

Einfluß der Hauptspantform auf den Drehkreis von Flachwasserschiffen

Dipl.-Ing. H. Schmidt-Stiebitz, Aachen

13. Veröffentlichung der Versuchsanstalt für Binnenschiffbau Duisburg — Institut an der Technischen Hochschule Aachen


1.0 Einführung

Im Forschungsbericht Nr. 476 des Landes Nordrhein-Westfalen „Einfluß der Hinterschiffsformen auf das Manövrieren von Schiffen auf flachem Wasser“ war ein maßgebender Einfluß der Unterbodenströmung auf das Drehkreisverhalten herausgefunden worden, der es zur Ermittlung bestimmender Formparameter notwendig erscheinen ließ, Modelle mit möglichst langem, parallelem Mittelschiff und dabei verschiedenen, extremen Hauptspantformen unter verschiedenen Flachwasserbedingungen zu messen. Es sind dabei andere wichtige Einflußgrößen wie Völligkeit, Lateralplan und Schwerpunktlage konstant gehalten worden.

Es wird über Drehkreisfahrten berichtet, deren Ergebnis noch durch Schräg- und Querschleppfahrten zu vervollständigen ist.

Die Mittel für die Untersuchung sind in dankenswerter Weise von der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Verfügung gestellt worden*).

2.0 Planung der Versuche

	konstant	veränderlich	Werte
Kanal	Manövriereich		25 x 25 m
Modelle	Länge Breite M 112 M 113 M 114 M 115		L = 3000 mm B = 600 mm 5-Werte siehe Modell- daten S. M. 1 L' = 2750 mm
	Hauptspantform über Mittelschiffslänge L' (parallel) Hauptspant wie M 113, δ wie M 112 u. 114 Lateralplan für M 112 bis 115 Schwerpunktlage		± 0,17 % L
Turbulenz-erzeuger	keine		
Anhänge	1 Einflächen-Balance-Ruder Größe u. Anordnung		F = 0,041 m ²
Propuls-Organ	1 Schraubenpropeller		z = 4 rechtsdrehend D = 114 mm H/D = 0,990 Fa/F = 0,575
Antrieb	E-Motor gespeist von Batterie		6 Volt
Leistung	Soll-Drehzahl bei all. Versuchen		n = 900 U/min
Flachwasser-verhältnis	je Wasserhöhe	3 Wasserhöhen 2 Tiefgänge	260, 470 u. 1000 mm 135 u. 155 mm
Drehkreis-fahrten aus dem 3 m breit. Kanal in d. Manövriereich 25 x 25 m um die Mittelsäule herum	freie Geradeausfahrt Ruderlegen bei M 112, 113 durch FT-Fernsteuerung bei M 114, 115 selbsttätig durch Sekundenkontaktauhr, 1 Drehkreis, n = 900 U/min, vor der Fahrt eingeregelt	v Anfang ≈ 0,9 m/s	β = 0° β = 40° backb. durch 4 Zieffernrohre fortlaufend angepeilt, Peilung mittels Potentiom. v. Oszillograph aufgezeichnet

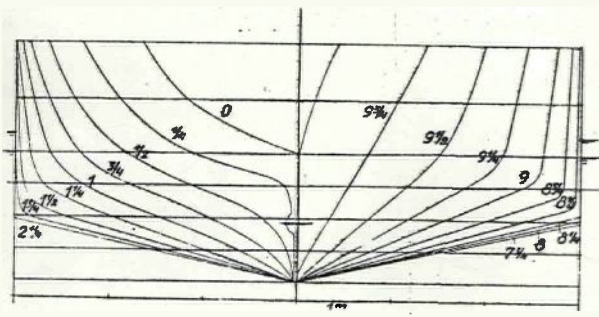


Bild 1

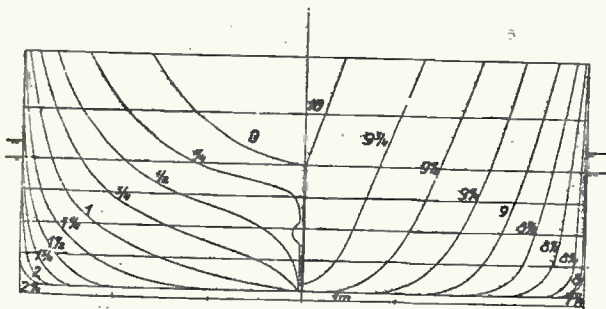


Bild 2

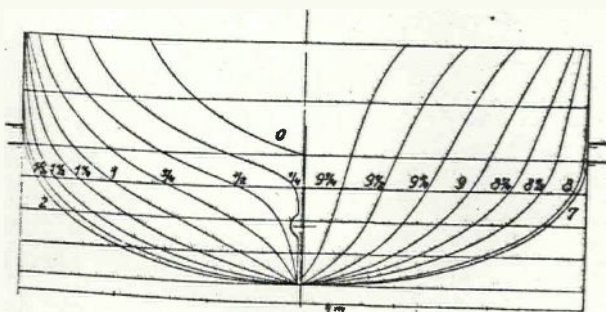


Bild 3

* Prof. Dipl.-Ing. W. Sturtzel, dem Leiter der Versuchsanstalt für Binnenschiffbau, Duisburg, ist der Verfasser für die gewährte Hilfe bei der Untersuchung, wie insbesondere für die Ergänzung der Modellvarianten durch den Rechteckquerschnitt mit gleichem Völligkeitsgrad, M 115, Dank schuldig.

Modelldaten

M 112 bis 115

L = 5000 mm; B = 600 mm; Ruder Ben. Oberfl. = 0,082 m²

M. Nr.	T _g mm	V dcm ²	Θ vor ⚡ % v. L. W. L.	Oberfl. o. Anh. m ²	δ	β	α	Länge der parallel. Mittelsch. mm
112	135	257,08	0,24	3,351	0,635	0,759	0,896	2750
	155	311,34	0,12	3,570	0,660	0,790	0,896	2750
113	135	338,27	0,49	3,706	0,825	0,996	0,893	2750
	155	391,16	0,32	3,918	0,831	0,997	0,904	2750
114	135	257,60	0,24	3,105	0,636	0,785	0,861	2750
	155	310,10	0,02	3,330	0,658	0,813	0,876	2750
115	135	258,50	0,36	3,095	0,638	0,996	0,770	0
	155	314,00	0,20	3,325	0,666	0,997	0,774	0

3.0 Durchführung der Versuche

3.1 Modellausführung

3.11 Schiffskörper

Nachdem im Forschungsbericht Nr. 476 des Landes Nordrhein-Westfalen [1] der Einfluß verschiedener Hinterschiffen auf das Steuern von Flachwasserschiffen untersucht worden ist, sollte als Weiterführung im vorliegenden Programm die Auswirkung von Formveränderungen an dem bei Binnenschiffen meist verhältnismäßig langen, parallelen Mittelschiff auf den Drehkreis gemessen werden. Wegen des zu erwartenden maßgeblichen Einflusses von Geschwindigkeitsumsetzungen an dem von den Stromlinien schräg geschnittenen Mittelschiff wurden drei extreme Querschnitte gewählt:

1. Geradlinige Aufkimmung bis zu halbem Tiefgang, M 112 (Bild 1),
2. Rechteckquerschnitt mit wenig gerundeter Kimm, M 113 (Bild 2),
3. Vollkommen eckenloser, rein elliptischer Querschnitt, M 114, (Bild 3).

Da gleiche prismatische Mittelschiffslänge Voraussetzung war, ließen sich gleichende, die Masse verkörpernde Parameter des Völligkeitsgrades nur für die Modelle 112 und 114 einhalten, während beim Modell 113 der Wert je nach Tiefgang um 26 bis 30% überschritten wurde. Es wurde deswegen zur Vervollständigung der zu gewinnenden Ergebnisse ein weiteres Modell gefertigt:

4. mit Rechteckquerschnitt des Hauptspantes und mit einem den Modellen 112 und 114 gleichenden Völligkeitsgrad M 115 (Bild 5).

Alle Modelle wiesen den gleichen Lateralplan und gleiche Verdrängungsschwerpunktlage auf.

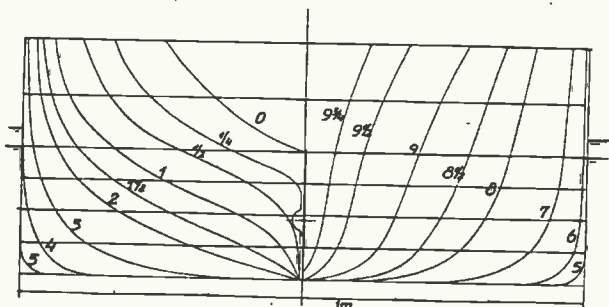
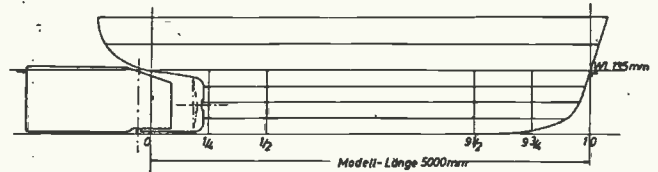


Bild 4

3.12 Anhänge

Als Ruder wurde ein Einfächenruder mit 22prozentigem Ausgleich (Bild 5) gewählt, das nach gerader Anlaufahrt bis 40° ausgelenkt und während des eingeleiteten Drehkreises dort am Anschlag festgehalten wurde.

Der Propeller entspricht dem beim obengenannten Bericht [1] verwendeten. Die Drehzahl wurde gegenüber früher wegen



Modelle M 112 bis 115 Längsschnitt

Bild 5

des 10° größeren Ruderausschlags um 100 U/min auf 900 U/min erhöht.

3.13 Antrieb und Steuerung

Antriebsanlage und Fernsteuerung ist bereits im früheren Bericht [1] eingehend beschrieben und hier in der gleichen Ausführung benutzt worden. Lediglich wegen eines nicht so schnell zu beschaffenden Ersatzteils für die Fernsteuerungsanlage wurde bei den Versuchen mit den Modellen 114 und 115 zum Ein- und Ausschalten des Fahrmotors und zum Ruderlegen eine Sekundenkontaktuhr in Verbindung mit einem Folgeschalter-Relais vorgesehen. Dazu muß der Zeitpunkt des Ruderlegens sehr genau vorausbestimmt werden, um Berührungen des Modells mit der Mittelsäule oder den Tankwänden zu vermeiden. Die Veränderungsmöglichkeit in der Wahl des Zeitpunktes bestand bei der Anlage in Stufen von 3 Sekunden und hat sich als ausreichend erwiesen. Nachteilig gegenüber der Fernsteuerung war das von Hand vorzunehmende Wiedereinfangen des Modells nach dem jeweiligen Drehkreis von dem Tankrad aus.

3.2 Peilverfahren und Auswertung

Das bei der früheren Untersuchung [1] erstmalig entwickelte Peilverfahren schien für weitere Messungen im Hinblick auf einen höheren Grad der Genauigkeit und Meßdichte verbesserungsbedürftig zu sein. Die Schnittpeilung vom Tankrand aus wurde beibehalten. Die bisher eingesetzte Beobachterzahl wurde von zwei auf vier erhöht. Dadurch braucht der einzelne Peiler nicht mehr die beiden Masten auf Vor- und Hinterschiff abwechselnd anzupeilen, sondern kann ein- und denselben Mast fortlaufend verfolgen. Man erhält auf diese Weise gleichzeitig die Lage von vorderem und hinterem Mast des Modells und besitzt an Hand des feststehenden Mastabstandes eine Überwachungsmöglichkeit der Peilgenauigkeit. Für größere Peilgenauigkeit war durch Ersetzen der zwei Peilspitzen (Kimme und Korn) durch je ein drehbar angeordnetes Zielfernrohr gesorgt.

Von dem Zielfernrohr wurde ein auf gleicher Drehachse fest verbundenes Potentiometer mitgedreht und die Widerstandsänderung mittels Brückenschaltung vom Oszillographen aufgezeichnet. Die jedem der vier Peiler zugeordneten Kurven auf dem Papierstreifen wurden durch zeitlich verschiedenes

Einschalten des Schreibers gekennzeichnet. Durch Eichpeilungen war es möglich, den Kurven-Amplituden auf dem Oszillographenstreifen die richtigen Peilwinkel zuzuordnen. Es geschah dies an Hand fester Markierungen an den Tankwänden. Die Eichskalen erwiesen sich als nicht linear über die ganze Skalenbreite und machten wegen zeitlicher Veränderungen eine halbtägliche Wiederholung der Eichung notwendig. Die Auswertung und Überprüfung des Versuchserfolges kann jedesmal erst nach der photomechanischen Entwicklung des Oszillographenstreifens vorgenommen werden. Deswegen wurde zur Sicherheit jede Versuchsvariante doppelt gefahren. Etwaige Ausfälle waren nicht durch die elektrische Seite des Oszillographen gegeben, sondern nur manchmal durch den mechanischen Papiertransport, der durch Papierreste im lichtdichten Schlitz blockiert wurde. Diese Reste entstanden während des Hin- und Herfahrens der Abtrennvorrichtung bei nicht genügender Papierspannung.

Bei der Auswertung muß für jede Peilkurve eine gesonderte Meßskala angefertigt werden. Für einen erträglichen Arbeitsaufwand sind zur Auswertung auf dem Meßstreifen Zeitmarken in 5 Sekunden Abstand gemacht worden. Die abgelesenen Winkel sind in ein maßstäbliches Zeichengerät gegeben worden, das zwei um die Peilorte drehbare, geschlitzte Arme besitzt, deren Schnittpunkt die jeweilige Lage des angepeilten Mastes kennzeichnet.

Das damit gewonnene Bild der Drehkreise mit Übergang vom geraden Kurs (Bild 6—9) ähnelt den früheren [1] sehr stark. Die Peilgenauigkeit, überprüft durch den Abstand beider Peilmaste, wechselt. Sie scheint im allgemeinen weniger gut bei schnelleren Bewegungsvorgängen des Modells, wie etwa nach dem Ruderlegen zu sein. Bei Abweichung der Prüfmaße ist die Auswertung nur durch Mittel möglich, da sich nicht feststellen läßt, welcher oder welche der Peiler nicht schnell genug gefolgt sind. Der Zeitpunkt und die Dauer des

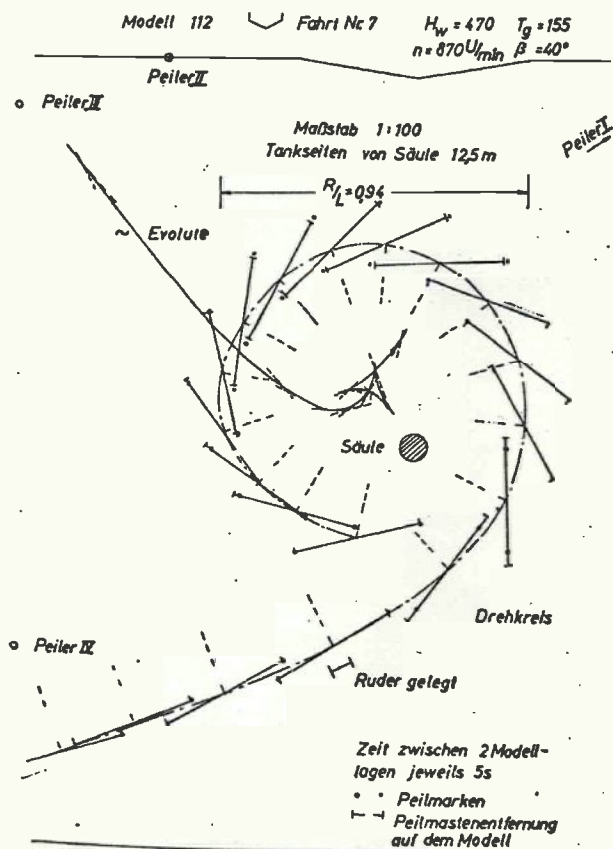


Bild 6

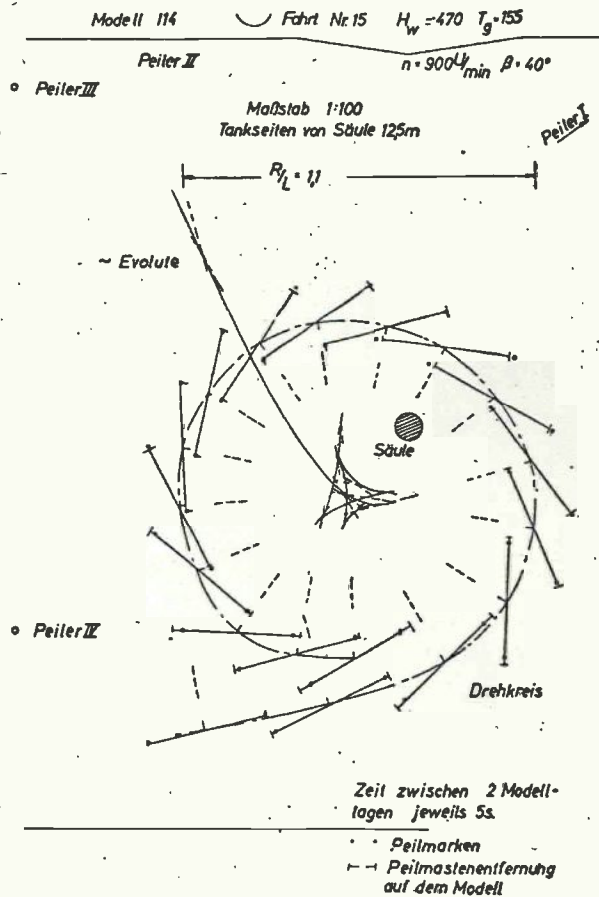


Bild 8

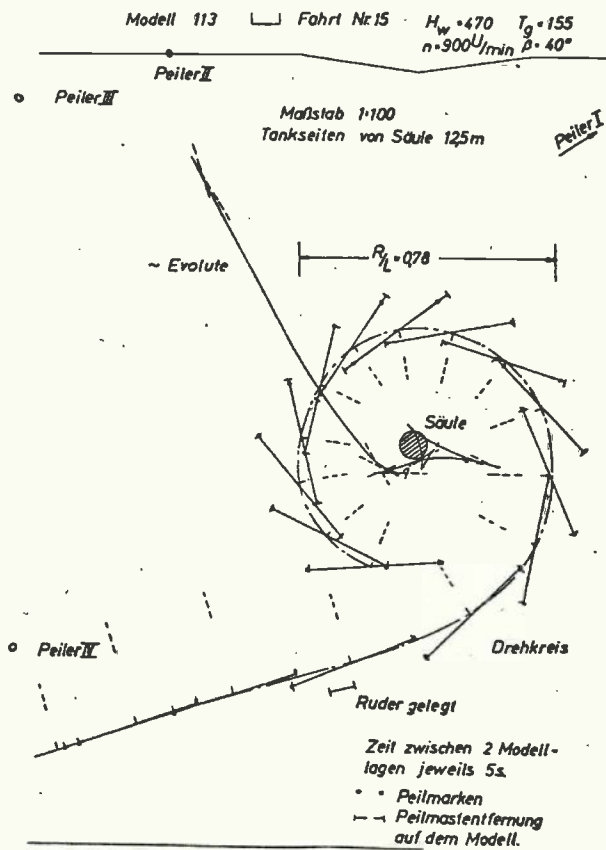
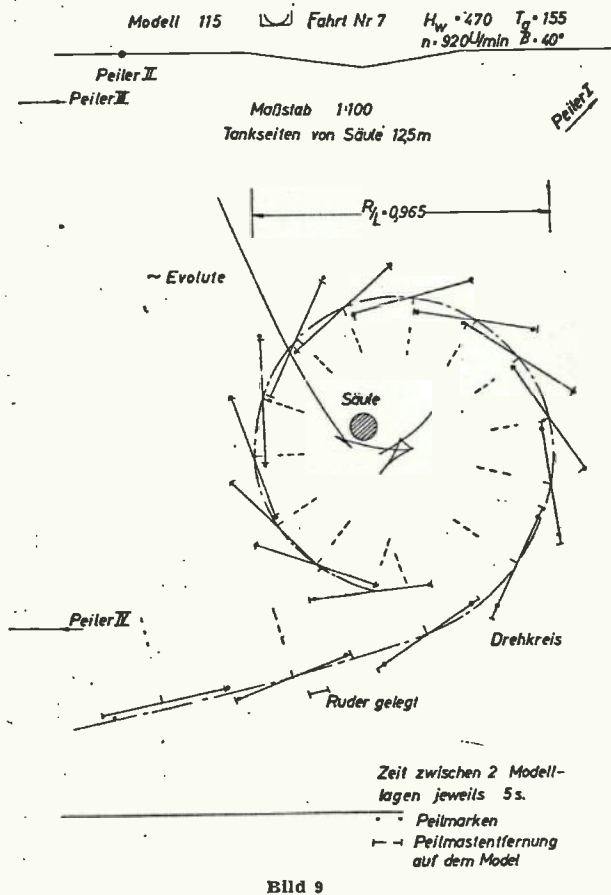


Bild 7

Ruderlegens ist mittels besonderen Lichtzeichens auf den Papierstreifen gegeben worden und ist eindeutig auswertbar. Der erheblichen Verbesserung an Meßgenauigkeit steht der ziemlich hohe Bedarf von sechs Meßpersonen gegenüber.

Die anzustrebende, weitere Automatisierung des Meßvorganges zwecks Ausschaltung von individuellen Meßgenauigkeiten und zwecks geringeren Personalbedarfs müßte gleichzeitig mit der Herabsetzung des Auswertaufwandes einhergehen, um die notwendige Wirtschaftlichkeit in der Ergebnissammlung zu erzielen.



4.0 Ergebnisse

Die größere Meßgenauigkeit gegenüber dem Verfahren im Bericht [1] hat dazu beigetragen, das dort gewonnene Gesamtbild der einzelnen Veränderlichen (Bild 10—13) im wesentlichen voll zu bestätigen.

4.1 Widerstand der verschiedenen Hauptspantformen

Für die prismatischen Mittelschiffkörper sind vier charakteristische Formen gewählt worden. Im theoretisch denkbaren Fall der Queranströmung weisen sie große Widerstandsunterschiede auf. Da Querschleppversuche mit den Modellen noch nicht vorlagen, wurden zunächst mittels der zu erwartenden Druckverteilungen die Widerstände in der beim Flugzeugentwurf geübten Weise geschätzt (Bild 14). Den größten Widerstand hat der Rechteckquerschnitt des Modells 113, ihm folgt das gekielte Schiff Modell 112, und dann das nicht prismatische Modell mit Rechteckhauptspant 115 und schließlich als widerstandsärmster Querschnitt der elliptische des Modells 114. Mit Änderung des Längs-zu-Querachsen-

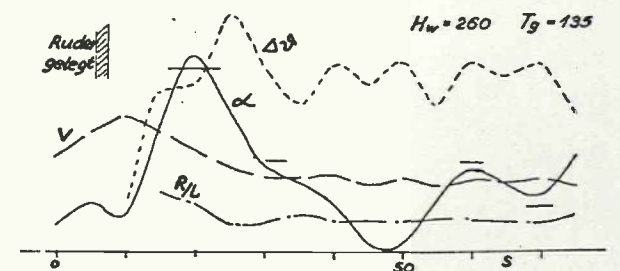
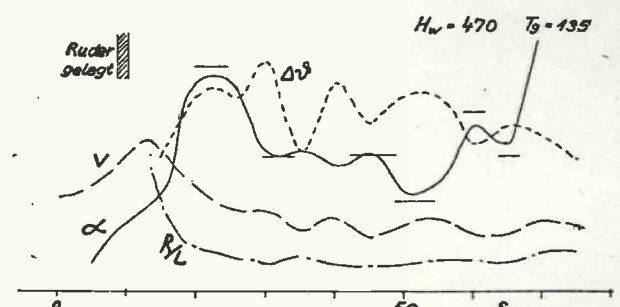
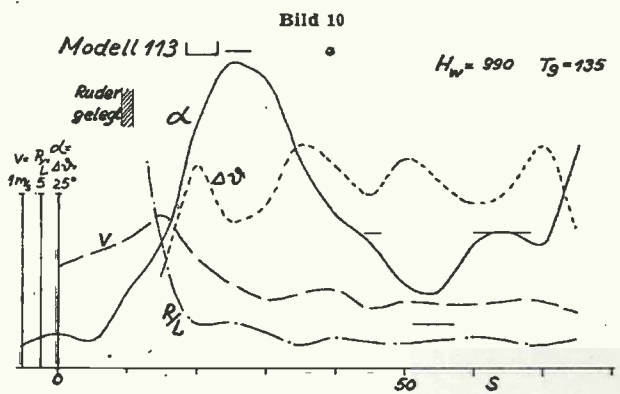
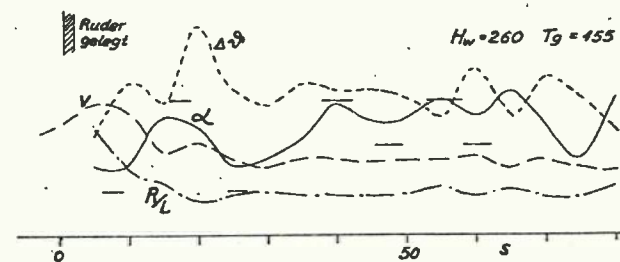
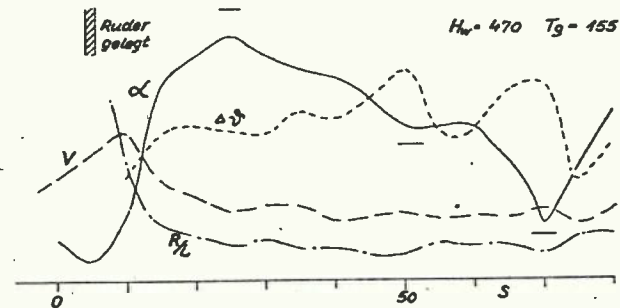
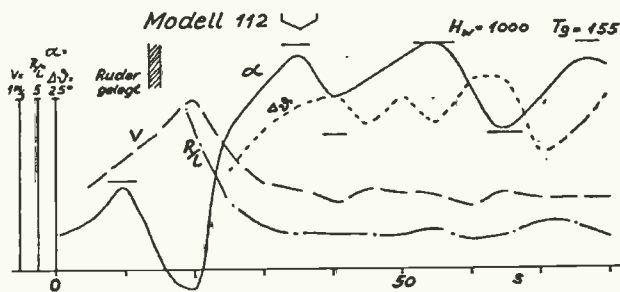
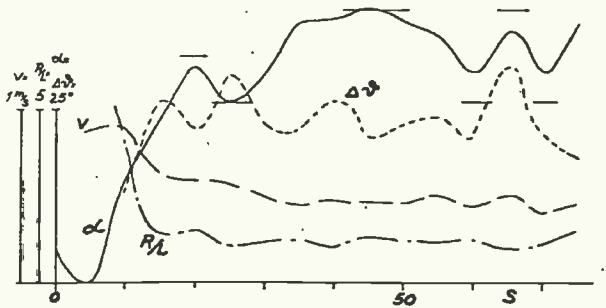


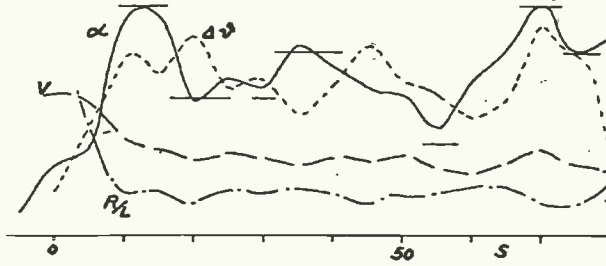
Bild 11

Modell 114

$H_w = 1000 \quad T_g = 155^\circ$



$H_w = 470 \quad T_g = 165$



$H_w = 260 \quad T_g = 155$

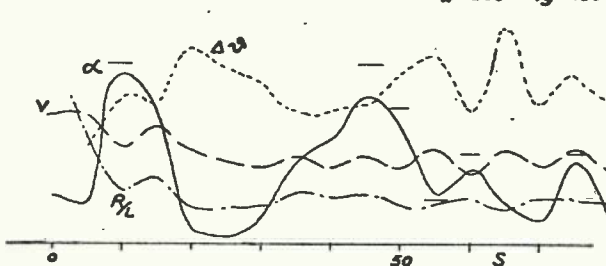
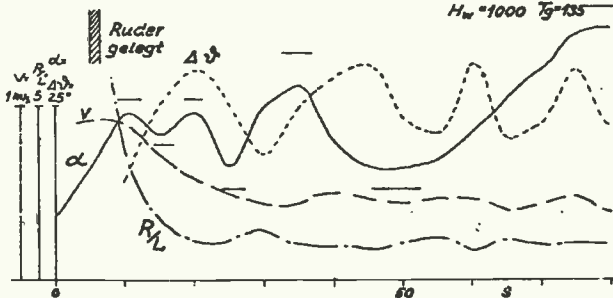


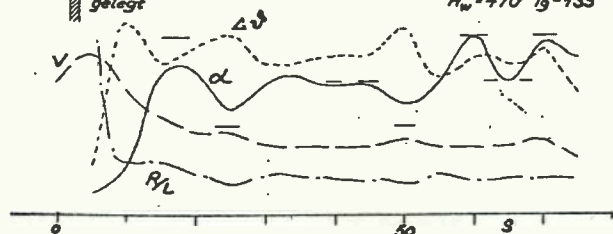
Bild 12

Modell 115

$H_w = 1000 \quad T_g = 135$



$H_w = 470 \quad T_g = 135$



$H_w = 260 \quad T_g = 135$

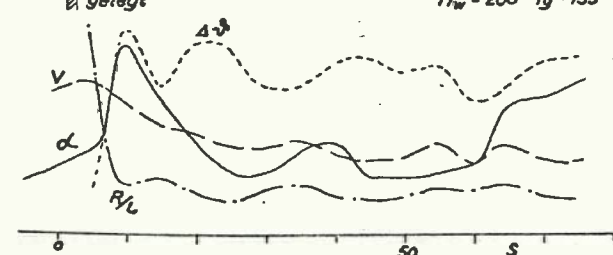


Bild 13

Für Queranströmung geschätzte Druckverteilung u. Widerstände

$L_{Prisma} = 0,55 \cdot L$

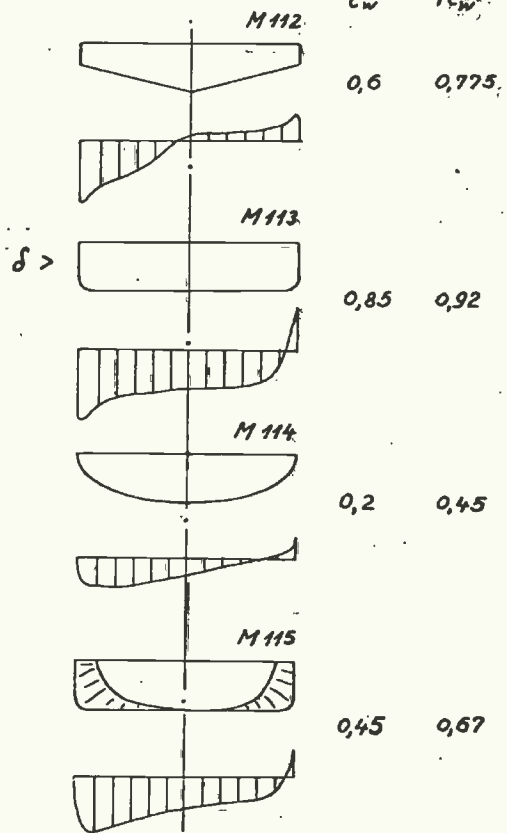


Bild 14

verhältnisses des bei unterschiedlichen Driftwinkeln angeströmten Querschnittes wechseln natürlich auch die Widerstandsverhältniszahlen. Die Auswertung der im Drehkreis auftretenden mittleren Driftwinkel (Bild 15, 16) wie auch der nach dem Maximum einsetzenden Driftwinkelschwankungen

(Bild 15) zeigt, daß bei einem Durchflußverhältnis $\frac{H_w}{H_w \cdot T_g}$

von 1,4 bis 1,5 alle Modell- und Tiefgangsvarianten fast gleiche Werte aufweisen, während sie zu größeren und kleineren Wasserhöhen hin stärker auseinanderlaufen. Die Geschwindigkeitsabnahme im Drehkreis (Bild 17) ist sehr stark vom Durchflußverhältnis abhängig und läßt sich wegen beinahe gleicher Querschnittsstreckung bei dem erwähnten Durchflußverhältnis von 1,4 bis 1,5 am besten mit den Widerstandsbeiwerten vergleichen.

Da der Widerstand sich

$$W = c_w \cdot \rho / 2 \cdot v^2 \cdot F \text{ schreibt,}$$

$$\text{ist } v \text{ prop } \sqrt{c_w}.$$

Die Wurzeln der geschätzten Widerstandsbeiwerte für die vier Modelle (Bild 17) stimmen verhältnismäßig mit den Geschwindigkeitsabnahmen am besten überein, wenn man die Widerstandsskala bei einem Geschwindigkeitsverhältnis von 0,6 beginnen läßt. Dieses Geschwindigkeitsverhältnis gleicht von der kleineren Geschwindigkeit aus gesehen (reziprok) 1,66 und deckt sich mit mehrfach aufgetretenen Maximalwerten bei Messungen örtlicher Geschwindigkeitsverteilungen [2] (Bild 18 und 19) [3] (Bild 20).

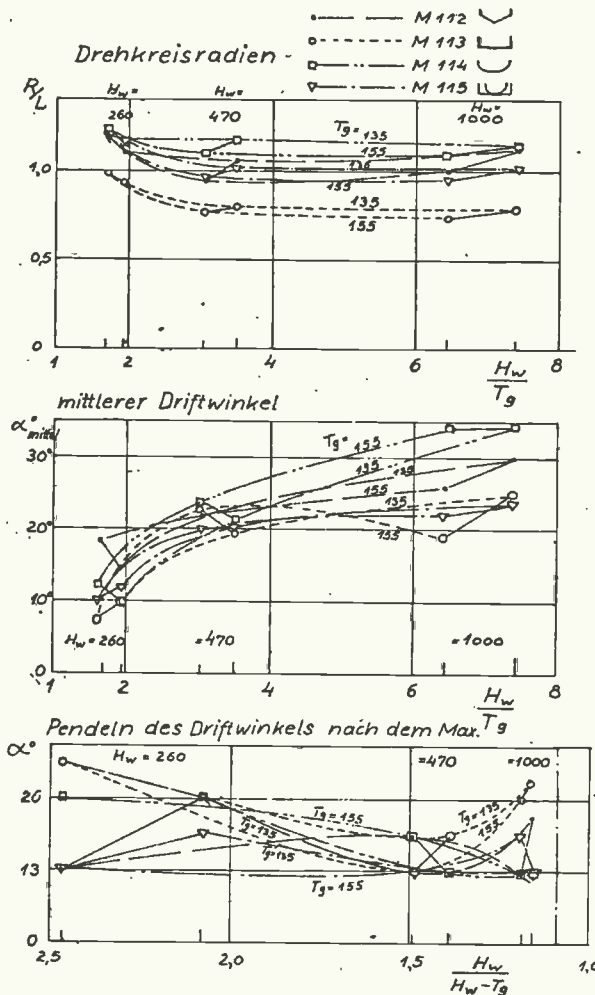


Bild 15

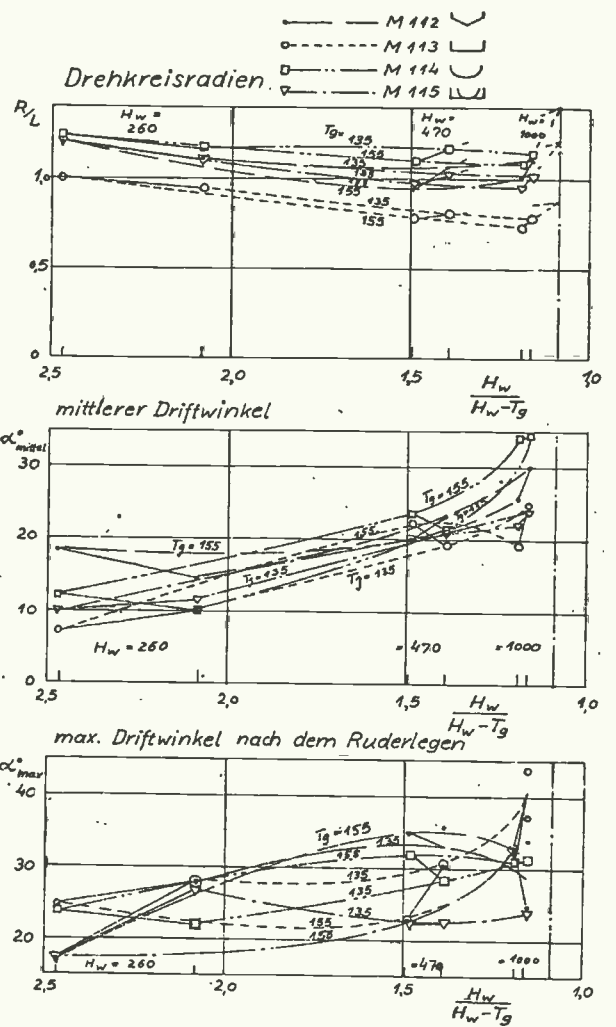


Bild 16

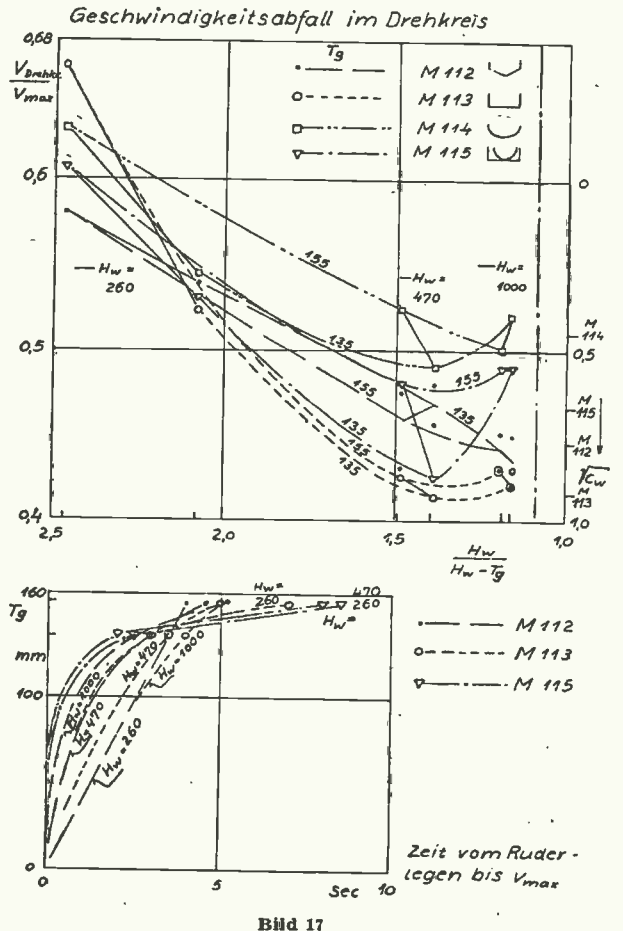


Bild 17

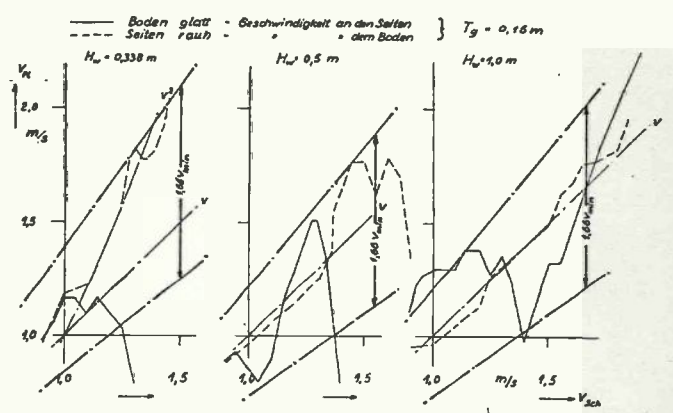


Bild 18 (aus [2])

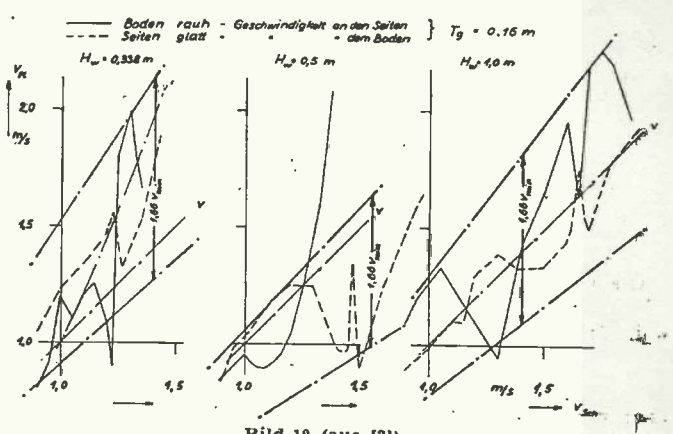


Bild 19 (aus [2])

Die Geschwindigkeitsabnahme im Drehkreis ändert sich bei

anderen Durchflußzahlen $\frac{H_w}{H_w - T_g}$ stark, z. T. als Folge der

Driftwinkelunterschiede. Bei kleinen Wasserhöhen, d. h. bei

großen Durchflußzahlen $\frac{H_w}{H_w - T_g}$ streuen die Geschwindigkeits-

abnahmen um den vorerwähnten Grenzwert von 0,6. Bei einer Durchflußzahl von etwa 1,4 ist durchweg die stärkste Geschwindigkeitsabnahme zu finden. Zu größeren Wasserhöhen hin wird das Geschwindigkeitsverhältnis wieder etwas besser. Da mit einer Ausnahme bei großer Wasserhöhe immer der kleinere Tiefgang eine größere Geschwindigkeitsabnahme zur Folge hat, muß auf Überwiegen der Massenkkräfte geschlossen werden. Die gleiche Tendenz hat auch die Zeit vom Augenblick des Ruderlegens bis zur ersten Abbremsung der Modellgeschwindigkeit (Bild 17). Sie steigt als Funktion des Tiefganges im allgemeinen mit einer höheren als einfachen Potenz. Dagegen ist die Zeit vom Ruderlegen bis zum Erreichen des größten Driftwinkels (Bild 21) eine geringerpotenzierte Funktion des Tiefganges.

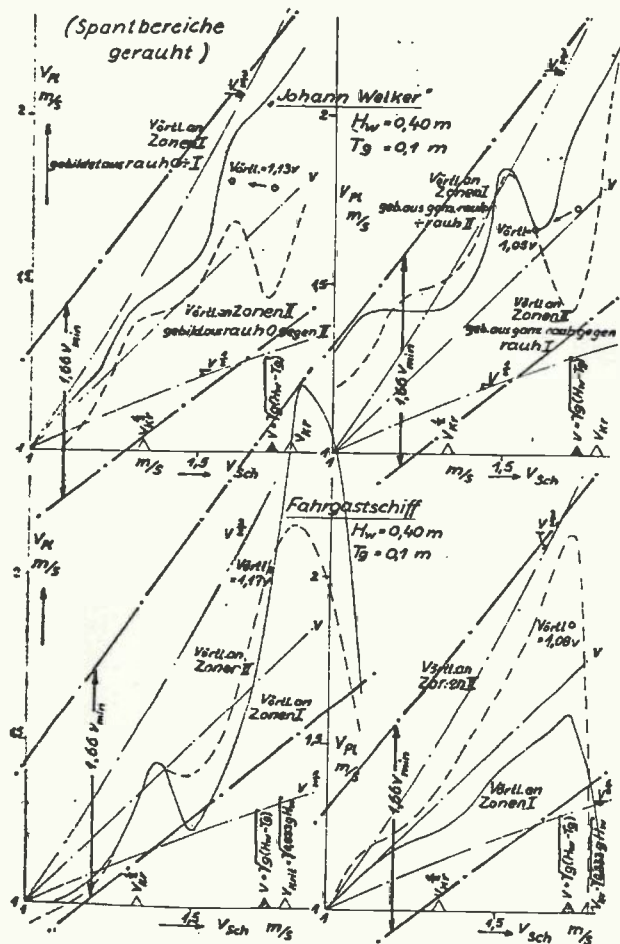


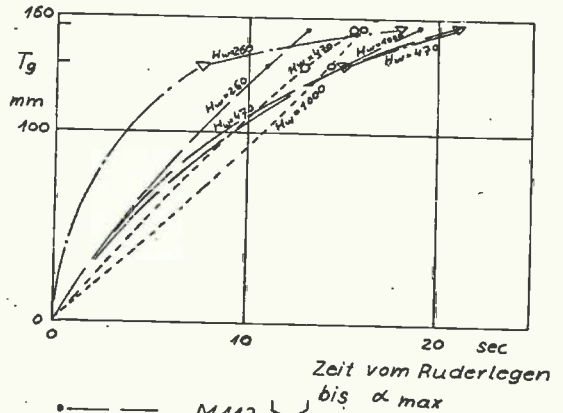
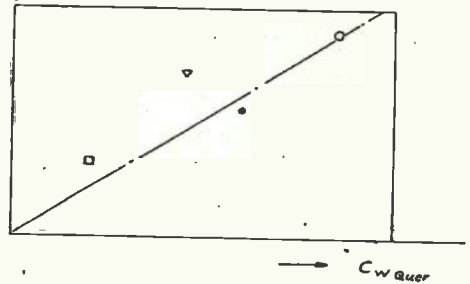
Bild 20 aus (31)

4.2 Drehkreisverhalten

Die Drehkreisradien wurden wie im früheren Bericht sowohl über dem Tiefgangsverhältnis $\frac{H_w}{T_g}$ (Bild 15) als auch

über der Durchflußziffer $\frac{H_w}{H_w - T_g}$ (Bild 16) aufgetragen.

$$\frac{d(R_L)}{d\left(\frac{H_w}{H_w - T_g}\right)}$$



- M 112
- - - M 113
- M 114
- ▽ M 115

Bild 21

Die Messungen sind gegenüber der Untersuchung der Hinterschiffsformen [1] bis zu noch höheren Durchflußziffern

$\frac{H_w}{H_w - T_g}$ (also noch kleineren Wasserhöhen) durchgeführt

worden. Es offenbaren sich dabei drei Einflußfaktoren ganz deutlich.

1. Der nahezu lineare Abfall des Drehkreisradius zu kleineren Durchflußziffern (Bild 16) bei allen Modellen kennzeichnet seine Abhängigkeit von der dadurch gegebenen Geschwindigkeitserhöhung der Strömung unter dem Schiffsboden.

2. Diese Linearität war erst durch die Gegenüberstellung verschiedengeformter prismatischer Mittelschiffe nachweisbar, während bei den verschiedengestalteten Hinterschiffsformen nicht so gut zu erfassende Nebeneinflüsse diese Haupteffekte überlagerten und verschleierten.

3. Die abnehmende Stufung der Drehkreisradien wie die Stärke ihres Abfalls zu kleineren Durchflußziffern infolge verschiedener Hauptspantformen ist eine Funktion zunehmenden Querwiderstandes (Bild 21).

Auch hier ist wieder [1] festzustellen, daß der Drehkreisradius bei größeren Wasserhöhen mit abnehmendem Tiefgang (Bild 16) zunimmt und auf verschiedenen Wasserhöhen einem

gemeinsamen Grenzwert bei $\frac{H_w}{H_w - T_g} = 1,087$ (Bild 16) zu-

strebt, was auf einen Flachwassereinfluß bis zu Tiefgangsverhältnissen von $\frac{H_w}{T_g} = 12,5$ hindeutet.

Die mittleren Driftwinkel verhalten sich, wie im Bericht [1] definiert, umgekehrt wie die Drehkreisradien (Bild 15, 16).

Es fällt nur auf, daß sie sich bei kleineren Durchflußziffern als der kritischen (s. Abschnitt 4.3) mehr als linear ansteigen, ohne im gleichen Maße den Drehkreisradius zu beeinflussen.

Der maximale Driftwinkel nach dem Ruderlegen (Bild 16) verhält sich bei den einzelnen Modellvarianten sehr unterschiedlich und nicht eindeutig. Lediglich das Modell mit elliptischem Querschnitt hat mit abnehmender Durchflußziffer einen leichten linearen Anstieg des Driftwinkels zu verzeichnen.

4.3 Kritische Wasserhöhe

In der Untersuchung der Oberflächenwellen wie des Widerstandes von Flachwasserschiffen [4] ist eine kritische Wasserhöhe gefunden worden, bei der sprunghaft geänderte Erscheinungen wahrnehmbar sind. Sie entspricht der Durchflußziffer $\frac{H_w}{H_w - T_g} = 1,4$. Dieselbe Durchflußziffer macht

sich auch bei den vorliegenden Versuchen als kritische Höhe bemerkbar:

1. Ist bei ihr die Geschwindigkeitsabnahme im Drehkreis (Bild 17) am stärksten,

2. scheint der mittlere Driftwinkel (Bild 16) bei dieser Wasserhöhe für alle Modellvarianten nahezu einen festen Wert zu besitzen,

3. ist die Fendelung des Driftwinkels (Bild 15) nach dem Maximum in dieser Wasserhöhe am schwächsten, während sie zu kleineren und größeren Durchflußziffern hin wieder zunimmt.

Die kritische Höhe gilt offensichtlich nur für eine, nämlich die hier gefahrene und ziemlich gleich bleibende Geschwindigkeit. Für andere Fahrgeschwindigkeiten kann durchaus auch eine andere kritische Höhe auftreten. Es wurde im Bericht [4] der Vergleich zu der „kritischen Tiefe“ der Hydraulik gezogen und dabei der Ausdruck

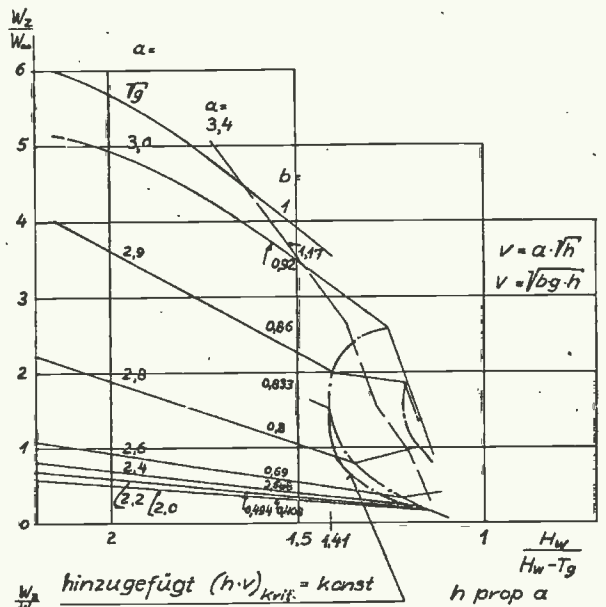
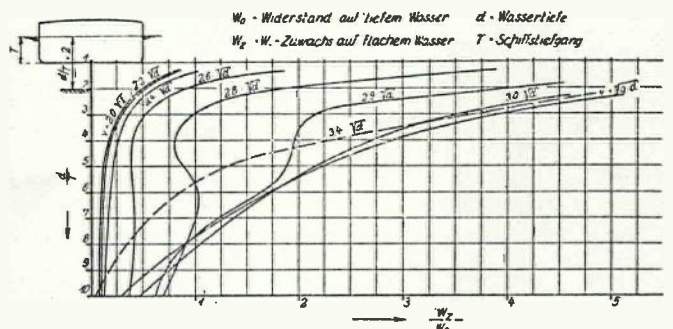
$$h_c = k \cdot (h \cdot v)^{2/3} \text{ ermittelt.}$$

In der Darstellung des Widerstandszuwachses auf flachem Wasser über der Durchflußziffer (Bild 22) haben die Parameterkurven der Geschwindigkeit einen Knick, der je nach Parameterwert bei verschiedenen Durchflußziffern liegt. Verfolgt man von dem Kulminationspunkt bei $\frac{H_w}{H_w - T_g} = 1,4$

die Knickkurve für $h \cdot v = \text{konst}$, so erhält man eine fast gleichartig verlaufende Kurve, deren Gültigkeit man sicherlich annehmen darf, wenn man bedenkt, daß das Schaubild aus der kleinen auf dem gleichen Blatt wiedergegebenen Darstellung [5] über $\frac{H_w}{T_g}$ gewonnen wurde. Auch sind die Schrägschleppversuche des Berichtes [1] bei verschiedenen Geschwindigkeiten bis zu 1 m/s herauf gefahren worden und lassen durch verschiedenartiges Fluchten der Tiefgangskurven eine Veränderung der kritischen Höhe mit wachsender Geschwindigkeit erkennen.

4.4 Vergleich der Hauptspantformen

Leider sind die beiden Forderungen verschieden gestalteter prismatischer Mittelschiffe und gleicher Völligkeitsgrade, nicht miteinander in Einklang zu bringen. Die rechteckige Hauptspantform läßt sich für den gleichen Völligkeitsgrad wie der Modelle 112 und 114 nicht über eine größere Mittelschiffslänge erhalten. Es ist also kein direkter Formvergleich mit dem Rechteckquerschnitt möglich. Bei prismatischem Mittelschiff mit Rechteckquerschnitt Modell 113 ist der Völlig-



Widerstandszuwachs durch Flachwassereinfluss

Bild 22 (aus [4] und [1])

keitsgrad rund 26% größer als bei den anderen Modellen oder andererseits bei gleichgehaltenem Völligkeitsgrad hat nur das Hauptspant Rechteckquerschnitt und die Spante zum Bug und Heck verzüngen sich (Modell 115). Die Drehkreisradien des Modells 113 (Bild 15, 16) liegen auf allen Wasserhöhen rund 20% niedriger als die des Modells 115, wobei offen bleibt, welchen Anteil daran die reine Form und welchen der Völligkeitsgrad hat. Auf ganz kleiner Wasserhöhe (Durchflußziffer 2,47) scheinen Formveränderungen bei gleichgehaltener Völligkeit den Drehkreis nicht zu beeinflussen. Unter diesen Flachwasserbedingungen ist offensichtlich nur der Völligkeitsgrad für den Drehkreisradius maßgebend.

Mit zunehmender Wasserhöhe machen sich die Formeinflüsse auf den Drehkreisradius stärker bemerkbar. Die Drehkreisradien des Modells 114 mit hydrodynamisch bester Gestaltung liegen etwa 15% über denen des Modells 115 mit Rechteckhauptspant aber gleicher Völligkeit. Die Radien des geradlinig aufgeklimmten Modells 112 bleiben zwischen den Werten von M 114 und M 115. Es ist also auf mittleren bis

großen Wasserhöhen bei Verbesserung des Querwiderstandes mit einer Verschlechterung der Drehkreisradien zu rechnen. Wie in der früheren Untersuchung [1] gezeigt, ist damit aber im allgemeinen eine Verbesserung der Ausbiegestrecken bei Abweichungen vom geraden Kurs gekoppelt. Diese Aussage bestätigt sich hier auch durch die Pendelausschläge des Driftwinkels nach dem Maximum (Bild 15). Dagegen läßt sich auf sehr kleinen Wasserhöhen für sie keine klare Tendenz angeben.

Auf mittleren Wasserhöhen, besonders nahe der kritischen, weisen die Formen kleinen Querwiderstandes den geringsten Fahrtverlust durch Driftwinkel (Bild 17) auf. Der Fahrtverlust wird auf sehr kleinen Wasserhöhen viel geringer, wobei die Reihenfolge der Formen etwa erhalten bleibt, bis auf Modell 113 mit dem völlig ebenen Boden. Dieses hat dabei den geringsten Fahrtverlust, so daß man geneigt ist, eine Parallele zur Wirkung der Schmiermittelschicht an einem Gleitlager zu ziehen. Die Geschwindigkeitsschwankungen nach dem Zurückpendeln vom Driftwinkelmaximum bewegen sich bei allen Varianten um 33 v. H. (Bild 10—13).

4.5 Geschwindigkeit nach dem Ruderlegen

Durch die bei den vorliegenden Versuchen etwas kürzere Anfahrstrecke und höhere Propellerdrehzahl gegenüber den früheren Versuchen war nicht garantiert, daß sich das Modell im Augenblick des Ruderlegens im unbeschleunigten Fahrtzustand befand. Es läßt sich daher auch nicht einwandfrei nachweisen, ob dem Modell durch das Ruderlegen ein zusätzlicher Vortriebs-Impuls erteilt wird. Man kann es vielleicht aus dem steilen Anwachsen der Zeit zwischen Ruderlegen und erstem Geschwindigkeitsabfall als Funktion des Tiefganges (Bild 17) schließen. Im Bericht [1] wurde die Geschwindigkeitszunahme mit der Stromlinienverengung zwischen den Doppelruderflächen beim Ruderlegen erklärt und für den Fall des Einflächenruders in Frage gestellt. An Hand der dort gegebenen Skizze über den Querkraftumlauf um das Modell, sollte man für jede Ruderart einfach wegen des Kräftegleichgewichtes mit den drei eingezeichneten Kräften eine Vortriebskomponente am Schiff vermuten.

4.6 Wirbelstraße

Dieser eben behandelte Kräfteumlauf muß im strömenden Medium einen Wirbel zwischen Ruder und Schiffseitenwand auf der Kurveninnenseite hervorrufen, dessen Drehsinn vom Ruder zum Schiff führt. Da aber Wirbel hinter Widerstandskörpern nach der v. Karmanschen Stabilitätstheorie nur paarweis versetzt bestehen können, wäre der zugehörige Gegenwirbel auf der Kurvenaußenseite am Bug zu erwarten. Von der v. Karmanschen Wirbelstraße her ist bekannt, daß die Wirbelpaare mit der Strömung fortgespült und stetig neu gebildet werden. Beim schräg angeströmten Schiff wird dem

Fortspülen der Wirbel durch die ungestörte Seitenströmung ein Widerstand entgegengesetzt, dem sicherlich das Schiff durch Driftwinkelveränderungen ausweichen muß. Auf diese Weise läßt sich zwanglos ohne Zuhilfenahme der Unterbodenströmung oder der Oberflächenwellen — wie im Bericht [1] geschehen — eine weitere Erklärung für die Driftwinkelschwankungen im Drehkreis finden, deren Zusammenhang mit der festgestellten, ziemlich genauen Stufung bei Vielfachen von $6,5^\circ$ durch regelmäßig wiederkehrende, gleich starke Wirbel besonders einleuchtend erscheint. Die Erscheinungen werden sicherlich nicht durch eine, sondern durch das Zusammenspiel mehrerer voneinander abhängiger Ursachen hervorgerufen.

5.0 Zusammenfassung

Mit der Untersuchung des Drehkreisverhaltens von Schiffsmo-
dellen mit prismatischem Mittelschiff stark unterschiedlicher Hauptspantformen auf beschränkter Wasserhöhe ist eine Systematik begonnen worden, die verspricht, genauere Auskunft über die beeinflussenden Strömungsvorgänge zu erhalten und Formparameter für den Schiffsentwurf zur Erzielung vorgegebener Eigenschaften zu entwickeln. Es wurden in gegenseitiger Ergänzung zu früheren Messungen neue Erklärungsmöglichkeiten für einige auffällige Drehkreisercheinungen gefunden. Natürlich können Drehkreisversuche allein nicht alle Fragen beantworten. Es erscheint deswegen als außerordentlich wünschenswert, die hier gewonnenen aussichtsreichen Ergebnisse durch Schräg- und Querschleppversuche zu vervollständigen.

(Eingegangen am 10. Mai 1958)

6.0 Schrifttum

- [1] Sturtzel, W., Schmidt-Stiebitz, H.: Einfluß der Hinterschiffsform auf das Manövrieren von Schiffen auf flachem Wasser. Forschungsbericht Nr. 476 des Landes Nordrhein-Westfalen.
- [2] Sturtzel, W., Schmidt-Stiebitz, H.: Bei Flachwasserfahrten durch die Strömungsverteilung am Boden und an den Seiten stattfindende Beeinflussung des Reibungswiderstandes von Schiffen. Forschungsbericht Nr. 366 des Landes Nordrhein-Westfalen.
- [3] Sturtzel, W., Schmidt-Stiebitz, H.: Die örtliche Geschwindigkeitsverteilung: 1. an den Seiten, 2. am Boden von Schiffen bei Flachwasserfahrten. Versuchsanstalt für Binnenschiffbau, Bericht Nr. 82 — Institut an der TH Aachen, Bericht Nr. 4.
- [4] Schmidt-Stiebitz, H.: Abhängigkeit der von schnellfahrenden Flachwasserschiffen erzeugten Wellen von der Schiffsform, besonders bei Spiegelheck und Tunnelform. „Schiffstechnik“ Nr. 25.
- [5] Kempf, G., Stemmer, H., Thieme, H.: Schiffsmodellversuche. Handbuch der Werften 1952 — S. 65.