

Bericht Nr. 1659

Verbesserung der Propulsion durch ein
neuartiges Leitflossen-System

Vortrag

Internationales Rostocker
Schiffstechnisches Symposium 1987

Potsdam, Mai 1987

VEB Kombinat Schiffbau
Schiffbau - Versuchsanstalt

Veröffentlicht in:

Schiffbauforschung

Sonderheft, Band 2

„Internationales Rostocker Schiffstech-
nisches Symposium 1987“

26. Jahrgang (1987) Band 2 Hydrodynamik

S. 19 - 38

Verbesserung der Propulsion durch ein
neuartiges Leitflossen-System
Vortrag 45. Session, Rostock 1987

Schiff A: M 792 B2 "Saturn", WW

Schiff B: M 823.1 A1 B5 "UCC-14", MTW

Bearbeiter: F. Mewis, SVA

H.-E. Peters, SVA

Dieser Bericht enthält

15 Blatt Text

14 Blatt Bilder

Potsdam, den 14. 5. 1987

EVH-1 Me./Ke.

gepr.:

ges.:

Dipl.-Ing. Lorenz
Leiter der SVA

Peters
Dr.-Ing. Peters
Bearbeiter

Mewis
Dipl.-Ing. Mewis
Bearbeiter

Verbesserung der Propulsion durch ein neuartiges Flossensystem

Dipl.-Ing. Friedrich Mewis, VEB Kombinat Schiffbau Rostock
Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam

Dr.-Ing. Hans-Erhard Peters, VEB Kombinat Schiffbau Rostock
Schiffbau-Versuchsanstalt

Mitteilung aus dem Direktorat Forschung und Erzeugnisentwicklung
des Kombinates Schiffbau

1. Einleitung

Die wesentliche Erhöhung des Anteils der Brennstoffkosten an den Gesamtbetriebskosten der Schiffe hat in den letzten beiden Jahrzehnten weltweit zu einer Neubestimmung der Entwurfskriterien von Schiffen geführt. Neben der Senkung der Geschwindigkeiten auf ein erheblich niedrigeres Niveau wurde insbesondere die Suche nach Mitteln und Methoden zur Verbesserung der Propulsionseigenschaften, also zur besseren Ausnutzung der aufgewendeten Energie, verstärkt.

Außer den klassischen Methoden der Energieoptimierung, wie

- Verbesserung der Schiffslinien zur Verringerung des Schiffswiderstandes und Verbesserung der Propulsion
- Verbesserung des Wirkungsgrades des Propellers
- Verbesserung des Wirkungsgrades der Antriebsmotoren,

ist in den letzten Jahren eine Vielzahl von sogenannten propulsionsverbessernden Maßnahmen entwickelt und teilweise bereits in der Großausführung realisiert worden, deren Wirkungsweise im wesentlichen in einer Verbesserung der Propellerzuströmung oder Senkung der Verlustenergie des Schraubenstrahls besteht.

Bereits vor mehr als 70 Jahren war das Wirkungsprinzip von Strömungsleiteneinrichtungen im Zusammenwirken mit dem Propeller bekannt und wurde im praktischen Schiffbau genutzt, wie R. Wagner in einem ausgezeichneten Übersichtsvortrag "Rückblick und Ausblick auf die Entwicklung des Contrapropellers" im 30. Band des Jahrbuchs der STG im Jahr 1929 berichtet /1/.

Trotzdem sind in den letzten Jahren in verschiedenen Schiffbau-ländern patentfähige Lösungen erarbeitet und realisiert worden, die von asymmetrischen Heckformen (Nönneke, BRD), Zustromdüsen (Schneekluth, BRD), Strömungs-Spoilern (Grothues, BRD), Leitflossen (Punson, UdSSR), Reaction-fins (Mitsubishi, Japan) bis zu Leitflügeln am Ruder (Kawasaki, Japan) reichen, um nur einige bekannte Beispiele zu nennen.

Diese Entwicklung verdeutlicht die allgemeine Tendenz zu größerer Komplexität der Zielstellungen auch für die Aufgaben der Schiffshydrodynamik. Zur üblichen Anordnung Schiff und Propeller treten Bauteile hinzu, die die Wechselwirkungen zwischen Schiff und Propeller bewußt gestalten und somit als Ansätze für eine Systemlösung zu verstehen sind. Die Gestaltung der Propulsion wird zunehmend zum komplexen hydrodynamischen Strukturentwurf.

In der DDR wurde eine Lösung erarbeitet, die sowohl die Senkung von Energieverlusten als auch eine Beeinflussung der Zuströmung zum Ziel hatte. Energetisch wurde durch Senkung der Drallverluste und entsprechende radiale Lastverteilung des Propellers ein Entwicklungspotential von mindestens 5 % für normale Handelsschiffe und auch für Binnenschiffe erschlossen. Funktionell ergeben sich Vorteile hinsichtlich Schwingungsbeeinflussung, Schubexzentrizität und gleichmäßigerer Propellerbelastung.

Das in der vorliegenden Arbeit vorgestellte SVA-Flossensystem als erster Schritt eines in der Entwicklung befindlichen integrierten Propulsionskonzepts wurde von der Schiffbau-Versuchs-

anstalt Potsdam (SVA) in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Mechanik (IMech) der Akademie der Wissenschaften der DDR Berlin entwickelt und in Modellversuchen gründlich erprobt. Die Flossen sind prinzipiell für alle Einschraubenschiffe und auch für Mehrschrauber geeignet.

2. Grundlegende Überlegungen

Die vielfältigen Verlustquellen bei der Schiffsumströmung und bei der Propulsion lassen sich in zwei große Gruppen unterteilen:

Die erste Gruppe umfaßt solche Verluste, die funktionsbedingt und nicht vermeidbar sind und für jede Entwurfsaufgabe als optimaler Kompromiß minimiert werden müssen. Dazu zählen z. B. die Energie der axialen Komponente des Propellerstrahls und die Reibungsverluste an Schiffswand, Propeller und Ruder.

Eine zweite Gruppe bilden die Verluste, die prinzipiell fast vollständig vermieden werden können, wie Strömungsablösung am Hinterschiff, Ausbildung großer, energiereicher Wirbelstrukturen und die kinetische Energie der Umfangskomponente des Propellerstrahls, der sogenannte Drallverlust.

Von den Verlusten der zweiten Gruppe können nun sowohl die Strömungsablösung als auch die Wirbelbildung weitgehend durch die Schiffsform beeinflusst und gegebenenfalls durch angebaute Leiteinrichtungen vermieden oder vermindert werden. Bekannt und repräsentativ sind hier die Zustromdüse nach Schneekluth im oberen Propellerbereich und die Grothues-Spoiler zur Umlenkung vertikaler Strömungskomponenten in der wandnahen Strömungsgrenzschicht vor dem Propeller.

Die Ausschaltung oder Senkung des Drallverlustes erfordert "unnatürliche" Lösungen, da dieser eine Folge der Energieübertragung durch rotierende Teile ist und kein Analogon in der Natur hat.

Wegen der im Vergleich mit den anderen Verlustanteilen relativ geringen Größe des Drallverlustes ist seine Reduzierung erst in den letzten Jahren wieder als Schwerpunkt in die internationale Entwicklung zur Senkung der Energieverluste einbezogen worden. Dabei wurden schiffsfeste, rotierende oder über das Ruder abgestützte Bauteile entwickelt. Beispiele von Ausführungsformen mit Senkung des Drallverlustes sind asymmetrische Hinterschiffsformen oder schiffsfeste Leitflügelkränze als Vordrallerzeuger, Gegenlaufpropeller und antriebsloses Leitrad nach Grim sowie Leitflügel am Ruder zur Drallreduktion. Beurteilungskriterien für die Güte der Lösungen sind Höhe der Energieeinsparung, Bauaufwand, Betriebssicherheit, Eigenverluste zusätzlicher Bauelemente, Kraftübertragung zum Schiff, energetische, schwingungstechnische und andere Nebenwirkungen.

Es darf erwartet werden, daß sich international die Entwicklung integrierter Propulsionskonzepte, die alle wesentlichen Verlustenergien mit kombiniert wirkenden Leiteinrichtungen beeinflussen, als allgemeiner Standard durchsetzt und für das Niveau des Energieverbrauches im Seeverkehr bestimmend wird.

Da die Drallverluste mit dem geringsten technischen Aufwand zu reduzieren sind, wurde als erster Schritt eines integrierten Propulsionskonzeptes eine Analyse des Drallverlustes und seiner Beeinflussungsmöglichkeiten vorgenommen.

Grundlage für den Entwurf geeigneter Bauteile zur Senkung des Drallverlustes sind die energetische Analyse der Strömung am Hinterschiff und am Propeller, die optimale Anordnung in Relation zum Propeller und die Beachtung und zweckmäßige Beeinflussung von Nebeneffekten.

Als Beispiel zur energetischen Analyse zeigt Bild 1 die Aufteilung von Nutzenergie und Verlustanteilen für einen freifahrenden Propeller B 4.55 der Wageninger Serie in Abhängigkeit vom Fort-

schrittsgrad für das Steigungsverhältnis $P/D = 1,0$ und Bild 2 ebendas für einen Düsenpropeller mit $P/D = 1,48$. Die Rechnung erfolgte mit einem einfachen Rechnermodell für freifahrende Propeller. Trotz guter Übereinstimmung von Rechnung und Messung für den Wirkungsgrad sind die Anteile der einzelnen Verluste nur als Abschätzung zu verstehen.

Bild 3 zeigt eine weitere Analyse zum Anteil des Drallverlustes an der dem Propeller zugeführten Energie für den freien Propeller bei drei Steigungen in Abhängigkeit vom Schubbelastungsgrad C_{Th} . Für Propellerbelastungen von $C_{Th} = 1$ bis 2 wird bei $P/D = 1,0$ ein Drallverlust von 4 bis 6 % ausgewiesen.

Im Bild 4 ist ebendas für den Düsenpropeller wiedergegeben. Der Anteil der Drallenergie ist hier insbesondere bei Schlepffahrt noch etwas höher als beim Propeller ohne Düse.

Ein kleiner Anteil der Drallverluste kann vom Ruder durch das Zusammenwirken im Propulsionskomplex auch bei Anordnungen ohne Leiteinrichtungen zurückgewonnen werden. Wenn Strömungsleitflossen günstig geformt und angeordnet werden, kann der Reibungsverlust der Leiteinrichtung durch eine von ihr erzeugte Vertriebskomponente aufgehoben bzw. sogar ein Schub erzielt werden. Der gewinnbare Anteil von mindestens 2 bis 3 % bei normalen Handelsschiffen ist funktionsbedingt, stabil, reproduzierbar und gilt sowohl für das Modell als auch für das naturgroße Schiff. Infolge der höheren Reynoldszahlen an der Großausführung ist sogar mit einer Erhöhung der im Modellversuch nachgewiesenen Leistungseinsparung zu rechnen.

Der unmittelbare energetische Gewinn erscheint für sich betrachtet zunächst relativ klein. Nennenswert sind aber eine Reihe von positiven Begleiteffekten, die besonders dann wirksam werden können, wenn die drallreduzierenden Einrichtungen vor dem Propeller angeordnet werden. So kann durch Beeinflussung der Zuströ-

mung die Arbeit des Propellers gleichmäßiger über den Umfang gestaltet werden und damit Schwankungen der Flügelkräfte, Schubexzentrizität und Schwingungserregung durch den Propeller vermindert werden. Weiterhin ist eine Befestigung direkt am Schiffskörper und eine einfache Art der Nachrüstung möglich. Die Anordnung vor dem Propeller ermöglicht auch, die eingesetzten Bauteile zur Strömungsumlenkung im wandnahen Bereich des Schiffes zu nutzen, wenn die Grenzschicht dort eine Umkehr der vertikalen Komponenten aufweist. Die darin enthaltenen gewinnbaren Energieanteile werden dann zusätzlich erschlossen.

Zur vollen Nutzung der Möglichkeiten der Leiteinrichtung ist es erforderlich, auch den Propeller an diese Situation anzupassen, wodurch etwa weitere 2 % Leistungseinsparung durch Wirkungsgradverbesserung erzielt werden können.

3. Strömungsbeschreibung am Heck und Auswahl des Flossensystems für zwei konkrete Schiffe

Die Propellerzuströmung kann in Abhängigkeit von der Schiffsförm sehr unterschiedlich sein. Während bei schlanken Schiffen in der Propellerebene in Höhe der Propellerachse über den gesamten Radius oft eine gleichmäßig nach oben und leicht nach innen gerichtete Strömung vorhanden ist, wie z. B. beim Schiff A, einem Vollcontainerschiff mit $C_B = 0,62$, im Bild 5, tritt bei völligeren Schiffen häufig eine Umkehr der Vertikalkomponente der Strömung im wandnahen Bereich auf, wie z. B. beim Schiff B, einem Universalfrachtschiff mit $C_B = 0,69$, die auf einen großräumigen Wirbel auf beiden Schiffsseiten im Mitstromfeld zurückzuführen ist. Für die Ausbildung eines derartigen energiebehalteten Wirbels ist die Spantform und Verdrängungsverteilung im Mittelschiff und Hinterschiff verantwortlich. Durch bauliche Maßnahmen am Hinterschiff, auch durch asymmetrische Hinterschiffe, kann diese Wirbelbildung meist nur geringfügig beeinflusst werden. Die Anordnung von Strömungseinrichtungen am Schiffskörper zur

Drallerzeugung vor dem Propeller ist im Fall des Schiffes B gleichzeitig geeignet, zumindest einen Teil der mit diesem Sekundärwirbel verbundenen Energieverluste zu vermeiden.

Das neu entwickelte SVA-Flossensystem besteht bei seegehenden Einschraubenschiffen aus einfachen tragflügelartig profilierten Flossen, die vor dem Propeller am Schiffskörper angebracht werden. Je nach Charakteristik der schiffsformbedingten Propellerzuströmung kann auf jeder Schiffseite in Höhe der Propellerwelle eine nahezu waagerechte Flosse sowie bei Bedarf auch je eine senkrechte Flosse angeordnet werden. Im einfachsten Falle, wie z. B. beim Schiff A, besteht das Flossensystem nur aus einer waagerechten gewölbten und profilierten Einzelflosse auf der Schiffseite, auf der der Propeller nach oben schlägt, siehe dazu Bild 6. Sie hat die Aufgabe, die nach oben gerichtete, also energetisch "falschdrehende" Strömung, nach unten umzulenken. Auf der anderen Schiffseite besitzt die Strömung über den gesamten Propellerradius von allein die energetisch günstige Richtung.

Wie die Bilder 7 und 8 zeigen, besteht beim Schiff B das Flossensystem aus einer waagerechten Flosse auf der aufschlagenden Propellerseite, durch die die Strömung auf dem gesamten Propellerradius nach unten geleitet wird, und aus einer wesentlich kürzeren Flosse auf der abwärtsschlagenden Seite des Propellers, durch die die in Wandnähe "falsch drehende" Strömung der Grenzschicht nach oben geleitet wird.

Es ist zweckmäßig, so wenig Flossen wie möglich zu verwenden, da sowohl die Optimierung des Systems als auch die technische Realisierung in der Großausführung mit zunehmender Flossenzahl schwieriger wird.

4. Modellversuche

Zur Überprüfung der Wirkungsweise des entwickelten Flossensystems wurden hauptsächlich Propulsionsversuche vorgenommen. Hauptkriterium der Optimierung war die Minimierung der erforderlichen Antriebsleistung unter Beachtung eventueller Nebenwirkungen auf das Schwingungsverhalten. Da bei diesen Propulsionsversuchen Unterschiede im Ein-Prozent-Bereich eindeutig herausgemessen werden sollten, mußte mit besonderer Sorgfalt vorgegangen werden. So wurden grundsätzlich bei jeder Versuchsserie Versuche mit und ohne Flossen unmittelbar hintereinander am gleichen Tag vorgenommen, so daß alle Fehler, die sich durch unterschiedliche Versuchsbedingungen ergeben können, von vornherein ausgeschaltet waren.

In den Bildern 9 und 10 sind für die Schiffe A und B die Messergebnisse der Propulsionsversuche für das jeweils optimale Flossensystem in Form der prozentualen Änderungen der drei Propulsionsmeßwerte Schub, Moment und Drehzahl sowie der daraus berechneten Leistung wiedergegeben, die durch die Flossenwirkung gegenüber dem Schiff ohne Flossen erzielt wurden.

Wir sehen im Bild 9, daß beim Schiff A die erzielte Leistungseinsparung mehr als 2,5 % beträgt. Die Einsparung ist nahezu unabhängig von der Geschwindigkeit. Sie wird im wesentlichen durch eine Drehzahlreduktion von gut 2 % erreicht. Der durch die Flosse unveränderte Schub läßt den Schluß zu, daß durch die Flosse eine Vertriebskraft erzeugt wird, die mindestens so groß ist wie der Eigenwiderstand der Flosse.

Im Bild 10 ist zu sehen, daß beim Schiff B die erzielten Leistungseinsparungen 4 % bis 5 % betragen, sie sind im untersuchten Geschwindigkeitsbereich annähernd stabil. Der Leistungsgewinn wird durch eine vorwiegend vordrallbedingte Drehzahlreduktion von fast 3 % und durch eine ungefähr 2 %ige Verringerung

des Momentes und sogar des Schubes erzielt. Dieses Ergebnis bedeutet, daß die erzielte Leistungseinsparung nicht allein durch die Nutzung des von den Flossen bewirkten Vordralls der Propellerzuströmung erreicht wird, sondern daß beim Schiff B auch eine energetisch günstige Beeinflussung der gesamten Propellerzuströmung erzielt wird, die auf eine zumindestens teilweise Entwirbelung der im Abschnitt 3 beschriebenen Sekundärwirbel des Schiffes B zurückzuführen ist.

Die Bilder 11 und 12 zeigen die Abhängigkeit der ermittelten Meßwertänderungen vom Anstellwinkel der Flossen für beide Schiffe. Es ist zu sehen, daß die Flossenwirkung bei beiden Schiffen relativ unempfindlich gegen kleine Winkeländerungen ist. Das beim Schiff B auf Bild 12 zu erkennende ausgeprägtere Optimum ist sicher auf die komplizierteren Strömungsverhältnisse an diesem Schiff zurückzuführen, wie sie im Abschnitt 3 dargelegt wurden. Bei Winkeländerungen von $\pm 1^\circ$, die im Schiffsbetrieb durch Vertrimmung selten überschritten werden, ist bei beiden Schiffen ein stabiler Gewinn von mehr als 2 % beim Schiff A und mehr als 4 % beim Schiff B vorhanden. Die starke Verringerung des Gewinns bei Vergrößerung des Anstellwinkels ist auf Ablösungserscheinungen zurückzuführen. Bei noch größeren Anstellwinkeln können keine Gewinne mehr erzielt werden.

In den Bildern 13 und 14 sind für beide Schiffe die aus den Propulsionsergebnissen ohne Korrektur berechneten, dem Schiffbauer vertrauten, Propulsionskennziffern Sogziffer, Mitstromziffer und Gütegrad der Anordnung wiedergegeben. Die Sogziffern wurden für das Modell mit und ohne Flossen mit dem Widerstand ohne Flossen und ohne weitere Anhänge berechnet. Die Mitstromziffern wurden jeweils bei Schubidentität in der üblichen Weise, also ohne besondere Berücksichtigung der Vordrallbedingungen, bestimmt.

Beim Schiff A bleibt, wie Bild 13 zeigt, die Sogziffer t infolge des unveränderten Schubes annähernd gleich, während die Mitstromziffer W_T sich durch die Drehzahlreduktion durch die Flosse entsprechend erhöht. Der nicht im Bild dargestellte Gütegrad des Schiffskörpers $\eta_H = (1-t)/(1-W_T)$ wird dadurch in gleichem Maße höher, also besser. Die gute Übereinstimmung der η_R -Werte mit und ohne Flosse sind ein Ergebnis der am Beginn des Abschnitts beschriebenen besonderen Sorgfalt bei der Durchführung der Propulsionsversuche.

Im Bild 14 ist zu sehen, daß beim Schiff B der Einfluß der Flossen auf die Propulsionskennziffern entsprechend der größeren Wirksamkeit der Flossen größer ist. Die Sogziffer t wird infolge der Schubverringering kleiner und die Mitstromziffer W_T infolge der Drehzahlverringering größer. Die η_H -Werte des Modells mit Flossen sind erheblich höher als ohne Flossen. Die η_R -Werte beider Varianten sind, wie beim Schiff A, fast gleich.

Bisher wurden Modellversuche für 4 Seeschiffstypen und ein Binnenschiff durchgeführt. Bei allen Schiffen wurden die prognostizierten Energieeinsparungen in der Größenordnung von 3 % bis 5 % ohne Propelleranpassung erreicht.

5. Realisierung in der Großausführung

Alle in den voranstehenden Abschnitten beschriebenen Ergebnisse und Schlußfolgerungen sind die Ergebnisse von Modellversuchen, die streng genommen natürlich nur für das Modell gelten. Zur Übertragung der Modellversuchsergebnisse auf die Großausführung liegen bisher nur wenig eigene Erfahrungen vor, da die Flossen zum gegenwärtigen Zeitpunkt erst bei einem Hochseeschiff und bei einem Binnenschiff in der Großausführung realisiert worden sind.

Direkte Vergleiche der Ergebnisse von Probefahrtmessungen werden außerdem dadurch erschwert, daß mit und ohne Flossen nur Schwesterschiffe miteinander verglichen werden können, deren Abweichungen

in der Leistungsaufnahme untereinander schon ohne Anbauten größer sein können als die durch Flossenwirkung nachzuweisenden Gewinne. Zudem ist die Genauigkeit der Messungen in der Großausführung wesentlich geringer als bei den Modellversuchen, so daß ein realer Nachweis der Flossenwirkung in der Großausführung nur möglich wäre, wenn das gleiche Schiff mit und ohne Flossensystem unmittelbar hintereinander auf Meilenfahrt gehen würde und außerdem eine Meßtechnik zur Leistungs- und Geschwindigkeitsmessung verwendet würde, die in der Genauigkeit annähernd der Modellversuchs-Meßtechnik entspricht. Diese Forderungen können jedoch zur Zeit aus technischen Gründen und aus Kostengründen nicht erfüllt werden, so daß nur die mehr oder weniger mit subjektiven Einflüssen behafteten Probefahrtergebnisse und -beobachtungen zur Beurteilung der Wirksamkeit des Flossensystems zur Verfügung stehen.

Gegenwärtig liegen Großausführungsmessungen nur für ein 440 kW-Stromschubschiff des VEB Schiffswerft Genthin vor. Mit diesem Schiff wurden bei der Pfahlprobe im untersuchten Drehzahlbereich 3 bis 10 % höhere Trossenzüge gemessen als bei den drei bereits gebauten Schwesterschiffen ohne Leitflossensystem. Nach Aussage des Erprobungsteams, das alle 4 Schiffe der Serie abgenommen hat, zeigte das Schiff mit Flossensystem deutlich weniger Schwingungen, quantitative Messungen dazu liegen noch nicht vor.

Das erste Hochseeschiff mit SVA-Flossensystem ist gegenwärtig in VEB Warnowwerft Warnemünde im Bau.

6. Zusammenfassung

Mit dem vorgestellten neuen SVA-Flossensystem sind bisher für Hochsee- und Binnenschiffe mit üblichen Schubbelastungsgraden Leistungseinsparungen in der Größenordnung bis zu 5 % erschlossen worden. Der aus der unsymmetrischen Vordrallerzeugung ohne Propelleranpassung resultierende Grundgewinn von 2 bis 3 % ist mit dem neuen Flossensystem prinzipiell bei jedem Schiff zu erreichen, wenn die Propellerbelastung hoch genug ist. Dieser Grundgewinn ist ein energetischer Gewinn, der nicht von der Schiffsförmigkeit abhängig ist. Durch Anpassung des Propellers an die Vordrallbedingungen ist ein weiterer energetischer Gewinn bis 2 % möglich.

Die Flossen sind nicht nur für Neubauten geeignet, sondern auch bei bereits im Dienst befindlichen Schiffen nachrüstbar. Bei einer Nachrüstung ohne Propelleranpassung muß in jedem Fall überprüft werden, ob der Propeller bzw. der Antriebskomplex die Verringerung der Drehzahl von 2 bis 3 % verträgt.

Neben der Hauptwirkung des Flossensystems, der Leistungsreduzierung, wird durch die unsymmetrische Flossenordnung eine über dem Umfang gleichmäßigere Propellerbelastung erreicht, so daß Druckimpulserregung, Schubexzentrizität und wahrscheinlich auch die Kavitationsanfälligkeit gleichzeitig günstig beeinflußt werden. Weiterhin eröffnet die gezielte Beeinflussung des Strömungsfeldes vor dem Propeller neue Möglichkeiten für den Entwurf optimaler Propulsionsysteme.

Die bisher vorliegenden Probefahrtergebnisse lassen erkennen, daß die in Modellversuchen ermittelten Verbesserungen der Propulsion auch in der Großausführung wirksam werden.

7. Zeichenerklärung

C_{Th}	- Schubbelastungsgrad des Propellers	$8 \cdot T / \rho V_A^2 \pi \cdot D^2$
D	- Propellerdurchmesser	m
J	- Fortschrittsgrad	V_A / nD
n	- Drehzahl	1/s
Δn	- Differenz der Drehzahl	%
P_D	- Wellenleistung am Propeller	kW
ΔP_D	- Differenz der Wellenleistung	%
P/D	- Steigungsverhältnis des Propellers	-
Q	- Propellerdrehmoment	Nm
ΔQ	- Differenz des Propellerdrehmomentes	%
R_T	- Gesamtwiderstand	N
T	- Propellerschub	N
ΔT	- Differenz des Propellerschubes	%
t	- Sogziffer	$(T - R_T) / T$
V	- Schiffsgeschwindigkeit	kn
	Modellgeschwindigkeit	m/s
V_A	- Fortschrittsgeschwindigkeit des Propellers	$V(1 - W_T)$ m/s
V_T	- tangentielle Geschwindigkeitskomponente	m/s
W_T	- Mitstromziffer	$(V - V_A) / V$
Δ	- Differenz zwischen Meßwerten	%
ζ_H	- Gütegrad des Schiffskörpers	$(1 - t) / (1 - W_T)$
ζ_R	- Gütegrad der Anordnung	-
ρ	- Dichte des Wassers	kg/m ³

8. Literatur

- [1] Wagner, R.
Rückblick und Ausblick auf die Entwicklung des Contra-
propellers
Jahrbuch der STG, Berlin, 1929, Bd. 30 S. 195 ... 256
- [2] Herner, H.; Rusch, K.
Die Theorie des Schiffes
6. Auflage, Leipzig 1952
- [3] Schneekluth, H.
Entwerfen von Schiffen
3. Auflage, Herford 1985
- [4] Poehls, H.
Möglichkeiten und Beispiele für energiesparende Schiffs-
projektierung
Schiffbauforschung Sonderheft Band 2, 23. Jahrgang 1984
- [5] Schmidt-Stiebitz, H.; Luthra, G.
Untersuchung der Beeinflussung des Schiffs-Antriebsleistungs-
Bedarfs durch Leitflächen, die den Reibungsmittstrom sammeln
105. Mitteilung der VBD - Duisburg
Hansa, 107. Jahrgang, Nr. 18, 1970
- [6] Luthra, G.
Verbesserung des Schiffsvortriebs von Einschraubenschiffen
durch Leitflächen im Propellerzustrom
Bericht Nr. 1093 der VBD - Duisburg 1984 (unveröffentlicht)
- [7] Dyne, G.
Ship Propulsion Improvement - Principles and Survey of
Alternative Propulsion Systems
8. School "Ship Design for Fuel Economy", Gothenburg 1983

- [8] Bessublik, O.; Bushin, G.; Punson, J.; Fisum, W.
Neue Leitflügel-Konstruktion (in russisch)
Morskoi flot 1986, No. 4
- [9] -
Der Grothues-Spoiler als weiterer Beitrag zur Verbesserung
der Propulsionseigenschaften von Einschrauben-Schiffen
Hansa, 121. Jahrgang, Nr. 10, 1984
- [10] Gadd, G. E.
Flow-Deflectors - A Cure for Vibration
The Naval Architect, No. 6, 1980
- [11] Alte, R.; Baur, M.
Propulsion
Handbuch der Werften, 18. Band, Hamburg 1986
- [12] Lewis, F.; Peters, H.-E.
Power Savings through a Novel Fin System
15. Session, Proceedings Part I, Varna, 1986

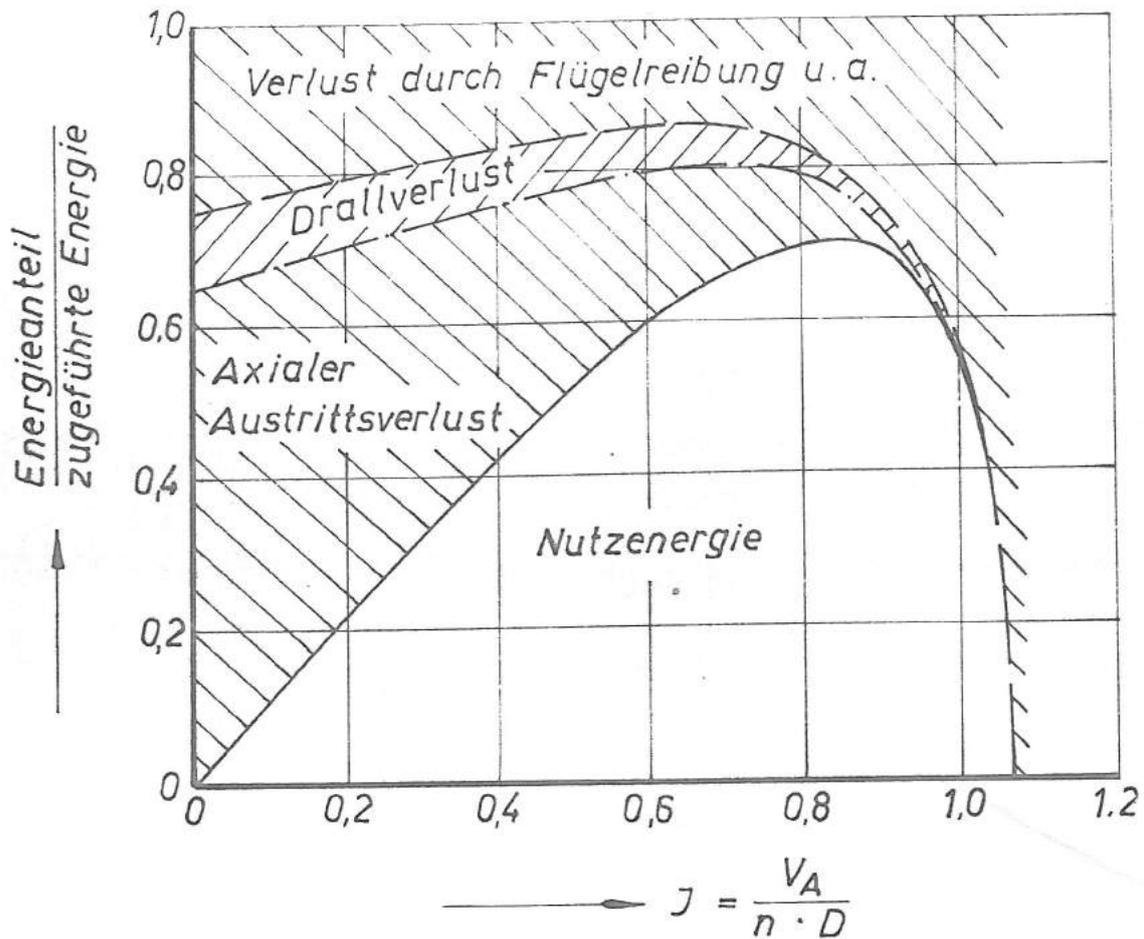


Bild 1

Aufteilung der zugeführten Energie in Nutzenergie und Verlustanteile für einen freifahrenden Propeller Wageningen B 4.55 mit $P/D = 1,0$.

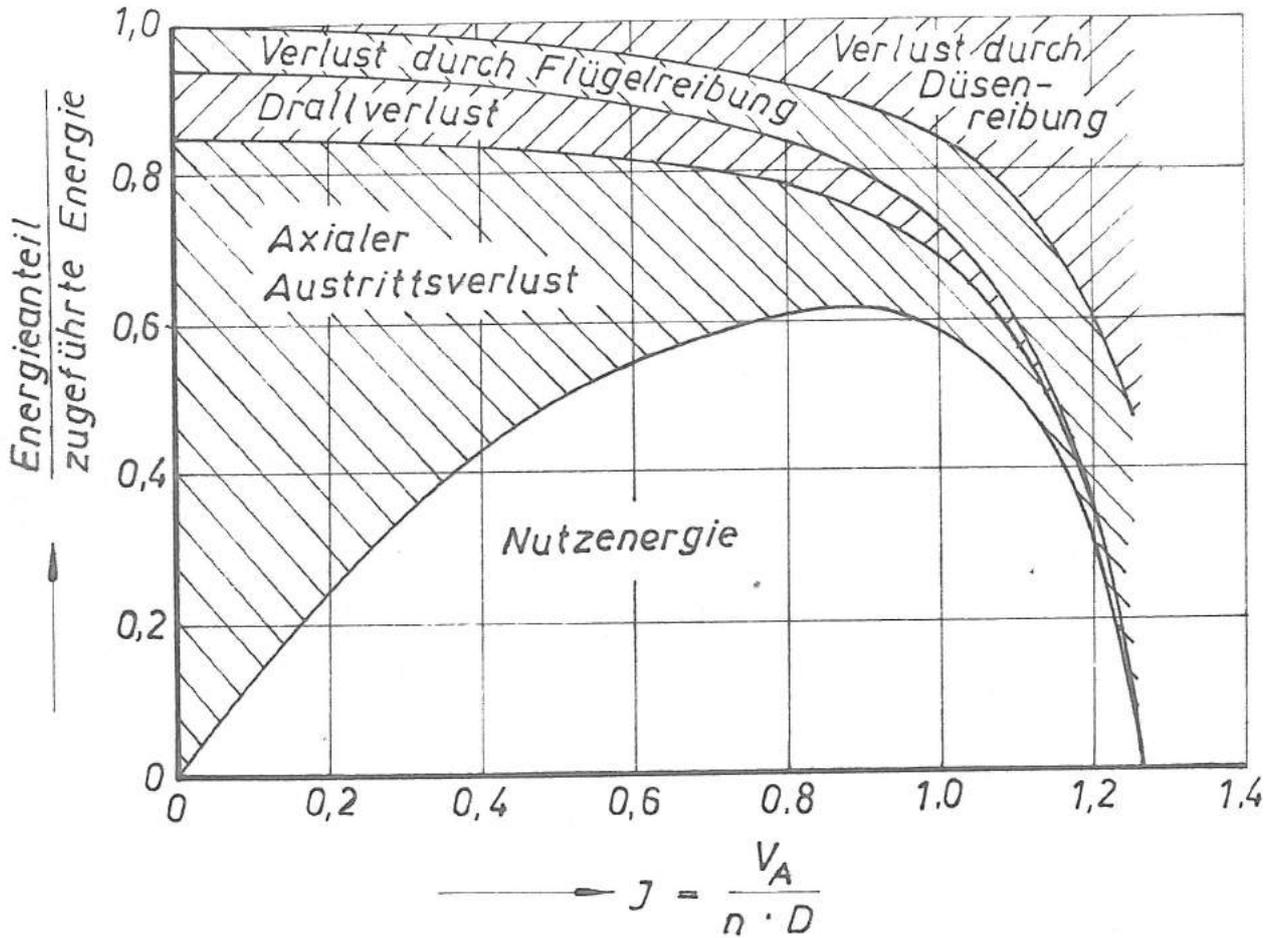


Bild 2

Aufteilung der zugeführten Energie in Nutzenergie und Verlustanteile für einen Düsenpropeller mit $P/D = 1,48$.

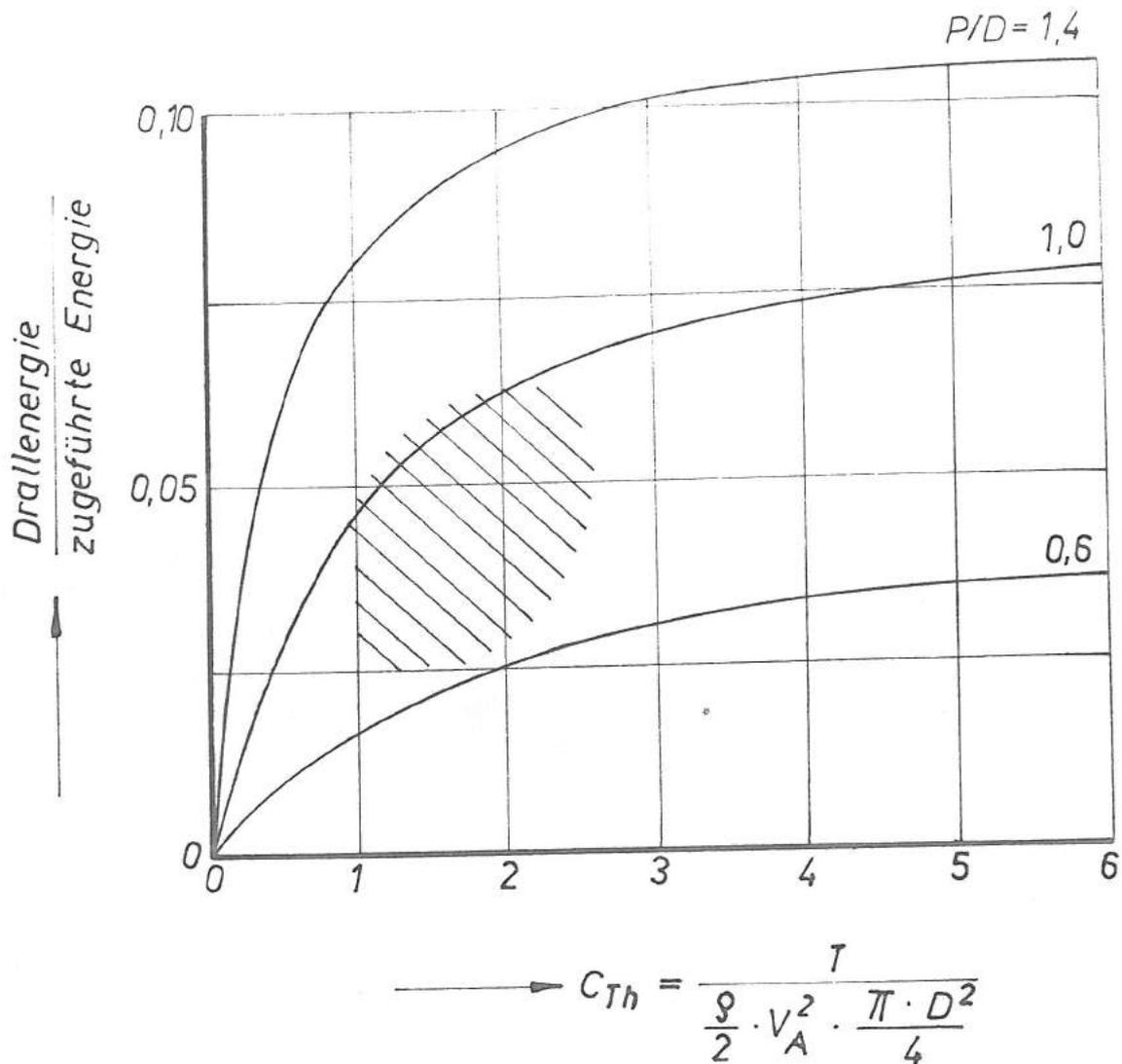
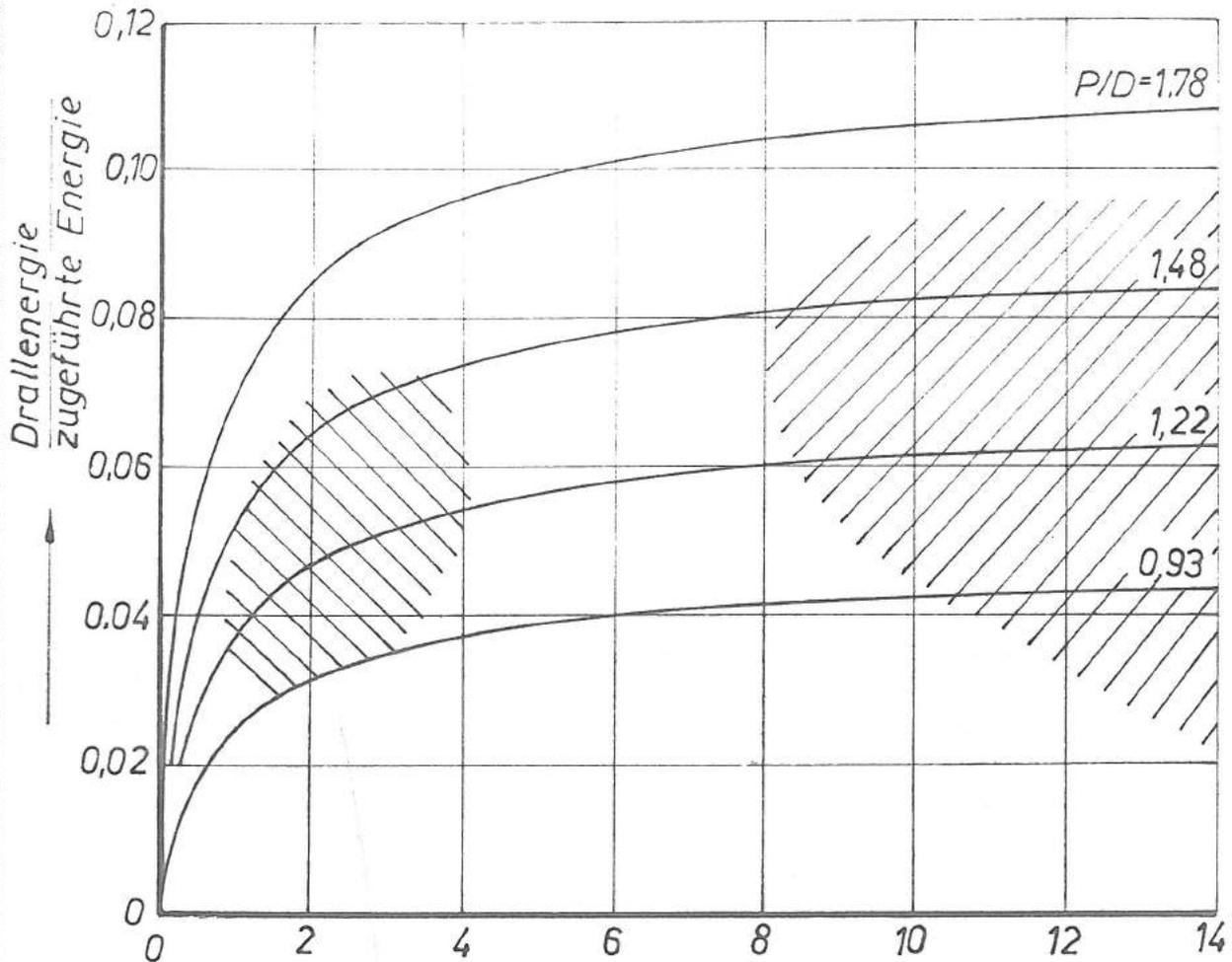


Bild 3

Drallverlust von Schiffspropellern Wageningen
B 4.55 in Abhängigkeit vom Schubbelastungsgrad
 C_{Th} und dem Steigungsverhältnis P/D.

Schraffierter Bereich:

Arbeitsbereich normaler Einschrauben-Frachtschiffe



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

Bild 4

Drallverlust von Düsenpropellern in Abhängigkeit vom Schubbelastungsgrad C_{Th} und dem Steigungsverhältnis P/D .

Schraffierter Bereich:

links: Arbeitsbereich bei freifahrendem Schiff

rechts: Arbeitsbereich beim Schleppen

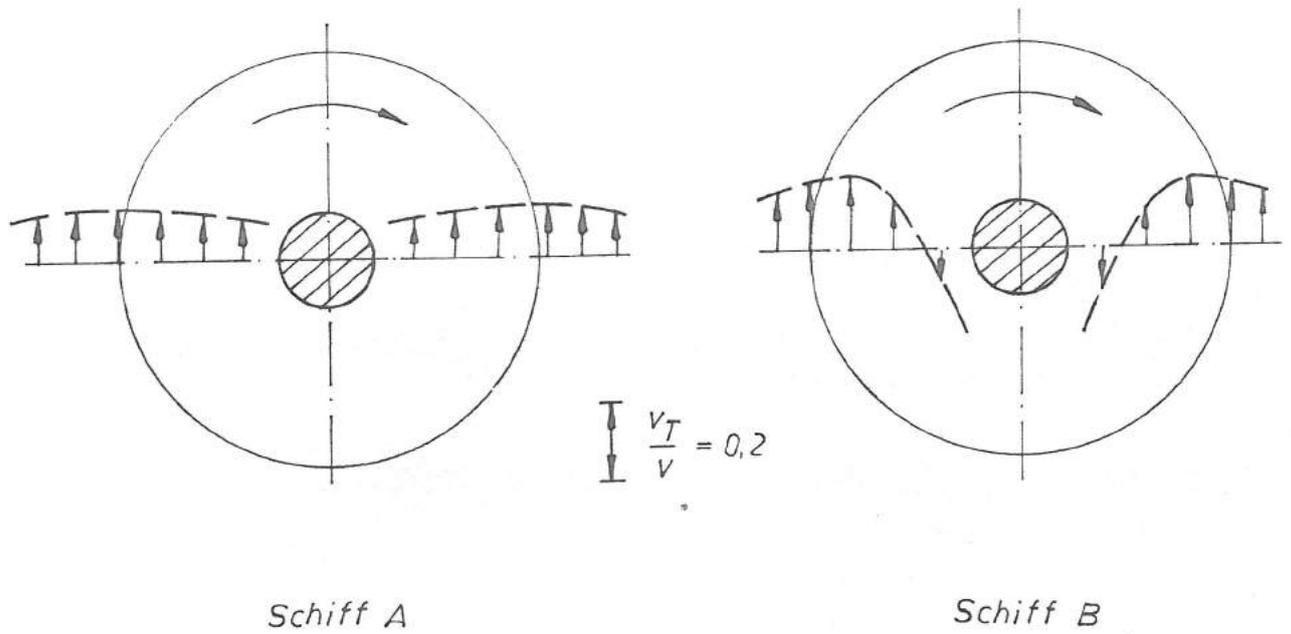


Bild 5

Tangentiale Geschwindigkeitskomponenten
in der Propellerebene

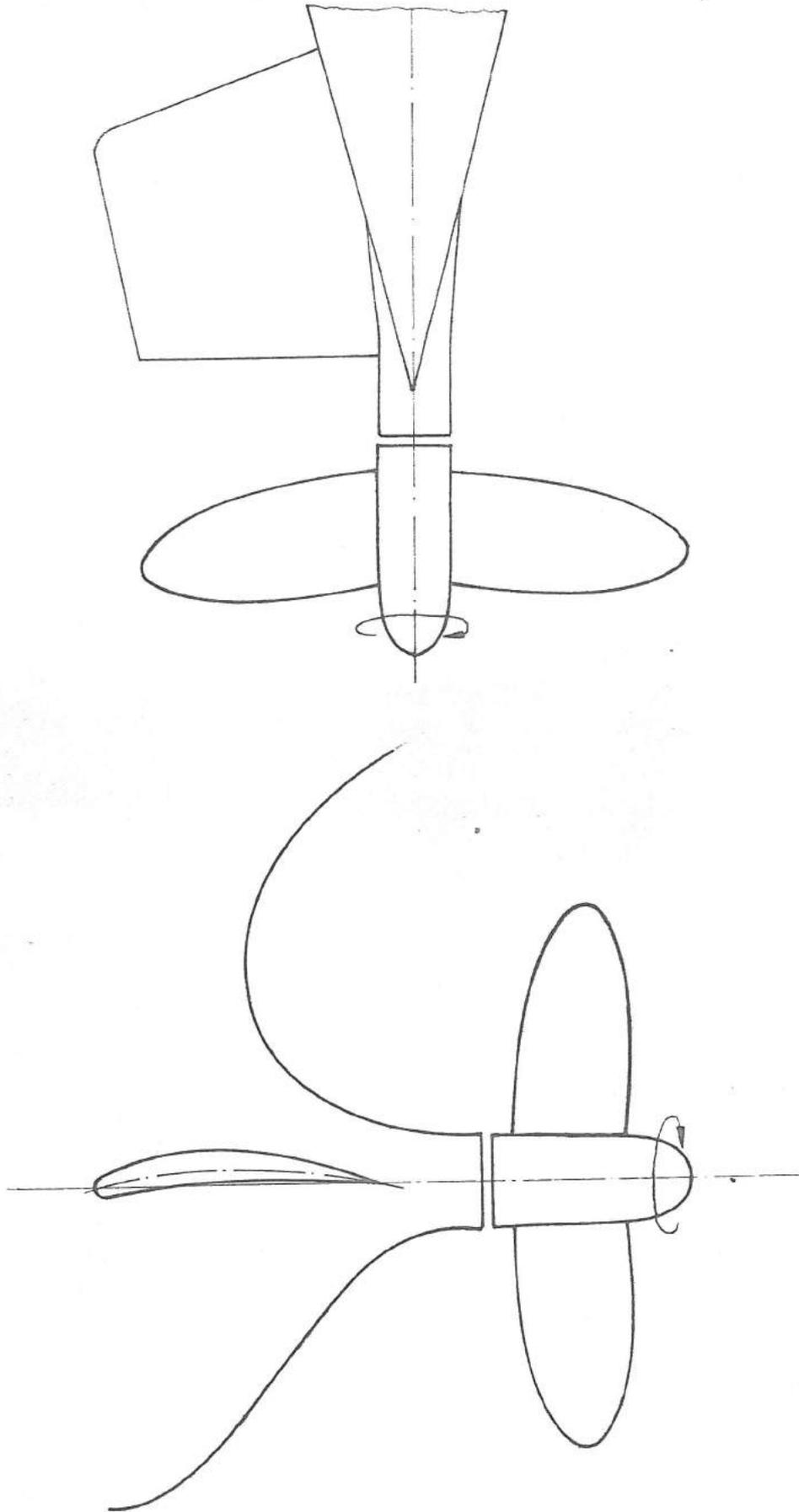
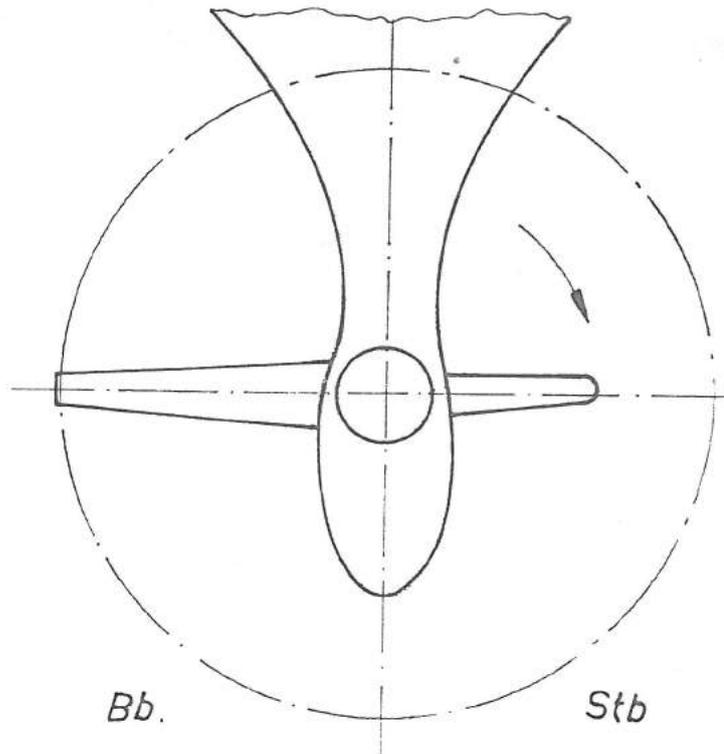
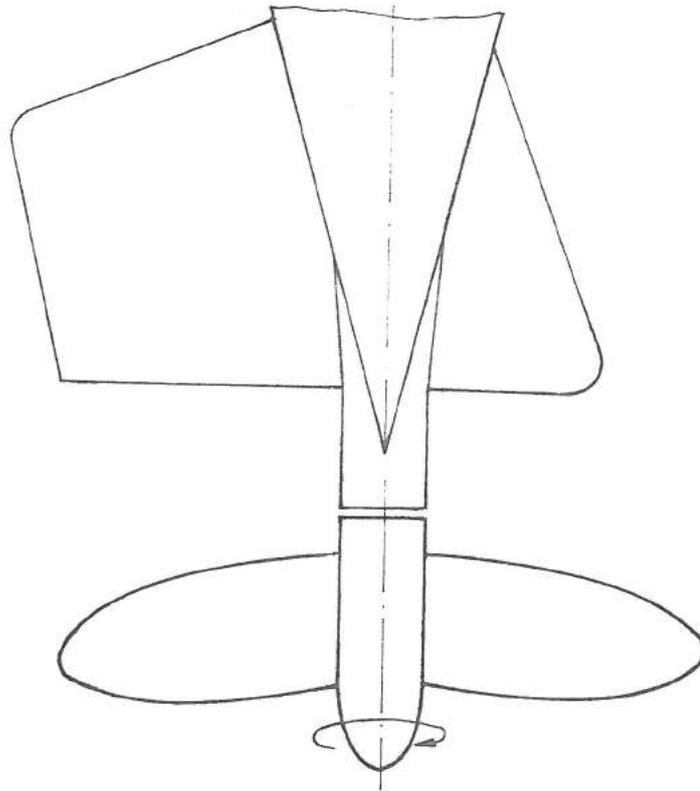


Bild 6

Leitflosse am Schiff A



Bb.

Stb

Bild 7

Leitflossen - System
am Schiff B

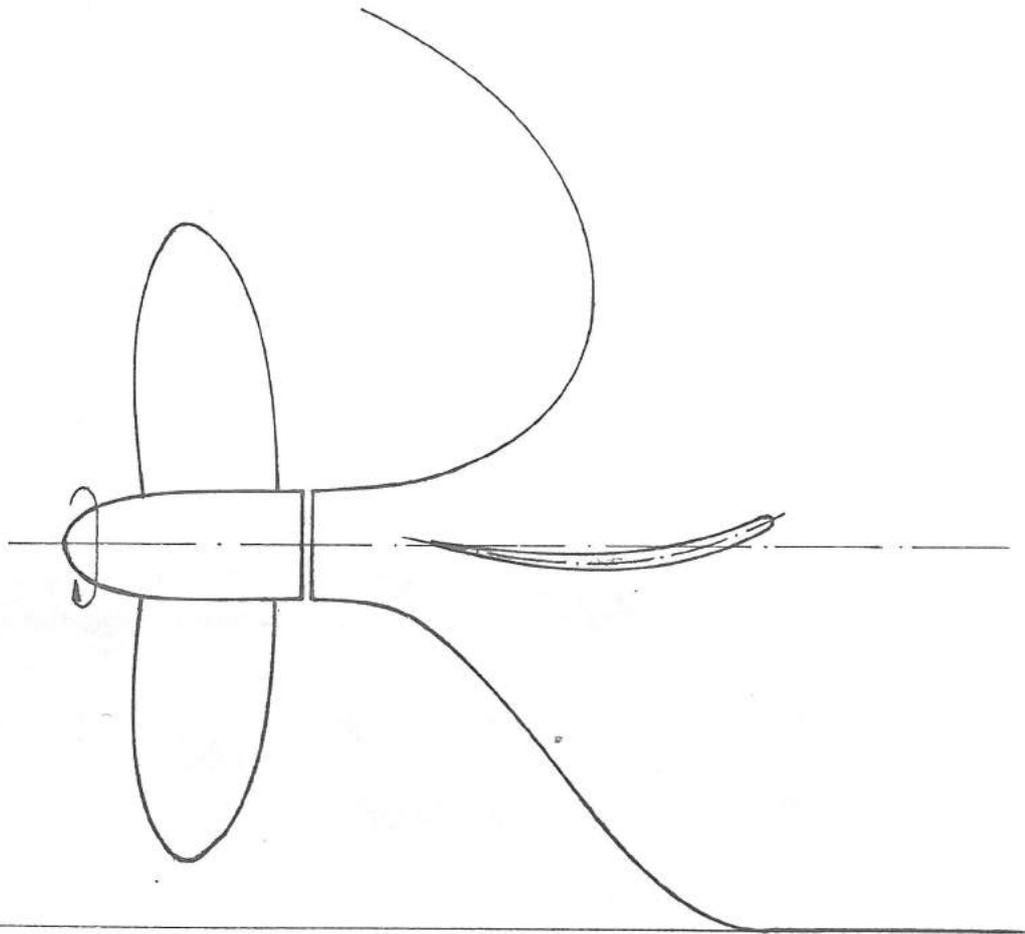


Bild 8

Steuerbord - Leitflosse
am Schiff B

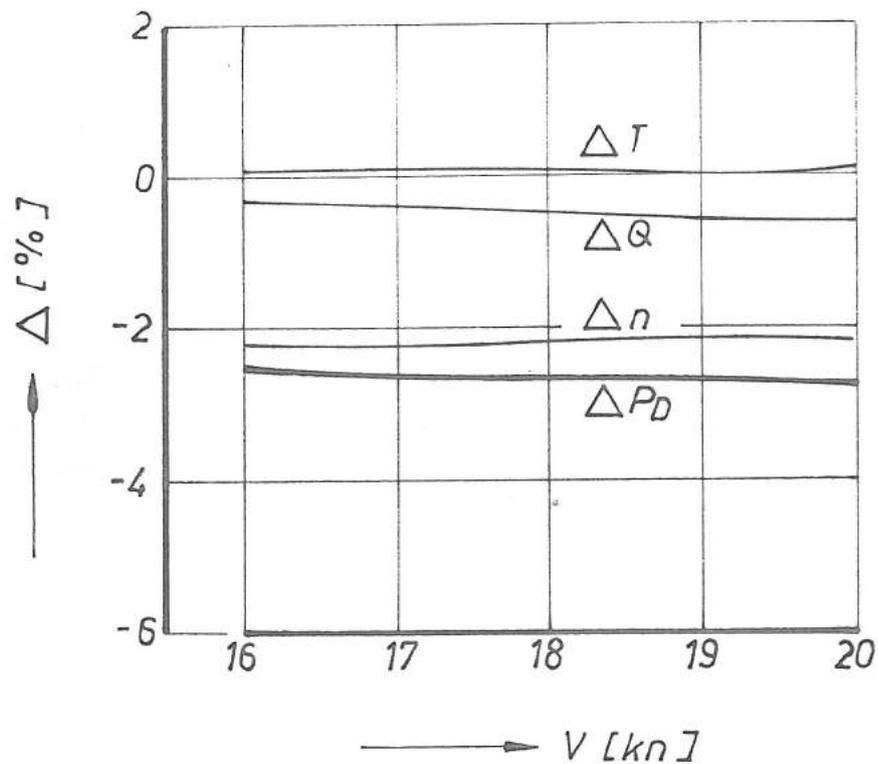


Bild 9

Schiff A

Einfluß der Leitflosse auf die
Propulsions - Meßwerte

Schub , Moment , Drehzahl und Leistung

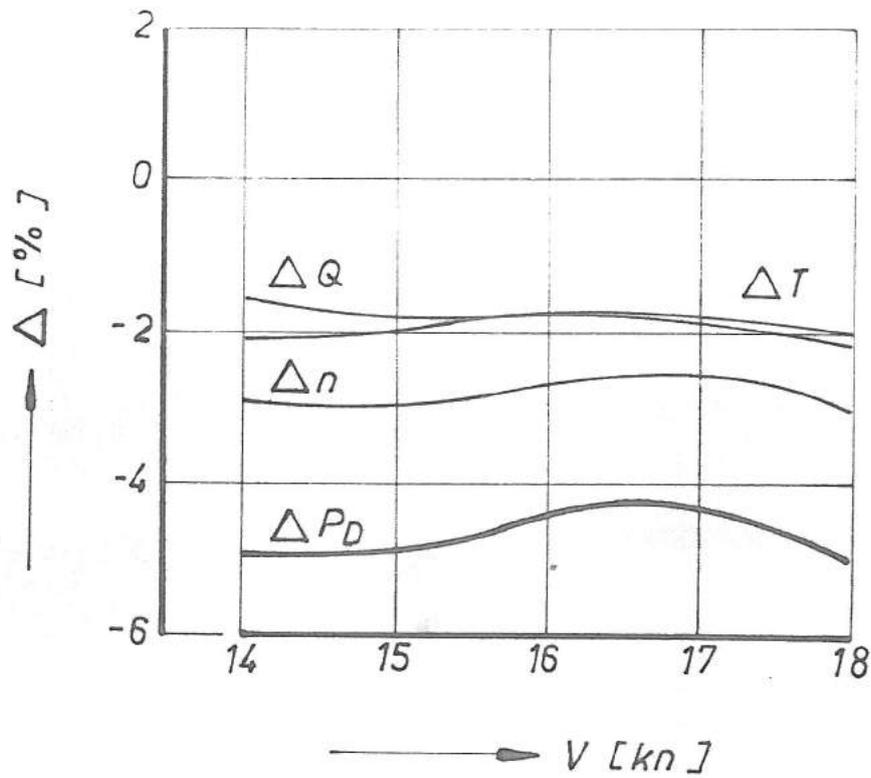


Bild 10

Schiff B

Einfluß der Leitflosse auf die
Propulsions-Meßwerte

Schub , Moment , Drehzahl und Leistung

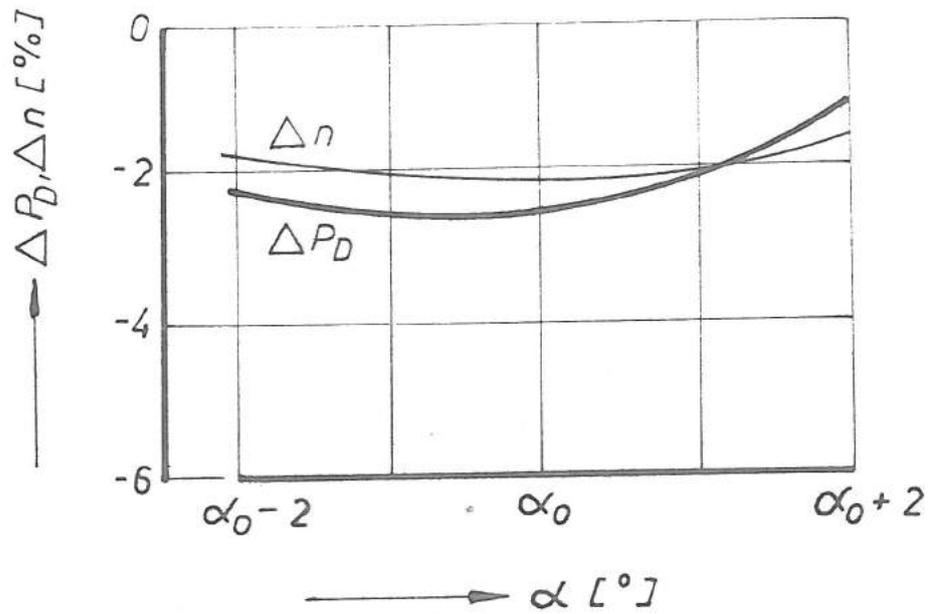


Bild 11

Schiff A

Einfluß des Anstellwinkels der
Backbord - Flosse auf Leistung
und Drehzahl

$V = 18 \text{ kn}$

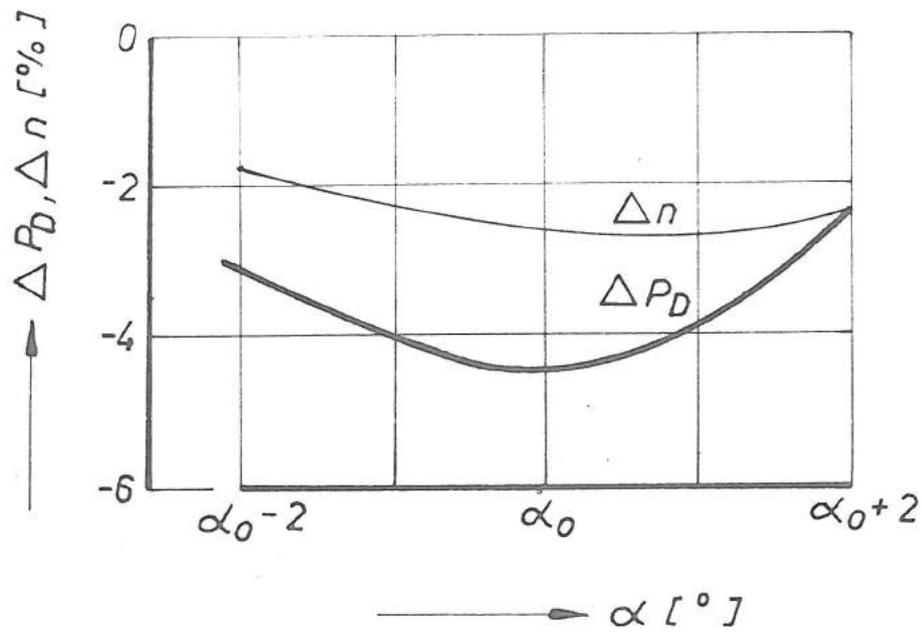


Bild 12

Schiff B

Einfluß des Anstellwinkels der
Backbord-Flosse auf Leistung
und Drehzahl

$V = 16 \text{ kn}$

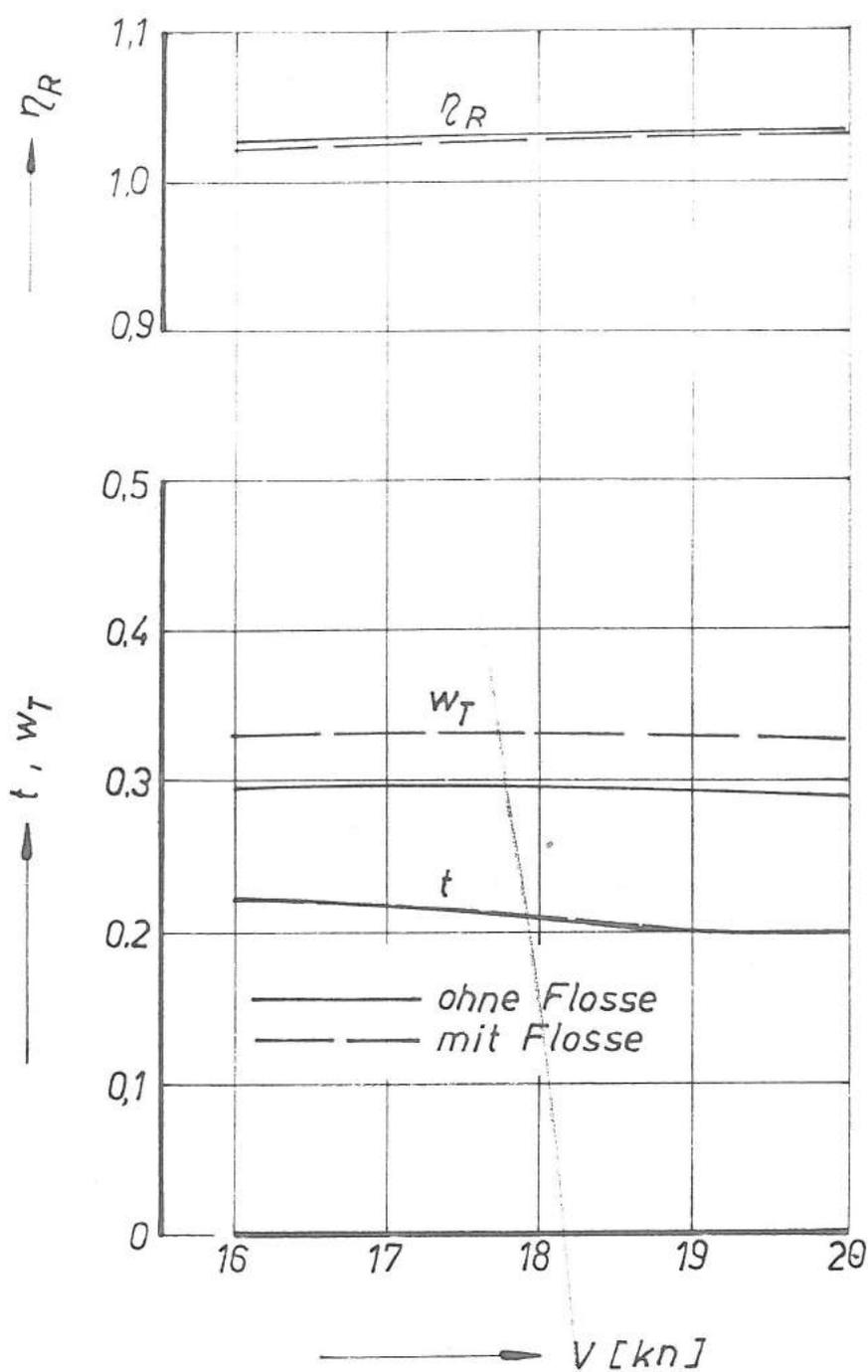


Bild 13

Schiff A

Propulsionskennziffern ohne und
mit Flosse

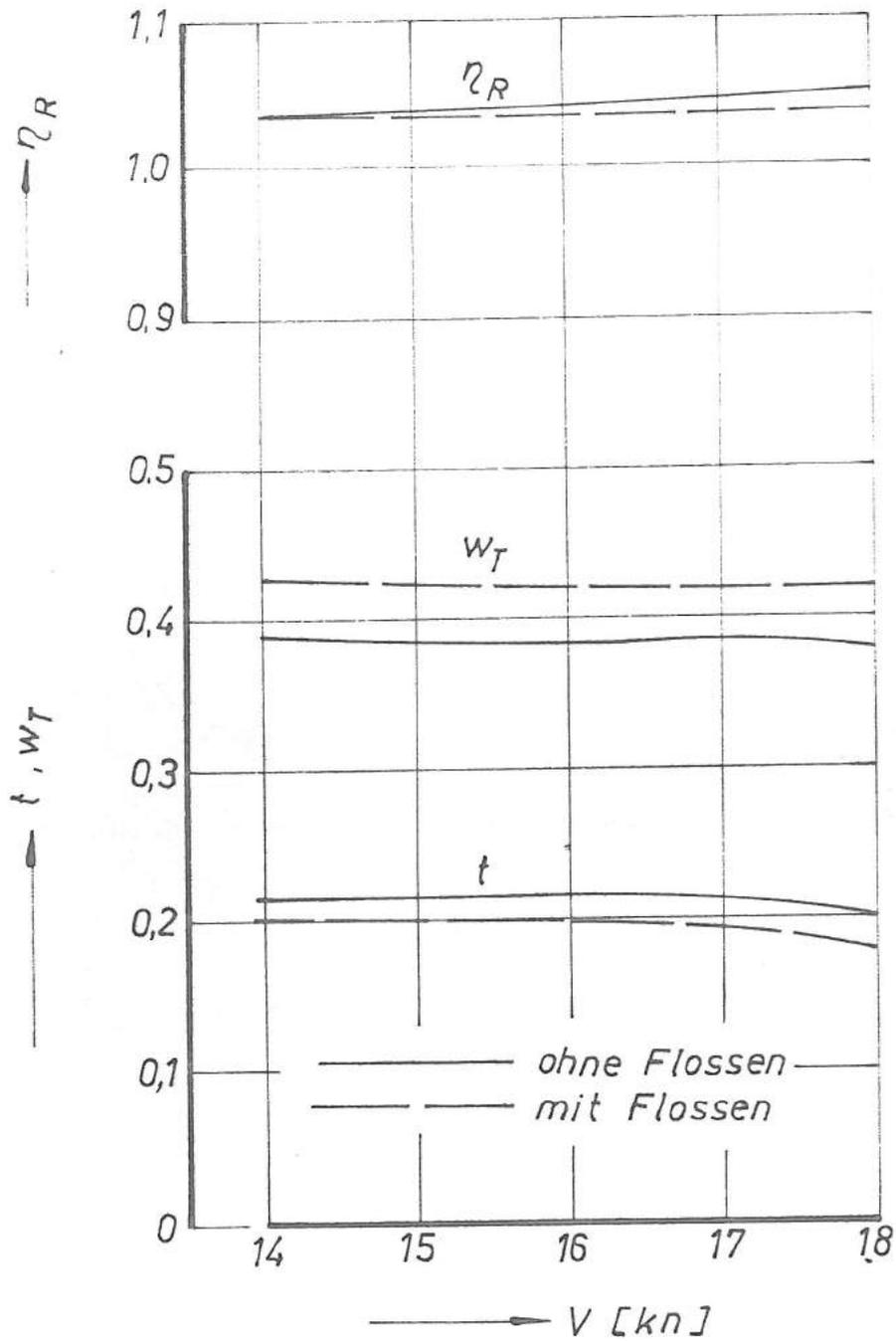


Bild 14

Schiff B

Propulsionskennziffern ohne und
mit Flossen