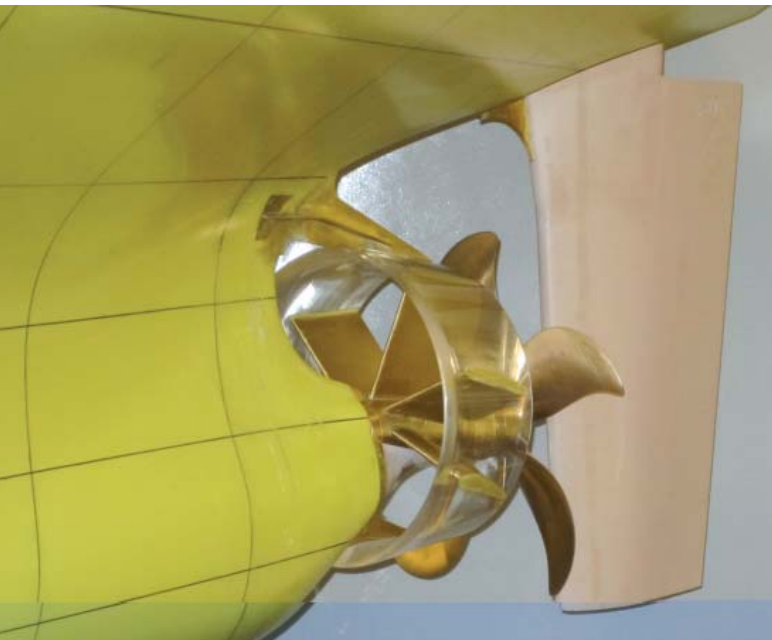


Abb. 4: Modell einer Mewis Duct® für ein VLCC, Modell-Propellerdurchmesser 300 mm, Modellmasse 11 t, MARIN, ermittelter Gewinn: 8,7 Prozent P_D

Nicht-Berücksichtigung dieser Differenz von MARIN werden die ausgewiesenen Leistungseinsparungen um ca. 0,4 Prozent verringert.

Die Nachstromkorrektur wird in sieben von acht Versuchsanstalten in gleicher Weise vorgenommen, der Korrekturfaktor $(1-WS)/(1-WM)$ wird in der in der Versuchsanstalt üblichen Weise ermittelt und gleich für Versuche ohne und mit MD verwendet. Die spezielle FORCE-Methode führt zu einem um ca. 0,5 Prozent höherem Leistungsbedarf für das Schiff mit MD, also einer geringeren ausgewiesenen Einsparung. Auch für die Nachstromkorrektur bei Versuchen mit ESDs fehlt eine klare Empfehlung der ITTC.

Bei konsequenter Anwendung der ITTC-1978-Methode sind für die Prognose Widerstandsversuche mit Modell ohne und mit MD erforderlich. Fünf der acht Versuchsanstalten führen deshalb Widerstandsversuche mit und ohne MD durch. Diese Widerstandsversuche haben ein interessantes Ergebnis: Durch die MD wird der Widerstand verringert. Der Widerstandsgewinn beträgt etwa ein Drittel des Leistungsgewinns, der Anteil hängt aber ab vom Nachstromfeld und von der Güte des MD-Entwurfs.

Genauigkeitsanforderungen

Wie weiter oben bereits ausgeführt sind die Anforderungen an die Genauigkeit für Versuche zur Optimierung von ESDs wie die Mewis Duct® deutlich höher als bei Standard-Propulsionsversuchen, die nur zur Ermittlung des Leistungsbedarfs dienen.

In der Tab. 4 sind unsere Wunschvorstellungen zur Genauigkeit und die Realität wiedergegeben. Die höchste erzielte Genauigkeit in den acht Versuchsanstalten liegt bei ca. 0,4 Prozent, d.h., dass man bei der Optimierung auf die letzten 0,2 Prozent für jede Finne verzichten muss, so dass man am Ende der Optimierung bei fünf Fins im ungünstigsten Fall noch ein Prozent Fehler im Gesamtergebnis hat. Bei der geringsten vorhandenen Genauigkeit von zwei Prozent ist jede Messung auf ein Prozent genau, hier kann man meistens nicht wirklich optimieren.

Methode für höchst mögliche Genauigkeit

Die beste Genauigkeit wird in Versuchsanstalten erzielt, in denen Erfahrungen über Jahrzehnte gesammelt und die Versuchsmethoden kontinuierlich auf wissenschaftlicher Grundlage von verantwortungsvollen Ingenieuren betreut und

weiterentwickelt werden. Im Einzelnen ist die Einhaltung der folgenden Erfahrungswerte zur Erzielung einer höchst möglichen Messgenauigkeit hilfreich:

- ▶ Modell so groß wie möglich, Propellerdurchmesser größer als 220mm,
- ▶ Qualität des MD-Modells: Modellpropeller-Qualität, d.h. aus Messing oder einem gleichwertigen Werkstoff,
- ▶ Schleppwagen mit hoher Geschwindigkeitskonstanz, keine schienenbedingte Stöße über die gesamte Messzeit,
- ▶ Weiches Anfahren und Abbremsen des Schleppwagens,
- ▶ Automatische Messung aller Messwerte, d.h. „Britische Methode“,
- ▶ Messung der axialen Kraft F_x mit einer Genauigkeit von $\pm 0,02N$ ($\pm 2p$),
- ▶ Messung von Propellerschub und -Moment in der Propellernabe zur Vermeidung von Lagerreibungsfehlern, wenn das nicht möglich ist, sorgfältige Kalibrierung der Nullpunkte vor jeder Messfahrt,
- ▶ Ausgefeiltes Baukastensystem zum Austausch der MD-Elemente,
- ▶ Austausch der MD-Elemente am Modell unter Wasser, dadurch kann das Modell im Wasser bleiben und die elektronischen Verbindungen werden nicht unterbrochen,
- ▶ Messzeit von mindestens 60 Sekunden,
- ▶ Wartezeit zwischen den Fahrten 40 Minuten,
- ▶ Wenn die Versuche Montag früh beginnen sollten, sind ausreichend Beunruhigungsfahrten vorzunehmen, um den Tank in den normalen Turbulenzzustand zu bringen; am besten ist es, mit einem Widerstandsversuch zu beginnen,
- ▶ Keine energieintensiven Versuche, wie Propellerfreifahrtversuche, unmittelbar vor den MD-Versuchen durchführen.

Zusammenfassung

Die Mewis Duct® hat sich innerhalb von vier Jahren nach der Patenteinreichung zu einer weltweit anerkannten „Energy Saving Device“ entwickelt, die erfolgreich an langsame völlige Schiffe angebaut wird.

Bisher sind für 48 Projekte Propulsionsversuche in acht verschiedenen Versuchsanstalten durchgeführt worden, die eine durchschnittliche Leistungsverminderung von 6,3 Prozent ergeben haben. Diese Versuche werden sowohl zur Optimierung der Anstellwinkel der Fins als auch zum Nachweis der vertraglich vereinbarten Einsparung benötigt.

Die Versuchs- und Auswertmethoden sind weitgehend gleich und verständlich. Allerdings ist festzustellen, dass es für zwei wichtige Umrechnungskorrekturen, Berücksichtigung der Reibungswiderstands-Differenz Modell zu Schiff und Nachstromkorrektur, keine direkten Empfehlungen der ITTC gibt. Bei diesen Versuchen ist eine höchst mögliche Genauigkeit erforderlich, die nicht von allen Versuchsanstalten erfüllt wird. Als Ergebnis der Erfahrungssammlung werden Hinweise gegeben, wie die höchst mögliche Genauigkeit zu erzielen ist.

Literatur

- Wagner, R. (1929): „Rückblick und Ausblick auf die Entwicklung des Contrapropellers“, Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft, 30. Band, pp. 195-256, Berlin, Germany
- Van Lammeren, W. P. A. (1949): „Enkele Constructies ter Verbretering van het Rendement van de Voortstuwing“, Schip en Werf, 1. April 1949 No. 7, Rotterdam, Netherlands
- Mewis, F. (2009): „Leistungseinsparungen durch eine neuartige hydrodynamische Vordralldüse“, Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft, 103. Band, pp. 421-431, Hamburg, Germany

Der Autor:

Friedrich Mewis hat 38 Jahre in zwei deutschen Versuchsanstalten in verschiedenen Positionen gearbeitet. Er war in der SVA Potsdam von 1968 bis 1996 tätig, seit 1996 als Leiter des Bereichs Schlepprinne. Von 1996 bis 2006 war er in der HSVA als Abteilungsleiter Widerstand und Propulsion tätig.