22 NOV. 1984
ARCHIEF

Lab. v. Scheepsbouwkunde
Technische Hogeschool
Delft

Weiterentwicklung universell verwendbarer und energiesparender Rundspantschiffe für binnenländischen und küstennahen Personen- und Güterverkehr

Dr.-Ing. E. Schäle, W. Grywotz

210.
~~221~~. Mitteilung der Versuchsanstalt für Binnenschiffbau e.V., Duisburg
Institut an der Rheinisch-westfälischen Technischen Hochschule Aachen
Mitglied der Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen e.V., Köln

Sonderdruck aus der „Zeitschrift für Binnenschiffahrt und Wasserstraßen", Heft *Nr. 8/84*

Dr.-Ing. E. Schäle, W. Grywotz

Weiterentwicklung universell verwendbarer und energiesparender Rundspantschiffe für binnenländischen und küstennahen Personen- und Güterverkehr*

~~221~~ 210. Mitteilung der Versuchsanstalt für Binnenschiffbau e.V., Duisburg

Institut an der Rheinisch-westfälischen Technischen Hochschule Aachen

Mitglied der Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen e.V., Köln

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Die Aufgabenstellung für den Entwurf von Schiffen, die der Personenbeförderung dienten oder Überwachungs-, Prüf- und Hilfsdienste leisten sollten, hatte im In- und Ausland in der Regel auch die Forderung nach hoher Schiffsgeschwindigkeit und damit hoher Antriebsleistung zum Inhalt.

Die Forderung ist sicher dann berechtigt, wenn hoheitsrechtliche Aufgaben oder Feuerlösch- und Rettungsdienste zu erfüllen sind. Für Schiffe, die der Personen- und Güterbeförderung und ggf. der Freizeitgestaltung dienen oder Labor- und Hilfsdienste zu verrichten haben, sei dahingestellt, ob es notwendig ist, hohe Geschwindigkeiten zu fordern.

Sehr erstrebenswert im Sinne sparsamsten Umgangs mit der Antriebsenergie wäre das Anknüpfen an bereits in früheren Jahrzehnten entwickelter Schiffsformen, bei denen eine solche Forderung nicht erhoben wurde. Dabei kämen die neuesten Fertigungsmethoden und Werkstoffe besonders zur Geltung, ebenso wie die Erfahrung hinsichtlich der Dämmung von Innen- und Außengeräuschen u.v.a.

Offen ist zunächst die Form eines universell verwendbaren Schiffskörpers, der – grundsätzlich für unterkritische Geschwindigkeiten ausgelegt – dann in Rundspantbauweise ausgeführt sein sollte. Um die notwendige Antriebsleistung so niedrig wie möglich zu halten, ist die Minimierung des Fahrwiderstandes bei der Formenentwicklung dominierend.

Da der Bau von Fahrgastschiffen insbesondere für Mosel, Neckar, Main, Main-Donau-Kanal und andere Kanäle von allgemeinem Interesse ist, wäre es sinnvoll, eine verbesserte Rundspantform so zu konzipieren, daß diese für einen dehnbaren Abmessungsbereich anwendbar wird.

Die Entwicklung widerstandsarmer Schiffe für den Verkehr auf stehendem Wasser (auch neu erschlossene Freizeitgebiete) geht u. a. auch konform mit der durch die EG geförderten Entwicklung leistungsstarker und leichter Batterien (Fa. VARTA), denn dabei ist nicht nur an das Straßenfahrzeug, sondern auch an Boote und Fahrgastschiffe gedacht.

1.2 Stand der bisherigen Entwicklung

Die Versuchsanstalt für Binnenschiffbau, Duisburg, befaßte sich in den Jahren 1956 – 1963, der Tendenz von Werften und Reedereien folgend, u. a. mit der Weiterentwicklung schneller Schiffe, wobei die Formparameter anfangs denjenigen bekannter Rundspantboote entsprachen, aber später auf größere Binnenfahrgastschiffe hinausliefen.

Diese Entwicklung endete bei den heute auf dem Rhein verkehrenden schnellen Fahrgast- und Hotelschiffen, die auch im Ausland nachgebaut wurden.

Im Vordergrund stehen jetzt

Widerstandsminimierung und damit Minimierung der Antriebsleistung bei niedrigeren Fahrgeschwindigkeiten, d. h. bei Froude'schen Zahlen zwischen 0,1 und 0,35.

1.3 Zielsetzung

Um das gesteckte Ziel, Entwicklung einer universell verwendbaren Rundspantform für unterkritische Fahrgeschwindigkeiten auf flachem Wasser bei minimierter Antriebsleistung zu erreichen, wurden die in der VBD erarbeiteten diesbezüglichen Erkenntnisse genutzt und durch Variation der Parameter an einem teilbaren Grundmodell diejenige Form erarbeitet, die den oben genannten Vorstellungen entspricht.

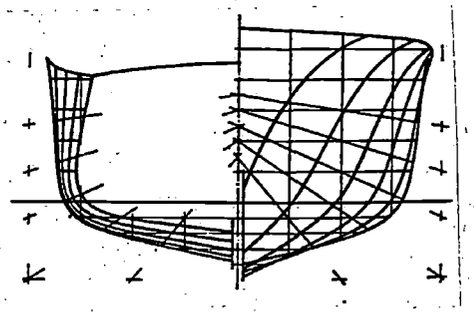


Bild 1

*) Die hier vorliegende Veröffentlichung eines über 2 Jahre laufenden Forschungsvorhabens der VBD – gefördert durch die Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen (AIF) – mußte sehr stark gekürzt werden, weil der Umfang der Beschreibungen, der Diagramme und Tabellen weit über den Rahmen der üblichen Mitteilungen in dieser Zeitschrift hinausgehen würde. Trotzdem hoffen die Verfasser mit den hier dargebotenen Texten und Bildern soweit Einblick in die Arbeiten gegeben zu haben, daß das Interesse im Leserkreis geweckt wird. Dann empfehlen wir, die Originalberichte Nr. 1013, Nr. 1058 und das Tabellenwerk mit der Umrechnung der Widerstände und Schleppleistungen vom Modell auf Großausführungen bis zu 80 m Länge gegen Erstattung der Kopierkosten zu bestellen.

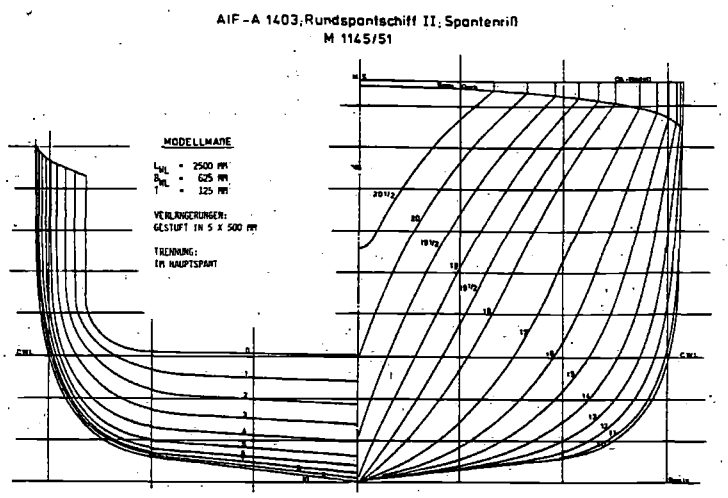


Bild 2

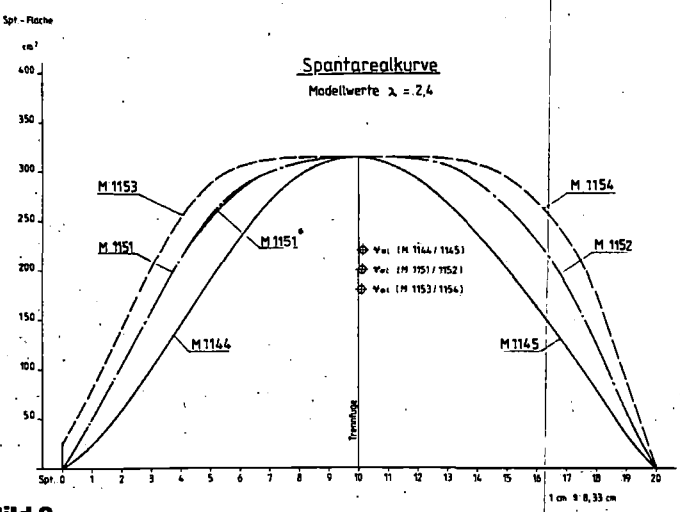


Bild 3

2. Versuchsvorbereitung

2.1 Auswahl des Spantenrisses

Juan Bader veröffentlichte in seinem Buch den Spantenriß von Rundspantschiffen, wie ihn die Entwicklung bis 1938 hervorbrachte. Dieser Riß diente u. a. auch als Basis für schnelle Schiffe, allerdings nur bis zum Jahre 1950. Es zeigte sich, daß er für spezielle Hochgeschwindigkeitsschiffe ungeeignet war.

Da dieser Spantenriß bei einem Längen-Breitenverhältnis L/B = 4 sehr geeignet schien, wurde er als Ausgangs-Spantenriß für die hier zu lösende Aufgabe verwendet. Bild 1 zeigt die Reproduktion aus der genannten Literatur.

Da bei der VBD-Weiterentwicklung des Risses vor allem auch die Flachwasserverhältnisse Beachtung finden mußten, wurde die Bodenaufkimmung von 20° auf 10° reduziert [2].

Diese Neubearbeitung zeigt Bild 2 (schon auf 20 Spanten bezogen). Zugleich wurde festgelegt, die Spantformen – wenn möglich – beizubehalten und die geplante Variation des Blockkoeffizienten C_B (früher δ) durch Erweiterung der Spantabstände im Mittelschiffsbereich und Verdichtung im Hinter- und Vorderschiffsbereich zu erreichen. Siehe hierzu die Spantflächenkurven in Bild 3.

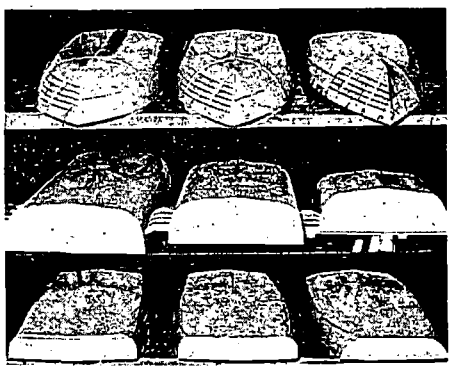


Bild 4

2.2 Linienrisse

Die obengenannte Vorgabe konnte im Vorschiff eingehalten, im Hinterschiff dagegen mußte die Breite etwas vergrößert werden, weil der Verdrängungsschwerpunkt aller 3 Basis-Varianten ebenfalls im Hauptspant verbleiben sollte. Um verschiedenartige Modelle, jedoch mit gleicher Formtendenz zu erhalten, wurden 3 Vorschiffe und 3 Hinterschiffe (geteilt am Hauptspant bei L/2) entworfen. Die Entwurfsmaße betrugen: *L = 6 m; B = 1,5 m; T = 0,3 m.* Aus versuchstechnischen – und Kostengründen, sowie in Anlehnung an frühere Forschungen, erhielten die Modellvarianten, die im Schlepptank zu untersuchen waren, nur eine *Länge von 2,5 m.*

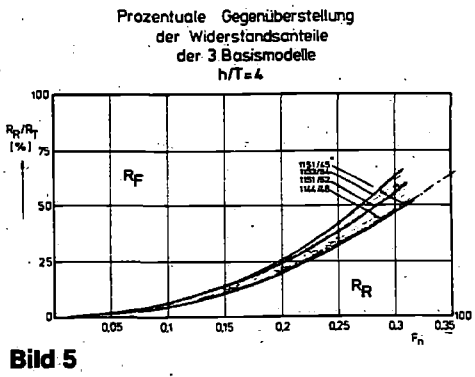


Bild 5

Aus je 3 Vor- und Hinterschiffen ließen sich also 9 formverschiedene Modelle zusammenstellen. Tabelle 1 nennt die Abmessungen und die Formparameter.

Bei allen Vorgaben und Darstellungen erkennt man bereits die absichtlich offengelassene Möglichkeit, durch Einfügung paralleler Mittelschiffe das L/B über 4 hinaus strecken zu können und damit den Untersuchungsbereich erheblich zu erweitern. Bild 4 zeigt die Modellgruppierungen von den Vor-, Mittel- und Hinterschiffen.

3. Versuchsdurchführung

3.1 Widerstandsversuche

Gemäß Planung wurden zunächst die 9 Modellvarianten, aus den Vor- und Hinterschiffen bestehend, auf ihren Schleppwiderstand hin durchgemessen – erst nach der Auswertung folgte die Variation von L/B.

3.2 Widerstandsanteile

Die Widerstandsanteile

R_F = Reibungswiderstand errechnet nach ITTC 1957

und

R_R = Rest- oder Formwiderstand

zeigt für die 3 Basismodelle Bild 5. Hier wurde in Abhängigkeit von der Froude'schen Zahl (0,1 bis 0,35) das prozentuale Verhältnis der Widerstandsanteile errechnet und entsprechend dargestellt.

Darüber hinaus ist noch der spezifische Widerstand R_T/∇

$$= \frac{\text{Schleppwiderstand}}{\text{Wasserverdrängung}}$$

errechnet worden und in Bild 6 zu finden.

3.3 Modellauswahl

Bei Betrachtung der Kurvenwerte zeigt sich, daß das Modell mit dem kleinsten

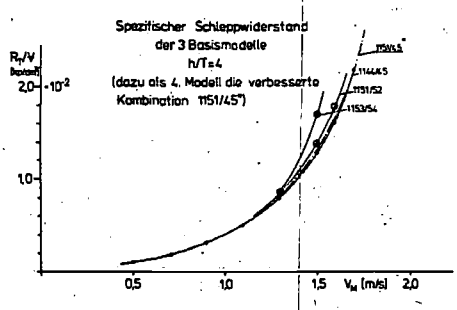


Bild 6

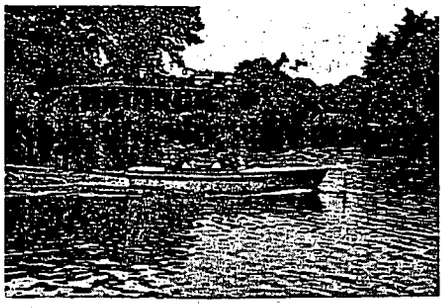


Bild 7

Blockkoeffizienten C_B (Völligkeitsgrad) stets am günstigsten abschließt. Andererseits wurde festgestellt, daß die Widerstandsdifferenz zum nächstvölligeren Modell sehr gering, aber seine Vertrimmung (buglastig) erheblich kleiner ist, weil das formbedingte Unterdruckgebiet im Hinterschiffsbereich einen gewissen Kräfteausgleich zur mehr hecklastigen Trimmlage hin erzeugt.

Um den relativ geringfügig höheren Widerstand der Modellkombination 1151/45 zu vermindern, wurde im achterlichen Bereich um L/4 die Kimmrundung etwas gestreckt. Danach zeigte sich, daß beim Erreichen der Sollgeschwindigkeit der Widerstand vermindert ist und der bisher günstigsten Kombination 1144/45 nahekommt.

Da die Verdrängung des verbesserten Modells größer ist, reduziert sich der spezifische Widerstand unter das bisherige Niveau.

Damit wurde die erstrebte Widerstandsminimierung, auf die entsprechende Wasserverdrängung bezogen, erreicht.

4. Großmodell

4.1 Modellbau

Um das Fahr- und Manövrierverhalten zu untersuchen und dabei einerseits die mitwirkenden Maßstabseffekte niedrig zu halten, andererseits auch die viel Platz beanspruchenden Schlängel- und Spiralversuche auf einem natürlichen Gewässer durchführen zu können, war es notwendig, ein größeres Modell von der widerstandsgünstigsten Form zu bauen. Diesem wurden die anfangs genannten Maße L = 6 m; B = 1,5 m; T = 0,3 m zugrunde gelegt. Die Höhe des Überwasserschiffes bestimmten die Versuchsbedingungen. Für den Schlepptank genügten 0,1 m, für die Messungen in der Natur mußte eine größere Höhe gewählt werden.

Dieses Überwasserschiff erhielt – was sich bei seiner Länge von 6 m unmittelbar anbot – die klassische Form eines Motorsportbootes nach Bild 7. Hier erkennt man zugleich einen anwendungsorientierten Hintergrund des Vorhabens, denn für die in weitem Bereich universell verwertbaren Forschungsergebnisse dürfte die kleinste Länge naturgroßer Schiffe ebenfalls bei *6 m* liegen (Bild 8).

Die für die weiteren Versuche notwendigen Elemente (Anhänge) wie Ruder, Propeller, Wellenbock mit Wellenlager und Antriebsmotor sind in herkömmlicher Weise angeordnet. Der Modellpropeller wurde – soweit vorab möglich – optimal ausgelegt (siehe auch Bild 13).

4.2 Widerstand und Propulsion auf flachem Wasser; h = 1 m

Die Widerstandswerte aus der ersten Phase wurden sofort in Schleppleistung P_E und die Drehmoment-Drehzahlwerte in Propellerleistung P_D umgerechnet. Absenkung und Trimm blieben in ihren Einheiten (Minuten und Millimeter) unverändert. Der Propulsionsgütegrad η_D (P_E/P_D) wurde ebenfalls gleich mit errechnet und zeigt die erwarteten hohen Werte.

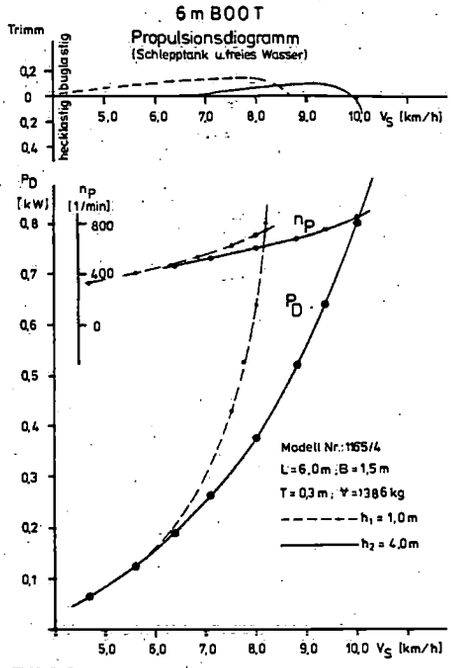


Bild 9

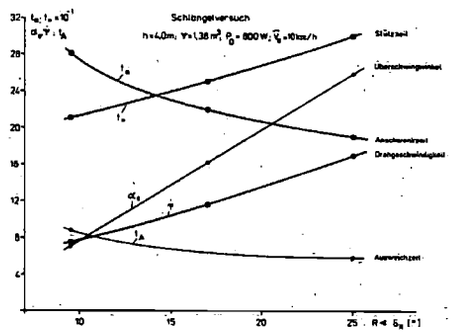


Bild 10

4.3 Propulsion und Manövrieren auf der Wassertiefe h = 4 m

Nach Fertigstellung des Großmodells wurden die Propulsionsmessungen auf 4 m Wassertiefe oberhalb der Schleuse Raffelberg/Ruhr gefahren. In Bild 9 sind diese Meßwerte aufgetragen und die Flachwasserergebnisse hinzugefügt worden. Die konstruktive Vorstellung, im Tiefwasser mit ca. 800 Watt Antriebsleistung den selbstgesetzten Grenzwert der Froudezahl von 0,35 zu erreichen, wurde erfüllt.

Die gemessene Geschwindigkeit von 10 km/h führt zu einem F_n-Wert, der sogar bei 0,36 liegt. Danach steigt der Beiwert des wellenbildenden Widerstands sehr stark an, was zu einer wesentlichen Erhöhung des Gesamtwiderstandes R_T führen würde.

Auch die an die Propulsionsversuche anschließenden Manövrierversuche nach Standardprogramm:

Schlängelversuch

Spiralversuch

Drehkreisversuch

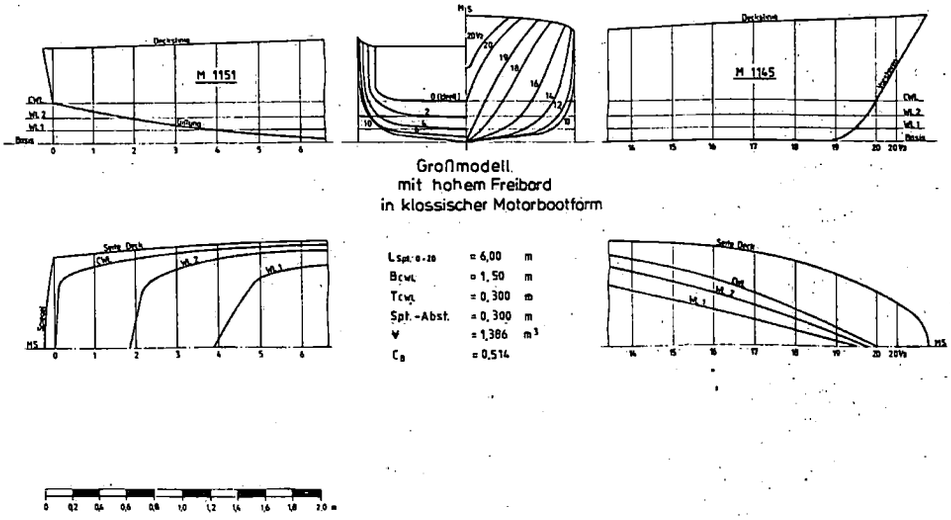


Bild 8

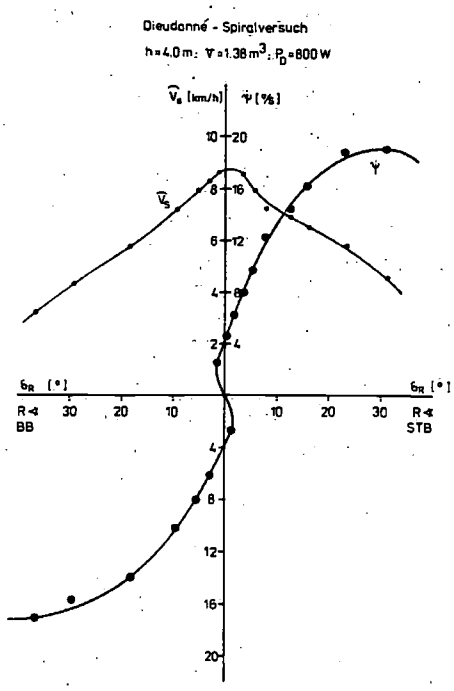


Bild 11

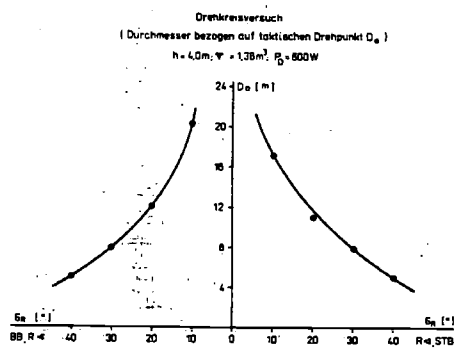


Bild 12

führten zu eindeutigen Werten und ließen eine Beurteilung der Fahrsicherheits-Problematik zu.

Bild 11 zeigt die Ergebnisse des Spiralversuchs, aus dem Stand mit voller Leistung und Hartruderlage beginnend. Hier bleibt ein Kursunstetigkeitsbereich zwischen ±1,5°, was bei Schiffsparametern dieser Art zu erwarten, aber minimal ist.

Bild 12 zeigt die Ergebnisse der Drehkreisversuche, gefahren zwischen 40° und 10° Ruderwinkel, bezogen auf die Bahnkurve des taktischen Drehpunkts.

5. L/B-Variation

Da nunmehr die günstigste Form des Vor- und Hinterschiffes gefunden war, konnte im letzten Schritt L/B in systematischer Stufung von 4 nach 8 durch Einfügen der bereits gezeigten parallelen Mittelschiffe vergrößert und diese Wirkung experimentell erfaßt werden.

Um das Anwendungsspektrum sehr breit zu halten, sind die Modellversuche auf 5 Wassertiefen ausgeführt worden. Damit wird zugleich der Anschluß zu bestehenden Veröffentlichungen und deren interessanten Ergebnissen hergestellt. Außerdem werden dann diejenigen Maßverhältnisse erreicht, die für die gewerbliche Schiffahrt von Interesse und Bedeutung sind.

Außer der Vor- und Hinterschiffsform blieb jetzt nur noch B/T = 5 konstant.

Bild 10 zeigt das Wertediagramm der Schlängelversuche, gefahren mit 9,5°, 17° und 25° Ruderlage bei einem konstanten Stützwinkel von 10° aus einer Geschwindigkeit von 10 km/h.

Mit wachsendem L/B erhöhen sich auch C_B und ∇ in folgender Weise:

L' [mm]	L'/B'	C_B	∇' [dm³]
2500	4,0	0,514	100,2
3000	4,8	0,561	131,6
3500	5,6	0,596	162,9
4000	6,4	0,621	194,2
4500	7,2	0,641	225,5
5000	8,0	0,657	256,7

Es bedeuten:

L' = Länge in der CWL

B' = Breite in der CWL

C_B = Blockkoeffizient

∇' = Wasserverdrängung

Modell-
maße
($\lambda = 1$)

5.1 Widerstandsversuche

Sämtliche in der Tabelle angegebenen Modellängen wurden nacheinander auf jeweils konstanter Wassertiefe gefahren und dabei

der Gesamtwiderstand R_T

die Absenkung S_Z

und

der Trimm Tr

in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit gemessen. Die Wassertiefe h/T ist ebenfalls systematisch gestuft worden, und zwar nach folgendem Schema:

h [mm]	h/T	C_h [m/s]
188	1,5	1,358
250	2,0	1,566
350	2,8	1,853
500	4,0	2,215
1000	8,0	3,132

Es bedeuten

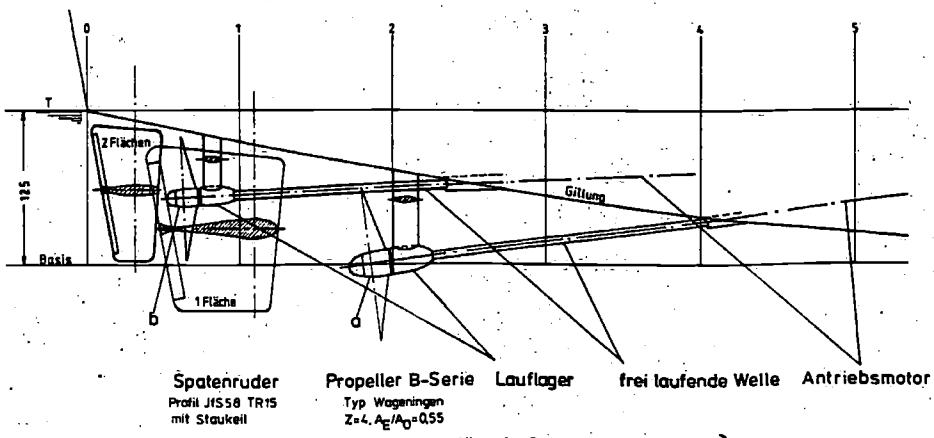
h = Wassertiefe

h/T = Wassertiefen-Tiefgangsverhältnis

C_h = Stauwellengeschwindigkeit = $\sqrt{g \cdot h}$

Da der Widerstand R_T nur im unterkritischen Bereich gemessen werden sollte, dienten die nominellen C_h-Werte dazu, die Fahrgeschwindigkeit des

Ruder-, Propeller und Wellenanordnung



a) Propeller und Ruderanordnung für λ = 2 bis etwa 4: $D_p = T$
b) Propeller und Ruderanordnung für λ = etwa 8 bis 16: $D_p = 0{,}8\,T$
} T = Konstruktionstiefgang

Bild 13

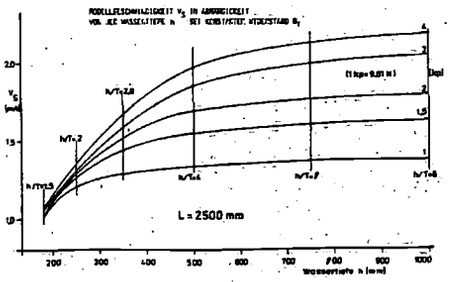


Bild 14

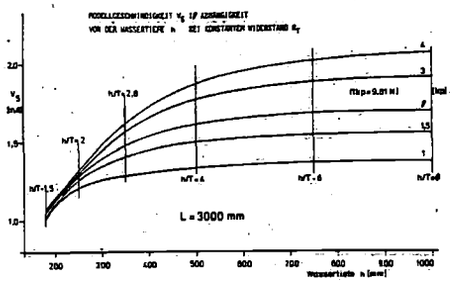


Bild 15

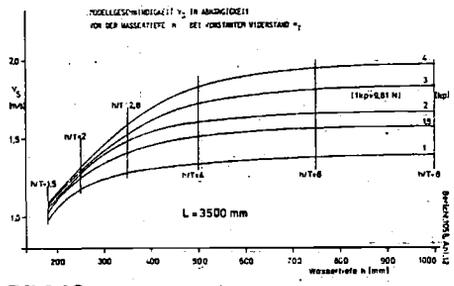


Bild 16

Schleppwagens auf den praxisgerechten Wert von 0,8 C_h zu begrenzen und die Zwischenstufung vorab einzuteilen.

Um alle gewonnenen Modellwerte auf mögliche Großausführungen anwenden zu können, hat die VBD Computer-Rechenprogramme entwickelt, die abgerufen und angewendet werden können. Hier kam das Widerstandsumrechnungsprogramm zur Anwendung, wobei, wiederum mit dem Ziel praxisnaher Ergebnisverwertung, nunmehr der Modellmaßstab, also der λ-Wert, so gestuft wurde, daß Großausführungen bis zu maximal 80 m Länge eingeschlossen waren.

5.2 Propulsionsversuche

Der zügige, zeitsparende Ablauf der Widerstandsversuche ermöglichte noch die Durchführung von Propulsionsversuchen. Da es allerdings nicht möglich war, alle Varianten analog zur Widerstandsmessung heranzuziehen, wurde folgendes System angewendet:

a) h/T = 2,0 (konstant)
alle 6 L/B-Verhältnisse

b) L/B = 6,4 (konstant)
alle 4 h/T-Verhältnisse

Nach diesem Schema werden die für die Praxis interessantesten Maß- und Werteverhältnisse überstrichen.

Beim Propulsionsversuch werden generell gemessen:

Propellerdrehzahl

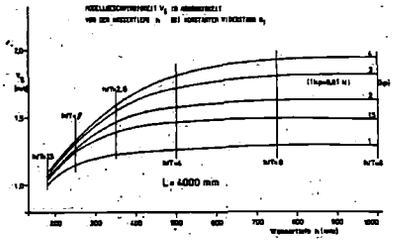


Bild 17

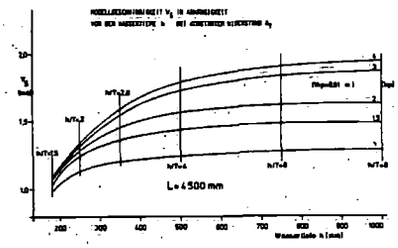


Bild 18

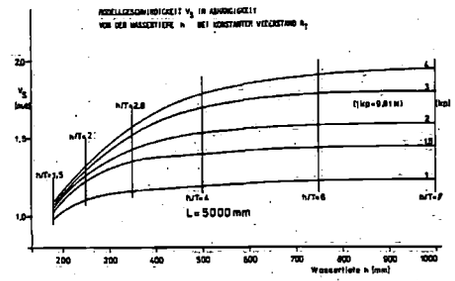


Bild 19

Propellerdrehmoment
Propellerschub
Absenkung
Trimm

und in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit aufgetragen. Die

Tabelle aller Modelldaten zu Abschnitt 2 bezogen auf L = 6m

Hinterschiff Vorschiff	M 1144 1145	M 1151 1152	M 1153 1154	M 1151 1145	M 1153 1145	M 1144 1152	M 1153 1152	M 1144 1154	M 1151 1154
1 L_{WL} [m]	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
2 B_{WL} [m]	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
3 T [m]	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
4 ∇ [m^3]	1,2614	1,515	1,678	1,386	1,475	1,3905	1,5968	1,4718	1,5968
5 $\nabla_{\odot L}$ [m v.Spt.0]	3,05	3,04	3,036	2,886	2,784	3,195	2,936	3,296	3,138
6 $\nabla_{\odot L}$ [in % L v.0]	50,2	50,7	50,6	48,0	46,4	53,3	48,9	54,0	52,3
7 A_W [m^2]	6,812	7,56	8,064	7,077	7,313	7,293	7,794	7,563	7,829
8 $A_{W\ \odot L}$ [m v.Spt.0]	2,736	2,803	2,808	2,666	2,588	2,872	2,725	2,955	2,885
9 S [m^2]	7,905	8,636	9,334	8,225	8,585	8,318	8,997	8,655	8,974
10 C_{WP}	0,757	0,840	0,896	0,786	0,813	0,810	0,866	0,840	0,870
11 C_M	0,8023	0,8023	0,8023	0,8023	0,8023	0,8023	0,8023	0,8023	0,8023
12 C_B	0,467	0,561	0,622	0,514	0,547	0,515	0,592	0,545	0,592
13 ρ	0,582	0,6998	0,775	0,6402	0,681	0,642	0,737	0,680	0,737
14 $\nabla^{2/3}$	1,1674	1,3191	1,412	1,243	1,2958	1,2458	1,3662	1,2939	1,3662
15 $L/\nabla^{2/3}$	5,139	4,5486	4,2493	4,8270	4,6305	4,8162	4,3919	4,6372	4,3919
16 L/B	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
17 L/T	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
18 B/T	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
19 $\nabla_{\odot L} - A_W \odot_L$ [% L_{WL}]	5,23	3,95	3,80	3,67	3,27	5,38	3,52	5,68	4,22

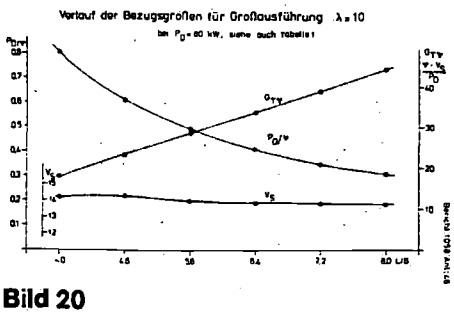


Bild 20

Modelle wurden als 1-Schrauber gefahren.

Die Anordnung von Welle, Propeller und Ruder für die Propulsionsversuche zeigt das Bild 13. Während für Modellmaßstäbe 2 bis etwa 4 der Propeller unter Basis schlagen dürfen und des Durchmessers wegen auch sollten, ist es üblich, insbesondere bei flachem Wasser, die Propellerunterkante noch etwas über Basis festzulegen. Da hier bewußt keine Eintunnelung vorgesehen war, führte dies zu kleineren Propellerdurchmessern. Auf den Tiefgang T bezogen, bewegt sich der Propellerdurchmesser etwa zwischen 1 und 0,8 T – diese Verhältnisse wurden auch hier gewählt. Je nach Durchmesser wird dann auch die praxisgerechte Anordnung zwischen den beiden skizzierten Grenzen zu finden sein. Daraus und aus den zu erwartenden Manövrierbedingungen erfolgt auch die Wahl des Rudertyps und seine Lage im Heckbereich. Die Propellerwelle kann ohne Stevenrohr frei laufen; dies begünstigt den Zusatzwiderstand.

5.3 Meßwertdarstellung

Neben der oben bereits erörterten Computerauswertung der Widerstandsversuche, wurde hier das Abhängigkeitsverhalten der Modellvarianten von der Wassertiefe bei konstanten Widerständen zwischen 1 und 4 kp herausgestellt. Dies zeigen die Bilder 14 – 19.

Eine zusammenfassende und vergleichende Darstellung der Propulsionsversuche zeigt ein letztes Diagramm (Bild 20). Hierfür wurden Modellabmessungen und Meßwerte auf einen willkürlich gewählten Maßstab $\lambda = 10$ umgerechnet und bei 80 kW

die spezifische Antriebsleistung
P_D/V

sowie der Transportgütegrad
$V \cdot V_S/PD$

in Abhängigkeit von L/B aufgetragen.

Bei fast konstantem V_S ist die Tendenz der Kurven P_D/V und G_{TV} bemerkenswert. Die ablesbaren Beträge entsprechen trotz der relativ kleinen Abmessungen den erreichbaren Werten der Großschiffahrt. Dazu sei erwähnt, daß auch das 60-m-Fahrgastschiff (Diplomarbeit von Dipl.-Ing. Mosgalik) bei gleicher Geschwindigkeit nur 100 kW benötigt.

6. Zusammenfassung

Ein am Ende der Vorkriegsforschung in den Schiffbau-Versuchsanstalten Berlin und Wageningen für Boote und kleine Schiffe (insbesondere von Henschke und Engelbrecht) empfohlener Spantenriß für Froude'sche Zahlen bis 0,36, wurde in Anlehnung an die besonderen hydrodynamischen Bedingungen für Flachwasser umgearbeitet. Durch nichtlineare axiale Verschiebung der Spanten, im Mittelschiffsbereich durch Abstandsdehnung, im Bug- und Heckbereich durch Abstandsverdichtung, entstanden jeweils unabhängige Halbmodelle. Da die Trennung im Hauptspant erfolgte, ergab dies 9 Ganzmodelle zur vergleichenden Widerstandsuntersuchung, Modellänge: 2,5 m.
Der widerstandsgünstigste Entwurf wurde noch geringfügig verbessert und in 6 m Länge für Widerstands- und Propulsionsversuche im Schlepptank auf einer Wasserhöhe von 1,0 m sowie als komplettes Großmodell für Propulsions- und Manövrierversuch auf einer Wasserhöhe von 4,0 m (Oberwasser der Ruhrschleuse Raffelberg) gefahren. Aus anwendungsbezogenen Gründen wurde das Überwasserschiff des Großmodells in klassischer Motorbootsform gestaltet.

Propulsions- und Manövrierergebnisse bestätigten die Richtigkeit der Entwurfsarbeiten und bewiesen die Erfüllung der gestellten Aufgabe.

Danach schloß sich eine Stufung der L/B-Quotienten von 4 nach 8 an.

Die Aufgabe wurde dadurch vereinfacht, daß die in der Mitte geteilten Ausgangsmodelle (L/B = 4) jetzt nur noch mit parallelen Mittelschiffen zu versehen waren, deren Länge den gewünschten Stufungen entsprach. Um ein breites Wertespektrum zu erhalten, wurden die Widerstandsmessungen auf 5 Wassertiefen zwischen h/T = 1,5 und 8,0 ausgeführt. Mit einer bestimmten Auswahl von Modellen konnten noch Propulsionsversuche und mit Hilfe eines bestehenden Computerprogramms eine Umrechnung der Ergebnisse auf praxisgerechte Großausführungen durchgeführt werden. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in Tabellen und Diagrammen. Auch dabei wurde Wert auf einfache Verwertbarkeit aller Erkenntnisse gelegt.

Das Großmodell im Maßstab 1:2,4 ist zum Freizeitboot ausgebaut worden. Batteriegetrieben dient es auf Ausstellungen dem Umweltbundesamt und anderen Instituten als Funktionsmuster für eine umweltfreundliche Freizeitschiffahrt auf Binnengewässern.

Alle Ergebnisse können nach den Modellgesetzen auf Großausführungen von 6 – 80 m umgerechnet werden. Für die Schleppleistungen geschah dies bereits. Die Tabellen wurden in einem getrennten Heft zusammengefaßt. In einer Diplomarbeit wurde aus dieser Entwicklungsreihe ein 60-m-Fahrgastschiff für Nebenflüsse und Kanäle entworfen und zugleich – entsprechend der Aufgabenstellung – nachgewiesen, daß aufgrund des geringen Leistungsbedarfs sogar E-Antrieb, batteriegespeist, für bestimmte Strecken und Fahrzeiten problemlos möglich ist.

Dieses Forschungsvorhaben wurde von der Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen e.V., Köln, gefördert, wofür wir verbindlichst danken.

7. Literaturangaben

[1] Sturtzel, W.; Graff, W.
Systematische Untersuchungen von Kleinschiffsformen auf flachem Wasser im unter- und überkritischen Geschwindigkeitsbereich
15. Veröffentlichung der VBD, Forschungsberichte des Wirtschafts- und Verkehrsministeriums Nordrhein-Westfalen Nr. 617

[2] Sturtzel, W.; Graff, W.
Untersuchung über die Ausbildung optimaler Rundspantbootsformen
52. Veröffentlichung der VBD, Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen Nr. 1137

[3] Helm, K.
Optimale Formverhältnisse für schnelle Fahrgastschiffe auf Binnengewässern
39. Mitteilung der VBD, Schiff und Hafen, Jahrgang 13, Heft 9/1961

[4] Helm, K.
Systematische Untersuchungen über den Einfluß der Formgebung auf Widerstand und Leistungsbedarf von Fahrgastschiffen in der Binnenschiffahrt
57. Mitteilung der VBD, Schiff und Hafen, Jahrgang 15, Heft 2/1963

[5] Baader, J.
Motorkreuzer und Sportboote
Verlag Delius, Klasing und Co., Bielefeld und Berlin

[6] Heuser, H.
Systematische Modelluntersuchungen von kleinen und mittleren Binnenfahrgastschiffen
149. Mitteilung der VBD, Zeitschrift für

Binnenschiffahrt und Wasserstraßen, Heft 11/1968

[7] Nußbaum, W.
Systematische Untersuchungen schneller Kleinfahrzeuge auf extrem begrenzten Wassertiefen
201. Veröffentlichung der VBD, Zeitschrift für Binnenschiffahrt und Wasserstraßen, Heft 2/1982

[8] Henschke, W.
Formgebung und Antrieb von Booten und kleinen Schiffen
Die Technik, Band 5/1950, S. 49 - 56

[9] Mosgalik, P.
Studie über einen lärmarmen, energiesparenden, kombinierten Elektro-Dieselantrieb für ein Binnen-Fahrgastschiff
(unveröffentlichte Diplomarbeit)

[10] VARTA
Antriebsbatterien für den wirtschaftlichen Einsatz
Firmenprospekt

[11] Lead Development Association, London
Battery Electric Boats for Inlandwaterways

[12] Frauscher-Elektroboote, Gmunden, AUS
mit Accumot-Antrieben
Firmensprospekt

[13] Martina-Werft, Hitzacker
Elektroboote; Firmenprospekt

Ohne Literatur-Nachweis

Bootsentwicklungen des Verfassers von 1948 - 1958

Bootsentwicklung der Werft auf Korcula/YU; Motoryacht „TITO"