# SCHIFFBAUFORSCHUNG

WISSENSCHAFTLICH - TECHNISCHE MITTEILUNGEN

Herausgegeben vom VEB Kombinat Schiffbau, Rostock in Zusammenarbeit mit der Sektion Schiffstechnik der Wilhelm - Pieck - Universität, Rostock

Sonderheft

Internationales Rostocker Schiffstechnisches Symposium

1989

Fortschritte der Schiffstechnik in Theorie-Experiment-Praxis

3. bis 6. Oktober 1989 in Rostock an der Sektion Schiffstechnik

Band 1: Schiffsprojektierung und Schiffskonstrüktion

Verlag:

VEB Kombinat Schiffbau Doberaner Str. 110/111

Rostock 2500

Tel.: 368 246 Telex: 081 279

Redakteur:

Karla Apitz

Druckgenehmigung: C 876/89

Druck:

PGH Film und Bild, Berlin

Bestellungen für dieses Sonderheft sind ausschließlich an folgende Anschrift zu richten:

Wilhelm-Pieck-Universität Rostock Sektion Schiffstechnik Albert-Einstein-Straße 1 Rostock 1 2500

Manuskript gedruckt Als

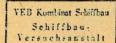
## BREAKRUNGUNGEN BEIM EINSATZ DES SVA-LUITFLOSGEU-SYSTE'S FUER DEN SCHIFFSTYP "SATURN"

Dr.-Ing. Hans-Erhard Peters und Dipl.-Ing. Friedrich Newis VEB Schiffswerft "Neptun" Stammbetrieb des VEB Kombinat Schiffbau Schiffbau-Versuchsanstält 1572 Potsdam-Bornim

#### 1. Einleitung

In den letzten Jahren wurde in der Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam (SVA) in Zusammenarbeit mit dem Institut fuer Mechanik der AdW ein Stroemungsleitflossen-System entwickelt, daszur Verbesserung der Propulsionseigenschaften von Schiffen geeignet ist. Die erarbeitete Loesung hat sowohl die direkte Senkung von Endrgieverlusten als auch die Verbesserung der Propellerzustroemung zum Ziel.

Senkung von Energieverlusten wird durch die Anordnung von Stroemungsleitflossen vor dem Propeller zur Vordrallerdamit zur Senkung der Brallverluste zeugung und erzielt. Bild 1 veranschaulicht Propellerstrahl Groessenordnung der Drallverluste fuer normale Handelsschiffe nach [1]. Die Anordnung der relativ kompakten Leitflossen in einer Ebene vor dem Propeller ermoeglicht es auch, vertikale Stroemungskomponenten in der Grenzschicht an der Schillswand in eine energetisch guenstige Richtung umzulenken und die entsprechenden Energieverluste erheblich zu verringern. Damit koennen Leitflossen ohne Aenderung des Propellers die Antriebsenergie um 2 - 6 % reduzieren. Leitflossensystem und Propeller realisieren das Wirkprinzip des Contra-Propellers. Bei entsprechender Optimierung des Gesamtsystems ergeben sich daraus fuer den Propeller weitere energetische Vorteile von 2 - 3 % der Antriebsenergie.





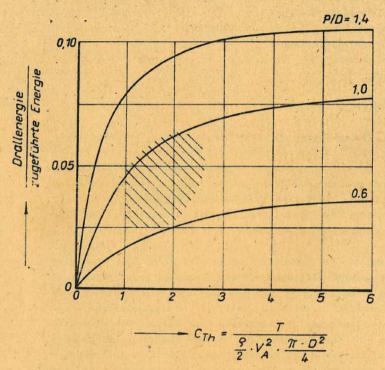


Bild 1

Drallverlust von Schiffspropellern Wageningen B 4.55 in Abhängigkeit vom Schubbelastungsgrad C<sub>Th</sub> und dem Steigungsverhältnis P/D

Schraffierter Bereich: Arbeitsbereich normaler Einschrauben-Frachtschiffe Es wird eingeschaetzt, dass mit dem Leitflossensystem grundsaetzlich ein Energiegewinn von 4 - 8 5 bei jedem Schiff gegenueber der Anordnung des Propellers allein erzielbar ist. Dabei wachsen die Einsparungen mit dem Schubbelastungsgrad und mit dem Steigungsverhaeltnis des Propellers und mit der Intensitaet vertikaler Grenzschichtkomponenten im Nachstromfeld.

Ein besonderer Vorteil der Leitflossenanordnung vor dem Propeller beruht auf positiven Nebeneffekten zur Zustrombeeinflussung wie gleichmaessigere Propellerbelastung in Umfangsrichtung, Abbau von Schubexzentrizitaet und Senkung der Schwingungserregung durch den Propeller.

Die grundlegenden Ueberlegungen zur Entwicklung des SVAFlossensystems wurden in einem Vortrag anlaesslich des Internationalen Rostocker Schiffstechnischen Symposium 1937
[1] dargelegt. In der Zwischenzeit wurde das Flossensystem
in der Grossausfuehrung am Schiffstyp "Saturn" des VEB Warnowwerft Warnemuende an insgesamt drei Schiffen realisiert.
Der vorliegende Beitrag befasst sich mit Erfahrungen beim
Einsatz der Stroemungsleitflossen sowie mit dem Vergleich
der Modellversuchsergebnisse mit den Probefahrtergebnissen.

## 2. Hauptabmessungen des Schiffes

Bine ausfuehrliche Beschreibung des Containerschiffes "Saturn" ist in [2] gegeben. Im nachfolgenden sind die wichtigsten technischen Hauptdaten zusammengefasst:

Laenge ueber alles	174,20	m
Laenge zwischen den Loten	163,85	m
Breite auf Spanten	25,40	m
Hoehe bis Hauptdeck	15,90	m
Freibordtiefgang von Okk	10,40	
Spezifikationstiefgang	9,60	m
Tragfaehigkeit bei T = 9,60 m	16 760	t
Containerkapazitaet	1 166	TEU

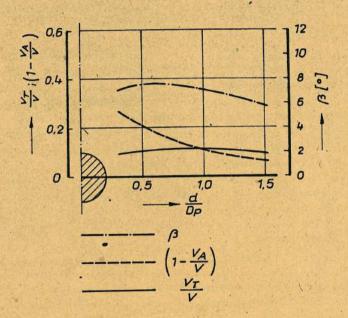
Typ der Hauptmaschine Hennleistung (100 B) Henndrehaahl Propallerdurchmesser K33270/125 BL 12 160 kM f 130 U/min 5,70 m

 3. Entwurf und Beschreibung der Leitflossen fuer Modell und Schiff

Die Grundlage fuer den Entwurf des Flossensystems fuer ein konkretes Schiff ist neben Propellerbelastung und -steigung das Machstromfeld des Schiffsmodells. Da die Flossen in horizontaler Lage vor dem Propeller in Hoehe der Propellerwelle angeordnet werden sollen, wird zum Entwurf das Nachstromfeld in diesem Gebiet des Propellerkreises herangezogen. Auf Bild 2 sind die tangentiale und die axiale Komponente des Machstroms sowie der daraus resultierende Anstroemwinkel in der 3 Uhr- bzw. 9 Uhr-Stellung der Propellerebene des Schiffsmodells ohne Flosse wiedergegeben.

Im Gegensatz zu den meisten gegenwaertig gebauten Schiffsformen ist beim vorliegenden Schiff die tangentiale Komponente V<sub>q</sub>/V ueber den gesamten Propellerradius nach oben
gerichtet. Ber Anstroemwinkel ist ueber den Propellerradius nahezu konstant, er betraegt ca 7°. Das Flossensystem
kann dadurch besonders einfach ausgefuehrt werden, im konkreten Fall in Form won einer in der Eintrittskante unverwundenen Flosse auf der Backbord-Seite des Schiffes, auf der
der Propeller nach oben schlaegt.

Die geometrischen Parameter der Flosse wurden aus Schubbelastungsgrad und Konstruktionsdaten des Propellers und aus der Wechselwirkung zwischen Leiteinrichtung und Propeller bestimmt und in Kontrollversuchen bestaetigt. Aus technologischen Gruenden wurde die Modellflosse in Form einer Kreisbogenschaufel mit Sprozentiger Woelbung, runder Eintrittskante und scharfer Austrittskante ausgefuehrt. Der optimale geometrische Anstellwinkel der Flosse liegt zwischen 0° und



## Bild 2

Komponenten der Nachstromverteilung und Anströmwinkel ß in der 3-Uhr und 9-Uhr-Stellung der Propellerebene beim Modell ohne Flosse -10, siehe dazu auch Bild 4.

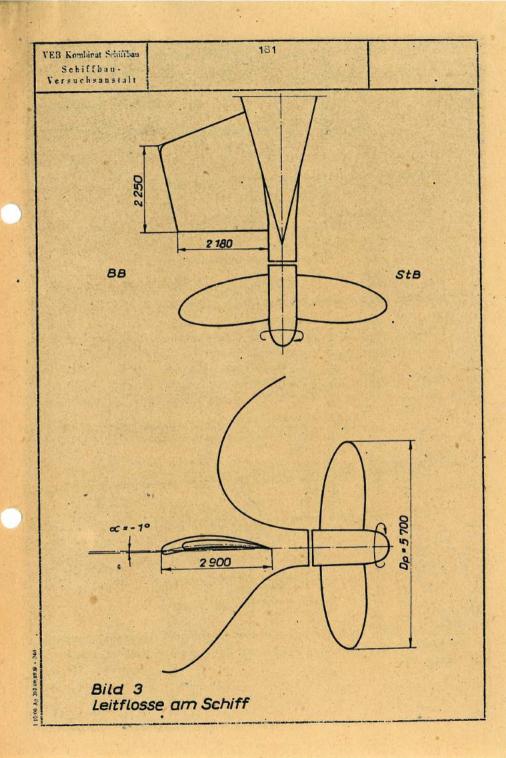
Bild 3 zeigt die Anordnung der Flosse am Schiff. Der Flossenquerschnitt ist profiliert ausgefuehrt. Hit Ruecksicht zuf die Aenderung des Anstroemwinkels bei der Uebertragung vom Modell zur Grossausfuehrung wurde der Anstellwinkel der Flosse am Schiff auf  $\alpha = -1^\circ$  festgelegt.

Eine Optimierung des Propellers entsprechend den Vordrallbedingungen konnte nicht vorgesehen werden; da zum Zeitpunkt der Entscheidung bereits die Rohlinge vorlagen. Im Rahmen der Gusstöleranzen konnte nur eine geringfuegige Korrektur zur Anpassung des Betriebspunktes erfolgen. Das Steigungsverhaeltnis wurde um 0,4 % und das Flaechenverhaeltnis um 2,1 % reduziert. Weitergehende Aenderungen in Steigungsverlauf und Fluegelumriss waren nicht moeglich, so dass die moegliche Energieeinsparung des Gesamtsystems nicht ausgeschoepft werden konnte. Der durch die vorgenommene Propelleranpassung erzielte zusaetzliche Gewinn wurde in [4] mit 0,4 % der Leistung ausgewiesen.

## 4. Modellversuchsergebnisse

Die Wirksamkeit der Flosse wurde ausschliesslich mit Hilfe von Propulsionsversuchen nachgewiesen. Hauptkriterium der Optimierung war die Verringerung der erforderlichen Antriebsleistung.

Im Bild 4 ist die Abhaengigkeit der erzielten Leistungseinsparung sowie Drehzahlreduktion vom Anstellwinkel der Flosse fuer V = 18 km nach [3] dargestellt. Diese Darstellung zeigt, dass die Wirkung der Flosse bei Anstellwinkeln im Bereich  $\alpha$  = -2° bis  $\alpha$  = +1° wenig vom Anstellwinkel ab-



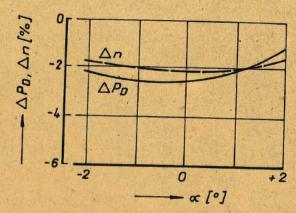


Bild 4. Modell - Einfluß des Anstellwinkels der Flosse auf Leistung und Drehzehl bei V = 18 kn T = 9,60 m, gleichlastig

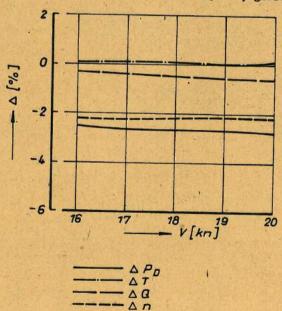


Bild 5. Modell - Einfluß der Leitflosse auf die Propulsions-Meßwerte Schub, Moment, Drehzahl und Leistung, T = 9,60 m, gleichlestig

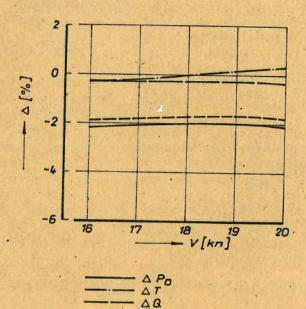
haengt. Brst bei einem Anstellwinkel  $\alpha > 1^\circ$  tritt eine deutliche Verringerung der erzielten Leistungseinsparung bzw. Drehzahlreduktion auf.

den Bildern 5 und 6 sind fuer zwei untersuchte Tiefgaenge, den Konstruktionstiefgang T = 9,60 m und den Ballasttiefgang T = 5,90 m, 1,70 m hecklastig, die im Modellversuch mit einem Flossen-Anstellwinkel  $\alpha = 0^{\circ}$  erzielten Messwertaenderungen dargestellt. Der geringere Gewinn beim Ballasttiefgang entspricht der geringeren Schubbelastung des Propellers. Die Leistungseinsparung resultiert zum ueberwiegenden Teil aus der vordrallbedingten Brehzahlreduktion von etwa 2 %. Bei beiden Tiefgaengen ist eine geringfuegige Verringerung des gemessenen Propellerdrehmomentes zu verzeichnen, waehrend der Propellerschub praktisch unvernendert gegenueber dem Modell ohne Flosse bleibt. Das heisst, dass an der Flosse weder Abloesungserscheinungen aufgetreten sind, die sich als Schuberhoehung gezeigt haetten, noch dass zusaetzliche Effekte aus Energierueckgewinnung durch Ordnen der Propellerzustroemung aufgetreten sind, die sich durch Verringerung des erforderlichen Homentes und Schubes ausgedrueckt haetten.

Bei Schiffsmodellen mit U-Spantcharakter, die hneufig eine Umkehr der vertikalen Grenzschichtkomponenten des Propellerzustromes aufweisen, tritt dieser Effekt der Schub- und Momentenreduktion auf. Die bei derartigen Schiffmodellen mit dem SVA-Flossensystem erzielten Einsparungen liegen zwischen 4 % und 6 % der Antriebsleistung.

## 5. Nachweis der Jirksamkeit an der Grossausfuehrung

Fuer den Fachmann ist von vornherein klar, dass sich Leistungsunterschiede von 2 % bis 3 % durch Probefahrtmessungen an zwei Schwester schiffen nicht eindeutig nachweisen lassen. Auch eine Langzeit-Auswertung des Brennstoffverbrauches



An

## Bild 6 Modell

Einfluß der Leitflosse auf die Propulsions - Meßwerte Schub, Moment , Drehzahl und Leistung

T = 5,90 m , 1.7 m hecklastig

im Fahrbetrieb laesst kaum eindeutige Aussagen erwarten, weil fuer Schwesterschiffe diesbezuegliche Unterschiede von 5 % als durchaus normal gelten.

Die Ursachen fuer diese relativ grossen Differenzen sind vielfaeltiger Natur, hier seien nur einige wichtige aufgezaehlt:

- Unterschiede in der Bauausfuehrung von Schiff und Propeller
- Unterschiede in der Anstrichguete oder im Anstrichsystem des Schiffskoerpers
- Unterschiede im spezifischen Verbrauch der Maschinenanlage
- Unterschiede in den Fahrtbedingungen
- Unterschiede in den Messbedingungen.

Um trotzdem einen grundsaetzlichen Nachweis der Wirksamkeit der Flosse am Schiff zu erbringen und systematische Messwerte zu gewinnen, wurden zwei unabhaengige Wege beschritten:

- quantitativer Nachweis durch erweiterte Probefahrtmessungen von zwei Schwesterschiffen unter moeglichst aehnlichen Bedingungen
- quelitativer Nachweis durch Stroemungsbeobachtungen an der Schiffsflosse.

Die Neilenfahrten wurden jeweils bei 5 Fahrstufen (n = 130; 122; 115; 105; 80 U/min) vorgenommen, so dass der Leistungsbedarf in Abhaengigkeit von der Drehzahl bzw. Geschwindigkeit vorliegt.

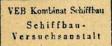
Die beiden Probefahrten sind in einem Abstand von fast genau einen Jahr auf der Messmeile vor Kuchlungsborn durchgefuehrt worden. Die Probefahrtbedingungen waren weitgehend uebereinstimmend.

- gleiches Anstrichsystem (SPA)
- fast uebereinstimmende Stapellauftermine, Werftliegeseit und Probefahrt-Termine, damit aehnlicher Aussenhautzustand
- nahezu gleiche, gute Wetterbedingungen (Windstaerke 2, Seegang 1)

Ein zu beachtender Unterschied besteht allerdings in der Propellerauslegung zur Anpassung des Betriebspunktes auf die Vordrallbedingungen, wie sie im Abschnitt 3 beschrieben wurde.

Somit kann das Eintreffen der prognostizierten Vordrallwirkung, also das Erreichen des Betriebspunktes bei beiden Schiffen, als Bestaetigung der Wirksankeit der Flosse angesehen werden.

Im Bild 7 sind deshalb die prognostizierten Fahrdingramme (dicke Linien) fuer beide Varianten und die unter Probefahrtbedingungen erreichten Fahrdingramme (Messpunkte und duenne Linien) gegenwebergestellt. Auf die Darstellung der Leistung wurde in diesem Diagramm verzichtet, da die Linien fuer beide Faelle nahezu uebereinander liegen, also gleiche Leistungsaufnahme bei gleicher Drehzahl vorliegt. Bild 7 weist eine kaum erwartete Uebereinstimmung zwischen Probefahrt und Rechnung auf, die allerdings mit Rueoksicht auf die am Beginn des Abschnittes erwachnte Streuung von Probefahrtergebnissen nicht ueberbewertet werden sollte. Andererseits kann aber aus diesen Ergebnissen die Schlussfolgerung gezogen werden, dass zumindest beim Vergleich dieser beiden Schiffe die Funktion der Leitflosse in der Grossausfuehrung eindeutig bestaetigt wurde.





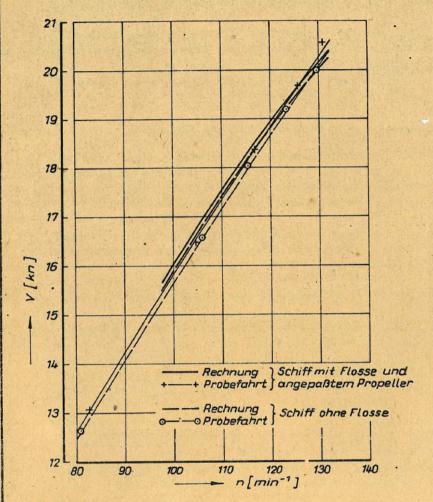


Bild 7

Fahrdiagramm V = f (n) Vergleich der Berechnungsergebnisse mit den Probefahrtergebnissen

Probefahrtbedingungen: T= 5,90 m , 1,7 m hecklastig

Im Bild 8 sind die Probefahrtergebnisse (Leistung und Drehzahl) von beiden Schiffen in Abhaengigkeit von der Geschwindigkeit wiederzegeben. In allen 5 Fahrstufen liegen die Nesswerte des Schiffes mit Flosse eindeutig energetisch besser als die des Schiffes ohne Flosse. Die Leistungseinsparung betraegt im gesamten Geschwindigkeitsbereich 2 % bis 3 %, siehe dazu auch Bild 9. Der erzielte Geschwindigkeitsgewinn ist groesser als 0,1 km.

### 5.2. Stroemungsbeobachtungen an der Leitflosse

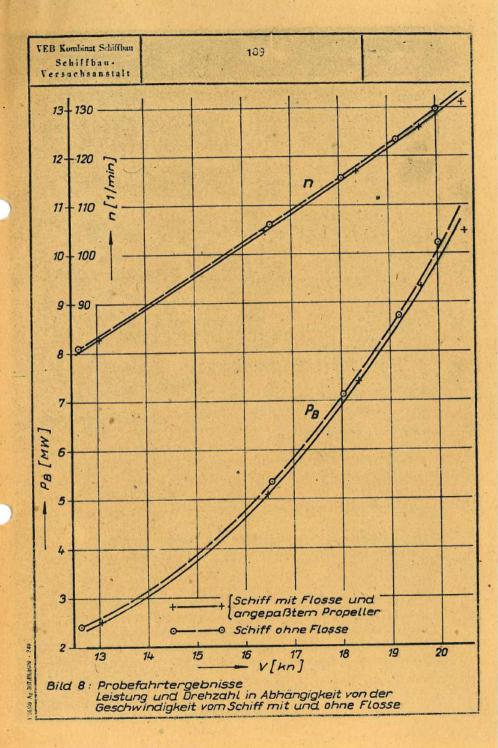
Zum qualitativen Nachweis der Wirksamkeit der Leitflosse wurden an der Leitflosse des 1. Schiffes mit Flosse Stroemungsbeobachtungen durchgefuehrt. Hit den visuellen Stroemungsbeobachtungen wurden zwei Ziele angestrebt:

- Nachweis der Abloesungsfreiheit auf der Saugseite (Oberseite der Flosse) und damit Nachweis der Wirksamkeit der Leitflosse.
- Ermittlung der Stroemungsrichtung auf der Saugseite

Um die Stroemung sichtbar zu machen, wurde die Flossenoberseite kurz vor dem Stapellauf mit ca. 120 weissen und gelben Faeden (Laerge ca. 20 cm) beklebt. Zum Schutz der Faeden war die Flosse waehrend der Werftliegezeit am Ausruestungskai mit einer Plane abgedeckt, die unmittelbar vor der Probefahrt entfernt wurde.

Die Beobachtungen erfolgten durch zwei Fenster (Bullaugen), die direkt oberhalb der Flosse in die Aussenhaut fuer die Zeit der Probefahrt eingelassen waren. Der Abstand der Fenster zur Flosse betrug 6,40 m bzw. 6,80 m.

Das Schiff musste wachrend der Probefahrt extrem hecklastig vertrimmt werden, um die Fenster unter Wasser zu bringen. Der Tiefgang am hinteren Lot betrug dabei ca. 3,60 bei 4,60 m hecklastiger Vertrimmung.



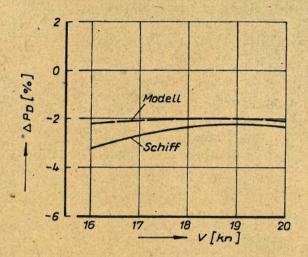


Bild 9. Durch Leitflosse erzielte Leistungseinsparung in Modellversuch und Probefahrt T = 5,90 m, 1,7 m hecklastig

Infolge der Truebung des Ostseewassers und nicht ausreichender Beleuchtung war die Beobachtung der Stroemungsfaedchen schwieriger als erwartet.

Bei Geschwindigkeiten weber 15 km war infolge von Luftblasen im Wasser die Flosse nicht mehr zu erkennen.

Die folgenden Beobachtungen wurden gemacht (V < 15 km):

- die Stroemung lag auf ca. 90 % der Flossenoberseite an, lediglich die letzte Faedchenreihe war zeitweise verwirbelt.
- die Stroemungsrichtung auf der Flossenoberseite ist praktisch parallel zur Aussenhaut. Nur in der Haehe des freien Endes der Flosse ist die Stroemung leicht nach aussen gerichtet bzw. unruhig, was auf die Umstroemung der Flossenspitze zurueckzufuehren ist.

Das wichtigste Ergebnis der Beobachtungen ist der Nachweis der Abloesungsfreiheit auf der Flossensaugseite selbst unter den vorliegenden extremen Trimmbedingungen und Geegang. Dieser Nachweis laesst den Schluss zu, dass die Leitflosse funktionstuechtig war.

#### 6. Zusammenfassung

Das in der Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam entwickelte Stroemungsleitflossen-System wurde am Containerschiff des Typs "Saturn" in der Grossausfuehrung erstmals realisiert. Wegen des besonders einfachen Mitstromfeldes dieses Schiffen, ist auch das Flossensystem besonders einfach, es besteht im konkreten Fall aus nur einer Leitflosse auf der Backbordseite des Schiffes, auf der der Propeller nach oben schlagst.

Die im Modellversuch ausgewiesenen Leistungseinsparungen von ca. 3 % im Konstruktionstiefgang und ca. 2 % im Probefahrttiefgang berühen im wesentlichen auf der Reduzierung der Drehzahl infolge des von der Flosse erzeugten Vordralls im Propellerzustrom. Um den Betriebspunkt des Propellers zu erreichen, wurde der Propeller fuer das Schiff mit Flosse den Vordrallbedingungen angepasst.

Als Ergebnis der erweiterten Probefahrtmessungen wird die Richtigkeit dieser Anpassung nachgewiesen sowie fuer den gesamten Geschwindigkeitsbereich ein um 2 % bis 3 % geringerer Leistungsbedarf des Schiffes mit Flosse fuer den Ballasttiefgang festgestellt. Die Beobachtung der Stroemung auf der Flossenoberseite hat den Nachweis erbracht, dass die Flosse am Schiff abloesungsfrei arbeitet und somit funktionstuechtig ist.

#### 7. Literatur

- [1] Mewis, P.; Peters, H.-E.
  Verbesserung der Propulsion durch ein neuartiges Leitflossen-System
  Schiffbauforschung Sonderheft "Internationales Rostokker Schiffstechnisches Symposium 1987" Band 2
- [2] Autorenkollektiv
  1165-TEU-Vollcontainerschiff Typ "Saturn"
  Seewirtschaft 20 (1988) Heft 2
- [3] Mewis, F.

  Entwicklung einer Stroemungsleitflosse fuer den Schiffstyp "Saturn"

  SVA-Bericht Nr. 1612, Potsdam 1986 (unveroeffentlicht)
- [4] Wagner, K.

  Fahrdiagramme fuer das VCS "Saturn" ohne und mit Vordrallflossen

  DMR-Sach Nr. 90.000-2212, 1986 (unveroeffentlicht)
- [5] Peters, H.-E.
  Information zur Wirkung der SVA-Leitflosse bei der
  Probefahrt von MS "Otto Grotewohl"
  SVA-Bericht Nr. 1742, Berlin 1988 (unveroeffentlicht)