

Veränderung der Zuströmung zum Propellerfeld durch Leitflächen

Etwa seit der Jahrhundertwende bemüht man sich, den Einfluß von Sog und Mitstrom auf den Gütegrad der Propulsion zu erkennen. Im physikalischen Sinn ist die Klärung zumindest qualitativ befriedigend gelungen; genannt seien hier nur die Arbeiten von Fresenius und Dickmann. Nicht das gleiche läßt sich sagen für die quantitative Behandlung der Aufgabe, die sich bei jedem Schiffsentwurf stellt. Es gilt, unter Beschränkungen, die durch Antriebsmaschine, Hinterschiffsform und Propeller gegeben sind, das Optimum zu finden. Die erste der folgenden Arbeiten hat sich das Ziel gesetzt, durch Leitflächen den Reibungsmitstrom zu „sammeln“, um so einen günstigeren Schiffseinflußgrad zu erreichen. Die an zweiter Stelle abgedruckte Arbeit setzt sich nicht allein, ja nicht an erster Stelle dieses Ziel. Es wird vielmehr versucht, durch relativ einfache, an geeigneter Stelle am Hinterschiff angebrachte Leitflossen das Mitstromfeld so umzugestalten, daß der Propeller mehr gleichförmig angeströmt wird. Bekanntlich hat ja die Ungleichförmigkeit des Mitstromfeldes u. U. einen sehr ungünstigen Einfluß auf die Erregung von Vibrationen sowie auf Schub- und Biegemomentschwankungen der Propellerwelle. Auch für die Verhinderung von Kavitation an den Flügeln ist Gleichförmigkeit der Anströmung anzustreben. Besonders das letzte Bild 14 — es beruht auf recht sorgfältigen Messungen — läßt vermuten, daß durch Flossen von nur geringer Größe eine recht weitgehende „Verschiebung“ des Mitstromfeldes möglich ist, ohne daß dabei beträchtliche Widerstandsvergrößerung in Kauf genommen werden muß.

Prof. Dr.-Ing. K. Wendel

Untersuchung der Beeinflussung des Schiffs-Antriebsleistungs-Bedarfs durch Leitflächen, die den Reibungsmitstrom sammeln

H. Schmidt-Stieblitz und G. Luthra

105. gekürzte Mitteilung der Versuchsanstalt für Binnenschiffbau e.V., Duisburg,
Institut an der Rhein.-Westf. Technischen Hochschule Aachen¹⁾On the Influence of Guiding
Surfaces which gather the Wake
on Propulsive Power
Requirements of a Ship

Fitting guiding surfaces at the stern is a method to equalize the non-uniformity of inflow to the propeller, thus improving the propulsive efficiency and the hull efficiency. The arrangements tested here on models of both a single-screw seagoing vessel and a twin-screw river craft (future "Europa" ship) show that such surfaces must be precisely adapted to the particular ship's lines, and generally bring advantages in a relatively limited speed range. According to this investigation of exploratory nature in the first instance it appears that at the cost of much experimental effort considerable improvements in the intended direction are possible and worth striving for.

For the seagoing ship a tangential shield serving to bundle the slip stream — the inevitable increase in frictional resistance would largely be compensated by the positive influence — is likely to draw interest, particularly in view of the steady increase in the use of transom stern.

In case of "Europa" ship the rounded transition from flat bottom to the straight rise of buttock evidently deserves closer examination, since this variant entirely compensates the displacement loss due to deadwood being omitted for the better and its construction hardly entails additional costs. Contrary to the other arrangements investigated earlier, which contribute towards improvement through hydrodynamic effects, this variant is not linked with additional draft limits or with other restrictions as to form and condition of river beds.

1. Einführung

Zur Vergleichmäßigung des Mitstromfeldes zwecks Erhöhung des Propulsionsgütegrades sind bereits Maßnahmen, wie fast drehsymmetrische Aufdickungen des Schiffhecks um die Propellerdrehachse (Hogner-Birne, Heckwulst) und

wie die Rückverlagerung der Propellerebene durch die Grimmsche Welle, bekannt. Die Beeinflussung der Strömungsverteilung in Schraubenebene wurde bei den bisherigen Maßnahmen lediglich durch Schiffskörper-Begrenzungsveränderungen vorgenommen und nicht etwa durch zusätzliche in der Strömung befindliche Lenkungselemente. Um ein Optimum im Rückgewinn der Reibungsenergieverluste durch den arbeitenden Propeller zu erzielen, sind hier

¹⁾ Der ausführliche Bericht kann zum Selbstkostenpreis von der VBD (Postfach 582) bezogen werden.

nach Idee von Professor Dr.-Ing. H. Schneekluth zwei Arten, die Heckumströmung in der günstigen Richtung zu beeinflussen, untersucht worden, die für das Seeschiff gleichzeitig eine Verminderung der Stampfbewegungen bewirken sollen.

Da die Divergenz der Heckstromlinien auf beschränkter Wassertiefe besondere Schwierigkeiten bereitet, ist der Untersuchungskomplex auch auf Binnenschiffsformen ausgedehnt worden, bei denen Stampfbewegungen keine Rolle spielen.

Die VBD dankt dem Landesamt für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Staatssekretär Professor Dr. h. c. Dr. E. h. Leo Brandt, für die hierfür bereitgestellten Mittel.

2. Übersicht über die Versuche

Tank	9,8 m breiter und 190 m langer Tank der VBD mit ruhendem Wasser a) h = 1090 und 1000 mm b) h = 400 mm
a) Modell M 546 M 1 : 18	Frachtschiff 1. mit Schlingerkiel, 2. ohne Schlingerkiel M 546 [1] Modelldaten siehe Datentabelle
Anhänge	Proflluder, Ruderhacke
Leitflächen	verschiedene Leitflächen, 1. Variante I und 2. Variante II
Turbulenz- erzeuger	15 mm breiter Sandstreifen bei Spt. 19 (20-Spt.-Teilung)
Propeller	Nr. 139 R (s. Datentabelle)
b) Modell M 1 : 12,5	„Europaschiff“ Motorgüterschiff M 509 (Vorschiff) und M 505 (Hinterschiff) Modelldaten siehe Datentabelle
Anhänge	normal keine, da Steuerpropeller
Leitflächen	verschiedene Leitflächen, 1. am Hinterschiffsboden und 2. hinter Heck
Turbulenz- erzeuger	1 mm ϕ Perlonfaden auf Spt. 17 und 19 (20-Spt.-Teilung)
Propeller	Nr. 44 R und L (s. Datentabelle)
Wasserhöhen- verhältnis	$\frac{h}{h-T} = 2$
a)	1. Farbanstrichversuche an M 546 zur Überprüfung der Stromlinienrichtung am ursprünglichen und am veränderten Modell. 2. Widerstands- und Leistungsmessungen von $v = 0$ bis $v = 1,9$ m/s ($F_n = 0,252$) mechanische Messung mit Kempf- und Remmersgerät für Drehmoment und Schub. Trim und Absenkung.
b)	Leistungsmessungen von $v = 0$ bis $v = 16,5$ km/h ($F_{nh} = 0$ bis 0,655)

2.1 Modelldaten

Maßstab	M 546 Frachtschiff		M 509/505 „Europa“- Motorgüterschiff (mit Totenholz)	
	1:18	1:12,5	1:18	1:12,5
Länge	L _{WL}	mm	5330	6275
Breite	B	mm	844	756,8
Tiefgang	T	mm	323	200
Verdrängung	V	dm ³	906	845,7
ben. Oberfläche	S	dm ²	550,1	672,9
Schwerpunkt	h _S	% Lpp	1,15	
Völligkeitsgrad	δ	—	0,624	
Ruder (Profil)			(kein Ruder, da Steuerpropeller)	
Fläche	A _r	dm ²	3,79	
Seitenverh.	c/h	—	0,84	
Streckung	h ² /A _r	—	1,22	
Dickenverh.	t/c	—	0,182	

Propeller Typ	139 r Wageningen B 4,70		44 r und l	
Durchmesser	D	mm	175	120
Steigungsverh.	P/D	—	0,7	0,75
Flächenverh.	A _r /A ₀	—	0,55	0,56
Flügelzahl	Z	—	4	4

„Europa“-Motorgüterschiff (Tiefgang = konst. = 200 mm)	Verdrängung dm ³	Oberfläche dm ²
a) Ausgangsform (mit Totholz)	845,7	672,9
b) Modell ohne Totholz (1,9 dm ³ ; 2,4 dm ²)	843,8	670,5
c) Modell wie b) mit 2 Kegeln (1,8 dm ³ ; 6,4 dm ²)	845,6	676,9
d) Modell wie a) mit 2 Kegeln (1,8 dm ³ ; 6,4 dm ²)	857,5	679,3
e) Modell wie b) mit Abrundungen an der Gillungskante (3,1 dm ³ ; 0,4 dm ²)	846,9	670,9
f) Modell wie e) mit 2 Kegeln (1,5 dm ³ ; 5,0 dm ²)	848,4	675,9

3. Modellveränderungen und Versuchsdurchführung

An dem Frachtschiffmodell im Maßstab 1 : 18 wurde entsprechend dem im Farbanstrichversuch ermittelten Stromfadenverlauf ein Schlingerkiel auf $\frac{1}{3}$ Schiffslänge [1] und, etwa bei Spant 3 $\frac{1}{4}$ beginnend, nach achtern eine obere hölzerne Rippe (Variante Ia) angepaßt, die einen teilweisen Propellerschirm darstellt und das weitere Abwandern der aufwärts gerichteten Strömung verhindern sollte, um dem Propeller konzentrierten Nachstrom zukommen zu lassen. Dabei hatte der vom Propeller abfließende Strom die Möglichkeit zu divergieren. Bei der Variante Ib wurde diese Divergenz vermieden und der Schirm hinter der Propellerebene etwas abwärts gerichtet weitergeführt. Als nächste Variante Ic (Bild 1) wurde der Vorgriff der Rippe bis zum Spant 1 $\frac{3}{4}$ gekürzt und im Anlauf höher gezogen, um auch noch seitliche Zuströmung miterfassen zu können.

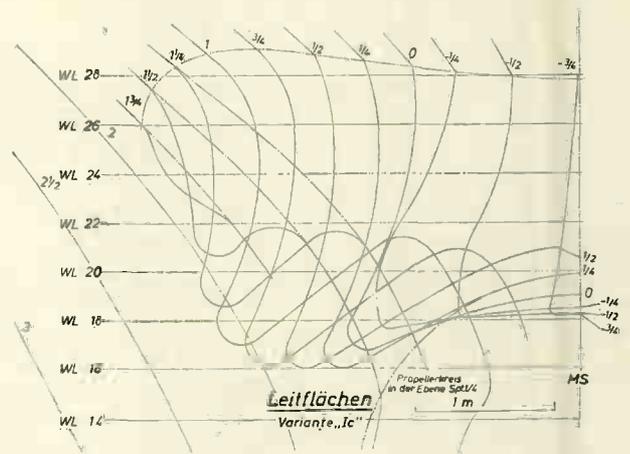


Bild 1 Leitflächen.— Variante Ic

In der Variante Id wurde der Anlauf dieser Rippe darüber hinaus noch höher hinaufgezogen. Nach der mehr tangentialen Beeinflussung des Propellerzustroms wurde in der Variante II (Bild 2) eine waagrecht radiale versucht. Um alle mehr von außen kommenden Einflüsse auszuschalten, wurde für die Varianten II der Schlingerkiel weggelassen. Ein Flügel mit etwa quadratischem Grundriß und kleiner Endscheibe, etwa auf Außenradius des Propellers, wurde auf der Steuerbordseite mit 10° Anstellwinkel (II a) dem Propeller in Nabenhöhe vorgeordnet. Bei Variante II b wurde der Anstellwinkel auf 15° erhöht. Für die Variante II c wurde der Anstellwinkel wieder auf 10° herabgesetzt und ein entsprechender backbordseitiger Flügel mit 10°

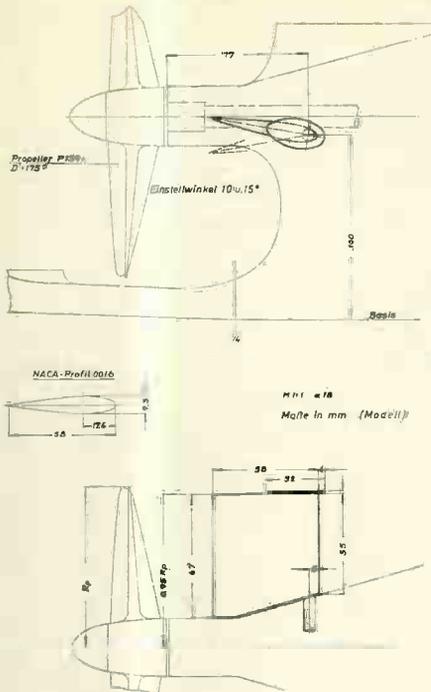


Bild 2 Leitflächen — Maße am Modell $\alpha = 18$

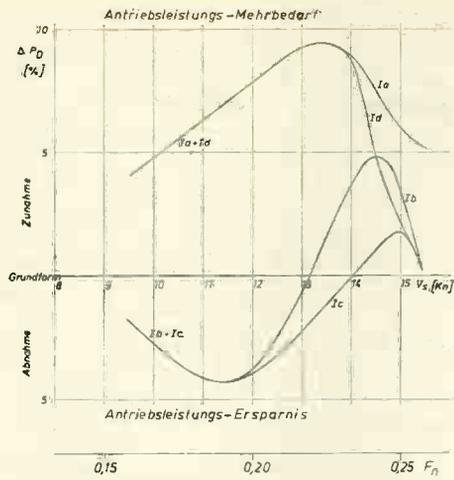


Bild 3 Prozentuale Leistungs-Zu- bzw. Abnahme durch Anbringung von Leitflächen, Variante I.

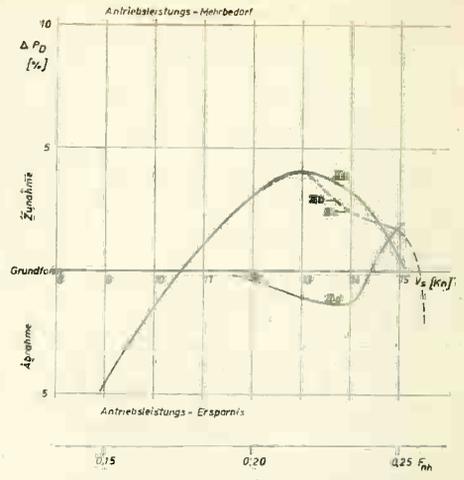


Bild 4 Prozentuale Leistungs-Zu- bzw. Abnahme durch Anbringung von Leitflächen, Variante II.

negativem Anstellwinkel hinzugefügt. Bei Variante II d wurde nur der Steuerbordflügel mit 10° Anstellwinkel verwendet und der Hinterkantenabstand zur Vorderkante Schraube von 0,16 D auf 0,03 D gekürzt. Mit allen Varianten wurden vergleichende Propulsionsversuche durchgeführt.

Auf beschränkten Binnenfahrwassern, wo wegen mangelnden Seeganges Stampfbewegungen nicht auftreten können, müssen die Maßnahmen anders ausfallen. An einem Modell des künftigen Zweischauben-Europaschiffes im Maßstab 1:12,5 (Bild 5) wurden Varianten mit und ohne Totholz am Achterschiff, wobei der Tiefgang des Modells konstant gehalten wurde, gemessen. Zur Beeinflussung des Propellerzustroms wurden in Höhe der Propellerdrehachse vor dem Propeller zwei Kegel am auflaufenden Boden (Bild 6) befestigt. Eine weitere Strömunglenkung wurde an der Unterbodenströmung durch Anbringen eines gerundeten Überganges vom ebenen Boden zur geradlinig verlaufenden Gillung (Bild 7) vorgenommen. Die Führung des Propellernachlaufs durch ein am Spiegel in Höhe der Schwimmwasserlinie angreifendes Leitblech (Bild 8) sorgt für Beeinflussung der Propulsionsverhältnisse. Das Leitblech wurde sowohl mit abwärts- wie mit aufwärtsgerichteten Einstellungen gefahren.

Mit allen Varianten wurden vergleichende Leistungsmessungen im Geschwindigkeitsbereich bis zur üblichen Betriebsgeschwindigkeit durchgeführt.

4. Ergebnisse

4.1 Frachtschiff Variante I mit Rippe am Heck

Die verhältnismäßig weit vorgezogene Rippe am Heck mit divergierender Strömung (Ia) hinter der Schraubenebene konnte keine Leistungsverbesserungen erzielen. Die Antriebsleistung erhöht sich durch diese Maßnahme im Mittel um 7% (Bild 3) und ist bei etwa 13,5 kn mit 9% am höchsten. Den Schraubenstrahl durch entsprechendes Herunterziehen der Rippe hinter der Schraubenebene (Ib) statt divergieren konvergieren zu lassen, hatte eine Antriebsleistungsabnahme von maximal 4,5% gegenüber Normalschiff im unteren Geschwindigkeitsbereich bei 13 kn zur Folge. Die Verschlechterung bei höheren Geschwindigkeiten blieb aber unter der der Variante Ia. Die Kürzung des vorderen Anlaufs der Rippe (Variante Ic) (Bild 1)

erhöhte die Geschwindigkeit im gewinnbringenden Bereich um 1 kn und setzte die Verschlechterung der Antriebsleistung im Betriebspunkt $v = 15$ kn auf 2% herab (Bild 3). Das Herausziehen des Rippenanlaufs (Variante Id) ließ die bis Ic erreichten Vorteile wieder verschwinden und hatte im Betriebspunkt gegenüber den Varianten Ib und Ic keine Vorteile (Bild 3) aufzuweisen. Allerdings läßt die Tendenz der Leistungskurven den Schluß zu, daß etwa oberhalb 15,5 kn die letzten drei Varianten Einsparungen ergeben würden. Für schnellere Schiffe ist möglicherweise mit dieser Maßnahme ein besseres Propulsionsergebnis zu erwarten.

4.2 Frachtschiff Variante II mit Leitflügel

Da die Beeinflussung des Propellerzu- und -abstromes durch eine tangierende Rippe nicht ausreichend schien, wurde nach Abnahme dieser Anbauten und des Schlingerkiels versucht, durch innerhalb des Propellerzustroms liegende Leitflügel (Bild 2) zu besserer Wirkung zu gelangen. Ein nur steuerbordseitig angebrachter Flügel (II a) brachte unterhalb 10,5 kn (Bild 4) und aus der Tendenz zu schließen vermutlich oberhalb 15 kn Vorteile. Eine Anstellwinkelvergrößerung (II b) und eine doppelseitige Anordnung mit dem ursprünglichen Winkel von 10° (II c) erzielten keinen nennenswerten Unterschied. Die Verschlechterung bei etwa 13 kn betrug maximal 4%. Durch stärkeres Heranrücken der Flügelhinterkante an die Propellervorderkante (II d) ließen sich die Verhältnisse zwischen 13 und 14 kn zu einer etwa einprozentigen Verbesserung umkehren. Allerdings war im Betriebspunkt $v = 15$ kn damit auch wieder eine 2%ige Leistungseinbuße verknüpft. Es hat den Anschein, als ob mit Maßnahmen dieser Art keine über den ganzen Geschwindigkeitsbereich gleichbleibenden Leistungseinsparungen zu erzielen sind. Wohl dürfte für eine bestimmte Auslegegeschwindigkeit durch systematisches Herantasten ein noch besseres Ergebnis, als hier erreicht, möglich sein.

4.3 „Europa“-Motorgüterschiff

Um die besonderen Verhältnisse bei beschränkter Wasserhöhe [2, 3, 4] erproben zu können, wurden an einem Modell des künftigen Europaschiffes (Bild 5) ähnliche Veränderungen vorgenommen, wobei, wie oben erwähnt, der Tiefgang des Modells gleich groß gehalten wurde. Es handelt sich um einen Zweischaubentyp. Das Weglassen des

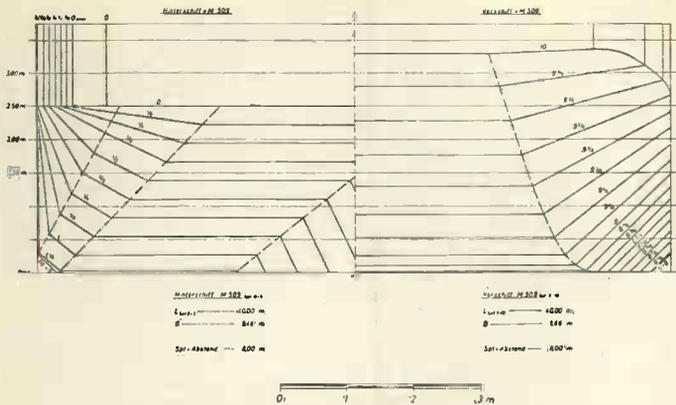


Bild 5 „Europaschiff“ — Ausgangsform

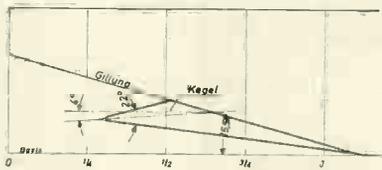


Bild 6 „Europaschiff“ — Kegelanordnung

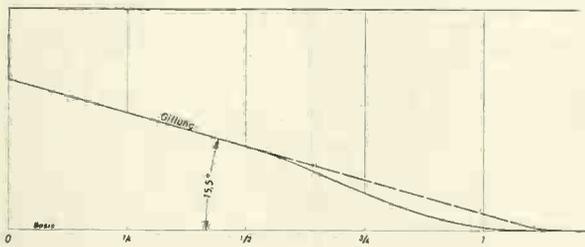


Bild 7 „Europaschiff“ — Abrundung des Übergangs vom Schiffsboden zur Gillung

im Zustrom zwischen den beiden Propellern liegenden Totholzes mit einem Verdrängungsverlust von $3,7 \text{ m}^3$ (in Natur, $= 0,225\%$) brachte im unteren Geschwindigkeitsbereich bis etwa 12 km/h über 17% Leistungseinsparung (Bild 7), die zu der Betriebsgeschwindigkeit hin auf 5% fast linear abfiel. Zwei an der ebenen geradlinig auflaufenden Gillung vor den Propellernaben aufgesetzte nach hinten auf die Propellernabe zu spitz auslaufende Kegel, die den Verdrängungsverlust infolge Totholzabnahme wieder wettmachten, hatten demgegenüber nur im Bereich zwischen $12,5$ und $14,5 \text{ km/h}$ geringe Vorteile. Darüber kehrte sich das Bild zum Nachteil um. Die Kegel in Verbindung mit dem Totholz (Verdrängungszunahme gegenüber Ausgangsschiff $3,5 \text{ m}^3$ (Natur entspr. $0,213\%$)) bewirkten infolge der stark eingeeengten Zuströmung zum Propeller eine starke Ermäßigung der geschilderten Vorteile (Bild 9). Die besten Werte liegen nur noch bei 12% Einsparung bei etwa 11 km/h . Im weiter steigenden Geschwindigkeitsbereich bleibt der Vorteil dieser Variante etwa im gleichen Prozentsatz unter dem Ergebnis der ersten beiden. Der aus fertigungstechnischen Gründen kantig gehaltene Übergang vom Schiffsboden zur Gillung ließ Störungen im Strömungsverlauf vermuten. Eine vom erstgenannten Verfasser s-förmig gestaltete Abrundung dieser Kante (Bild 7) (mit einer Verdrängungszunahme von $2,34 \text{ m}^3$ [Natur, entspr. $0,142\%$] gegenüber Ausgangsschiff) brachte bei etwa $10,5 \text{ km/h}$ 30% Verbesserung durch Antriebsleistungssparnis (Bild 10) gegenüber der Grundform, die aber zur Betriebsgeschwindigkeit hin wieder allmählich abklang. Die zusätzlich auf Vorschlag Professor Schneekluths angebrachten Kegel ($2,9 \text{ m} = 0,177\%$ Verdrängungszunahme) setzten den Gewinn im unteren Geschwindigkeitsbereich auf etwa 17% herunter, ohne im oberen Bereich durch

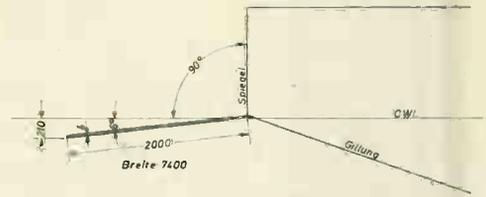


Bild 8 Anordnung der Platte am Heckspiegel

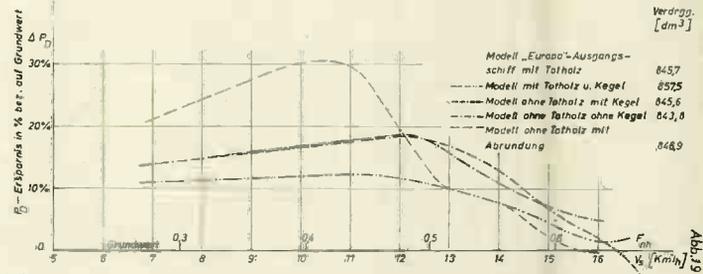


Bild 9 „Europaschiff“ — Ersparnis an Antriebsleistung P_D an der Welle, Wasserhöhe $h = 5 \text{ m}$, Tiefgang $T = 2,5 \text{ m}$.

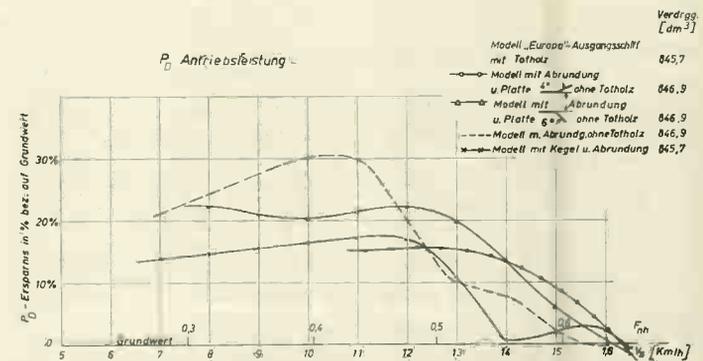


Bild 10 „Europaschiff“ — Ersparnis an Antriebsleistung P_D an der Welle, Wasserhöhe $h = 5 \text{ m}$, Tiefgang $T = 2,5 \text{ m}$.

nennenswerte Vorteile einen Ausgleich zu schaffen. Wenn zu der unteren Kantenabrundung noch am Heckspiegel eine um 6° nach unten weisende ebene Platte hinzugefügt wird, dann lassen sich im Bereich zwischen 12 und 16 km/h noch 5 bis 10% Verbesserung herausholen. Nur bei der Betriebsgeschwindigkeit von 16 km/h bringt keine der Varianten einen Vorteil. Erst das Aufwärtsneigen der achteren Platte auf 4° läßt auch bei den größeren Geschwindigkeiten noch Leistungseinsparungen erwarten.

5. Zusammenfassung

Das Anbringen von Leitflächen im Hinterschiffsbereich ist ein Mittel, um den Propellerzustrom zu vergleichmäßigen und damit den Propulsionsgütegrad und den Schiffs-einflußgrad zu verbessern. Die hier untersuchten Maßnahmen, sowohl an einem Einschrauber-Seeschiffsmodell als auch an einem Doppelschrauber-Binnenschiffsmodell (künftiges Europaschiff), zeigen, daß sie sehr genau auf die jeweilige Schiffsform abgestellt sein müssen und im allgemeinen nur in einem verhältnismäßig eng begrenzten Geschwindigkeitsbereich Vorteile aufweisen. Nach den vorliegenden Untersuchungen scheinen nicht unerhebliche Verbesserungen in der beabsichtigten Richtung möglich zu sein. Eine Ausdehnung der Untersuchung auf weitere Schiffsformen und auf die sichere Zuordnung der zu ergreifenden Maßnahmen auf den jeweils beabsichtigten Geschwindigkeitsbereich ist empfehlenswert. Für das Seefrachtschiff dürfte der tangentialer Schirm (Form Id) zur Bündelung des Schraubennachlaufs, wobei die unvermeidbare Erhöhung des Reibungswiderstandes von den posi-

tiven Wirkungen weit aufgewogen wird, besonders im Hinblick auf die stetig zunehmende Anwendung von Spiegelheckformen bei Handelsschiffstypen von besonderem Interesse sein.

Beim „Europa“-Motorgüterschiff dürfte der gerundete Übergang vom ebenen Boden zur geradlinig verlaufenden Gillung der weiteren Betrachtung wert sein, da diese Variante für das besser wegzulassende Totholz einen vollen Verdrängungersatz liefert und die bauliche Verwirklichung einen kaum nennenswerten Mehraufwand darstellt. Im Gegensatz zu anderen, früher untersuchten Maßnahmen mit hydrodynamisch wirkender Verbesserung (z. B. gerundeter Boden [5]) ist mit dieser Variante keine zusätzliche Tiefgangsbeschränkung und keine Beschränkung hinsichtlich der Bodenbeschaffenheit der zu befahrenden Wasserstraßen verknüpft.

6. Schrifttum

- [1] Schmidt-Stiebitz, H.: Einfluß einer im Mittelschiffsbereich rechtwinklig ausgeführten Kimm
 - a) auf die Antriebsleistung bei Geradeausfahrt ohne und mit künstlich erregten Rollschwingungen,
 - b) auf die Schlingerdämpfungswirkung eines Frachtschiffes in ruhigem Wasser. Schiff und Hafen Nr. 10/1968, S. 694—696.
- [2] Luthra, G. K.: Untersuchung über die Beeinflussung von Sog und Nachstrom auf beschränktem Wasser durch Schiffseinflußgrößen. Schiff und Hafen Nr. 7/1968.
- [3] Schmidt-Stiebitz, H.: Beeinflussung des Nachstromfeldes durch den Propeller. Schiff und Hafen Nr. 9/1966, S. 595.
- [4] Schmidt-Stiebitz, H.: Dämpfung der Heckwelle bei Flachwasserfahrt. Schiff und Hafen Nr. 3/1965, S. 188.
- [5] Schmidt-Stiebitz, H.: Untersuchung des Bodeneffekts für Flachwasserschiffe. Teil I. „Hansa“ Nr. 14/1965, S. 1403.
- [5a] Schmidt-Stiebitz, H.; G. K. Luthra: Teil II, Einfluß auf die Manöviereigenschaften. „Hansa“ Nr. 9/1970, S. 784.
- [6] Schmidt-Stiebitz, H.; G. K. Luthra; J. Thiel: Nachstromuntersuchung im inhomogenen Propellerfeld. Schiff und Hafen Nr. 5/1970, S. 459.

Verbesserung des Propulsionswirkungsgrades durch Ausnutzen des Reibungsnachstroms

Dipl.-Ing. Peter M a n n z e n , Hamburg

Improved propulsion efficiency by recovering a part of the wake energy

The wake resulting from the ship's headway contains a considerable part of the energy needed for her propulsion. This amount of energy is in part recovered by the propeller in case of single-screw ships. Most of it is lost, however, which is particularly true for twin-screw ships. The present paper describes various attempts towards reducing the loss of energy in the ship's wake and thus increasing the total efficiency of the propulsion. By the experiments carried out during the investigations, which are to be considered as relatively rough, the author tried to shift those water layers being "slow" in relation to the ship's hull into the place of the "fast" layers and vice versa. This procedure aims at reducing the mean relative intake velocity in the propeller area which results in an increase of the wake number.

The effect of different phenomena, i. e. on one hand the circulation distribution along a wing profile and on the other hand the vortex originating at its rim, is analysed by point-by-point-measurement of the velocity field in the screw area.

The results of subsequent drag measurements are introduced into a balance of energy and conclusions are drawn herefrom towards the effectivity and practicability of such principles of recovering propulsion energy.

Ziel des Vorhabens

Der an einem fahrenden Schiffskörper entstehende Reibungsnachstrom enthält einen wesentlichen Anteil der zur Propulsion ausgenutzten Energie. Ein Teil dieses Energiebetrages wird nach Maßgabe des Propellerwirkungsgrades aus denjenigen Nachstromschichten zurückgewonnen, die von der Propellerkreisfläche umschlossen werden. Die in den verbleibenden Strömungsschichten enthaltene Energie geht verloren, was besonders für Zweischraubenschiffe zutrifft. Nach einem Vorschlag von Professor Wendel könnte durch geeignete Leitvorrichtungen das Nachstromfeld an Zweischraubenschiffen dahingehend verändert werden, daß die mittlere relative Eintrittsgeschwindigkeit über der Propellerkreisfläche gesenkt und die Geschwindigkeit der außerhalb dieses Bereiches liegenden, relativ zum Schiff langsamen Schichten erhöht wird. Die Senkung der Eintrittsgeschwindigkeit bringt eine Erhöhung der Nachstromziffer w , also eine Erhöhung des Schiffseinflußgrades

$$\eta_{\text{H}} = \frac{1-t}{1-w}$$

und damit eine Verbesserung des Gütegrades der gesamten Propulsion.

Durchgeführte Untersuchungen und Ergebnisse

1. Vorversuche

An dem vorhandenen Modell (Bild 1) eines Zweischraubenschiffes ($L_{\text{pp}} = 3,00 \text{ m}$, $B = 0,37 \text{ m}$, $T = 0,17 \text{ m}$, $\delta = 0,52$)

wurden im Schlepptank ($L = 33,40 \text{ m}$, $B = 2,10 \text{ m}$, $T = 1,00 \text{ m}$) überschlägliche Nachstrommessungen vorgenommen. Es wurde zunächst der nominelle Nachstrom in der Ebene des Backbordpropellers entlang einer Senkrechten nach Bild 2 bestimmt (Modellgeschwindigkeit $v = 1,0 \text{ m/sec}$; $\xi = 0,184$). Sodann wurde ein Tragflächenprofil NACA 6412 über die ganze Modellbreite über den Propellerwellen und

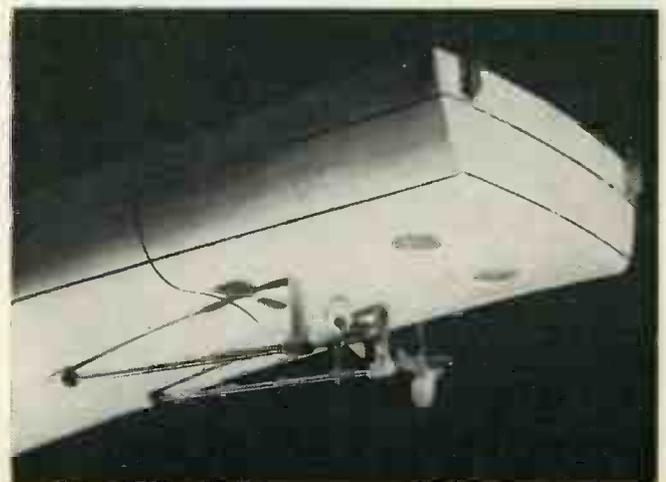


Bild 1

Bild 2

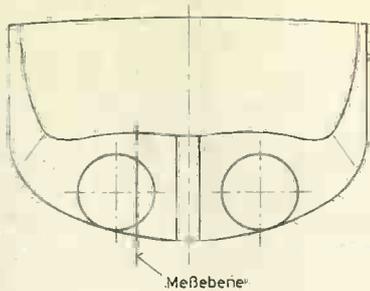


Bild 3

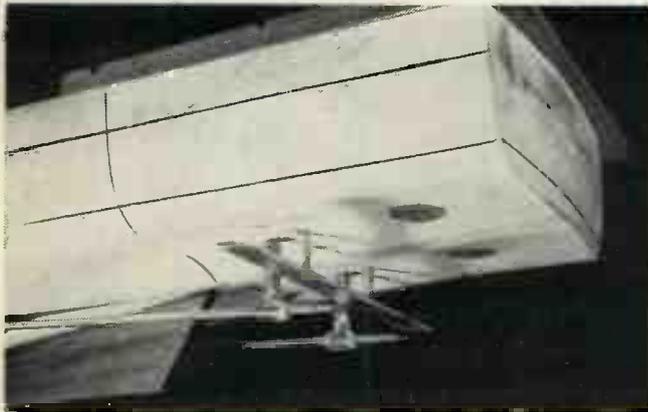
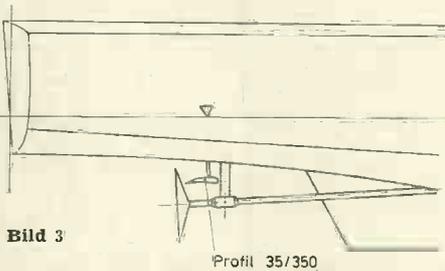


Bild 4

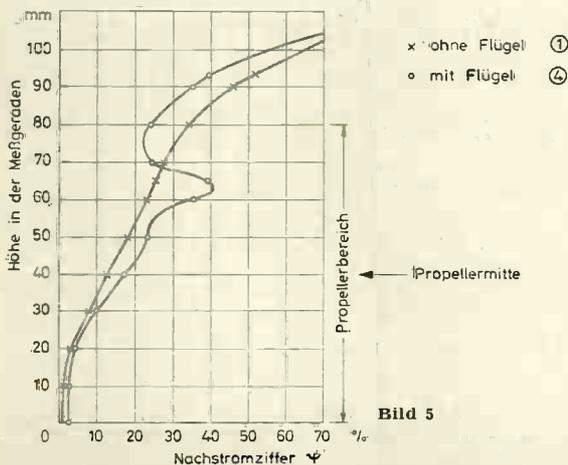


Bild 5



Bild 6

vor den Propellerebenen angebracht (Bild 3 und 4) und nach Stichprobenmessungen optimal angestellt. Die dann entlang derselben Senkrechten ermittelte Nachstromverteilung ist zusammen mit dem Nachstrom ohne Profil in Bild 5 dargestellt (Messung 1 und 4). Die Veränderung des ursprünglichen Nachstrombildes durch die Zirkulationsströmung um den Tragflügel ist ersichtlich. Durch Ausplanimetrieren beider Kurven im Propellerbereich ergeben sich Mittelwerte von $w_0 = 12,9\%$ (ohne Flügel) und $w_m = 17,1\%$ (mit Flügel). Führt man diese Werte in eine vergleichende Propellerrechnung nach Diagrammen systematischer Propellerversuche ein, so ergibt sich eine Leistungsersparnis von 6% , wobei der geringe Vortrieb berücksichtigt ist, der dadurch entsteht, daß der Flügel etwas schräg von unten angeströmt wird. Trotz der Grobheit des Rechenansatzes bestand Anlaß zu der Hoffnung, einen Vorteil von wenigen Prozent auch zu erreichen, wenn man die über die ganze Propellerfläche gemittelten Nachstromziffern in die Vergleichsrechnung einführt.

2. Versuche mit Leitrohren

Es wurde nunmehr der Gedanke aufgegriffen, den Reibungsnachstrom, der sich vor dem Schiffsende, etwa bis zur Übergangsstelle von U- zu V-Spannten, ausgebildet hat, mit Hilfe eines entsprechend geformten Rohres in die Propellerkreisläche zu leiten und auf diese Weise die Nachstromziffer zu erhöhen. Bei dieser Konzeption würde der Reibungsnachstrom vom Potentialnachstrom getrennt werden und der Propeller nicht mehr unnötig von letzterem berührt werden. Es ist eine Erhöhung des Reibungswiderstandes durch zusätzliche Oberfläche (Innen- und Außenwände der Rohre) und ein erhöhter Formwiderstand durch Ablösung an den Umlenkkanten der Rohre zu erwarten. Demgegenüber steht eine beträchtliche Erhöhung der Nachstromziffer. Diese wiederum hat einen Anstieg des Schubbelastungsgrades und damit einen schlechteren Propellerwirkungsgrad zur Folge. Daraus folgt zwangsläufig der Übergang vom Propeller zur Propellerpumpe, die in den hinteren Teil des Leitrohres einzubauen wäre.

Durch die trichterförmige Ausbildung der Rohre mit der größeren Öffnung nach vorne wird außerdem der an Schiffen herkömmlicher Form vorhandene Sog in seiner Richtung umgekehrt. Die Beschleunigung des eingetretenen Wassers nach hinten erzeugt an den Rohrrinnenwänden Unterdrücke, welche Kraftkomponenten in Fahrtrichtung liefern. Es wurden (wiederum überschlägliche) Nachstrommessungen am gleichen Modell mit Rohren nach Bild 6 vorgenommen, deren Querschnitt über der Länge jedoch konstant war (Länge $41,0$ cm, Querschnitt $50,6$ cm²). Dadurch war es möglich, einerseits die Erhöhung der Nachstromziffer im Propellerbereich und andererseits die Durchsatzmenge (im Hinblick auf die Auslegung der Propellerpumpe) zu bestimmen. Die Ergebnisse sind in Bild 7 wiedergegeben. Die Messung 6 zeigt den Nachstromverlauf an derselben Stelle wie in Messung 1 und 4 (Bild 2). Ein Vergleich ergibt eine Erhöhung der Nachstromziffer von $12,9\%$ auf $46,7\%$. Die Messung 9 gibt den Nachstromverlauf entlang einer Waagerechten unterhalb der Propellermitte wieder. Die vergleichende Messung des Widerstandes ergibt eine Erhöhung des Schleppwiderstandes von $0,400$ kp auf $0,540$ kp. Zusammen mit dem Ergebnis von Messung 9 wurde ein grober Mittelwert von $w = 37\%$ gebildet. Sämtliche Meßergebnisse wurden in die Berechnung einer Propellerpumpe eingeführt, bei der die negative Sogkraft berücksichtigt und der hydraulische Wirkungsgrad der Pumpe theoretisch ermittelt wurde. Diese Rechenergebnisse zeigt eine Tabelle in Bild 8. Es wurden Propellerpumpen verschiedenen Laufraddurchmessers berechnet. Es ist ersichtlich, daß die Leistungsbilanz vom Laufraddurchmesser abhängt. Bei Gleichheit der Durchmesser zwischen Propeller und Pumpenlaufrad ergibt sich ein Mehraufwand an Leistung von 5% .