Juan Baader

Motorkreuzer

und schnelle Sportboote

Aus Respekt und Dankbarkeit gegenüber Juan Baader,
der mit diesem Buch mir und sicher vielen anderen Selbstbauern und Bootssportinteressierten in verständlichen Worten die physikalischen und technischen Kenntnisse vermittelte, die zum erfolgreichen Abschluss meines Selbstbaus nötig waren.

Um dieses Werk auch künftigen Bootsbauern verfügbar zu machen, wurde es von gleichgesinnten Usern des www.Boote-Forum.de in Arbeitsteilung digitalisiert und wird nun allen Interessierten unentgeltlich zur Verfügung gestellt.

Herrn Juan Bernardo Baader, dem Sohn des Autors und derzeitigen Inhaber der Rechte am Inhalt dieses Buches gebührt besonderer Dank für seine Zustimmung zur Erstellung und Verteilung dieser Datei.

Die Datei darf von Jedermann, aber nur unverändert und nur zu nichtgewerblichen Zwecken kopiert und weiterverteilt werden,

Helmut Heck, Ludwigshafen/Rhein den 12.12.2010

© Juan Baader, Buenos Aires,
Die gezeigten Seiten entstammen dem Buch ,,Motorkreuzer und schnelle Sportboote" und werden verwendet mit freundlicher Genehmigung des Verlags Delius, Klasing & Co. KG, Bielefeld 11/2010.
Ein herzliches Dankeschön dafür an Delius & Klasing.

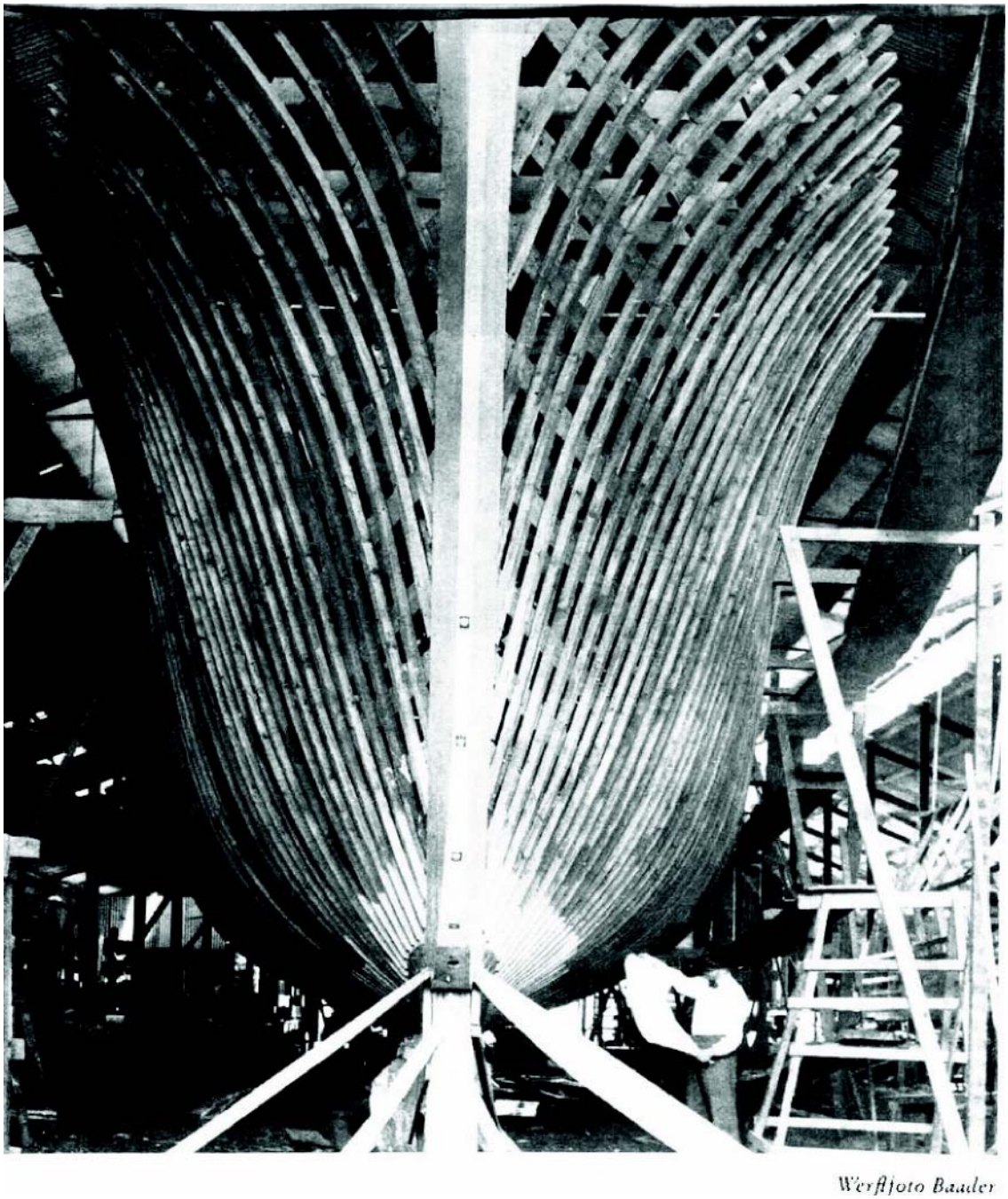


Foto 1 Eine große Motoryacht im Bau

Juan Baader

Motorkreuzer und schnelle Sportboote

Verlag Delius, Klasing & Co

Bielefeld und Berlin

Titel der spanischen Ausgabe:

CRUCEROS Y LANCHAS VELOCES

Weitere Bücher des Vcrfassers:

SEGELSPORT - SEGELTECHNIK - SEGELYACHTEN - 3. Auflage
Spanisch: EL DEPORTE DE LA VELA
Englisch: THE SAILING YACHT
Holländisch: ZEILSPORT- ZEILTECHNIEK- ZEILJACHTEN
Italienisch: LO SPORT DELLA VELA

ferner: MANUAL PARA LA MOTONAUTICA (Handbuch für den Motorbootsport)

2. Auflage

ISBN 3-7688-0022-9

Einbandgestaltung: Siegfried Berning
Sämtliche Rechte der deutschen Ausgabe liegen beim Verlag Delius, Klasing & Co, Bielefeld und Berlin
©Juan Baader, Buenos Aires
Printed in Germany 1972
Druck: Kunst- und Werbedruck, Bad Oeynhausen-Eidinghausen

Gedanken zwischen Bug- und Heckwelle

Es gibt kaum etwas Faszinierenderes auf der Welt, als den Geheimnissen des fahrenden Schiffes nachzuspüren. Schiffsform und Baumaterial, Antrieb durch den Wind oder die Maschine, ruhige Binnengewässer oder die Weiten der Meere, Sportgerät oder Verkehrsmittel, alle prägen dem Schiff ihren Stempel auf.
Jeder Anfang ist ein leerer Bogen weißen Papiers, auf dem ein Traumschiff skizzenhaft, einem Embryo vergleichbar, entsteht. Danach wird die Form in einem so genannten Linienriss herausgeschält, dessen stromlinienartigen Kurven man mit einer gehörigen Portion von Respekt, beinahe mit Ehrfurcht begegnet. Und doch steht das Geheimnis der Linien erst an zweiter Stelle. Wichtiger ist die Entscheidung über die zweckmäßigsten Proportionen, also die Verhältnisse zwischen Länge, Breite, Verdrängung, Schwerpunktlage und Antrieb. Seefähigkeit und flotte Fahrt werden zweifellos auch von sinnvoll durchkonstruierter Schiffsform begünstigt, entscheidend jedoch sind rationell gewählte Proportionen.
Ohne Scheu kann man versichern, dass neunundneunzig Prozent aller Motorboote und Motoryachten in irgendeinem Punkte verbesserungsfähig sind.
Doch fünfzig Prozent sind verbesserungsbedürftig!
Oft handelt es sich nur um scheinbar unbedeutende Änderungen: die Vergrößerung des Ruderausschlags zwecks besseren Manövrierens, eine Berichtigung der Auspuffanlage, um weniger Geräusch zu erzeugen, ein Auswechseln des Propellers, um mit geringer belastetem Motor eine verbesserte Fahrt zu erzielen, jede Planung steckt voller Fragen. Welche Breite gibt die nötige Stabilität und die gewünschte Einrichtung, ohne die Fahrt durch zuviel Widerstand zu hemmen? Welche Länge verhindert plumpes Aussehen und schwerfällige Fahrt, ohne Kosten und Handhabung zu komplizieren? Welche Motorengröße ist angemessen in Leistung und Gewicht, in Drehzahl und Zuverlässigkeit?
Marktforschung und Massenherstellung sind auch in dieses Gebiet eingedrungen, doch keineswegs zum Nachteil. Oft bieten sie dem Suchenden ein gutes Boot zu vorteilhaftem Preise. Doch auch hier wie überall bei der Planung eines Schiffes findet sich das Ringen zwischen Traumschiff und wirtschaftlichen Möglichkeiten, zwischen Phantasie und Technik, zwischen Tradition und Fortschritt.
Bootsbau ist Handwerk und Kunst, Technik und Wissenschaft in einem. Berechnung allein schafft keine Vollendung in Form und Verhalten, selbst nicht mit Hilfe eines Elektronengehirns. Aber auch Kunstsinn für sich allein ist unzureichend, selbst wenn er einen bestechenden Gesamteindruck schafft. Zum vollendeten Boot gehört beides, doch überwiegt der technische Anteil. Nur von der Technik hängen Festigkeit und Lebensdauer, Geschwindigkeit und Manövrieren, Stabilität und Seeverhalten ab.
Yachten sind teuer, Werften verlangen heute hohe Preise. In wie vielen Köpfen spukt dieser Irrglaube herum. Nicht Yachten sind teuer, sondern die gestellten Ansprüche und Wünsche?
Es gibt in der Welt kaum ein komplizierteres Bauwerk als eine moderne Motoryacht, wo auf engstem Raum eine fast unvorstellbare Anhäufung von Elementen, wohn-

lichen, mechanischen und elektrischen Einrichtungen samt ihren Instrumenten untergebracht werden müssen. Selbst zum bedeutendsten Fahrgastschiff der jüngsten Zeit erklärte die kundige Werftleitung: Es galt allgemein die Auffassung, das der Bau eines solchen komplizierten Schiffes ohne erhebliche finanzielle Zubuße der Werft und ohne Terminverzögerung nicht möglich sei.

In meinem Falle hatte ich das Glück, dass rund die Hälfte aller Aufträge Gebrauchsfahrzeuge umfasste, vom motorisierten Rettungsboot bis zum 21-m-Tankschiff zur Benzinversorgung von Wasserflugzeugen. So konnte ich es mir leisten, auch dem großen Hobby meines Lebens nachzugehen, dem Bau von Yachten. Dabei kam es gar nicht so selten vor, daß sogar ein bescheidener Verdienst erzielt wurde.
Angesichts der wirtschaftlichen Enge darf man sich nicht wundern, wenn Werften kaum die Zeit finden, um an ihren Neubauten sorgfältige Messungen durchzuführen. Teils sind sie nicht genügend daran interessiert, um die beträchtlichen Kosten zu tragen, häufiger noch werden sie einfach vom Termindruck daran gehindert. Aus diesen Gründen ist die Mehrzahl der Werftmessungen unvollständig, viele davon außerdem ungenau.
Weiter: Was ist teurer, Wind und Segel oder Brennstoff und Motor? Geht man den Dingen auf den Grund, so ist segeln weit davon entfernt, einen kostenlosen Antrieb zu liefern. Fahrt unter Motor wird allein deshalb kostspieliger, weil niemand sich mit den geringen Geschwindigkeiten des Segelns begnügt. Doch darüber hinaus bestehen keine Gegensätze zwischen beiden Sportarten. Beide benötigen der gleichen lückenlosen Seemannschaft, beide verbindet die gleiche Liebe zum Wasser, zur See.
Wie viel wird nicht bereits vor Baubeginn bei der Wahl der Abmessungen, der Motorleistung, der einzubauenden Gewichte gesündigt. Oft schleichen sich Fehlentscheidungen aus missverstandenen Gründen der Ersparnis oder der Handhabung ins Projektstadium, ein. Welche Vorteile bietet die V- Spantform gegenüber dem Rundspant? Wie verhält sie sich im Seegang? Warum vertrimmen einige Boote in Fahrt so stark, daß der bedauernswerte Mann am Steuer keine ausreichende Sicht mehr hat? Warum erzeugen die Boote dabei eine so lästige und Kräfte verzehrende Heckwelle? ... Oder dieses störende Motorengeräusch, diese Vibrationen: wie viel davon ließe sich durch gut geplanten Einbau, durch elastische Lagerung, durch Isolierung vermeiden!
Mit vorliegender Arbeit wurde versucht, diesen stets erneut auftretenden Problemen nachzugehen und eindeutige Antworten zu bieten, außerdem einen Überblick in einer Form zu geben, die auch dem Leser ohne technische Vorbildung, ohne größere mathematische Kenntnisse zugänglich ist.
Ob es das ideale Schiff gibt? Ich glaube ja! Wenn man seine Wünsche den praktischen und technischen Möglichkeiten anpasst, Erfindungen gegenüber zurückhaltend ist, aber der schrittweisen Entwicklung mit offenem Blick begegnet. Mancher Beitrag dazu sollte im geschriebenen Wort, in den Plänen und Abbildungen dieses Werkes gefunden werden. - Oft träumte ich davon, eines Tages auch den idealen Auftraggeber zu finden, für den ich das ideale Schiff entwerfen und erbauen könnte. Er hätte nichts weiter zu tun, als Größe, Eigenschaften und Einrichtung in gemeinsamer Besprechung festzulegen und dann den Auftrag zu erteilen, ohne nach dem Preis zu fragen ... Herrliche Schiffe könnte man bauen! - Auf ihn, den idealen Auftraggeber, warte ich noch heute.

Im Yacht Club Argentino, Darsena Norte, Buenos Aires, März 1970 Juan Baader

Inhaltsverzeichnis

Von der Arche Noahs zum Rekord-Dieselboot 13
Geschwindigkeit, ein relativer Begriff 18
Die vier Fahrtzustände 25
Einige Erläuterungen zum Schiffswiderstand 34
Die Bootsform muss der Eigenwelle angepasst werden 39
Der unwahrscheinliche Längstrimm 46

Heckformen 53
Rundspantboote - V-Spantboote 58
Spantenrisse von Motorbootsformen 63
Aufschlagskräfte im Seegang 72

Normaldiagramm für wirtschaftliches Fahren 76
Kann Geschwindigkeit errechnet werden? 80
Der Preis für höhere Geschwindigkeit 87
Lang und schmal oder kurz und breit 92
Modellversuche 99
Ungünstige Boote 106

Querschnitt durch das gegenwärtige Bootsmaterial 107
Außenbordmotorboote 108
Die Dreikielbootsform 113
Kleine Motorkreuzer mit Außenbordmotor 116
Schnelle offene Sportboote mit Einbaumotoren 122
Schnelle Boote mit Kabine 128
Das seefähige offene Sportboot mit Unterschlupf 130
Kleines Sportfischerboot 132

Kleine Motorkreuzer 136
Mittlere Motorkreuzer 141
Fünf Variationen zu einem 11-m-Bootskörper 146
Sportlicher 11,70-m-Motorkreuzer 149
Zwei schlanke Motorkreuzer: EXPLORADOR und RIVIERA 152
17-m-Motoryacht MARIA THERESIA 159
Große Motoryachten 161
Zwei Motorkreuzer für Langfahrt auf See 165

Motorsegler. 171
Motorsegler BORNHOLM von 9,60 m Länge 177
Motorsegler ADRIA von 12,50 m Länge 179

Motorsegler **LAS PALMAS** von 17,50 m Länge, 183
Kleinster Motorsegler, Länge = 5,50 m 187

Fünf historische Atlantiküberquerungen mit kleinen Motorkreuzern 191
Ozeanische Langfahrt unter Motor 194
Langfahrtgeschwindigkeit auf See 198
Vorbereitungen zu ozeanischer Langfahrt 200
Ozeanischer Langfahrtkreuzer BORA BORA 203
Weitere Langfahrtprobleme (Motoreinbau, Ausrüstung) 212
Sind kleinere Abmessungen möglich? (RAROTONGA) 217
Das unmögliche Schiff HALF SAFE 219

Schnelle Fahrt auf See 223
Neuzeitliche See- und Küstenrennen 226
Boote für See- und Küstenrennen 232
Motorrennboote für glattes Wasser 238

Wendepunkt im Rennbootsbau 243
SK-Rennboote und Dragrennen 250
Düsenantrieb für Rekordboote 254
Raketenantrieb, der nächste Schritt? 257
Höchste Geschwindigkeit mit Außenbordmotoren 258
Spezialbrennstoffe für Rennzwecke 261

Benzin- oder Dieselmotor? 265
Schnelläufer oder langsamlaufende Motoren? 269
Brems-PS, DIN-PS und SAE-PS 271
Spitzenleistung ist nicht Dauerleistung 276
Einmotoren- oder Mehrmotorenantrieb? 283
Der Hilfs- oder Notmotor 285

Fährt man auf Bergseen langsamer? 287

Vergleich fünf verschiedener Antriebe 289
Der Automobilmotor im Boot 297
Laufstunden und Lebensdauer 301
Z-Antrieb oder Bootswendegetriebe 304
Außenbordmotoren und ihre Lebensdauer 305
Der Kreiskolben- oder Wankelmotor 309
Die Gasturbine zum Bootsantrieb 311

Drehsinn von Motor und Propeller 314
Untersetzungsgetriebe, wann und wie stark? 316
Der Wasserstrahlantrieb 325
Der Strahlantrieb im Boot 329
Luftschraubenantrieb 338

Der unübertroffene Schraubenpropeller 341
Der Propeller unter dem Schiff 348
Propellerdurchmesser und Steigung 355
Propellerwirkungsgrad 362
Vergleich verschiedener Vortriebsorgane 366

Steuern und Manövrieren 367
Einfluss des Schraubendrehsinns aufs Manövrieren 373
Abstoppen der Fahrt mittels Rückwärtsganges 376
Größe und Form des Ruders 378
Balance und Kontrapropeller am Ruder 381
Ruder für schnelle Sportboote 384
Der richtige Ruder-Ausschlagwinkel 385
Zwei Ruder sollen nicht parallel stehen 388

Staukeile und Trimmklappen 391

Stabilität, die Voraussetzung für sichere Fahrt 399
Wie groß ist die Kentergefahr? 401
Innenballast zur Vergrößerung der Stabilität? 406

Motorboote im Seegang 408
Seegang und Seekrankheit 409
Die Größe der Meereswellen 412

Schlingerdämpfung auf Motorbooten 417
Aktive Schlingerdämpfungsflossen 422
Dämpfungsmethoden auf Fischkuttern (Flopper- Stopper) 425
Weitere Möglichkeiten der Schlingerdämpfung 429

Geräuschbekämpfung auf Motorbooten 430
Auspuff-Schalldämpfung 433
Elastische Lagerung von Motor und Wellenleitung 439
Geräuschbekämpfung durch Isolierung 443

Literatur-Nachweis 447
Stichwortverzeichnis 449

Von der Arche Noahs zum Rekord-Dieselboot

Hat ein modernes Motorboot irgendetwas mit der Arche Noahs gemein? Ja, drei Dinge: die Arche war aus Holz gebaut, sie bewegte sich auf dem Wasser, und sie bot eine zweckmäßige Inneneinrichtung. Nur der motorische Antrieb fehlte ihr und damit einige tausend Jahre technischen Fortschritts.

Seit den Zeiten der Ägypter und Phönizier wurde Handel und Verkehr über See nur mittels Antrieb durch den Wind betrieben. Als das kleine Europa sich anschickte, neue Ufer jenseits der Meere zu suchen und die Ausdehnung der Erde zu erforschen, baute es dafür Segelschiffe und übergab sie dem Kommando mutiger Kapitäne. Die Segelschiffe damaliger Zeiten wirken vor dem heutigen Auge wie plumpe Gebilde, ungeeignet zu schneller Fahrt, außerdem schwierig zu steuern. Doch mit ihnen konnte man größere Entfernungen in kürzerer Zeit überwinden als mit den sich langsam über Land dahinschleppenden Karawanen. Segelschiffe brauchten kein Futter wie Kamele oder Pferde, und wenn sie auch nur mit 3 Knoten Fahrt ihrem Ziel zustrebten, so waren sie bereits damit dem Tempo der Land-Karawanen überlegen,

Sogar Lustschiffahrt wurde schon in frühgeschichtlichen Zeiten betrieben. Ägyptische Darstellungen schildern mit allen Details, wie vor mehr als 4000 Jahren der Prinz Har-Khuf den Nil befuhr, aufs großartigste bedient und von Possenspielern unterhalten. Er brauchte nichts von der Bedienung der Segel zu verstehen, auch nichts vom Steuern, von den Untiefen und Stromschnellen des Flusses. Dafür hatte man ihm Kapitän, Steuermann und Besatzung mitgegeben. Eine ähnliche Lustschiffahrt besteht vereinzelt noch bis auf den heutigen Tag, wenn auch in verschwindend geringem Maße.

Sehr viel größer ist dagegen die Zahl der Eigner, die auf kleinem Boot nicht nur Kapitän und Steuermann in einem sind, sondern darüber hinaus die Pflege des Bootes und die Instandhaltung der Motorenanlage eigenhändig ausführen. Viele unter ihnen besitzen auf diesem umfassenden Gebiet eine wahrhaft bewundernswerte Sachkenntnis. für die überwiegende Mehrheit der Bootseigner ist das Leben auf dem Wasser echter Sport, keine Lustfahrt. Echter Sport umfasst weit mehr, als nur den Motor in Gang zu setzen und die nötigen Manöver zu beherrschen. Vertrautheit mit Wind und Strom, navigatorische Kenntnisse, Kartenkunde und ein gutes Maß von Seemannschaft bilden erst das Salz des Motorbootsports. Selbst kurze Nachmittagsfahrten, so harmlos sie auch aussehen mögen, verlaufen nur zufriedenstellend, wenn Geschick und Kenntnis in jedem Moment zeigen, dass Eigner und Bestmann mit Boot und Motor, mit Fahrwasser und Ankermanövern vertraut sind. Und das ist Sport, körperlich sowohl wie geistig.

Man lese einmal den Bericht Thomas Fleming Days als Kapitän des 10,65-m-Motorkreuzers DETROIT, der im Jahre 1912 mit drei Mann Besatzung den Atlantik überquerte.

Als verantwortlicher Führer seines kleinen Schiffes war Day ununterbrochen so stark beschäftigt, das er auf hoher See nicht einmal ausreichende Zeit zum Schlaf heraus sparen konnte, obwohl er nur die geringste Zeit am Ruder stand.

Von der Arche Noahs zum Rekord-Dieselboot

Hat ein modernes Motorboot irgendetwas mit der Arche Noahs gemein? Ja, drei Dinge: die Arche war aus Holz gebaut, sie bewegte sich auf dem Wasser, und sie bot eine zweckmäßige Inneneinrichtung. Nur der motorische Antrieb fehlte ihr und damit einige tausend Jahre technischen Fortschritts.

Seit den Zeiten der Ägypter und Phönizier wurde Handel und Verkehr über See nur mittels Antrieb durch den Wind betrieben. Als das kleine Europa sich anschickte, neue Ufer jenseits der Meere zu suchen und die Ausdehnung der Erde zu erforschen, baute es dafür Segelschiffe und übergab sie dem Kommando mutiger Kapitäne. Die Segelschiffe damaliger Zeiten wirken vor dem heutigen Auge wie plumpe Gebilde, ungeeignet zu schneller Fahrt, außerdem schwierig zu steuern. Doch mit ihnen konnte man größere Entfernungen in kürzerer Zeit überwinden als mit den sich langsam über Land dahinschleppenden Karawanen. Segelschiffe brauchten kein Futter wie Kamele oder Pferde, und wenn sie auch nur mit 3 Knoten Fahrt ihrem Ziel zustrebten, so waren sie bereits damit dem Tempo der Land-Karawanen überlegen,

Sogar Lustschiffahrt wurde schon in frühgeschichtlichen Zeiten betrieben. Ägyptische Darstellungen schildern mit allen Details, wie vor mehr als 4000 Jahren der Prinz Har-Khuf den Nil befuhr, aufs großartigste bedient und von Possenspielern unterhalten. Er brauchte nichts von der Bedienung der Segel zu verstehen, auch nichts vom Steuern, von den Untiefen und Stromschnellen des Flusses. Dafür hatte man ihm Kapitän, Steuermann und Besatzung mitgegeben. Eine ähnliche Lustschiffahrt besteht vereinzelt noch bis auf den heutigen Tag, wenn auch in verschwindend geringem Maße.

Sehr viel größer ist dagegen die Zahl der Eigner, die auf kleinem Boot nicht nur Kapitän und Steuermann in einem sind, sondern darüber hinaus die Pflege des Bootes und die Instandhaltung der Motorenanlage eigenhändig ausführen. Viele unter ihnen besitzen auf diesem umfassenden Gebiet eine wahrhaft bewundernswerte Sachkenntnis. für die überwiegende Mehrheit der Bootseigner ist das Leben auf dem Wasser echter Sport, keine Lustfahrt. Echter Sport umfasst weit mehr, als nur den Motor in Gang zu setzen und die nötigen Manöver zu beherrschen. Vertrautheit mit Wind und Strom, navigatorische Kenntnisse, Kartenkunde und ein gutes Maß von Seemannschaft bilden erst das Salz des Motorbootsports. Selbst kurze Nachmittagsfahrten, so harmlos sie auch aussehen mögen, verlaufen nur zufriedenstellend, wenn Geschick und Kenntnis in jedem Moment zeigen, dass Eigner und Bestmann mit Boot und Motor, mit Fahrwasser und Ankermanövern vertraut sind. Und das ist Sport, körperlich sowohl wie geistig.

Man lese einmal den Bericht Thomas Fleming Days als Kapitän des 10,65-m-Motorkreuzers DETROIT, der im Jahre 1912 mit drei Mann Besatzung den Atlantik überquerte.

Als verantwortlicher Führer seines kleinen Schiffes war Day ununterbrochen so stark beschäftigt, das er auf hoher See nicht einmal ausreichende Zeit zum Schlaf heraus sparen konnte, obwohl er nur die geringste Zeit am Ruder stand.

Es ist nur wenig über 80 Jahre her, dass es überhaupt Motorboote gibt, das heißt Boote, die von einer Verbrennungskraftmaschine angetrieben werden. Im Jahre 1886 erschien Gottlieb Daimler mit seinem Boot NECKAR auf dem Wasser, das erste betriebsfähige Motorboot der Welt. Noch ganz in der Form einer kleinen Dampfbarkasse erbaut, war es gerade eben 6 m lang, 1,50 m breit und fasste laut berühmtem damaligem Lichtbild 11 Personen. Der kleine Daimler-Benzinmotor lieferte eine Antriebsleistung von 2 PS bei der erstaunlich hohen Drehzahl von 800 Umdrehungen in der Minute. Es war ein stehender Zwei-Zylinder-Viertaktmotor in V-Form.
Bereits ein Jahr später zeigten sich zwei weitere Pioniere des frühen Motorenbaues auf dem Wasser. Als Wilhelm Maybach sein Motorboot mit dem von ihm konstruierten
Benzinmotor auf dem Main probieren wollte, wurde er sofort von der Polizei verhaftet. Mehr Glück hatte Karl Benz, der seinen Motor im Boot auf der Spree bei Berlin vorführte, ebenfalls im Jahre 1887.
Man glaubte damals, dass der gerade eben betriebsfähige und einigermaßen zuverlässige Verbrennungsmotor ein wesentlich größeres Absatzgebiet zum Antrieb von Booten als von Landfahrzeugen vor sich hätte. Boote, ja! Komische Landfahrzeuge, nein, zu viel Geräusch, zu gefährlich, bringt die Pferde zum Scheuen, das war die damalige Auffassung. Bis zum Jahre 1900 wurde eine größere Zahl von Verbrennungsmotoren für Boote als für Landfahrzeuge hergestellt.
Alle vorher existierenden Kraftmaschinen waren viel zu schwer im Gewicht, zu umständlich im Betrieb, auch viel zu langsam in der Drehzahl, um kleinere Boote damit betreiben zu können. Gottlieb Daimler schuf nicht nur einen betriebsfähigen Motor, sondern vor allem auch einen „leichten Schnelläufer". Dass die Drehzahl sogar regulierbar war, erregte allgemeine Verwunderung. Frühausführungen des Verbrennungsmotors liefen mit den unvorstellbar niedrigen Drehzahlen von 100 oder 150 U/min sowie mit konstanter Drehzahl, waren also unbezähmbare Ungeheuer im Vergleich zu Daimlers elastischem Maschinchen.

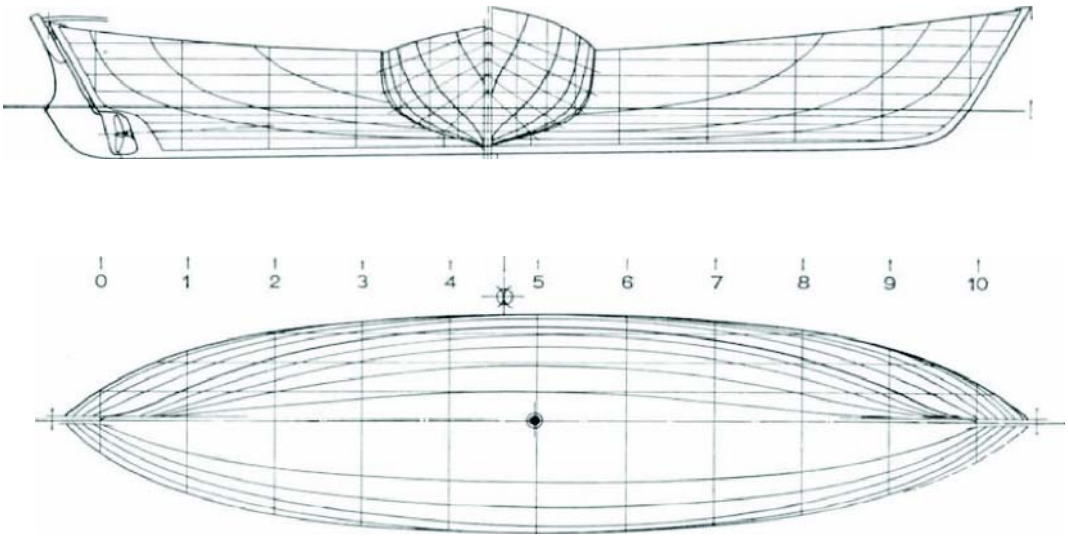


Abb. 1 Die ideale Schiffsform für geringsten Fahrtwiderstand und bestes Verhalten im Seegang. *Sie wurde von den Wikingern schon vor tausend Jahren erdacht und lebt heute fort als Brandungsboot, Walboot und Rudergig. Der Linienriss zeigt ein Boot mit Motorantrieb von 10 m Länge und 2,20 m Breite sowie einer Verdrängung von 3 t.*

Ungefähr zur gleichen Zeit tauchte in den Vereinigten Staaten eine erstaunliche Antriebs-maschine für kleine Boote auf: die Naphtha-Maschine, mit dem dazugehörenden Boot

zusammen als *Naphtha Launch* in Gebrauch gekommen. Der Mechanismus sah aus wie eine sehr kleine Dampfmaschine und arbeitete auch nach deren Prinzip. Nur wurde nicht Wasser, sondern ein leichtes Benzin, Naphtha, im Kessel erhitzt. Derselbe Brennstoff diente auch zur Erwärmung des kleinen Kessels. Sobald das Benzin im Kessel die nötige Verdampfungswärme erreichte, begann das kleine Maschinchen zu laufen. Die Abgase, nämlich die unverbrannten Benzingase, wurden keineswegs ins Freie abgeleitet, sondern in unter dem Boden angebrachten Rohrschlangen wieder zu flüssigem Benzin zurückkondensiert.
Dieses kleine *mechanische Wunder*, wie die Amerikaner es nannten, war von Frank W. Ofeldt, New York, erfunden worden und breitete sich rasch aus. Man konnte damit Yachtbeiboote von weniger als 5 m Länge antreiben, wog doch das dafür gebaute 1 PS leistende Maschinchen nur etwa 70 kg. Es wurden Anlagen mit Leistungen bis zu 10 PS hergestellt, die in Booten bis zu 15 m Länge zur Verwendung kamen. Natürlich gab es immer wieder Leckstellen und Benzin in der Bilge, so dass Explosionen und Brände häufig vorkamen. Wenn bei einem solchen Unglück niemand verletzt wurde, so gab es eine allgemeine fröhliche Feier unter den Anhängern des Benzindampfbootes. Nur drei Jahre nach Daimlers erstem Motorboot war die Zuverlässigkeit der echten Benzinmotoren in Betrieb und Bedienung so weit vorangeschritten, dass auch Arbeitsboote mir diesen ausgerüstet wurden. Beim Bau des Kaiser-Wilhelm-Kanals wurden bereits im Jahre 1889 fünfzehn solcher Arbeits-Motorboote eingesetzt, ein Gebiet, das vorher vollkommen von der viel größeren, schwereren und teureren Dampfbarkasse beherrscht wurde. Fiel Daimlers Bootsmotor bereits damals als Schnellläufer auf, so leitete er nur die bis heute noch herrschende Tendenz ein. Der Zug zum Schnellläufer hat nie wieder aufgehört. Die Entwicklung führte zu immer gewaltigeren Leistungen, verbunden mit ständig steigenden Drehzahlen. Nicht nur Benzinmotoren, auch Dieselmotoren gibt es heute für den praktischen Bootsbetrieb mit Drehzahlen von 4500 bis 5000 U/min, ohne daß darunter spezielle Rennmotoren zu verstehen wären. Sämtliche Land-, Wasser- und Luftfahrzeuge profitieren von der Errungenschaft des „leichten Schnellläufers", nur die stationären Motoren nicht.
Es dauerte nur wenige Jahre, bis die auch heute noch brauchbare klassische Form des
Motorbootes gefunden wurde, nämlich scharfes Vorschiff, verbunden mit einem abgeschnittenen Spiegelheck.
Im Jahre 1903 fanden die ersten bedeutenden Motorbootrennen statt, und zwar in der Bucht von Monaco. Im gleichen Jahr wurde auch zum erstenmal um den britisch-internationalen Harmsworth-Preis gekämpft. Die damaligen Motorrennboote waren für heutige Begriffe ungewöhnlich lang und schmal. Gewiss waren sie rassig anzusehen, doch befanden sie sich noch nicht auf dem später als richtig erkanntem Wege. Das siegende Boot des ersten Harmsworth-Rennens NAPIER war 12 m lang und nur 1,60 m breit. Ausgerüstet mit einem 65-PS-Benzinmotor, erreichte es die aufregende Geschwindigkeit von 35 km/h. Ein deutsches Motorrennboot aus dem Jahre 1904, namens ZARITZA, wies folgende erstaunlichen Abmessungen auf: größte Länge = 19 m, Breite über Außenhaut = 2,20 m. Es trug einen Sechszylindermotor von 350 PS Leistung und soll damit eine Geschwindigkeit von 52 km/h erreicht haben. Welche Entwicklung! Dies alles geschah nur 18 Jahre nach dem Auftreten des ersten schüchternen Motorbootes mit 2 PS Antriebsleistung.

Sobald man erkannt hatte, dass sich schnelle Motorboote in hoher Fahrt aus dem Wasser herausheben, um an der Oberfläche dahinzujagen, gab man das Prinzip der großen Länge auf. jetzt galt nicht mehr die alte Segelyachterfahrung „Länge läuft, sondern die neue Gleitbooterkenntnis „Breite gleitet". Das Gleitprinzip fand seine erste praktische Anwendung um 1908, die echte V-Spantform dürfte um 1910 aufgetreten sein. Ganz anders verlief die Entwicklung bei den Kabinenbooten, die man heute Motorkreuzer nennt. Hier zielten Entwurf, Bauweise und Antrieb auf Sicherheit und Zuverlässigkeit. Man war überzeugt, niemals größere Geschwindigkeiten erreichen zu können, sofern man bequeme Kabinen wünschte. Daher blieb noch während vieler Jahre das lange, schmale Boot mit geringer Antriebsleistung vorherrschend. Typische Kabinenboote aus der Zeit vor dem Ersten Weltkrieg waren 12 bis 15 m lang, mit entsprechenden Breiten zwischen 2,00 und 2,60 m. Die Antriebsleistungen schwankten zwischen 15 und 30 PS bei 700 bis 800 U/min.

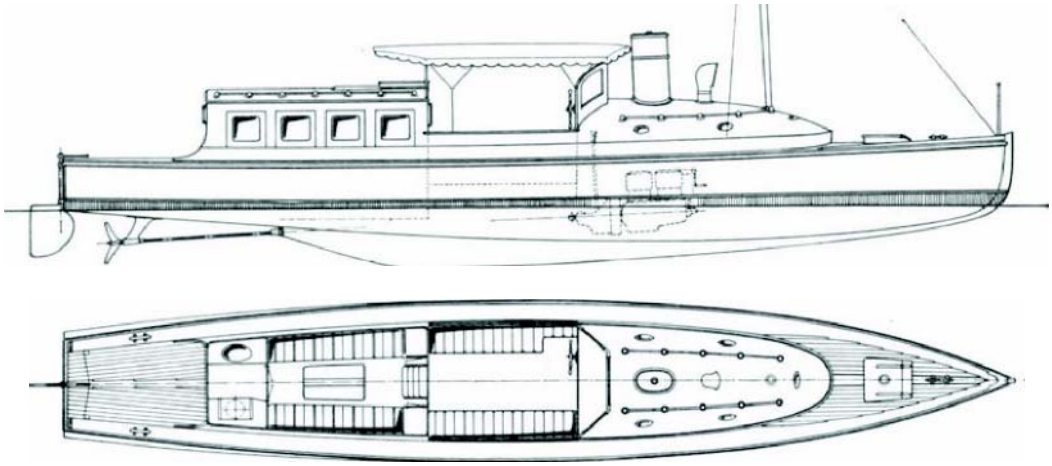


Abb. 2 *Schnelle Seekreuzeryacht aus dem Jahre 1912, entworfen von Max Oertz, Hamburg. Trotz ihrer Länge von 13 m besaß sie nur eine bescheidene Kabine mit zwei Liegesofas, dazu eine Kochstelle ganz im Vorschiff. Dank der geringen Breite von 2,20 m erzielte das Boot mit einem Lloyd-Benzinmotor von 40 PS Leistung eine Fahrt von 13,2 Knoten = 24,5 km/h. Sogar eine Stützbesegelung war vorhanden, bestehend aus einem Gaffel-Großsegel und einer Fock.*

Trotz der noch jungen Erfahrungen im Bau von Bootsmotoren und Motorkreuzern wurde bereits viel auf die Seetüchtigkeit, jawohl, Seetüchtigkeit dieser Boote gehalten. Die Insel Bermuda liegt mitten im Nordatlantik, 665 Seemeilen von New York entfernt. Dorthin wurde bereits im Jahre 1907 das erste Hochseerennen für Motorkreuzer organisiert und erfolgreich durchgeführt. Diese Rennen wiederholten sich in den Jahren 1908 bis 1913. Das kleinste teilnehmende Boot war 12 m lang und 2,75 m breit und wurde von einem 16-PS-Benzinmotor angetrieben. Im Durchschnitt waren diese so genannten Hochsee-Motorkreuzer 15 m lang, 3,10 m breit und besaßen einen Motor von 35 PS Leistung. Dieselmotoren wurden zum erstenmal um 1912 zum Antrieb größerer Motoryachten verwandt. Allgemeinen Eingang fanden sie jedoch erst, nachdem um 1920 die kompressorlose Brennstoffeinspritzung betriebsreif geworden war. Vorher wurde das Dieselöl zwecks feinerer Zerstäubung mit Hilfe von Pressluft in den Zylinder eingespritzt. Allmählich

wurden die Gewichte auch dieser hoch komprimierten Motoren geringer, die Drehzahlen höher. So konnten seit 1930 auch Motorkreuzer mittlerer Abmessungen mit Dieselmotoren ausgerüstet werden, wodurch ihnen ebenfalls die Vorteile des billigeren und weniger gefährlichen Dieseltreibstoffs zugute kamen.
In jüngerer Zeit machten Leichtbau und Schnelllauf auch beim Dieselmotor eine stürmische Entwicklung durch, so dass heute selbst kleine offene Sportboote mit solchen Motoren ausgerüstet werden können, falls ..., nun ja, im Vergleich zum Benzinmotor sind sie auch jetzt noch etwas schwerer im Gewicht, etwas größer in den Abmessungen und entwickeln etwas mehr Geräusch und Vibrationen. Wer aber hätte noch vor 10 Jahren ahnen können,
dass es bald Diesel-Rennboote geben würde, mit denen man die unglaubliche Rekordgeschwindigkeit von 103,75 km/h (1967) erreichte.

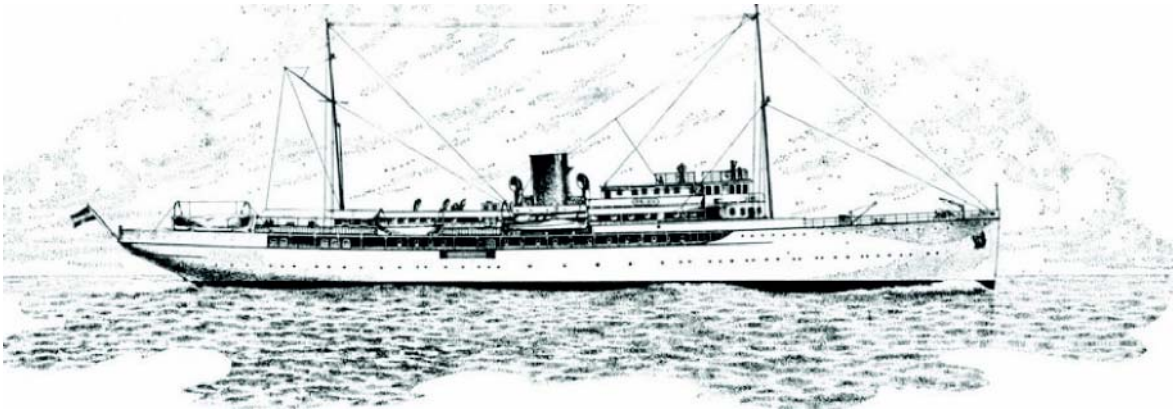


Abb.- 3 Motoryacht „Orion". Mit einer Länge über alles von 100 m und einer Vermessungsgröße von 3097 BRT war sie die größte jemals gebaute Motoryacht. Sie entstand um 1928 auf der Germaniawerft, Kiel, nach Planen von Cox & Stevens, New York.
Im Vergleich dazu hat „Christina", die bekannte Yacht von Aristoteles Onassis, eine Länge von 98 m und eine Vermessungsgröße von 1800 BRT. Sie wurde 1943 als kanadischer Zerstörer „Stormont" erbaut und im Jahre 1954 von den Howaldtswerken, Kiel, zur Yacht umgebaut. Mit 3700 PS Dampfantrieb erzielt sie eine Geschwindigkeit von 20 Knoten. Sie fährt mit einer Besatzung von 48 Mann.
Als größte private Dampfyacht sei die im Jahre 1931 erbaute „Savarona" erwähnt. Mit einer Länge von 125 m kam sie auf eine Vermessungsgröße von 4317 BRT. Sie wird nur noch von der englischen Königsyachtt „Victoria and Albert" mit 5005 BRT übertroffen. Heute gelten Motoryacht-Neubauten von 40 bis 50 m Länge schon als ungewöhnlich groß.
Zeichnung: 0. Mikhno

Geschwindigkeit, ein relativer Begriff

Ein Berliner Yachtklub pflegte die Saison im Frühjahr mit einer gemeinsamen Ausfahrt der Motorkreuzer und offenen Sportboote seiner Mitglieder einzuleiten. So dauerte es nicht lange, bis man sich gegenseitig zuflüsterte: Sehen Sie nur, welche geringe Wellenbildung diese große Motoryacht verursacht, viel geringer als alle die anderen viel kleineren und leichteren Boote.
Da alle Boote mit gleicher Fahrt gemeinsam zum Ziel strebten, breitete sich diese ebenso erstaunliche wie unerklärliche Beobachtung bald unter den Mitgliedern aus. Lag es wohl an der Form des spitzen Hecks? Oder am Talent des Konstrukteurs, der sich mit dem Entwurf erfolgreicher Segelyachten einen Namen gemacht hatte? Ob es wohl ratsam wäre, beim nächsten Boot ebenfalls ein spitzes Kreuzerheck zu verlangen? Bestimmt könne man doch Brennstoff sparen oder bei gleichem Verbrauch schneller fahren, wenn nicht so viele Pferdestärken allein zum Aufwerfen dieser störenden Heckwelle draufgehen würden. Alle diese Gedanken gingen einen falschen Weg. Es lag weder an der Farbgebung des Hecks noch am Talent des Konstrukteurs, sondern an der bedeutend geringeren *relativen Geschwindigkeit* der neuen großen Motoryacht. Bei dieser gemeinsamen Fahrt zum Ziel waren nur die absoluten Geschwindigkeiten untereinander gleich, nicht aber die relativen. Diese beziehen sich auf die Schiffslänge, genauer gesagt auf die Quadratwurzel aus der Wasserlinienlänge.
Die Beziehungen zwischen Motorleistung, Bootsgröße und Geschwindigkeit erscheinen in der Tat verwickelt. Sie unterliegen vielfachen und wechselnden Beeinflussungen, die unter Bootseignern nur allzu oft missverstanden werden, nicht selten sogar in technischen
Abhandlungen.
Der Begriff der relativen Geschwindigkeit ist von überragender Bedeutung zum Verständnis der Verflechtung von Bootsform, Geschwindigkeit und Motorleistung. Im nachstehenden wird daher auf ihre wesentlichen Punkte etwas näher eingegangen.
Ein Unterseeboot, aber auch ein Flugzeug bewegen sich innerhalb des betreffenden Mediums: Wasser oder Luft. Im Gegensatz hierzu bewegt sich ein Schiff an der Grenze zweier Medien von ganz verschiedener Dichte. Es fährt an der freien, nur an die Luft grenzenden, Oberfläche des Wassers. Bei Fahrt unter Wasser erzeugt ein U-Boot keine Wellen, erleidet also keinen Wellenwiderstand. Anders das Schiff. Wellen können sich an der Wasseroberfläche frei ausbilden. In demselben Maße, wie sie vom Schiff wegstreben, nehmen sie auch verlorene Motorleistung mit sich, um die es schade ist. In dieser Wellenbildung sowie dem dazugehörigen Wellenwiderstand liegt die wahre Begründung für den Begriff der relativen Geschwindigkeit.
Es besteht ein gesetzmäßiges Verhältnis zwischen der Länge einer Welle von Wellenberg zu Wellenberg und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellenzüge. Zu jeder
Geschwindigkeit gehört naturbedingt und unabänderlich eine ganz bestimmte Wellenlänge. Auch das fahrende Schiff löst durch seine Geschwindigkeit ein sich an der Bordwand
abzeichnendes Wellenprofil aus, dessen Abstand von Wellenberg zu Wellenberg durch eben diese Geschwindigkeit bestimmt und gegeben ist.
Die Beziehungen zwischen Wellenlänge und Schiffsgröße wurden für eine Geschwindigkeit von 20 km/h in der Zeichnung, Abb. 4, dargestellt. Alle drei Boote, die große Motoryacht, der mittelgroße Motorkreuzer, das kleine offene Sportboot, erzeugen eine Wellen-



Foto 2 Motorkreuzer Adler l". Serienbau in Glasharz von Storebro Bruks (Schweden) nach Plänen von W. H. Wilke. Ein wohlgelungener, kleiner Kreuzer von 7,5 m Länge und 2,60 m Breite, Foto: Storebro

Foto 3 Motorkreuzer „Ostsee" mit Achterkajüte, in V- Spantform. Serienbau der Yacht- und Bootswerft Robert Franz K.G. nach Plänen vom Konstruktionsbüro Ernst, Länge ü. a. = 9,50 m, Breite = 2,95 M, Antrieb durch zwei Volvo-Penta-Benzinmotoren mit je 100 PS für eine Geschwindigkeit von ca. 35 km/h. Foto: G. Kiesling





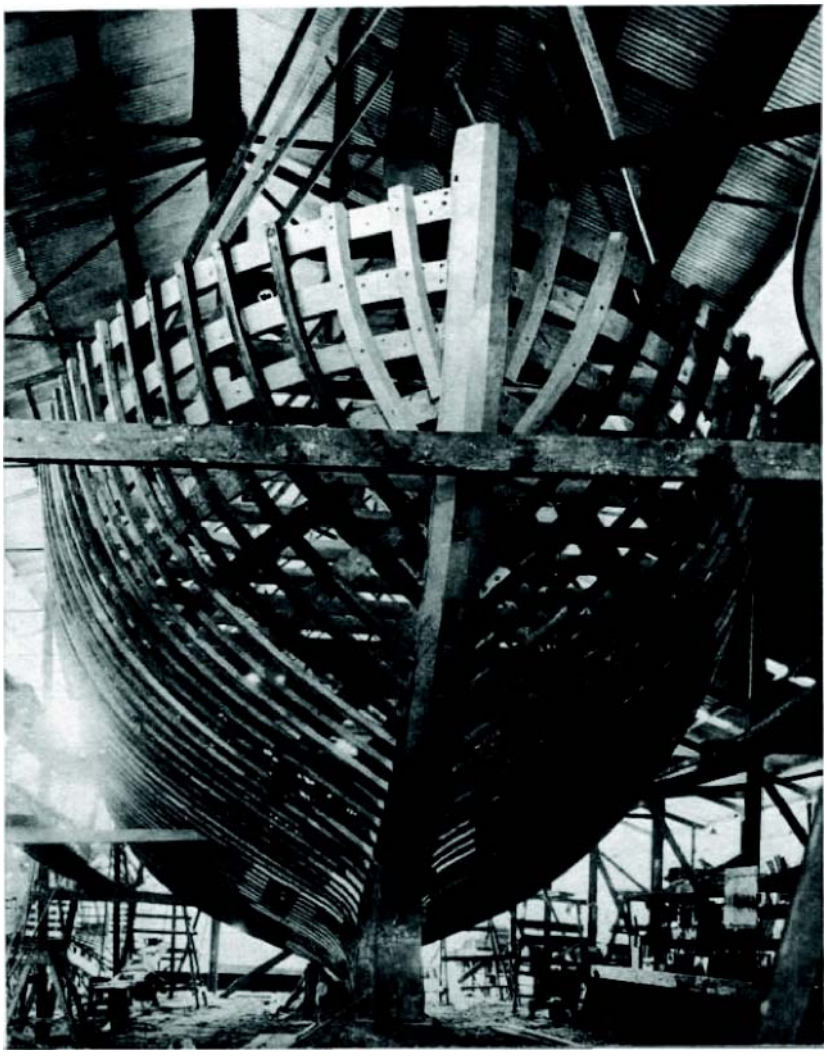


Foto 4 14 -m - Motorkreuzer „Nika-Sia" vom Konstrukteur Edwin Monk für seinen eigenen Gebrauch entworfen. Das 4,32 m breite Boot erreicht mit 184- PS- Dieselantrieb eine Kreuzfahrt von 13 Knoten = 24 km/h Foto: Ray Krantz

Foto 5 Kanuheck einer großen Motoryacht im Bau. Solche scharfen oder runden Heckformen eignen sich gut für mäßige Fahrt, doch sollte ein Geschwindigkeitsgrad von R 4,3 nicht überschritten werden. Es handelt sich hier um Komposit-Bauweise mit innenliegenden Stahlspanten Werftfoto Bagder

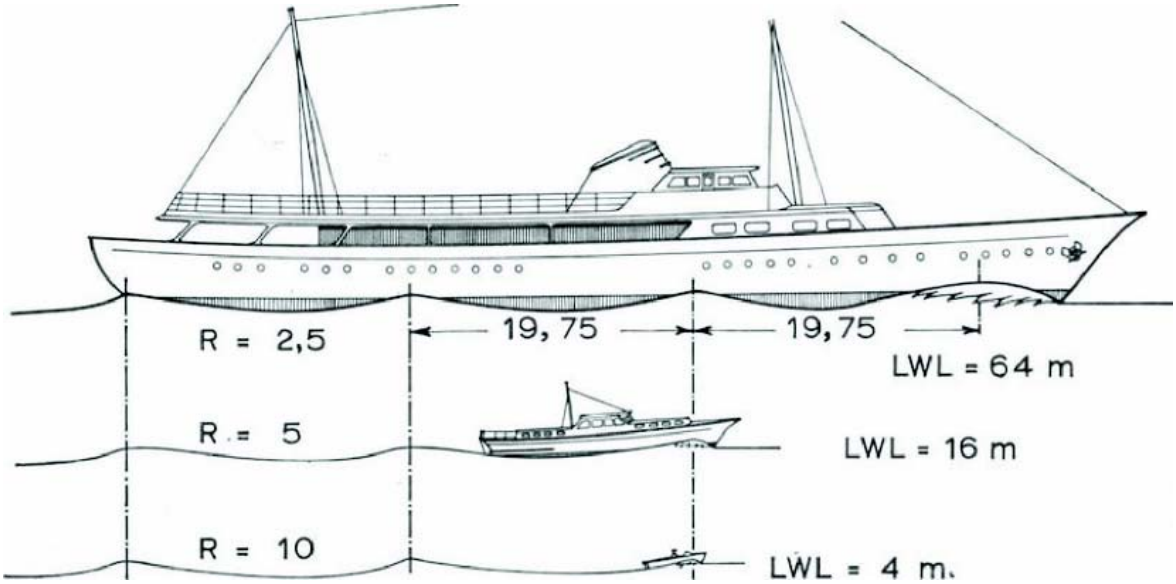


Abb. 4 Wellenbild an drei Schiffen verschiedener Längen, aber gleicher Geschwindigkeiten von 20 km/h- Die in Fahrtrichtung zu messende Wellenlänge ist physikalisch bedingt und beträgt bei 20 km/h Geschwindigkeit stets 19,75 m. Daher fährt die 64-m-Motoryacht auf drei Wellenlängen, der 16-m-Motorkreuzer auf weniger als einer Wellenlänge und das 4-m-Sportboot auf etwa ein Fünftel Wellenlänge. Die große Yacht erreicht mit R = 2,5 die geringste relative Geschwindigkeit, das kleine Sportboot dagegen die größte mit R = 10.

länge von 19,75 m, gemessen in Fahrtrichtung der Boote, weil sie alle drei mit der gleichen absoluten Geschwindigkeit von 20 km/h dahinfahren. Dasselbe würde gelten, wenn ein 300 m langer Ozeanriese und ein 3 m langes Außenbordboot mit gleicher Geschwindigkeit nebeneinanderher fahren würden: gleiche Geschwindigkeiten erzeugen gleiche Wellenlängen, ohne Rücksicht auf die wahre Größe des wellenerzeugenden Schiffes.
Betrachtet man die Großyacht von 64 m Wasserlinienlänge, so erkennt man an ihrer Bordwand vier Wellenberge, hier ein wenig überhöht gezeichnet. Man sagt, das Schiff fährt auf drei Wellenlängen, d. h., es gibt drei Abstände von Wellenberg zu Wellenberg entlang des Schiffes. Der 16-m-Motorkreuzer fährt bei der gleichen Geschwindigkeit von 20 km/h bereits auf weniger als einer Wellenlänge. Auch hier muss diese ja 19,75 m lang sein, das Boot hat jedoch nur eine WL- Länge von 16 m. Dadurch fällt das Heck des Motorkreuzers nahezu ins Wellental.
Ganz anders wiederum verhält sich das kleine Sportboot mit seiner WL- Länge von nur 4 m, ist doch nunmehr die Wellenlänge ungefähr fünfmal so groß wie die Bootslänge. Man erkennt: Trotz gleicher absoluter Geschwindigkeiten ergibt sich eine völlig verschiedenartige Lage der drei Boote innerhalb des gleichen Wellenbildes. Die große Yacht erweckt den Eindruck, nur langsam dahinzuschleichen; der Motorkreuzer lässt deutlich mittelschnelle Fahrt erkennen; das kleine Sportboot dagegen scheint in hoher Fahrt dahinzuschießen. Alle diese Beobachtungen über das verschiedenartige Verhalten der drei Schiffe sind vollkommen richtig. Absolut gesehen, fahren alle drei Schiffe mit genau der gleichen Geschwindigkeit von 20 km/h; relativ gesehen, haben sie jedoch Unterschiede von gewichtigen Ausmaßen.
Den Grad der relativen Geschwindigkeit bestimmt man durch den Quotienten aus absolu-

ter Geschwindigkeit und der Quadratwurzel aus der Wasserlinienlänge des Schiffes. Das Ergebnis ist ein zahlenmäßiger Ausdruck für die relative Geschwindigkeit, auch

Geschwindigkeitsgrad R genannt. Die WL-Länge von 64 m der großen Yacht ergibt eine Quadratwurzel = 8; folglich ist ihre relative Geschwindigkeit R = 20 km/h: 8 = 2,5. Beim nur 4 m langen Sportboot ist die Quadratwurzel = 2, und der Geschwindigkeitsgrad wird zu R = 20 : 2 = 10. Beim Motorkreuzer von 16 m WL- Länge ergibt sich ein Wert von R = 5. Der 16 m lange Motorkreuzer ist also, relativ gesehen, mit R = 5 genau doppelt so schnell wie die große Motoryacht mit R = 2,5. Das 4-m-Sportboot mit R = 10 ist relativ sogar viermal so schnell wie die große Yacht. Doch stets bleiben die absoluten Geschwindigkeiten aller drei Vergleichsboote unverändert = 20 km/h. Der Begriff der relativen Geschwindigkeit zieht sich wie ein roter Faden durch das gesamte Gebiet des Yacht- und Kleinschiffbaues. Im Großschiffbau ist seine Bedeutung geringer, weil hohe relative Geschwindigkeiten dort nicht vorkommen; trotzdem wird er bei der Ausbildung der Heckform und Lage der Antriebsorgane berücksichtigt. Dass es überhaupt eine relative Geschwindigkeit gibt, erkannte man erst gegen Ende des vorigen Jahrhunderts, als die Entwicklung des mechanischen Antriebs dazu führte, daß man zum erstenmal mit wissenschaftlichen Mitteln dem Schiffswiderstand und der Formgebung zuleibe ging. Solange es nur Segelschiffe gab und solange die ersten Dampfschiffe ebenfalls keine höheren Geschwindigkeiten erreichten, waren die Schiffsformen nur nach Erfahrung und Gefühl weiterentwickelt worden.
Es war der englische Physiker William Froude, der dem Begriff der relativen Geschwindigkeit seine mathematische Formulierung gab, nämlich

$$\text{Froudesche Zahl } F = \frac{V}{\sqrt{g.L}}$$

Hierin bedeuten V die Geschwindigkeit und L die Wasserlinienlänge des Schiffes, und die Erdbeschleunigung g wurde hinzugefügt, um eine sogenannte dimensionslose Zahl zu erhalten. Daher fällt der Wert der Froudeschen Zahl gleich aus, sei es, dass man im metrischen Maßsystem rechne oder etwa im englischen.
Es hat ziemlich lange gedauert, bis die Erkenntnis der relativen Geschwindigkeit und ihrer

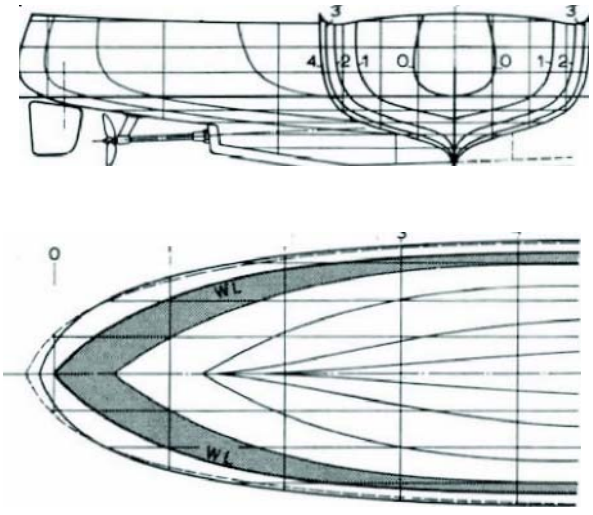
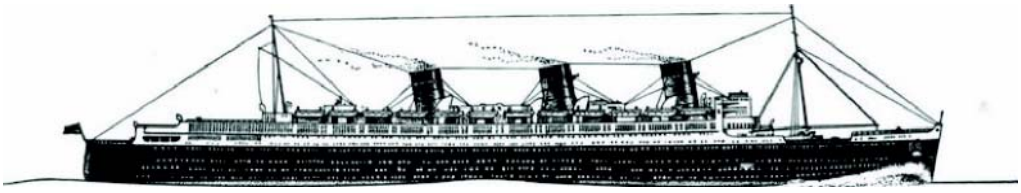


Abb. 5 Ein Kreuzerheck wie das hier dargestellte eignet sich bestens für niedrige relative Geschwindigkeiten. Oberhalb eines Wertes von R = 4,5 darf es nicht angewandt werden. Es entspricht dem im Text erwähnten größeren Motorkreuzer, der durch seine besonders geringe Wellenbildung

Auswirkung auf Formgebung und Verhalten Eingang in den Kleinschiffbau fand. Erst in den dreißiger Jahren wurde sie auf Motorboote angewandt, doch auch heute noch wird in manchen so genannten Fachkreisen empirisch und ohne wirkliche Erkenntnis dieses wichtigen Faktors gehandelt.
Inzwischen hat der Leser erkannt, warum die große Motoryacht aus Berlin durch ihre geringe Heckwellenbildung auffiel. Weil sie relativ sehr viel langsamer dahinfuhr als alle anderen erheblich kleineren Boote der gemeinsamen Ausfahrt. Ohne Zweifel hatte der Konstrukteur die richtige Bootsform entworfen, vielleicht wissend, wahrscheinlich aber nur intuitiv. Würden kürzere Boote für die gleiche Geschwindigkeit mit genau derselben Form gebaut werden, und das ist vorgekommen, so würde man mit Schrecken beobachten, dass die einst so geringe Wellenbildung sich ins Gegenteil kehrte. Es entsteht dann leicht die gefürchtete besonders starke Heckwelle, verbunden mit einer schlechten Trimmlage des Bootes.
Solange ein Boot langsam dahinfährt, wird sein Gewicht rein statisch vom Wasser getragen,
d. h., das Gewicht des verdrängten Wassers und des Bootes bleiben einander unverändert gleich. Jedes Schiff verdrängt eine ganz bestimmte Wassermenge, deren Raum vom Unterwasserschiff eingenommen wird. Das Gewicht dieser Wassermenge ist gleich dem Schiffsgewicht, denn es trägt ja das Schiff. Seewasser ist etwas schwerer als Süßwasser, 1 qm Seewasser wiegt im Durchschnitt 1425 kg, gegenüber 1000 kg des Süßwassers. Deshalb ist das verdrängte Raumvolumen im Seewasser etwas kleiner als im Süßwasser. Hohe Geschwindigkeiten mit kleinen Booten wurden möglich, seitdem es leichte Bootsmotoren mit großen Leistungen gab. In hoher Fahrt entstehen dynamische Kräfte, die danach trachten, den Bootskörper aus dem Wasser herauszuheben. Gelingt dieses, so wird ein Teil des Bootsgewichtes nicht mehr statisch von der verdrängten Wassermenge getragen, sondern dynamisch vom Fahrtdruck des Wassers gegen den Boden des Bootes. Das teilweise aus dem Wasser gehobene Boot verdrängt deshalb eine geringere Wassermenge als dem Bootsgewicht entspricht. Diesen Fahrtzustand nennt man *teilweises Gleiten*. Das dynamische Herausheben des Bootes hängt in wesentlichen von der relativen Geschwindigkeit ab, wird aber auch von der Bodenform beeinflusst. Diese kann das dynamische Anheben durch flache Gestaltung begünstigen, durch scharfe, steile Spantform dagegen verzögern. Bei einer sehr großen Zahl von Schiffen kann man niemals damit rechnen, ein teilweises Gleiten überhaupt zu erreichen. Dazu gehören alle großen Schiffe, vom Hafenschlepper hinaus bis zum größten Fahrgastschiff. Es wäre zwecklos, deren Unterwasserform so auszubilden, dass ein Herausheben begünstigt wird. Die dynamischen Kräfte wären nicht ausreichend, und so würde sich diese Form sogar nachteilig auf die erwartete Geschwindigkeit auswirken. Alle diese großen Schiffe besitzen runde oder spitze Heckformen; selbst wenn, wie neuerdings zu beobachten ist, ein Spiegel als Abschluss gewählt wird, so kommt dieser nicht zum Tragen. Für die auftretenden niedrigen Geschwindigkeitsgrade sind schlanke Heckformen notwendig und angemessen. Dabei spielt es keine Rolle, ob ein solches Schiff, absolut gesehen, vielleicht mit einer Fahrt von 30 Knoten = 55,6 km/h dahinbraust.
Relativ gesehen handelt es sich immer um langsame Fahrt!
Die höchste jemals von einem Fahrgastschiff auf Probefahrt erreichte Geschwindigkeit wurde von der *UNITED* STATES im Jahr 1951 erzielt: 42 Knoten mit 240 000 PS Antriebsleistung. Aber auch diese Maschinenleistung und eine Fahrt von 76 km/h erzeugen bei der großen Länge dieses Schiffes nicht die geringste Spur dynamischen Auftriebs! Darin sind die kleinen Zwerge des Sports den Riesen der Meere weit überlegen.



„Queen Mary" 1936 – 1967 *Länge WL = 306 m, Geschwindigkeit 56,7 km/h Geschw.-Grad R = 3,24*

Abb. 6 Obwohl große Fahrgastschiffe hohe absolute Geschwindigkeiten erreichen, kommen sie ihrer Länge wegen nur auf niedrige Geschwindigkeitsgrade. Die grand old lady der atlantischen Passagierschifffahrt, Queen Mary, erreichte zwar eine Fahrt von 30,6 Knoten = 56,7 *km/h, doch gehört dazu nur ein Geschwindigkeitsgrad von R = 3,24. Deutlich erkennt man zwei Wellenlängen an ihrer Bordwand. Die 33 Jahre später erbaute neue „Queen Elizabeth* 2" kommt mit *einer WL-Länge* von 280 m *und einer Geschwindigkeit von 28,5 Knoten auf den ähnlichen Wert von R = 3,15. Zeichnung: O.Mikhno*

Wurde bei einem schnellen Motorboot ein teilweiser dynamischer Auftrieb gewonnen, so liegt die Frage nahe, ob nicht mit größerer Motorleistung und entsprechend höherer Geschwindigkeit der Zustand des echten oder vollständigen Gleitens erreicht werden könnte. Das ist in der Tat möglich und wird auch oft erzielt. Je höher die relative Geschwindigkeit ansteigt, desto größer wird der von dynamischen Kräften getragene Anteil des Bootsgewichtes. Sehr schnelle leichte Boote, vor allem Motorrennboote, erreichen den Zustand des echten Gleitens. Das gesamte Gewicht wird vom dynamischen Auftrieb getragen, wobei das Boot die Wasseroberfläche gerade eben berührt.

Wellenbildung

Jedes fahrende Boot bewirkt eine Störung der freien Oberfläche des Wassers. Das Vorschiff verdrängt eine gewisse Wassermenge. Diese strömt am Heck zurück, um den Hohlraum zu füllen. Durch diese Störung entstehen Oberflächenwellen, welche einen Teil der Antriebsenergie forttragen. Es wird also Motorleistung vergeudet, um Wellen zu erzeugen, die niemandem etwas nützen.
Je weniger Wasser vom Boot verdrängt wird, desto kleiner wird der zur Wellenbildung verwandte Anteil der Motorleistung. Mit jeder Welle läuft Brennstoff weg, nutzlos, unwiederbringlich. Mehr noch, er stört andere Boote und richtet sogar Zerstörungen am Ufer an. Bei beginnendem Gleiten wird eine geringere Wassermenge verdrängt als denn Bootsgewicht entspricht. Es ist leicht einzusehen, dass der Widerstand dabei geringer wird, d. h., dass Motorleistung eingespart wird. Könnte man den Zustand des echten Gleitens erreichen, so würde überhaupt keine Wellenbildung mehr stattfinden (ein physikalisch *echtes* Gleiten gibt es leider nicht).
Als Gegenstück sei nun die sehr langsame Fahrt betrachtet.
Auch bei dieser entsteht fast keine Wellenbildung; kaum eine Kräuselung der Wasseroberfläche macht sich erkennbar. Da hierbei kein Brennstoff von der Welle fortgetragen wird, da ferner die Antriebsver-

hältnisse in sehr langsamer Fahrt besonders günstig liegen, bedeutet sie eine geradezu unübertreffliche wirtschaftliche Geschwindigkeit ..., sofern Zeit keine Rolle spielt. Um sich mit der Wellenbildung zu beschäftigen, müssen einige Grundbegriffe bekannt sein. Als Wellenlänge bezeichnet man den Abstand von Wellenberg zu Wellenberg. Unter Wellenhöhe versteht man den senkrechten Höhenunterschied zwischen Wellental und Wellenberg. Die Zeit, die zwischen dem Passieren zweier aufeinanderfolgender Wellenberge an einem festen Punkt vergeht, nennt man Wellenperiode. Sie hängt wiederum von der Länge sowie der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle ab. Es sei besonders darauf hingewiesen, dass nur die geometrische Figur der Welle dahineilt, dass dabei jedoch keine Wassermasse fortbewegt wird.
Wellenlänge, Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Periode stehen in einem mathematisch bestimmbaren Verhältnis zueinander, wodurch sie leicht berechnet werden können. Dabei spielt es für die Gesetzmäßigkeit keine Rolle, ob man vom Wind geschaffene Meereswellen vor sich hat oder ob man die Länge der vom fahrenden Boot erzeugten Welle untersuchen will. Sie gehorchen in jedem Falle einfachen physikalischen Gesetzen. Danach ist die Wellenlänge

$$L_w = \frac{2\pi}{g} * v^2 \quad .$$

Die Erdbeschleunigung g bleibt unter normalen Umständen unverändert zu $9{,}81\, m/sek^2$, sie wird jedoch hinzugefügt, weil die Formel dadurch vom Maßsystem unabhängig wird. Für praktische Zwecke lässt man den Wert g weg, wodurch sich der Ausdruck für die Wellenlänge wie folgt vereinfacht: $L_w = 0{,}64 v^2$

Die Geschwindigkeit v ist dabei in m/sek einzusetzen. Wie man sieht, hängt die Wellenlänge entlang des Bootes ausschließlich von der Fahrtgeschwindigkeit ab, nicht aber von der Größe oder Form des Bootes.
Fährt ein Boot mit einer Geschwindigkeit von $5\, m/sek =$ 18 km/h, so entsteht unter allen Umständen eine Wellenlänge von $L_w = 0{,}64 * 5^2 = 16 m$.

Auch die freien vom Wind angeregten Meereswellen gehorchen diesem Gesetz, Beobachtet man auf dem Meer eine durchschnittliche Wellenlänge von 16 m, so bewegen sich diese Meereswellen ebenfalls mit einer Geschwindigkeit von $5\, m/sek$ = 18 km/h.

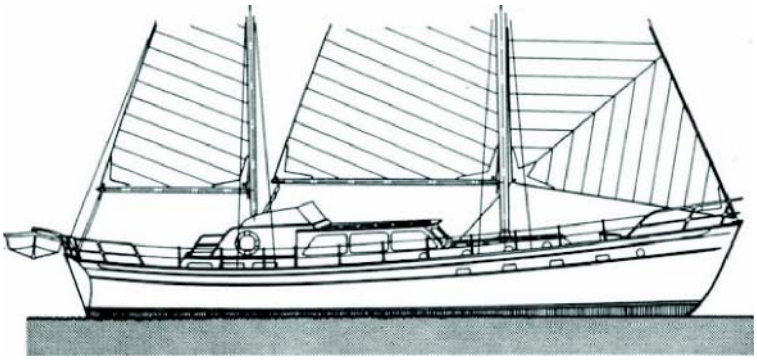
Die vier Fahrtzustände

Die zu erwartende Wellenbildung ist von grundlegender Bedeutung, und zwar sowohl für die Formgebung der Boote als auch für deren Verhalten in Fahrt. So liegt es nahe, einzelne Fahrtzustände abzugrenzen, um die große Vielfalt der Bootsformen in ein geordnetes System einzubauen, an dem sich Form und Verhalten näher untersuchen lassen. In welchem Fahrtbereich vollzieht sich der Übergang vom Zustand des Fahrens zum beginnenden Gleiten? Wann gleitet ein Boot wirklich? Bei welcher Geschwindigkeit muss mit stärkster Wellenbildung gerechnet werden? Wann ist ein spitzes Heck angebracht, und wann ist es nachteilig? Vielleicht kann sogar die Trimmlage in Fahrt oder das oft beobachtete starke Vertrimmen vorausgesehen werden?

Alle derartigen Fragen lassen sich auf einen gemeinsamen Nenner bringen, und dieser heißt *Geschwindigkeitsgrad*. Bereits in Abb. 4 waren Geschwindigkeitsgrade von 2,5, 5 und 10 aufgetreten. Könnte man voraussagen, wie sich ein Schiff bei jedem Geschwindigkeitsgrad verhalten muss? Es liegt doch auf der Hand, dass die große Motoryacht mit R = 2,5 ruhig und ohne zu vertrimmen dahinfährt. Das kleine Sportboot mit R = 10 dagegen schießt förmlich davon, so dass ihm sicherlich bereits die Vorteile des teilweisen Gleitens zugute kommen. In diesem Sinne werden nunmehr die einzelnen Fahrtzustände auf die ihnen zugehörigen Geschwindigkeitsgrade untersucht.

Treiben

Es ist noch gar nicht so lange her, dass Frachtkähne mit Kohlen oder Erzen beladen auf deutschen Flüssen stromabwärts trieben, ohne irgendeinen motorischen Antrieb zu besitzen. Erstaunlich daran war vor allem, dass sie keineswegs nur mit der Geschwindigkeit der Wasserströmung dahin trieben, sondern etwas schneller! Viel Übergeschwindigkeit war es nicht, doch ausreichend, um sogar dem Steuer zu gehorchen. Der Zuschuss an Fahrt wurde vom Gefälle der Strömung geliefert, welches auf die Länge des Kahns schon einige Millimeter ausmachte. Bergauf und leer wurden die Kähne von der Besatzung mittels langer ins Flutbett gestemmter Staken mühsam vorwärts geschoben, eine anstrengende und langwierige Arbeit. Jedoch die Kähne gelangten auch bergauf zum Ziel zum Fassen neuer



Keine Wellenbildung

Abb. 7 Beim Fahrtzustand des Treibens entstehen keine Wellen. Nur Reibungswiderstand muss vom Antrieb des Bootes überwunden werden.

Ladung, ohne irgendwelchen motorischen Antrieb, ja sogar ohne Schlepperhilfe in Anspruch zu nehmen. Eine derartig langsame Fortbewegungsgeschwindigkeit nennt man *Treiben*.
Drei wesentliche Punkte sind ihr eigen:

1. Es entsteht praktisch keinerlei Wellenbildung, also auch kein Wellenwiderstand.
2. Der Fahrtwiderstand besteht fast ausschließlich aus der Reibung des Wassers am Schiffskörper.
3. Die Form des Schwimmkörpers ist gleichgültig: ein rechteckiger Prahm treibt ebenso gut wie eine schlanke Bootsform (von erhöhter Reibung abgesehen). Die oberste Grenze des Treibens liegt bei einem Geschwindigkeitsgrad von R = 1.

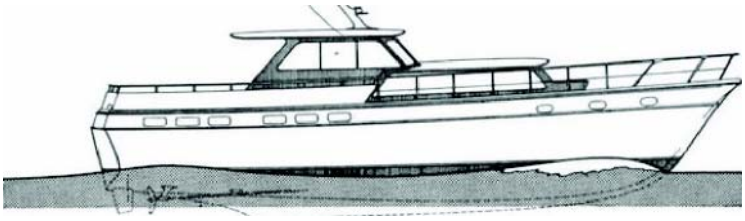
Ein 36 m langer Lastkahn könnte demnach mit einer Fahrt bis zu $1*\sqrt{36}=6km/h$ treiben, ohne Wellenwiderstand zu erzeugen sowie ohne irgendwelche Ansprüche an die Form des Schiffes zu stellen.

Für ein 9 m langes Motorboot $\left(\sqrt{9}=3\right)$ gilt der Zustand des Treibens bis zu einer Geschwindigkeit von 3 km/h. Man überlasse einen solchen Bootskörper dem Einfluss eines nur mäßigen Windes, und er wird unverzögert mit einer Fahrt von 3 km/h dahin treiben.

Fahren

Die überragende Mehrzahl aller Schiffe, einschließlich der Motorkreuzer und Motorboote, fällt durch ihre erhebliche Wellenbildung auf. Auch wenn scheinbar eine flotte Fahrt erzielt wird, so reicht diese nicht aus, um in den günstigeren Bereich zu gelangen, bei dem ein teilweiser dynamischer Auftrieb fördernd zu Hilfe kommt. Selbst die schnellsten modernen Fahrgastschiffe *erzielen* nicht eine Spur dynamischen Auftriebs, auch wenn dabei Geschwindigkeiten bis zu beinahe 80 km/h erreicht werden.

Der Zustand des Fahrens beginnt bei R = 1 und reicht durchschnittlich bis zum Geschwindigkeitsgrad von R = 8. Eine solche Begrenzung kann nicht streng gezogen werden, weil der Beginn des dynamischen Auftriebs durch scharfe, tiefe Formen verzögert, durch flache Formen aber beschleunigt wird. Die Zahl 8 stellt einen Mittelwert dar, oberhalb dessen rund die Hälfte der vorhandenen Boote ein beginnendes Gleiten erkennen lässt. Ungünstigere Boote erzielen einen dynamischen Auftrieb erst zwischen 9 und 12.



Zunehmende Wellenbildung

Abb. 8 Alle großen Schiffe sowie zahlreiche Motorboote bewegen sich im Zustand des Fahrens mir zunehmender Wellenbildung, jedoch ohne dynamischen Auftrieb.

Innerhalb des Bereiches des *Fahrens,* also zwischen R = 1 und R = 8, spielen sich mehrere Vorgänge ab, die einen bedeutenden Einfluss auf Form und Verhalten des Bootes haben. Es ist innerhalb dieses Bereichs, wo der größte Widerstreit in der Formgebung auftritt. Von Stufe zu Stufe muss eine andere Form gewählt werden, um unnötige Wellenbildung zu vermeiden und mit angemessener Motorleistung auszukommen. Es ist hier, wo der größte Formenreichtum zu Recht besteht, vom schlank ausgezogenen spitzen Kanuheck bis zum breiten Spiegelheck mit langgestreckter, fast gerader achterer Kielpartie. Wird die Bootsform nicht den Umständen angepasst, so tritt sowohl die am meisten störende heftige Wellenbildung auf wie auch ein starkes Vertrimmen.

Wellenlänge, Formwiderstand und Vertrimmen beherrschen diesen Bereich *des Fahrens.*

Ungenügendes Verständnis für die hier vorkommenden etwas verwickelt erscheinenden Umstände hat daher schon oft zu Fehlkonstruktionen geführt. Deshalb sei dieser Bereich hier in mehrere Abschnitte unterteilt, um den Wechsel der Vorgänge von Stufe zu Stufe untersuchen und klären zu können.

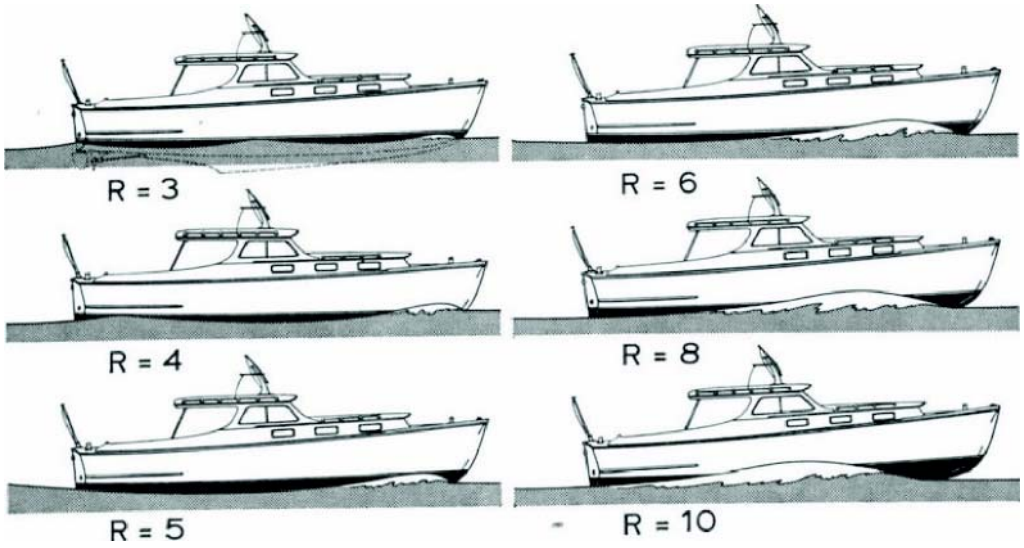


Abb.9 Wellenbildung und Trimm, dargestellt an einem 10-m-Motorkreuzer „Diana. Deutlich erkennt man bei 4 das leichte, kopflastige Vertrimmen. Das merkliche Anheben des ganzen Bootes bei 10 deutet auf beginnenden dynamischen Auftrieb,*

R = 3: *Unterhalb des Geschwindigkeitsgrades* R = 3 entsteht nur eine sehr geringe Wellenbildung, ein Vertrimmen findet nicht statt. Es empfiehlt sich, ein schlank ausgezogenes Heck anzuwenden. Moderne Übersee-Fahrgastschiffe verkehren im Bereich von R = 3.

R = 4: Bei diesem relativen Geschwindigkeitsgrad fährt das Schiff auf 1 1/3 Wellenlänge. Der zweite Wellenberg liegt am Heck und hebt dieses an. Dadurch wird ein gewisses kopflastiges Vertrimmen in Fahrt hervorgerufen, eine Erscheinung, die man häufig an größeren Motoryachten beobachtet.

R = 4,5: Bis zu diesem Geschwindigkeitsgrad dürfen runde oder spitze Hecks noch ohne Nachteil angewandt werden. Schiffe mit breitem Spiegel und sehr flachem achterem Boden vertrimmen in Fahrt noch kopflastig.

R = 4,9: Dieses ist die oberste Grenze der überhaupt mit runder Heckform erreichbaren Geschwindigkeit. Es wird dabei eine Heckwelle von gewaltigem Ausmaß erzeugt, weil das ganze Heck im ersten Wellental versinkt. Die Fahrt ist höchst unwirtschaftlich, eine übertrieben hohe Leistung muss aufgewandt werden.

R = 5,25: Hier befindet sich jedes Boot am Punkte des größten relativen Widerstands. Selbst bei günstigster Schiffsform bildet sich eine starke Heckwelle aus. Kein Schiff mit rundem Heck kann diese Geschwindigkeit erreichen.

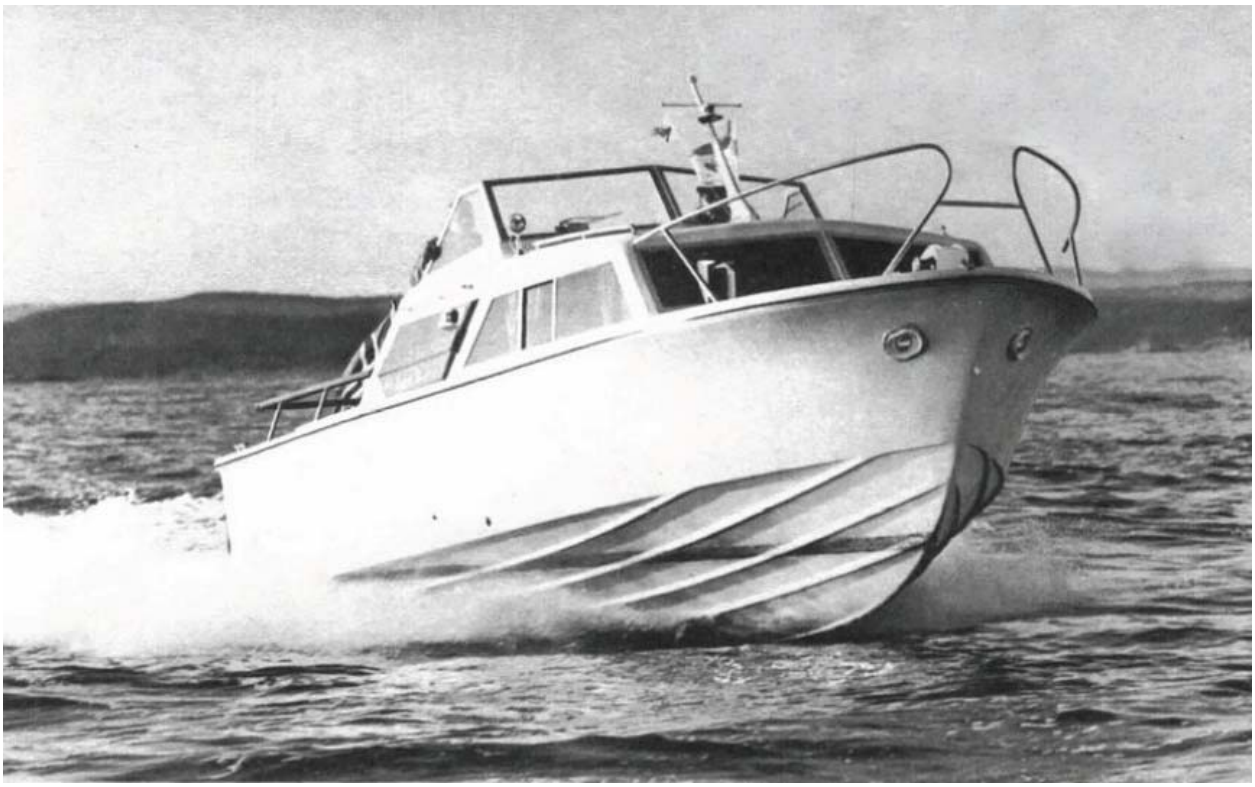


Foto 6 Schneller seegehender Glasharz-Motorkreuzer Modell „Ancas Queen 30“ von 9,20 m Länge und 3,25 m Breite. Man erkennt hier sehr gut die von Raymond Hunt entworfene tiefe V-Spantform des eleganten Bootskörpers.
Foto: Ancas, Oslo

Foto 7 Seegehender Chris-Craft-Glasharz-Motorkreuzer vom Typ „Commander 38". Die hier gezeigte Anordnung findet in den Vereinigten Staaten viel Anklang zum sportlichen Fischfang. Länge ü.a = 11,60 m, Breite= 3,95 m, Motorleistung zweimal 210 PS oder 275 PS.
Foto: Chris Craft, Pompano Beach



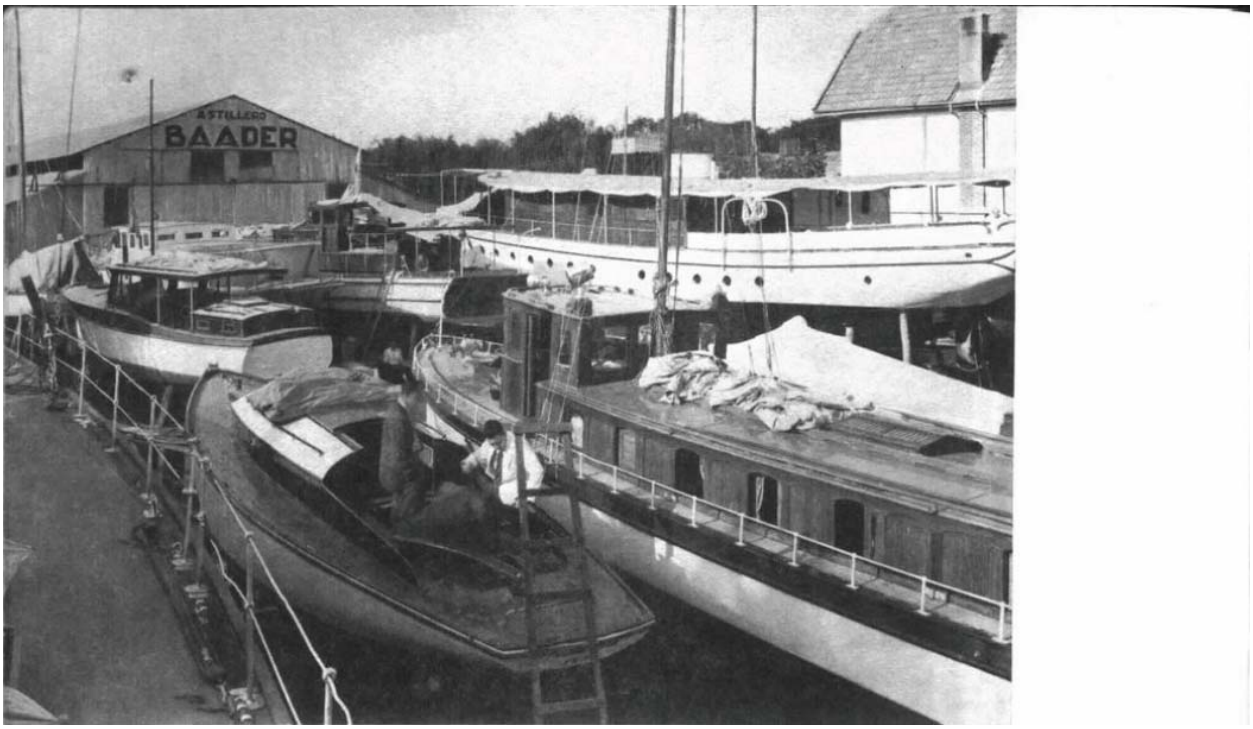


Foto 8 Erfahrung und Forschung bilden die Grundlagen für jeden technischen Fortschritt. Nicht nur neue, auch ältere Boote liefern eine Unsumme von Erfahrungen, Auf diesem Frühjahrs-Reparaturplatz unterer Werft finden sich Boote aus Deutschland, England, den USA und Argentinien vereinigt. Werftfoto Baader

Foto 9 Ein Blick in die Bauhalle, als alle Privataufträge zurückgestellt wurden, um einen Großauftrag zu raschen Lieferung von 35 schnellen Wasserpolizeibooten auszuführen. Werftfoto Baader



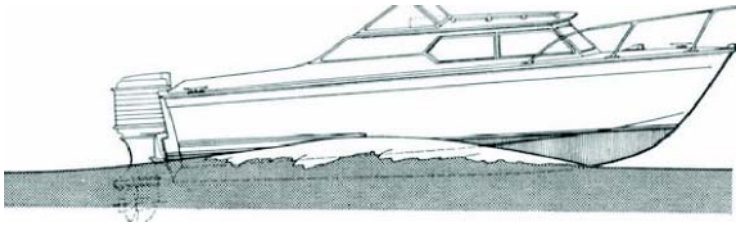
R = 6: Der zweite Wellenberg befindet sich nunmehr ziemlich weit hinter dem Heck. Ein mäßig breiter Spiegel ist erforderlich, denn am Heck des Bootes muss für eine gewisse Auflage gesorgt werden. Bei leichten Booten löst sich die Strömung bereits wohlgeformt am Heck ab, wohingegen sie bei schweren noch bis zu R = 6,5 hinter dem Heck in die Höhe schießt und als brechende Welle dem Schiff nacheilt.

R = 8: Die Wasserströmung am Heck reißt nunmehr gut und fließend ab. Normale bis schlanke Boote zeigen eine angenehme Trimmlage, verbunden mit sehr verringerter Wellenbildung. Kurze, breite Boote, die oft im Heck überladen sind, vertrimmen noch stark und heben den Bug hoch aus dem Wasser. Leichte Boote mit günstiger Form lassen bereits Anzeichen von dynamischem Auftrieb erkennen.

Der bei einer relativen Geschwindigkeit von 5,25 entstehende *Widerstandsbuckel* ist naturgegeben und unvermeidlich. Er wird bei allen Modellversuchen immer wieder bestätigt; er ist aber ebenso am fahrenden Schiff zu beobachten, und zwar fällt stets die besonders starke Wellenbildung auf. Leider kann dieser Fahrtbereich im praktischen Bootsbetrieb nicht ausgeschaltet werden, im Gegenteil, bei Motorkreuzern mittlerer Größe wird er oft zur normalen Fahrt. Zu allem Unglück liegt er nämlich im Übergangsgebiet zwischen langsamen und schnellen Booten. Ein Boot von 9 m Länge fällt auf diesen störenden Widerstandsbuckel bei einer Geschwindigkeit von $\sqrt{9 * 5{,}25} = 15{,}8 km/h$, ein 16-m-Motorkreuzer erreicht ihn bei $V = \sqrt{16 * 5{,}25} = 21 km/h$. Wie man sieht, liegt dieser so genannte *große Widerstandsbuckel* in einem Bereich häufig gefahrener Geschwindigkeiten.

Teilweises Gleiten

Wird die relative Geschwindigkeit von R = 8 überschritten, so treten dynamische Kräfte auf, die das Boot umso höher aus dem Wasser heben, je weiter die untere Grenze des teilweisen Gleitens überschritten wird. Dadurch verringern sich die verdrängte Wassermenge und gleichzeitig auch der Fahrtwiderstand des Bootes.
In früheren Jahren wurde häufig die so genannte Tetraeder- oder Doppelkeilform angewandt. Bei dieser beginnt das Vorschiff mit besonders tiefem Vorfuß und scharfer Wasser-



Abnehmende Wellenbildung

Abb. 10 Bei zunehmenden relativen Geschwindigkeiten wird der Fahrzustand des teilweisen Gleitens erreicht. Die Wellenbildung wird geringer, ein teilweiser dynamischer Auftrieb trachtet das Boot aus dem Wasser zu heben.

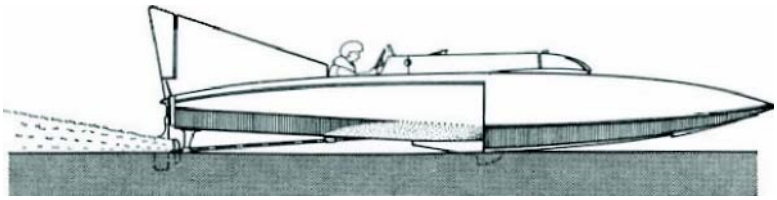
linie und endet in einem sehr breiten und vollkommen flachen Heck. Diese auch heute noch gelegentlich angewandte Bootsform besitzt den Vorzug, bei mittlerer bis höherer Geschwindigkeit fast überhaupt nicht zu vertrimmen, d. h., das Vorschiff wird nicht angehoben, das Achterschiff sinkt nicht ab. Durch das sehr scharfe Vorschiff wird erst bei besonders hoher Geschwindigkeit ein beginnender dynamischer Auftrieb erzielt, nämlich ab etwa R = 12. Solche Formen braucht man keineswegs glatt zu verwerfen. Sie haben sich z. B. an Trainingsbooten der Rudervereine gut bewährt, weil die Rudertrainer im kurzen, stark hoch trimmenden Boot ihrer Tätigkeit nicht gut nachgehen können. Den kurzen, stark vertrimmenden Booten wird ein gesondertes Kapitel gewidmet, das man unter dem Titel „Der unwahrscheinliche Längstrimm" nachlesen möge. Im Fahrtbereich des teilweisen Gleitens entwickeln die Boote eine gemäßigte, langgestreckte Heckwelle, zugleich zeichnen sie sich durch eine angenehme Trimmlage aus.

Übergang vom Rundspant zur V-Spantform

Es ist nicht unbedingt erforderlich, dass langsame Boote in Rundspantform und schnelle in V-Spantform erbaut werden. Es besteht jedoch kein Zweifel darüber, dass die V- Spantform das Gleiten begünstigt, dass sie aber bei niedrigen Geschwindigkeiten einen etwas größeren Widerstand erzeugt als die Rundspantform. Deshalb soll erklärt werden, innerhalb welcher relativen Geschwindigkeiten sich der Übergang am besten vollzieht. Solange ein Geschwindigkeitsgrad von R = *10* nicht überschritten wird, weist die Rundspantform in mehr als einer Beziehung Vorteile auf. Wird dieser Wert überschritten, so machen sich nach und nach die Vorzüge der Knickspantform geltend. Zwar könnten Rundspantboote noch bis zu 15 oder 16 in Konkurrenz treten, doch erzielen leichte V-Spant-Boote über 10 und schwere über 12 oder 14 einen Vorteil durch geringeren Widerstand.

Vollständiges Gleiten

Bei weiterem Ansteigen der Geschwindigkeit fällt der Anteil der Restverdrängung immer geringer aus, bis schließlic das gesamte Bootsgewicht dynamisch getragen wird. Damit wird der Zustand des vollständigen Gleitens erreicht, und zwar beginnt er bei geeigneter Bootsform und leichten Booten etwa bei dem Geschwindigkeitsgrad R = 20. Sitzt man in einem kleinen, leichten Motorboot, so ist der Beginn des Gleitens sofort körperlich spürbar. Das Boot reagiert von diesem Augenblick an auf die geringste Kräuselung



Keine Wellenbildung

Abb. 11 Im Zustand des reinen oder vollen Gleitens werden keine Wellen erzeugt. Das gesamte Gewicht des Bootes wird vom dynamischen Auftrieb getragen.

der Wasseroberfläche durch spürbares Zucken. Zugleich verliert es einen Teil seiner Kursstabilität und versucht auszuscheren, sofern es daran nicht durch unter dem Boden herausragende Leitflossen gehindert wird. Der Fahrer kann geradezu mit Präzision feststellen, von welchem Moment an das Boot nicht mehr im Wasser fährt, sondern an der Oberfläche dahin gleitet.
Jede Berührung des Bootskörpers mit dem Wasser erzeugt notwendigerweise eine, wenn auch kleine, Vertiefung. Rein physikalisch gesehen besteht daher selbst im Zustande höchster Gleitgeschwindigkeit noch ein Restanteil von statischer Verdrängung, was aber ohne Einfluss auf die Bestimmung der optimalen Form des Gleitbodens ist. Daher wird auch weiterhin vom Zustand des reinen Gleitens gesprochen werden, weil der winzige Restanteil statischer Verdrängung vom praktischen Standpunkt aus übergangen werden kann. Es sind schon Rennboote gebaut worden, die in reinster Form den Zustand des echten Gleitens verkörpern. Hier ist vor allem ein Außenbord-Weltrekordboot zu erwähnen. Bei diesem wurde die Form des Bootskörpers so schmal und niedrig gehalten, dass der Fahrer liegend ins Boot getragen werden muss, wo er sich kaum rühren konnte. In hoher Fahrt wurde der dynamische Auftrieb der Luft, nicht des Wassers, so vorteilhaft von der Bootsform ausgenutzt, dass das Boot dicht über der Wasseroberfläche, jedoch frei von jeder direkten Berührung mit dem Wasser dahin schoss. Der einzige Kontakt zum Wasser bestand im Propeller und seinem Antriebsgehäuse, im Sinne dieses Buches über Motorkreuzer und schnelle Boote darf allerdings ein solcher Fahrtzustand nicht als reines Gleiten bezeichnet werden, sondern als das, was es wirklich ist, nämlich als Fliegen mit Antrieb durch einen *Schiffspropeller*.

Vergleichende Tabelle der vier Fahrtzustände

In der Literatur findet man relative Geschwindigkeiten nicht selten im englischen Maßsystem

Fahrtzustände	Geschwindig-keitsgrad	Beispiele mit Geschwindigkeitsgrad in km/h LWL = 9 m	LWL = 25 m	LWL = 100m
Treiben	0 bis 1	bis 3 km/h	bis 5 km/h	bis 10 km/h
Fahren	1 bis 8	3 bis 24	5 bis 40	10 bis 80
teilweises Gleiten	8 bis 20	24 bis 60	40 bis 100	80 bis 200
vollständiges Gleiten	über 20	über 60	über 100	über 200

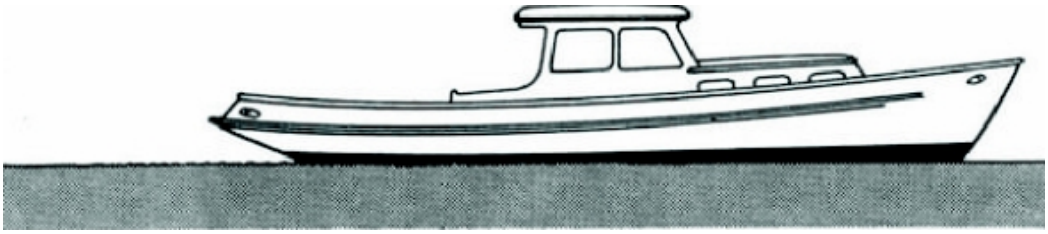
ausgedrückt, d. h. mit der Geschwindigkeit in Knoten und der WL-Länge in Fuß. Nachstehend wird der Umrechnungsfaktor gegeben, um den metrischen R-Wert leicht ermitteln zu können, wie er in vorliegender Arbeit überall angewandt wird. Hinzugefügt wurde ferner der Umrechnungsfaktor zur so genannten Froudeschen Zahl, dem dimensionslosen Geschwindigkeitsgrad, wie man ihn gewöhnlich in wissenschaftlichen Abhandlungen findet. Schließlich wurde auch der Umrechnungsfaktor für diejenigen Fälle genannt, in denen die relative Geschwindigkeit in Knoten und Metern angegeben wurde.

Relative Geschwindigkeit

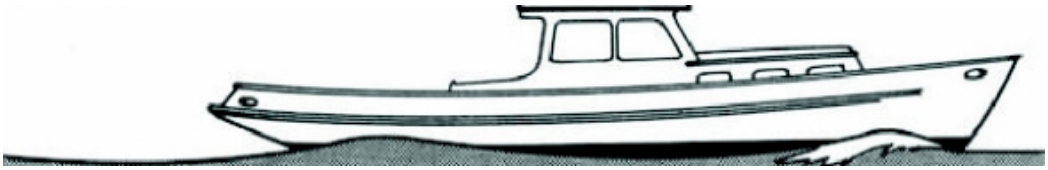
Englisch: Knoten und Fuss …..X 3,355 = R

Froudesche Zahl ……....X 11,277 = R

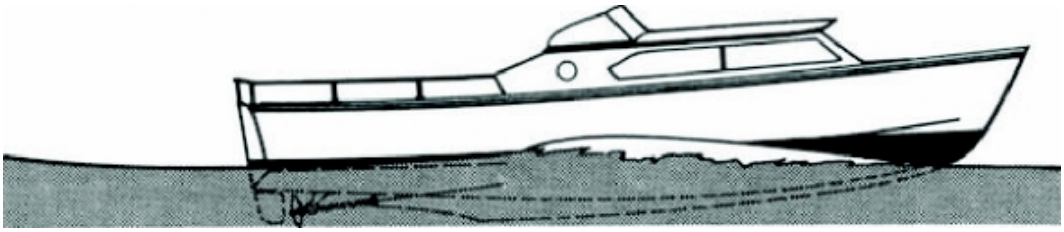
Fahrt in Knoten, Länge in m ...X 1,852 = R



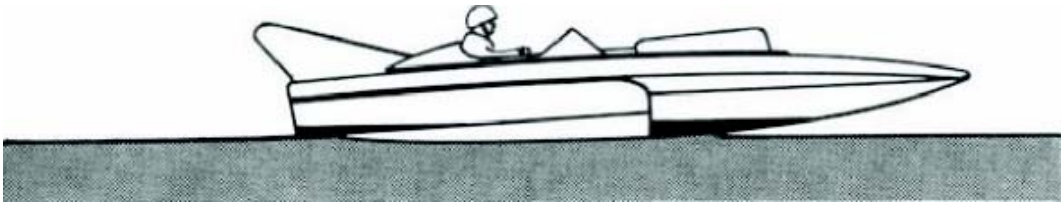
Treiben keine Wellenbildung, nur Reibungswiderstand
R = 0 - 1



Fahren zunehmende Wellenbildung, kein dynamischer Auftrieb
R =1 - 8



Teilw. Gleiten abnehmende Wellenbildung teilweiser dynam. Auftrieb
R = 8 - 20



Volles Gleiten keine Wellenbildung, vollständiger dyna. Auftrieb
R = 20 - 00

Abb. 12 Gemeinsame Darstellung der vier Fahrzustände

Einige Erläuterungen zum Schiffswiderstand

Es wurde bereits erklärt, dass jede Wellenbildung einen unwiederbringlichen Verbrauch an Motorleistung bedeutet. Man hat für diese Erscheinungen den Ausdruck Formwiderstand geprägt, nennt sie mitunter auch dynamischen Widerstand, denn die Bezeichnung Wellenwiderstand allein reicht nicht aus, um die wirklichen Verhältnisse zu erfassen. Es bilden sich nämlich auch Wirbel, d. h. Widerstände an allen Abrisskanten der Strömung sowie an den so genannten *Anhängen.* Darunter versteht man alle über die reine Bootsform hinausragenden konstruktiven Teile, wie das Ruder, den Wellenbock nebst herausstehender Schiffswelle, Stevenrohr, Wassereintrittsstutzen sowie auch eventuelle Schlingerkiele. Alle

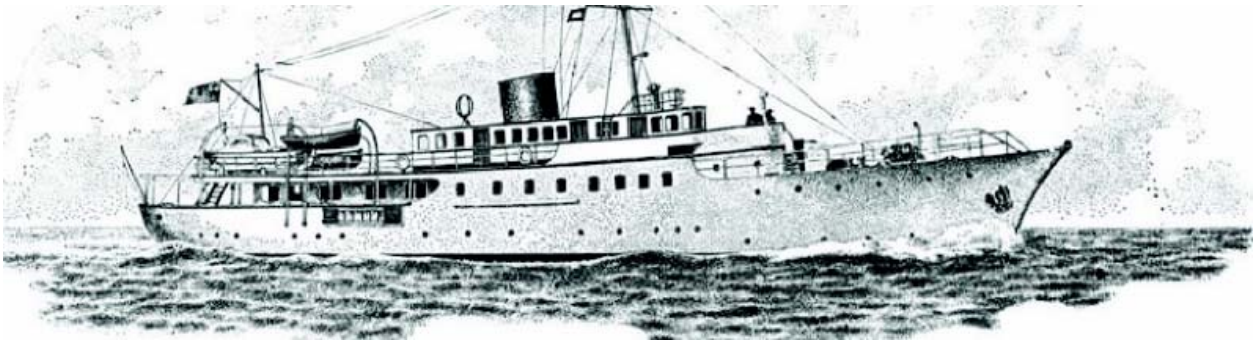


Abb. 13 .Motoryacht „Wilma". Yachten dieser Große fahren gewöhnlich mit Geschwindigkeiten, bei denen der Reibungsanteil am Gesamtwiderstand größer ist als der wellenbildene Anteil. Zeichnung: O. Mikhno

diese recht bedeutenden Teilwiderstände werden in die Bezeichnung Formwiderstand mit eingeschlossen.

Ein gleichfalls bedeutender Leistungsaufwand wird benötigt, um einen sehr wichtigen Widerstandsanteil zu überwinden, nämlich die Reibung des Wassers am Bootskörper. Die wahre Größe des Reibungswiderstandes wird nur all zu oft unterschätzt und daher vernachlässigt. Der wirkliche Anteil der Reibung am Gesamtwiderstand kann ziemlich leicht errechnet werden, leichter jedenfalls als der Formwiderstand. Eigenartigerweise wurden die wahre Bedeutung und der Einfluß des Reibungswiderstandes im Motorbootbereich geradezu übersehen. Nur die Rennsegler bilden beim sportlichen Boot die löbliche Ausnahme, denn allein sie verwenden viel Mühe auf das Glätten des Unterwasserschiffes ihrer Boote. Wasser kann nicht entlang einer Wand strömen, ohne eine beträchtliche Reibung zu erzeugen. Dies gilt ebenso für die Innenwände eines Wasserrohrs, für die Seitenwände eines Flussbettes oder Kanals wie auch für die benetzte Außenhaut eines Schiffes. Wahrscheinlich wird die Reibung des Wassers deshalb oft übersehen, weil sie nicht so deutlich in Erscheinung tritt wie die Wellenbildung. Außerdem wird sie nicht von der Form des Bootes beeinflusst, nur die Größe der so genannten *benetzten Oberfläche* ist hier bestimmend. Schließlich ist sie zum größten Teil unvermeidlich, solange ein Boot in Fahrt vom Wasser benetzt wird.

Ein verbreiteter Irrtum besteht in der Annahme, dass an einen sehr glatten Boden keine Reibung entstehen könne. Man glaubt, dass die Glätte moderner Unterwasserfarben, vielleicht sogar des Graphits, das Wasser regelrecht abstößt, weshalb für eine Reibung keine Angriffsfläche besteht. Falsch! Reibung entsteht immer! Sie bildet sich zwar an sehr rauhen Oberflächen stärker als an sehr glatten, aber weder Fett noch Graphit, noch irgendeine Hochglanzpolitur können die Reibung des Wassers aufheben oder auch nur bedeutend vermindern.

Erst kürzlich fand man eine Möglichkeit, die reibungsbildende Eigenschaft des Wassers

durch einen Zusatz von Chemikalien zu beeinflussen und zu verringern. Kurz hinter dem Vorsteven verändert sich nämlich die zunächst glatt anliegende *laminare Strömung* des Wassers und gerät durcheinander. Diesen verwirbelten Fortlauf des Wassers entlang des Bootskörpers nennt man turbulente Strömung, und innerhalb dieser bildet sich ein wesentlich höherer Reibungswiderstand aus. Sobald es gelingt, den laminaren Strömungszustand über eine größere Länge des Unterwasserschiffes aufrechtzuerhalten, entsteht ein geringerer Reibungswiderstand. Man hat herausgefunden, daß durch Zusetzen eines Polymers (Fadenmoleküle) zum Wasser das laminare Dahinströmen entlang der Außenhaut so erheblich gefördert wird, dass durchschnittlich 33 Prozent des Reibungswiderstandes ausgeschaltet werden; im Modellversuch wurden sogar bis zu 45 Prozent Ersparnis genießen. Allerdings wurde die Anwendung solcher chemischer Mittel zur Herabsetzung des Reibungswiderstandes von den Segelsportorganisationen verboten. Inzwischen liegen die Ergebnisse einer Erprobung im Jahr 1968 am naturgroßen Schiff vor, nämlich ans englische Minenräumboot HIGHBURTON. Am Vorschiff des Bootes wurde während der Fahrt ständig eine sehr schwache Lösung von Polyethylenoxid ausgestoßen
(1:100 000). Der Reibungswiderstand des Bootes wurde dadurch zwischen 22 und 36 Prozent verringert, je nach Geschwindigkeit und Seegang. Umgerechnet auf die Antriebsleistung wurde eine Ersparnis von 12 bis 20 Prozent an Motorleistung bzw. Brennstoff erreicht. Obwohl Polyethylenoxyd kein teures Produkt ist, reichte die Brennstoffersparnis aber nicht aus, um die Kosten des Polymer-Zuschusses zu decken. Beim Antrieb der Motorboote wird durchschnittlich die Hälfte der Motorleistung zur Überwindung des Reibungswiderstandes verwandt. Im Bereich des Widerstandsbuckels

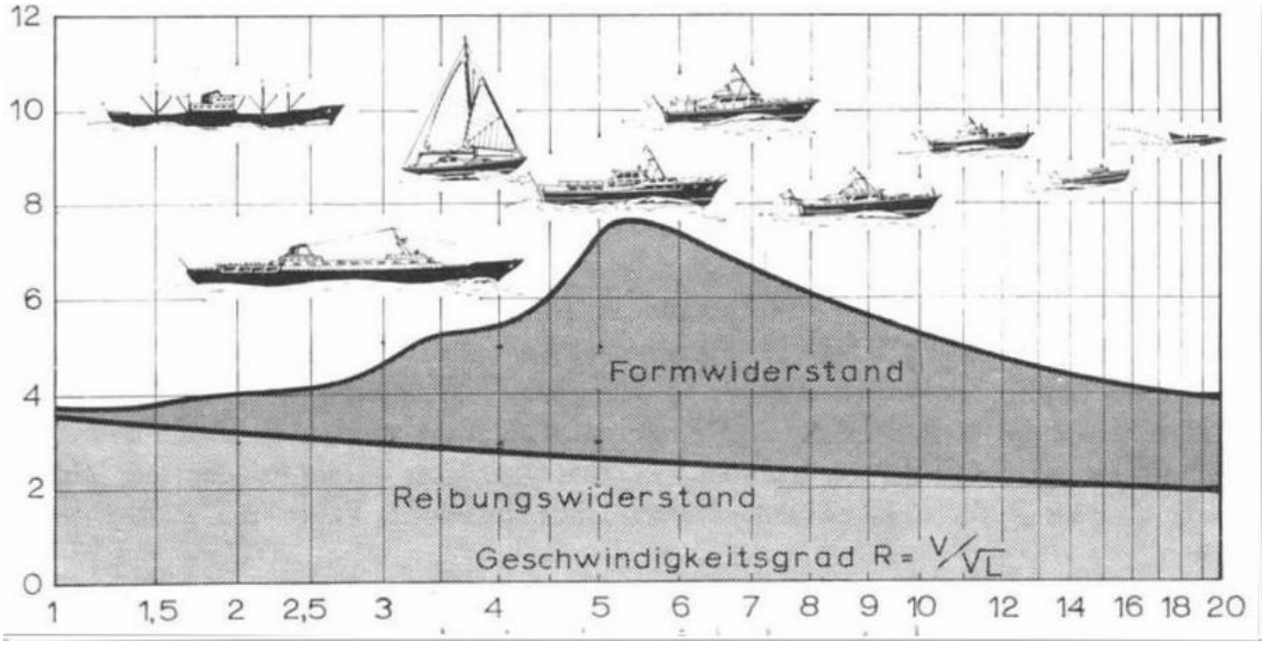


Abb. 14 In dieser graphischen Darstellung finden sich die Hauptwiderstände über dem Geschwindigkeitsgrad R aufgetragen. Bei der sehr langsamen Fahrt von 1 entsteht fast ausschließlich Reibungswiderstand. Stark hebt sich der große Widerstandsbuckel bei 5,25 hervor; er ist nur durch verstärkte Wellenbildung bedingt, die hier zwei Drittel des Gesamtwiderstandes beträgt. In höchster Fahrt bei 20 lässt die Wellenbildung so stark nach, dass ihr Widerstand nur etwa ebenso groß ist wie der gleichfalls bedeutend geminderte Reibungswiderstand. Die Silhouetten deuten an, welche Schiffs- und Bootsarten zu den verschiedenen relativen Geschwindigkeiten gehören.

bei R = 5,25 sinkt der Reibungsanteil auf ein Drittel des Gesamtwiderstandes ab, weil der wellenbildende Anteil hier ein überragendes Ausmaß annimmt. Bei der sehr langsamen Fahrt des Treibens hingegen besteht der gesamte Widerstand allein aus Reibung.
Wurde auch bisher vom Reibungswiderstand als etwas Unabänderlichem gesprochen, so wird seine wahre Größe durchaus von der Beschaffenheit des Unterwasserschiffes mitbestimmt. Je größer dessen Rauhigkeit, desto größer fällt auch die Reibung des Wassers aus. Nur darf man daraus nicht schließen, dass bei absoluter Glätte keine Reibung mehr entstehen würde. lm Gegenteil, ihr Ausmaß ist selbst bei absoluter Glätte bedeutend. Zwischen einem normalen, glatten Boden, wie man ihn an gut ausgeführten Holz-, Stahl- oder Kunstharzbooten findet, und der extremen Glätte eines aufs feinste hochglanzpolierten Bodens einer Rennsegelyacht kann eine Minderung des Reibungswiderstandes von 15 Prozent erreicht werden. Im Gegensatz hierzu erhöht sich die Reibung bei sehr rauhem Boden, besonders wenn noch etwas Bewuchs hinzukommt, bis zu 50 oder gar 100 Prozent über den Normalwert. Bei sehr starkem Bewuchs, wie er nach längerem Aufenthalt in tropischen Gewässern auftritt, steigt die Reibung in extremen Fällen sogar auf das Dreifache des normalen, glatten Bodens.
Als letzter Widerstandsanteil kommt der Windeinfluss hinzu. Dieser hängt im wesentlichem von der Größe und Form des Überwasserschiffes ab, also vom Bootskörper mit Aufbauten und eventueller Takelage. Er beträgt durchschnittlich 2 bis 3 Prozent des Gesamtwiderstandes.
Diese Aussage gilt allerdings nur im technischen Sinne, nämlich für windstille Tage. Dann wird Luftwiderstand nur vom Fahrtwind des Bootes erzeugt, und in dieser Form wird er auch in die Widerstandsuntersuchungen eingesetzt. Bei starkem Gegenwind oder gar Sturm entsteht ein bedeutend größerer Luftwiderstand. Man kann dies gelegentlich an Segelyachten mir kleinem Hilfsmotor beobachten. Wegen ihrer stark Widerstands bildenden Ta-

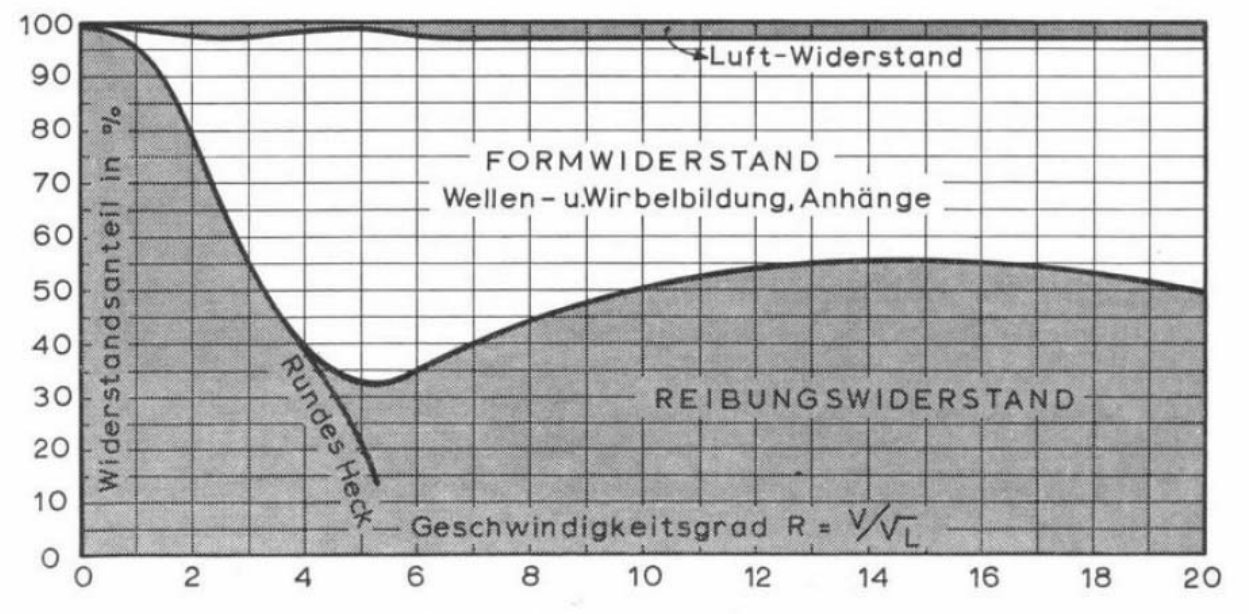


Abb. 15 Hier werden die einzelnen Widerstandsanteile prozentual dargestellt: unten Reibungswiderstand, in der Mitte Formwiderstand, am oberen Rande Luftwiderstand. Man beachte den bedeutenden Anteil des Reibungswiderstandes bei nahezu allen Geschwindigkeiten, ausgenommen dem Bereich des großen Buckels um R = 5,25. Das ungünstige Verbalten der Boote mit rundem Heck, oberhalb 4,5 wird ebenfalls angezeigt.

kelage und der geringen Antriebsleistung des Motors sind sie dann nicht mehr in der Lage, überhaupt gegen Wind oder Sturm anzufahren. Alle Widerstände nehmen proportional zum Quadrat der Geschwindigkeiten zu, was sich bei starkem Gegenwind direkt auf den Luftwiderstand auswirkt.
Hier sei noch eine weitere störende Auswirkung des Windes erwähnt: er kann An- und Ablegemanöver in bedeutender, ja in gefährlicher Form stören, weil beim Ausführen solcher Manöver fast keine Fahrt im Schiff ist. Motorboote haben unter solchen Umständen schon oft Schaden erlitten. Ohne Fahrt im Schiff besteht keine Ruderwirkung, und so wird ein Boot vom starken Winde erfasst und in die Sümpfe getrieben, d. h. gegen den Steg, auf die Liegeplätze anderer Yachten, auf fremde Ankerketten, ans Ufer. Vergleicht man die drei Hauptanteile des Gesamtwiderstandes, nämlich Form-, Reibungs- und Luftwiderstand, so lässt sich eine interessante Feststellung machen: sowohl der Luftwiderstand am Überwasserschiff wie die Reibung am Unterwasserschiff folgen im wesentlichen dem einfachen Widerstandsgesetz; die Zunahme des Widerstandes erfolgt näherungsweise im Quadrat zur Geschwindigkeit. Um doppelt so schnell zu fahren, muss man viermal soviel Widerstand überwinden. Dagegen zeigt der Formwiderstand eine bedeutende Abweichung von dieser Regel, weil sich ihm die eigenartige Gesetzmäßigkeit der Wellenbildung überlagert. Von sehr langsamer Fahrt bis zum Widerstandsbuckel bei R = 5,25 steigt der Widerstand erheblich steiler an als im quadratischen Verhältnis zur Geschwindigkeit. Man erkennt diese Tatsache geradezu augenfällig an der immer heftiger zunehmenden Wellenbildung.

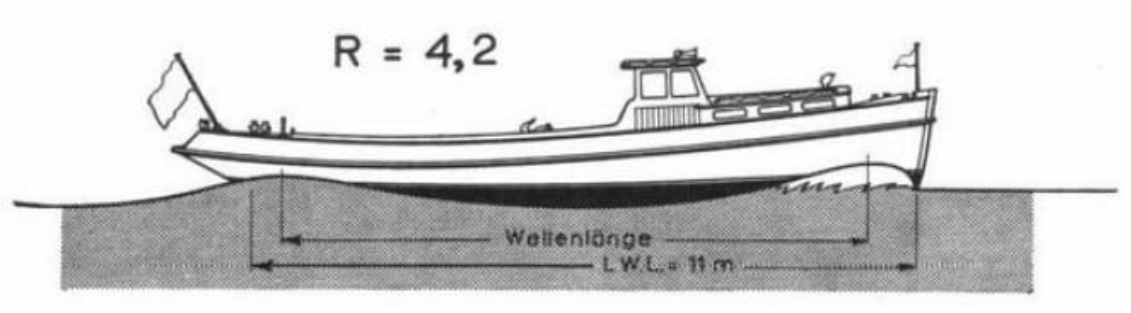


Abb.16 Wellenbild an einer typischen Hamburger Hafenbarkasse. Bei der gezeigten Fahrt von 14 km/h, relative Geschwindigkeit R = 4,2, fällt die Wellenlänge nur wenig kürzer aus als die WL - Länge der Barkasse. Der zweite Wellenberg liegt günstig über dem Propeller.

Oberhalb des Scheitelpunktes des Widerstandsbuckels nimmt der Formwiderstand zwar nicht ab, wie die Darstellung der Widerstandsbeiwerte in Abb. 14 anzuzeigen scheint. Er nimmt jedoch bedeutend weniger zu als im Quadrat zur Geschwindigkeit. Auch dieses Verhalten ist dem kundigen Auge sichtbar, denn die Wellenbildung wird umso geringer, je schneller das Boot fährt (nach Überschreiten des Widerstandsbuckels). Will man langsame Boote auf höhere Geschwindigkeiten bringen, so befinden sie sich im Nachteil, weil der Widerstand in übertriebenem Maße zunimmt. Mittelschnelle Boote, auch Halbgleiter genannt, befinden sich dagegen im Vorteil, weil der Formwiderstand relativ immer mehr abnimmt, je höhere Fahrt man ihnen auferlegt.
Man sei aber vorsichtig und verwechsle nicht Widerstand mit Leistung. Es war erklärt worden, dass nach dem Gesetz der quadratischen Widerstandszunahme ein vierfacher Widerstand entsteht, wenn die Geschwindigkeit verdoppelt wird (was im Durchschnitt vollkommen richtig ist). Auf gar keinen Fall kann man aber diesen vierfachen Widerstand mit

vierfacher Motorleistung überwinden. Leistung ist nämlich gleich Widerstand mal Geschwindigkeit. Nimmt der Widerstand bereits im Quadrat zu**,** so muss er nochmals mit der Geschwindigkeit multipliziert werden, um Leistung zu ergeben. Mit anderen Worten: Die Leistung steigt mit der dritten Potenz, dem Kubus der Geschwindigkeitssteigerung. Doppelte Geschwindigkeit erzeugt vierfachen Widerstand, erfordert aber $2 * 2 * 2 = 8$ *fache* Motorleistung!

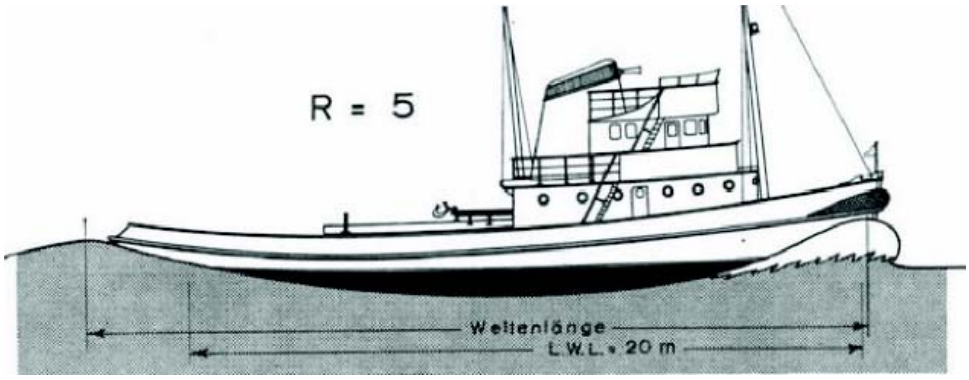


Abb. 17 Moderner großer Hafenschlepper in Freifahrt. Wegen seiner großen Leistungsreserve fährt er mit der übertrieben hohen relativen Geschwindigkeit von R = 5. Allerdings wird die Bugwelle durch das sehr völlige Vorschiff weit nach vorn erzwungen, was in diesem Falle vorteilhaft ist. Andernfalls würde das Fahrtbild noch ungünstiger ausfallen.

Die Bootsform muss der Eigenwelle angepasst werden

Wie kann man die Bootsform dem Wellenbild anpassen, da doch zu jeder Geschwindigkeit eine andere Wellenlänge gehört? Wird hier nicht eine unlösbare Forderung gestellt? So lautet die sich aufdrängende Frage. Zugegeben, es liegt schon ein Widersinn vor, doch wird man an der nun folgenden Aufstellung erkennen, dass diese wichtige Forderung in der Praxis gewöhnlich leicht erfüllt werden kann.

1. Langsame Schiffe: Diese fahren auf mehr als einer Wellenlänge, wodurch die Grundlage für die Schiffsform bereits gegeben ist.
2. Schnelle Boote: Bei diesen muss die wichtigste Geschwindigkeit gewählt werden, meistens die höchste, an deren Wellenbildung die Unterwasserform anzupassen ist.
3. Dauerfahrt: Die Mehrzahl der Handelsschiffe, einschließlich der großen Motoryachten, wird für eine einzige Geschwindigkeit, nämlich die Dauerfahrt entworfen und gebaut.

Man nimmt stets ein Dilemma mit in Kauf, nämlich das der schnellen Boote in langsamer Fahrt. Sie haben dann zwar wirklich eine falsche oder ungünstige Form, doch ist dieser Umstand nicht schwerwiegend, weil solche Boote von vornherein ein Übermaß an Leistung besitzen.
Handelsschiffe im schnellen Fahrgastdienst, große Mammut-Tankschiffe, aber ebenso kleine Küstenmotorschiffe werden normalerweise für eine einzige Geschwindigkeit entworfen, nämlich ihre normale Reisegeschwindigkeit. Für diese Fahrt die günstigste Schiffsform

herauszufinden ist eine Aufgabe, die von den Konstruktionsbüros der Werften in Zusammenarbeit mit den Schiffbauversuchsanstalten gelöst wird. So hat es sich z. B. als vorteilhaft herausgestellt, die Propeller unter einem Wellenberg anzuordnen. Entweder passt man Schiffslänge und Geschwindigkeit derart aneinander an, dass ein Wellenberg von selbst im Bereich der Propeller entsteht, oder man verwendet eine Bugform wie z. B. den Wulstbug oder die Maierform, um eine veränderte Lage der Bugwelle zu erreichen, wodurch auch die Heckwelle verschoben wird. Solche Kunstgriffe sind im Großschiffbau bereits zur Regel geworden, wobei der Wulstbug heute bei zahlreichen Schiffen, ja sogar bei großen Motoryachten angewandt wird. Durch ihn wird die Bugwelle mehr nach vorn geholt. Zugleich wird die wirksame WL- Länge vergrößert, wodurch das ganze Wellenbild weiter nach vorn verlegt wird. Ein sehr scharfes Vorschiff hingegen lässt den ersten Wellenberg, ebenso wie alle nachfolgenden, weiter achtern auftreten. Inwieweit der günstige Effekt des Wulstbuges an ganz bestimmte Geschwindigkeiten gebunden ist, erkennt man an der Kurve, die am unteren Rande der zugehörigen Abbildung eingetragen wurde. Aber auch auf dem Gebiet der Motorkreuzer und schnellen Boote ist eine Anpassung nicht nur möglich, sondern sogar von größter Wichtigkeit!
In vielen Fällen wird eine Anpassung schon dadurch erleichtert, dass die Boote in Fahrt eine Wellenlänge erzeugen, die wesentlich größer als die WL-Länge des Bootes ist. Sofern es sich nicht um besonders langsame oder ungewöhnlich lange Boote handelt, fahren sie alle

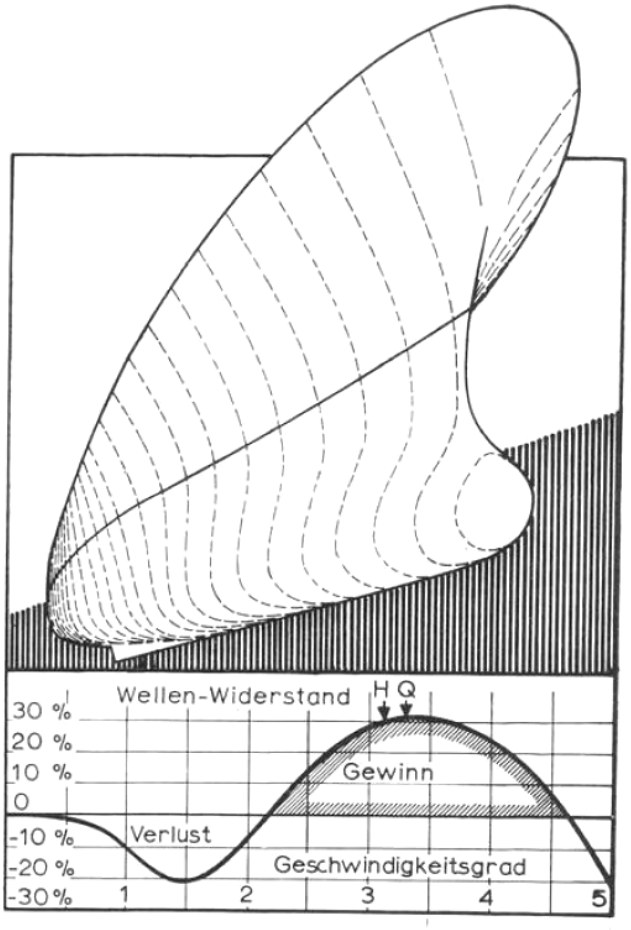
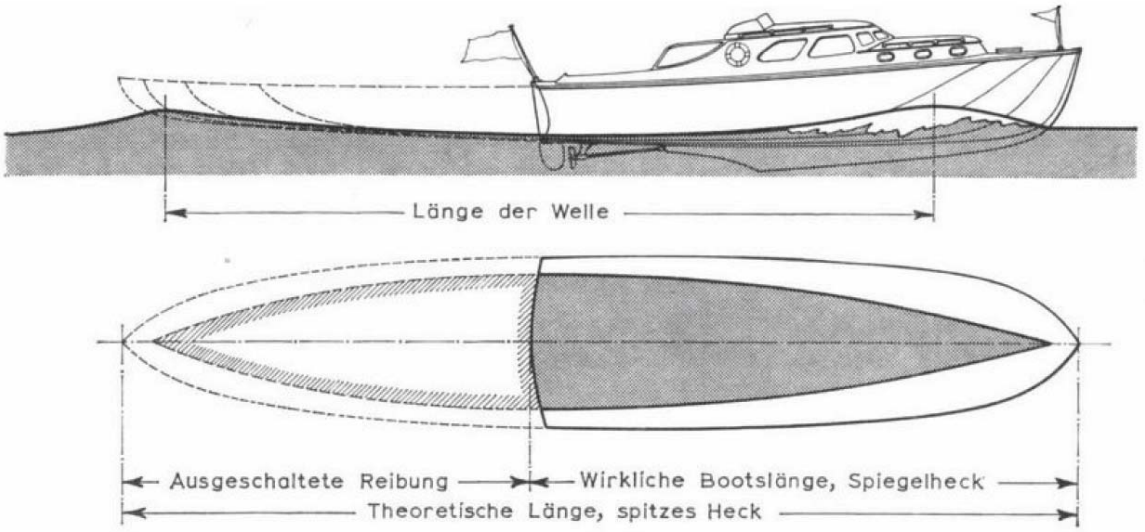


Abb. 18 Wulsbugform eines großen Schiffes. Sie dient der Minderung des Formwiderstandes und wird mitunter auch an großen Motoryachten angewandt. An der unten gezeigten Kurve erkennt man dass ein Gewinn nur zwischen R = 2,4 und 4,4 entsteht, hier wurde die Lage der beiden bedeutendsten Fahrgastschiffe des Jahres 1969 eingetragen, nämlich mit Q die „Queen Elizabeth 2" und mit H die „Hamburg". Beide erzielen durch den Wulstbug nahezu den optimalen Gewinn von 30 Prozent des Wellenwiderstandes.

auf weniger als einer Wellenlänge. In jedem Falle kommt einer ganz bestimmten Ge-schwindigkeit die größte Bedeutung zu, und das ist fast immer die höchste. Es kommt jedoch vor, dass man die Form nicht für Höchstgeschwindigkeit entwirft, sondern für wirtschaftliche Dauerfahrt. Dieser Fall tritt bei Motorkreuzern nur selten auf, bei Arbeitsbooten gleicher Größen jedoch häufiger.



Abb, 19 Anpassen der Bootsform an die Wellenbildung in Fahrt. Man errechnet die Länge der vom Boot erzeugten Welle für die höchste oder wichtigste Geschwindigkeit und entwirft die Bootsform derart ins Wellenbild hinein, dass ein spitzes Heck im zweiten Wellenberg endet. Die so entstandene Bootsform wird dann bei der gewünschten Länge abgeschnitten, wodurch von selbst der breite Spiegel entsteht, der für höhere Geschwindigkeiten notwendig ist. …Vergleiche Abb. 22.

In welcher Art eine Schiffsform an die Wellenbildung angepasst wird, zeigt Abb. 19. Man sieht dort einen schnellen sportlichen Motorkreuzer, dessen Unterwasserform genau in die erzeugte Eigenwelle hineingebaut wurde. Zu diesem Zweck wird zunächst die Wellenlänge errechnet, die zur höchsten oder wichtigsten Geschwindigkeit gehört. lm vorliegenden Falle ergab sie sich als fast doppelt so lang wie die WL-Länge des Motorkreuzers. Nunmehr werden zeichnerisch Wellenlänge und Bootsform derart aufeinander abgestimmt, dass ein gedachtes spitzes Heck im zweiten Wellenberg endet. Man erreicht dadurch einen günstigen ungezwungenen Ablauf der Wasserfäden.
Natürlich wird ein auf diese Art verlängertes Schiff nicht gewünscht. Wird das Boot nun bei der vorbestimmten Länge einfach *abgeschnitten,* so entsteht von selbst die richtige Form mit ihrem flachen, breiten Spiegel. Man betrachte die Vorgänge in der Zeichnung sehr aufmerksam, denn daraus lassen sich eine Reihe wichtiger Erkenntnisse ableiten;

1. Der Spiegel als solcher ist nicht eine Erfindung der Mode oder der bequemen Inneneinrichtung, sondern eine natürliche Konsequenz von Geschwindigkeit und Wellenlänge.
2. Auch die Breite des Spiegels sowie die flache achtere Bodenpartie ergeben sich von selbst.
3. Die mehr oder weniger gemäßigte Längsdurchbiegung des Kiels bzw. der Spantfußlinie entstehen auf natürliche Weise, das Unterwasserschiff passt sich harmonisch in die vom Wellensystem gebildete Mulde ein.

4. Würde man für die gleiche Wellenlänge und Geschwindigkeit einen längeren Bootskörper ausführen, so müsste das Heck in der Wasserlinie umso schmaler werden, je mehr es sich dem zweiten Wellenberg nähert.
5. Durch das Abschneiden fällt zugleich ein bedeutender Teil der Reibung fort. Dies ist eine kostenlose Zugabe zu dem auf Formgebung abgestimmten Entwurfsprinzip.

Die zu jeder Geschwindigkeit gehörende Wellenlänge lässt sich auf einfachste Weise errechnen, wie bereits erklärt wurde. Die Formel lautet nur: Wellenlänge = $0{,}64\,v^2$, mit v in m/sek. Nachstehende kurze Zusammenfassung einiger Zahlenwerte erspart es dem eiligen Leser, v^2 ausrechnen zu müssen

Geschwindigkeit	Wellenlänge	Geschwindigkeit	Wellenlänge
8 km/h	3,16 m	20 km/h	19,75 m
10 km/h	4,95 m	25 km/h	30,90 m
12 km/h	7,10 m	30 km/h	44,50 m
14 km/h	9,66 m	40 km/h	79,00 m
17 km/h	14,25 m	50 km/h	124,00 m

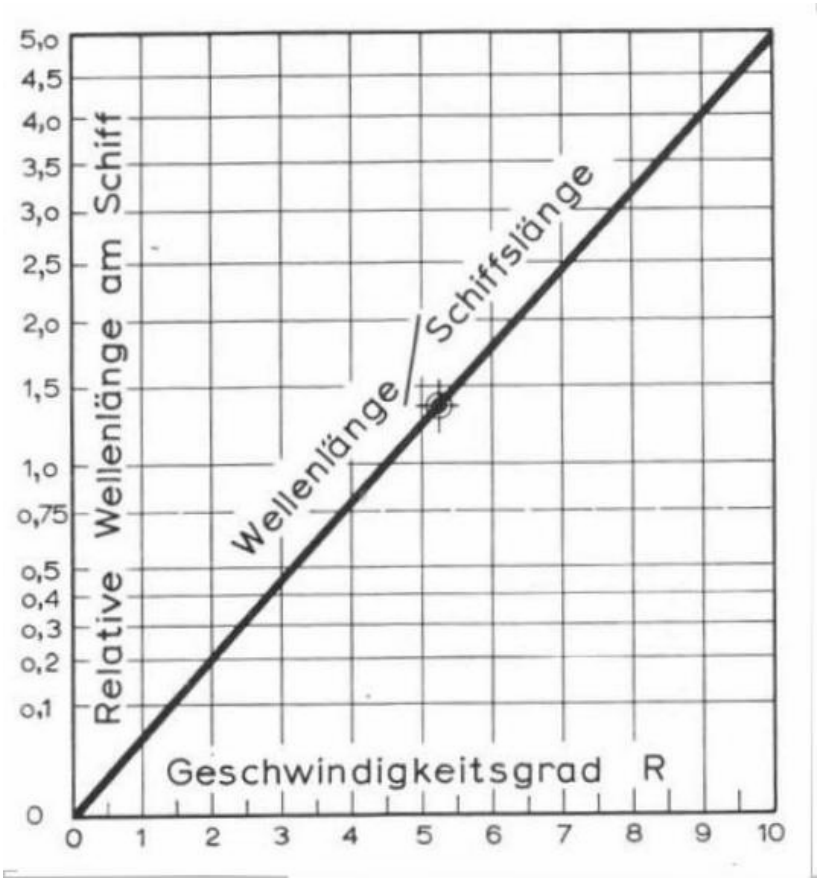


Abb. 20 Aus diesem Kurvenblatt lässt sich für jeden Geschwindigkeitsgrad die Wellenlänge im Verhältnis zur WL- Länge des Bootes ent-nehmen. So entsteht z. B. bei R = 3 eine Welle von 0,44 der Schiffslänge, wogegen bei R = 6,4 die Wellenlänge bereits doppelt so groß ist wie die Schiffslänge. Auch der Punkt des größten Wellenwider-standes bei R = 5,25 wurde eingetragen.

Man erkennt sofort, dass nur langsame Boote auf mehr als einer Wellenlänge laufen können oder aber Schiffe mit sehr großer Länge. Die Tabelle erlaubt aber noch eine weitere Anwendung mit oft überraschendem Ergebnis. Man kann nämlich die Wellenlänge am fahrenden Schiff selbst oder an einer Fotografie abschätzen und daraus mit guter Annäherung Rückschlüsse auf die wahre Geschwindigkeit ziehen. Wie manches Werbefoto, wie manche phantasievolle Bildunterschrift lässt sich dadurch entlarven! Da steht z. B. unter dem Lichtbild eines 12-m-Motorkreuzers: Aufgenommen bei einer Geschwindigkeit von 28 km/h. Oft kann man am Bild selbst die Länge der erzeugten Welle abschätzen, beispielsweise auf

50 Prozent länger als das Boot selbst. Aus der Tabelle ergibt sich dann, dass zu 18 m Wellenlänge eine Fahrt von weniger als 20 km/h gehört, die Angabe des Bildtextes also gar nicht mit der Wirklichkeit übereinstimmt.
Die Zeichnung gab eine logische Begründung für die Ausführung des breiten Spiegels. Trotzdem ist es möglich, auch bei größeren Geschwindigkeiten ein spitzes Heck zu verwenden, wenn Sonderbedingungen dazu anraten, wie z. B. häufiges Durchfahren einer Brandungswelle. Um ein spitzes Heck bei schnellen Booten ohne größere Nachteile anwenden zu können, muss die achtere Bodenpartie derart ausgebildet werden, dass sie ähnlich einem Spiegel bestens zum Tragen beiträgt. Ein aufgeholtes Kanuheck wäre absolut unmöglich, es würde hoffnungslos im Wellental versinken, lange bevor die erwartete Geschwindigkeit erreicht wird.
Ein bewährtes Boot mit spitzem Heck und trotzdem gut tragender achterer Bodenpartie wird in Abb. 21 gezeigt. Die Zeichnung lässt gut erkennen, wie der Boden zum Heck hin immer flacher ausgebildet wurde, um die für die hohe Geschwindigkeit notwendige tragende Fläche zu schaffen. Auch erhielt das Heck in der Decksansicht einen reichlich stumpfen Endwinkel, um dadurch möglichst viel tragende Breite zu gewinnen. Es wird gewissermaßen der echte Spiegel durch eine spitze Verkleidung überdeckt. Allerdings wird die flache Bodenform durch das geringe Gewicht des Bootes begünstigt. Sie lässt auf eine wohldurchdachte leichte Bauweise schließen, eine ebenfalls wichtige Voraussetzung für den Erfolg.
Ein treffender Name hat sich für die Heckform des BARTENDER und ähnlicher Boote bisher nicht eingeführt, denn die Bezeichnung als *Kreuzerheck* würde den wesentlichen Teil der Form nicht erfassen. Darüber hinaus gibt es zahlreiche Variationen, sowohl in skandina-

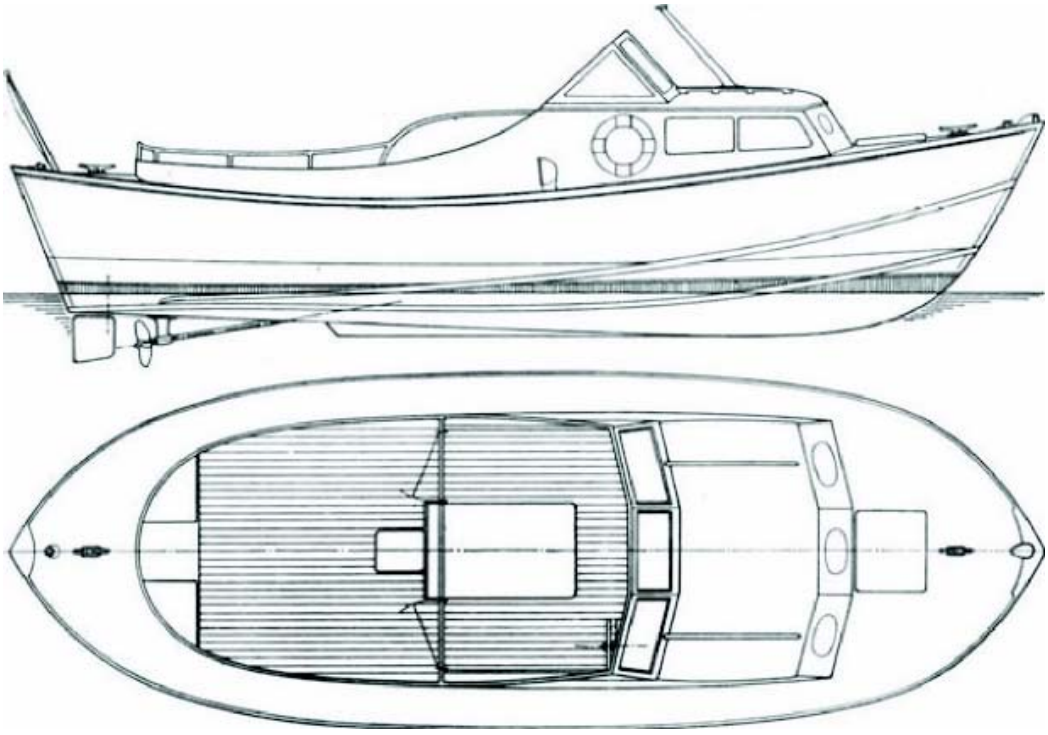


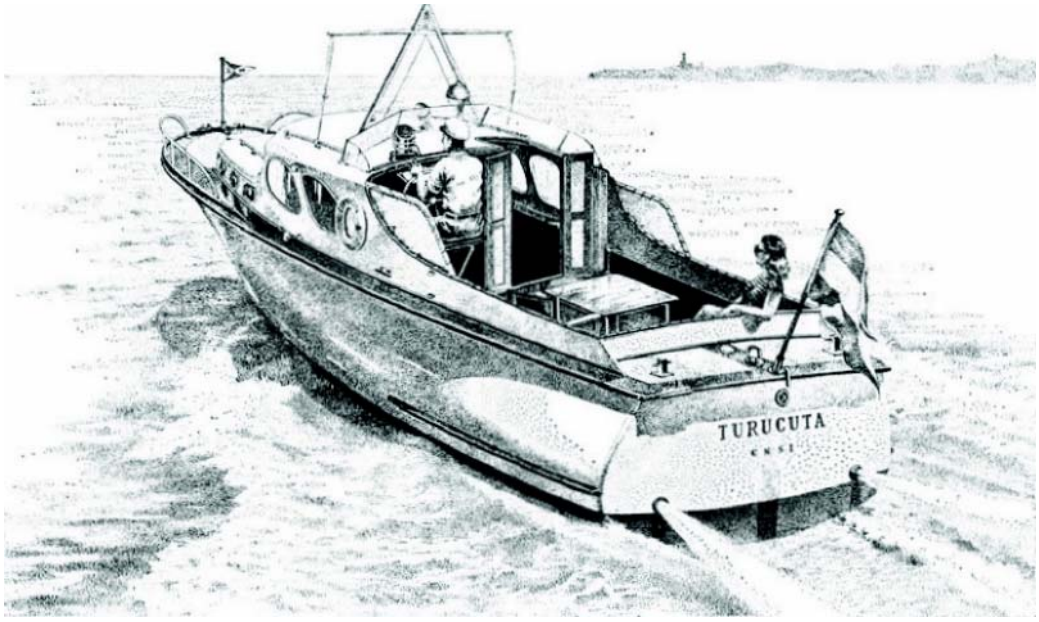
Abb. 21 Kleiner, schneller Motorkreuzer „Bartender" mit spitzem Heck, entworfen von G. Calkins (USA). Das hier ausgeführte spitze Heck besitzt unter Wasser genügend Auflage, um hohe Geschwindigkeiten erreichen zu können. Dank leichter Bauweise werden Geschwindigkeiten bis zu 50 kmlh erreicht. Länge ü. a. = 6,90 m, Länge WL = 5,70 m, Breite = 2,50 m.

vischen Gewässern wie auch im Deltagebiet des La-Plata-Stromes, bei denen ein spitzes Heck mit flacher Bodenpartie und guter Auflage kombiniert wurde. Wie wenig die Zusammenhänge zwischen Wellenlänge, Geschwindigkeit und Heckform noch vor gar nicht langer Zeit selbst auf größeren Werften bekannt waren, sei durch folgende Erfahrung erläutert: Zwei bedeutende Kleinschiffswerften bekamen von einer Behörde zur gleichen Zeit je einen gleichlautenden Auftrag auf ein stählernes Küstenschiff von 20 in Länge. Die Boote sollten zum Fischereischutz und zur Zollkontrolle eingesetzt werden, wozu die Behörde einen unverbindlichen Vorentwurf mit spitzem Kanuheck geliefert hatte. Gefordert war eine Geschwindigkeit von 13 Knoten = 24 km/h, wozu beide Schiffe je einen 500-PS-Dieselmotor des gleichen Fabrikats bekommen sollten. Beide Werften verfügten über einen Stab von Fachleuten, beide arbeiteten die individuellen Entwürfe sorgfältig aus. Bei den Ablieferungsprobefahrten erzielte jedoch nur einer der beiden Küstenkreuzer die Garantiegeschwindigkeit, sogar mit einem erfreulichen Überschuss. Der zweite hingegen erreichte statt 13 nicht einmal 12 Knoten, obwohl beide Schiffe gleiche Größen, gleiche Materialstärken und gleiche Antriebsmotoren besaßen. Dieser Mangel an Geschwindigkeit war einzig und allein eine Folge der falsch gewählten Heckform, und zwar gerade derjenigen, die von der Behörde im Vorentwurf gezeigt worden war. Obwohl beide Schiffe ein spitzes Heck erhalten hatten, wie ausdrücklich gewünscht wurde, bekam, nur das eine, das schnellere, eine untere Abflachung, äußerlich einem Kreuzerheck ähnlich. Das andere dagegen besaß ein sehr schön entworfenes nach oben aufgeholtes Kanuheck, das bei einer Höchstgeschwindigkeit von 11 3/4 Knoten tief im Wellental versank und dadurch das ganze Schiff heftig vertrimmte. Jede Aussicht, durch kleine Änderungen, bessere Propeller oder dergleichen die Garantiegeschwindigkeit zu erreichen, wurde dadurch von vornherein zunichte. Nur durch Abschneiden des Achterschiffes und Ansetzen einer anderen Heckform wäre es möglich gewesen, die Garantiegeschwindigkeit zu erreichen. Da sogar die Wellenleitung und der Motoreinbau betroffen wären, wurde diese Lösung kostspieliger als die vereinbarte Konventionalstrafe; die Änderung wurde deshalb nicht ausgeführt. Später im praktischen Betrieb bewährte sich das Schiff trotzdem vorzüglich.

Beim Kreuzerheck des erstgenannten Schiffes wurden gleichzeitig zwei Pluspunkte hineingearbeitet: durch Abflachen des Bodens wurde eine ausreichende Stützfläche am Heck
geschaffen; außerdem wurde die WL- Länge vergrößert, wodurch das Schiff vorteilhafter in seiner Eigenwelle lag.

Die Kenntnis von den Beziehungen zwischen Schiffsform, Wellenlänge und Geschwindigkeit hat sich inzwischen wesentlich ausgebreitet. Dies geschah mehr durch empirische Beobachtung als durch Untersuchung der physikalischen Vorgänge. Das Verhalten sämtlicher Schiffsformen hei sämtlichen Geschwindigkeiten lässt sich einzig und allein durch Anwendung des Geschwindigkeitsgrades R untersuchen. Wenn sich diese Erkenntnis auch noch lange nicht überallhin durchgesetzt hat, so wohl meistens deshalb, weil im Bootsbau allerseits eine starke Spezialisierung herrscht. Wer sich intensiv mit einem einzigen Bootstyp beschäftigen muss, seien es leichte Sportboote, schwere Fischkutter, große Marineschnellboote oder normaler Motorkreuzer, wird durch die Routine nur zu leicht davon abgehalten, sich einen Gesamtüberblick zu schaffen.

Es ist üblich, beim Entwurf der Schiffsform so lange daran herumzuändern, bis das
Unterwasserschiff genau das Volumen der errechneten Verdrängung enthält, wobei auch die Schwerpunktslage des Unterwasservolumens mit der Längslage des errechneten Gewichts-



Abb, 22 Motorkreuzer „Turucuta" bei den in Abt. 19 gezeigten Verhältnissen von Bootslänge, Geschwindigkeit und Wellenbildung. Die geglückte Form der „Turucuta", ihr gutes Einfügen ins natürliche Wellenbild gaben die ursprüngliche Anregung zur zeichnerischen Darstellung der Abb 19. Zeichnung: 0.Mikhno

schwerpunktes übereinstimmen soll. Bei diesem Vorgehen wird die Formgebung im wesentlichen statisch bestimmt. Diese Methode ist zwar allgemein üblich, doch ist sie nur so lange berechtigt, wie noch kein dynamischer Auftrieb die Trimmlage des Bootes in Fahrt verändert. Eine statische Formentwicklung ist demnach nur bis zu einem Geschwindigkeitsgrad von R = 8 richtig.
Bei höherer Geschwindigkeit ist die Übereinstimmung von Verdrängung und Schwerpunktslage nicht mehr entscheidend. Es empfiehlt sich dann, das System des so genannten halbstatischen Entwurfs anzunehmen. Bei diesem wird die Schiffsform zunächst nach rein dynamischen Gesichtspunkten provisorisch skizziert und zeichnerisch ausgearbeitet. Erst wenn die Form im Ganzen festliegt, wird nachträglich die Schwimmwasserlinie berechnet und eingetragen. Bei wirklich schnellen Booten benötigt man letztere nur, um den Farbenpass richtig anbringen zu können. Es kommt jedoch gelegentlich vor, dass Formänderung oder Verlagerung der Gewichte vorgenommen werden müssen, damit das Boot in langsamer Fahrt keine unglückliche, meist kopflastige Trimmlage einnimmt. Diese Art der Entwicklung einer Bootsform nennt man halbdynamischen Entwurf. Er gilt für den Bereich des teilweisen Gleiters, also für Geschwindigkeitsgrade zwischen 8 und 20. Werden Bootsformen für die noch höhere Geschwindigkeiten des reinen Gleiters entwickelt, so muss die Form des Bodens ausschließlich nach dynamischen Gesichtspunkten bestimmt werden, ohne Rücksicht auf die Lage der Ruhewasserlinie oder auf ein ungünstiges oder unerwünschtes Vertrimmen in langsamer Fahrt. Wollte man von der Kon-

struktions-WL ausgehen und sich bemühen, die Ruheverdrängung und die Schwerpunktslage auszubalancieren, so würde man den ganzen Entwurf in völlig überflüssige Ketten legen. Die statische Ruhelage hat nichts, aber auch gar nichts mit der Fahrt des schnellen Gleitbootes und seinem Fahrttrimm zu tun.

Der unwahrscheinliche Längstrimm

Hält man sich beim Entwurf einer Bootsform an die physikalische Gegebenheit der Wellenbildung, so sollte ein unglückliches Vertrimmen in Fahrt eigentlich gar nicht auftreten. Nun gibt es aber eine bestimmte Gattung schneller, kleiner Motorkreuzer wie auch offener Sportboote, die scheinbar die ganze theoretische Begründung über den Haufen werfen. Statt bei beginnendem Gleiten, spätestens ab R = 10, eine gute, ja geradezu bestechende Trimmlage anzunehmen, wie sie bisher als normal dargestellt wurde, vertrimmen sie bei diesem Geschwindigkeitsgrad in erschreckendem Masse.
Der in Abb. 23 dargestellte kleine, flotte Motorkreuzer findet sich auf vielen Gewässern in zahlreichen Varianten vertreten. Meistens 6 bis 8 m lang und mit mancherlei Abwandlungen im Profil und in der Antriebsleistung, lässt sich mit ihm eine überraschend grosse Geschwindigkeit erreichen, ohne dass eine besonders starke Antriebsleistung benötigt würde. Meistens liegt der Motor im Heck und gibt seine Leistung über einen Z-Antrieb an den

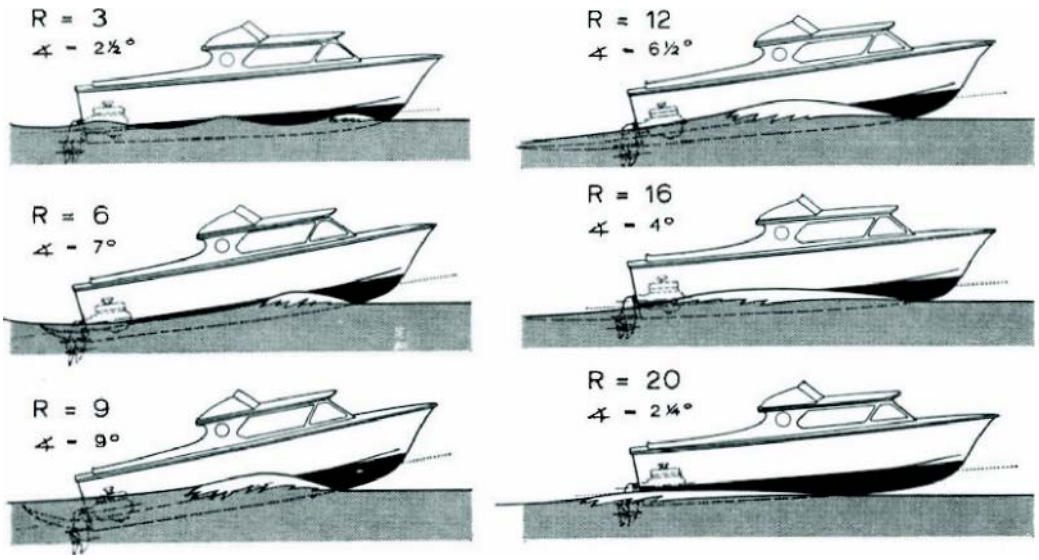


Abb. 23 An kleinen, breiten Motorkreuzern tritt oft ein übertriebenes Vertrimmen auf, wobei Trimmwinkel bis zu 15 Grad beobachtet wurden. Sie entstehen durch ungünstiges Zusammentreffen zweier Kräfte: dynamisches Anheben des leichten Vorschiffes und statisches Absinken des zu stark belasteten Achterschiffes. Dabei hält das Vertrimmen noch an, wenn normale Boote bereits eine vorteilhafte Trimmlage einnehmen.



Foto 10 Eine Seite der Gegensätze: Zwei schnelle Metzeler-Luft-Motorboote, geeignet für Außenbordmotoren bis zu 125 PS Leistung, Geschwindigkeit ca. 75 km/h. In den Abmessungen 4,30 - 1,90 m tragen sie bis zu 5 Personen. Foto: Friedrich Fischer



Foto 11 Das schwedische Diesel-Rekordboot „Let's Dance" in Leichtmetall von Gustavsson & Andersson, Lidingö, erbaut, kam mit 2 x 325 PS auf eine Geschwindigkeit von 98,36 km/h. Länge =8,10 m, Breite = 2,35 m. Werftfoto G. & A., Lidingä

Foto 12 11,60-m-Hausboot River Queen" an einem ruhigen Ankerplatz. Man ahnt kaum, dass dieses 3,65 m breite Boot mit einem 210-PS-Benzinmotor eine Fahrt von 30 km/h erzielt und mit zwei solchen Motoren sogar nahezu 50 km/h. Es wird serienmäßig von den River Queen Boat Works, Indiana, hergestellt. Werftfoto River Queen



Foto 13 Der vorgefertigte Wulstbug einer 40-m-Motoryacht wird angesetzt. Dieser ungewöhnlich große Leichtmetallbau wurde in den Woolsson- Werken von Vosper-Thorncroft (England) nach Plänen von Fredk. R. Parker & Partners ausgeführt.
Foto: Vosper-Thorncroft

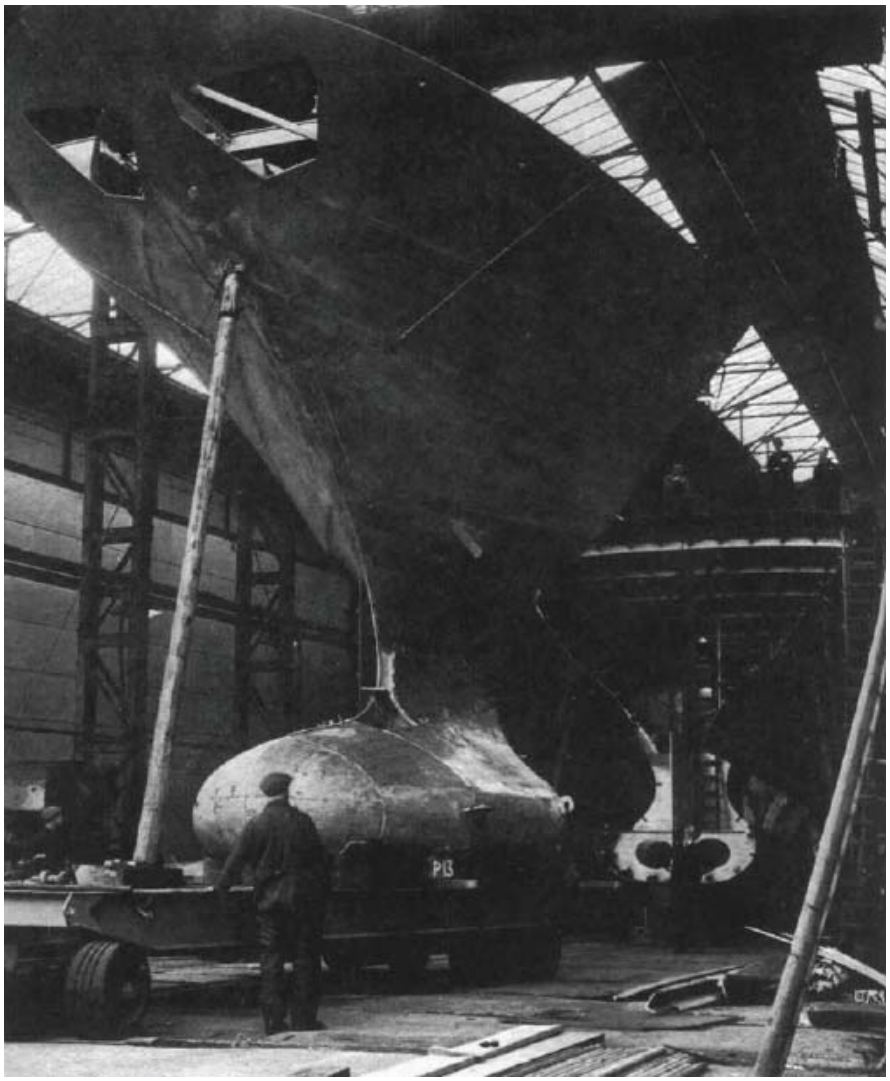


Foto 14 Ein 13,70-m-Katamaran-Motorboot. Erbaut von G. Prout & Sons, Limited (England) für Vermessungsdienste in den turbulenten und flachen Gewässern des Niger-Deltas. Ein Doppelkörperschiff verbindet große Decksfläche mit bester Anfangsstabilität und geringem Tiefgang. *Foto: Janes & Inge Moore*



Propeller. Dadurch bleibt die Bootsmitte frei von Raum und Geräusch des Motors, und sowohl der Steuerstand wie die Einrichtung können günstiger angelegt werden. Selbstverständlich bedingt die hohe Geschwindigkeit eine V-Spantform. Diese wird bereits im Vorschiff recht breit ausgeführt, erstens, weil man damit nützlichen Raum für die Kojen gewinnt, und zweitens, weil die Breite dem Gleiten in hoher Fahrt nichts schadet, vielleicht sogar nützt.

Bei einem solchen Gesamtkonzept bildet sich bei Geschwindigkeitsgraden zwischen 6 und 12 eine unglückliche Verteilung der Kräfte aus, die ein heftiges Vertrimmen gerade dann herbeiführt, wenn normale Boote bereits eine wohltuende und fahrtgünstige Trimmlage erreichen. Welche Kräfte erzwingen eine so enttäuschende Lage?

Das breite, flachgehaltene Vorschiff sorgt schon frühzeitig und in verstärktem Maße für reichlichen dynamischen Auftrieb. Dadurch macht sich bereits ab 6 die Tendenz bemerkbar, den Bug in die Höhe zu schieben. Nichts wirkt diesem Streben entgegen, denn die Hauptgewichte liegen weit im Achterschiff; auch die Personen halten sich in Fahrt gewöhnlich im letzten Drittel der Bootslänge auf. Während das Vorschiff durch den Fahrtdruck dynamisch angehoben wird, ziehen Motorgewicht und Personen das Achterschiff noch rein statisch nach unten. Beide Ursachen wirken in derselben Richtung, so dass sich die vertrimmenden Kräfte summieren. Aber nicht allein das Vertrimmen wirkt störend. Man beachte in der Zeichnung unter R = 9 das mächtige Wellental hinter dem Heck. Es erzeugt einen geradezu unglaublichen Schiffswiderstand bei einer noch gar nicht hohen Fahrt, wobei die starke Wellenbildung andere Boote und den Uferschutz unangenehm belästigt. Als stärkste Vertrimmung wurde ein Anheben des Vorschiffes von 9 Grad eingetragen. Ein solches Ansteigen ist allein schon für die Besatzung höchst unbequem, stellt aber bei weitem nicht das Maximalmaß der Beobachtungen dar. Ein Anstellwinkel von 9 Grad ist bei dieser Art von Booten geradezu normal. Es sind jedoch schon Vertrimmungen bis zu 15 Grad gemessen worden.

Die stärksten Vertrimmungen entstehen bei einer relativen Geschwindigkeit zwischen 9 und 10. Zum Glück fahren diese Boote mühelos auch schneller, so dass man oberhalb von 12 bereits eine bessere Trimmlage erreicht. Ein wirklich angenehmer Trimm stellt sich jedoch erst um 16 ein, und erst ab 20 kommen die Vorteile der flachen V-Spantform voll zur Geltung, einigermaßen glattes Wasser vorausgesetzt. Erst bei dieser hohen Fahrt gleitet das Boot mit sehr geringer Wellenbildung und ganz flachem Trimm angenehm dahin. Diese Fehler entstehen durch unglückliches Zusammentreffen statischer und dynamischer Kräfte. Sie treten keineswegs nur bei diesen kleinen Booten auf. Es gibt nicht wenige Boote von 10 m und sogar 12 m Länge, die bei ähnlicher Gewichtsverteilung und starker Antriebsleistung ein ganz ähnliches Verhalten zeigen. Leider reicht bei diesen Bootsabmessungen die eingebaute Motorleistung gewöhnlich nicht aus, um eine relative Geschwindigkeit über 16 zu erreichen. Oft liegt die Dauerfahrt nur bei 10 oder 12.

Dann bleibt ein solches Boot für seine ganze Lebenszeit verurteilt, in stark vertrimmter Lage dem Steuermann die Sicht zu erschweren, den Gästen den Aufenthalt zu verärgern, dem Eigner einen zu hohen Brennstoffverbrauch zu präsentieren und die Umgebung mit zu starker Wellenbildung zu schädigen.

An diesem Beispiel zeigt sich mit großer Deutlichkeit, dass eine reine Gleitbootform nur dann lohnend angewandt werden kann, wenn wirklich zum größten Teil mit Gleitgeschwindigkeit gefahren wird. Auch wenn nicht immer so unglückliche Gewichtsverhältnisse vorliegen, so zeigen reine Gleitbootformen zwischen 6 und 12 ein besonders un-

günstiges Verhalten. Erlaubt die Dynamik des Gleitens in Verbindung mit der gewählten Form jedoch, die Gewichte ungefähr in Schiffsmitte zu konzentrieren, so treten die störenden Erscheinungen des Vertrimmens und der starken Wellenbildung bedeutend gemildert auf, ja, sie können sogar gänzlich ausgeschaltet werden.
Es gibt allerdings eine Vorrichtung, dem starken Vertrimmen seine Schrecken zu nehmen, nämlich das Ansetzen einstellbarer Trimmklappen am Spiegel. Zwar reichen auch diese nicht aus, um den besonders ungünstigen Fahrtzustand bei 9 in einen normalen und angenehmen umzuwandeln. Doch schaffen sie eine durchgreifende Verbesserung und tragen dazu bei, den ungünstigen Fahrtbereich rascher zu überwinden.
Es ist oft behauptet worden, dass Trimmklappen nur dazu dienen, Fehler in der Form des Bootes zu korrigieren. Im vorliegenden Falle triff diese sonst wohl zu leichtfertige Bemerkung den Nagel auf den Kopf! Der Wert der Trimmklappen reicht jedoch viel weiter,



Abb. 24 Bei diesem kleinen Motorkreuzer „Boyero" tritt der störende, unwahrscheinliche Längstrimm nicht auf, weil die Hauptgewichte einschließlich Einbaumotor genügend weit nach vorn verlegt wurden.

Zeichnung. 0. Mikhno

denn einem Schiff kann man ja nur eine einzige und unveränderliche Form geben, obwohl sich die Wellenbildung von Fahrtstufe zu Fahrtstufe ändert. Mit veränderlichen Trimmklappen kann man die Form des Bootes gewissermaßen an die wechselnden Einflüsse der Wellenbildung und des partiellen dynamischen Auftriebs anpassen, ferner auch den Trimm in beachtlichem Maße korrigieren.
Auf Trimmklappen und die ihnen verwandten Staukeile wird später näher eingegangen werden. Der wahre Vorteil einstellbarer Trimmklappen liegt in der Anpassung an die jeweiligen Umstände: Geschwindigkeit, Trimm, Seegang und Belastung des Bootes.
Sowohl die Ausführungen über den Längstrimm wie über die Anpassung der Bootsform an die Wellenbildung führen zu einer wichtigen Erkenntnis: *Bei schnellen Booten ist der Längsverlauf der Schiffsform von weit größerer Bedeutung als die Querschiffsform!*
Der Unterschied zwischen Rundspant und V-Spantform in bezug auf die Geschwindigkeit ist von keiner großen Bedeutung. Erhält der Kiel jedoch eine zu starke Längsdurchbiegung

im achteren Bereich, so wirkt diese wie eine für alle Zeiten eingebaute brennstoffverzehrende Bremse. Dasselbe gilt für ein nach achtern hoch laufendes rundes oder spitzes Heck. Bereits vor fünfhundert Jahren, als es nur schwere rah- oder lateinergetakelte Segelschiffe gab, entstand eine kluge Schiffbauerregel, die besagte: „Durchs Wasser müssen sie alle, doch wie es hinten abläuft, darauf kommt's an." Erdacht aus der Beobachtung der langsamen Segelschiffe, behielt diese Aussage ihre volle Gültigkeit bis auf den heutigen Tag und für sämtliche Schiffe, groß oder klein, langsam oder schnell! Von Anfang an wurde darauf hingewiesen, dass bei einem Geschwindigkeitsgrad von 5,25 der naturgegebene größte Widerstandsbuckel liegt. Dass diese relative Geschwindigkeit unglücklicherweise in den häufig gefahrenen Bereich normaler Kreuzgeschwindigkeiten fällt, wird an nachfolgender Tabelle deutlich. Manche Eigner moderner und wohlproportionierter Motorkreuzer werden nicht nur erkennen, dass ihre Kreuzgeschwindigkeit gerade kritisch liegt, sondern sie finden darin auch die Erklärung für eine störende, aber oft unvermeidliche Wellenbildung. Welche Geschwindigkeiten zu den einzelnen WL-Längen gehören, kann ohne Rechnung hier entnommen werden:

Länge in der WL	kritische Geschwindigkeit	kritische Fahrwassertiefe
8,00 m	14,8 km/h	2,40 m
12,00 m	18,2 km/h	3,65 m
16,00 m	21,0 km/h	4,85 m
20,00 m	23,5 km/h	6,10 m
24,00 m	25,7 km/h	7,30 m
30,00 m	28,8 km/h	9,10 m

Vergleicht man die WL- Länge der Boote und die zu R = 5,25 gehörenden kritischen Ge-schwindigkeiten, so stellt man mit Bestürzung fest, dass diese in einem sehr häufig gefahre-nen Bereich liegen. Dagegen gibt es keine Abhilfe! Nur die Auswirkungen können durch eine gut durchdachte Bootsform gemildert werden. Die Form des Vorschiffes ist bei dieser Geschwindigkeit kaum von irgendwelchem Einfluss. Man sei aber auf der Hut, zu diesem naturbedingten Allgemeinverhalten nicht auch noch eine falsche Heckform zu bekommen. in die Tabelle wurde eine dritte Spalte mit aufgenommen, aus weicher eine so genannte kritische Fahrwassertiefe zu entnehmen ist. Hierbei handelt es sich um diejenige Wassertiefe, auf welcher der normale Fahrwiderstand eines Bootes durch die so genannte kritische Stauwelle wesentlich vergrößert wird. Man erkennt diesen Einfluss an einer verstärkten, sich nach vorn überrollenden Heckwelle sowie an einem Vertrimmen des Bootes, bei dem sich das Vorschiff heraushebt, das Heck jedoch weg sinkt. An dieser Stelle soll nicht näher auf die Bestimmung und den Grad der Beeinflussung durch die kritische Wassertiefe eingegangen werden. Die in der Tabelle genannten Wassertiefen gelten ausschließlich für die Geschwindigkeiten, d. h., sie sind kaum von der Bootslänge abhängig. Ein Zusammenhang entsteht hier nur als Folge der Überlagerung durch den Geschwindigkeitsgrad 5,25.
Der störende Einfluss der kritischen Wassertiefe entsteht durch eine Art von Resonanz-erscheinung, bei der die Länge der Eigenwelle des Schiffes mit der Länge der ortsbedingten Stauwelle übereinstimmt. In dem sich beide Wellensysteme überlagern, wird das ge-

samte Wellenbild bedeutend verstärkt. Wenn also ein Motorkreuzer von 16 m WL- Länge mit einer Geschwindigkeit von 21 km/h fährt, so liegt er bereits im Gebiet der stärksten Eigenwelle. Findet die Fahrt auch noch auf einer Wassertiefe von durchschnittlich 4,85 m statt, so wird die örtliche Stauwelle angeregt, die sich dann zur Eigenwelle summiert. Der Motorkreuzer steckt dabei in einer Zwangsjacke unglücklichster, aber natürlicher Umstände. Dabei wird der Boden des Flussbettes keineswegs berührt, im Gegenteil, es befindet sich mehr als reichlich freies Wasser unter dem Kiel.

Die örtliche Stauwelle ist gleichbedeutend der größten Wellenlänge, die sich auf gegebener Wassertiefe ausbilden kann. Selbst lang anhaltende Windeinwirkung über relativ flachem Wasser ist nicht imstande, die Länge der Wellen zu vergrößern, nur noch eine Zunahme der Höhe ist möglich, und damit die Entstehung ständiger Brecher. Die Länge der örtlich bedingten oder kritischen Stauwelle ist gleich dem 6,28fachen der Wassertiefe.

Die Fortschrittsgeschwindigkeit dieser selben Welle in m/sek ist gleich $3{,}13 * \sqrt{Wassertiefe}$.

Besonders auf Seen, aber auch auf breiten teilweise flachen Flüssen findet man recht oft Gelegenheit, das Entstehen der Stauwelle zu beobachten. So ist z. B. ein Passagierdienst auf einem größeren deutschen See bekannt, der sich teilweise in genügender Wassertiefe abspielt, dann aber in den flacheren Bereich der kritischen Tiefe übergeht. Da das Boot normalerweise etwas schneller ist als der Wellengeschwindigkeit auf der kritischen Wassertiefe entspricht, wird es in seiner Fahrt plötzlich behindert, sobald es ins flachere Gebiet eindringt. Dieses Abbremsen der Fahrt geschieht in so auffälliger Form, dass die Fahrgäste durch die Fahrtverzögerung in ihren Sitzen regelrecht nach vorn rutschen. Zugleich bäumt sich hinter dem Heck eine mächtige Welle auf. Diese entsteht als Folge der Überlagerung von bootseigener Heckwelle und örtlicher Stauwelle. Gelangt man in ein solches Gebiet, so kann man eine eigenartige Charakteristik der kritischen Stauwelle erkennen: sie läuft dem Boot nicht mehr in der schrägen Staffelung der Heckwellen nach, sondern steht genau quer zur Fahrtrichtung des Bootes, wobei sie eine unwahrscheinlich große Breitenausdehnung annehmen kann.

Heckformen

Soll eine Schiffsform mit geringem Fahrtwiderstand entwickelt werden, so bestimmt man alle wichtigen Merkmale von der Seite des Geschwindigkeitsgrades. Bei langsamer Fahrt unterhalb *4* ist das Verhalten des Schiffes unkompliziert und im wesentlichen statisch bestimmt. Liegt die Geschwindigkeit höher als 6, so wird der Buckel des größten Widerstandes bereits überwunden. Die Wellenlänge ist jetzt größer als die Schiffslänge, so dass ein tragendes Heck für alle höheren Geschwindigkeiten anzuwenden ist. Der besonders kritische Bereich liegt zwischen diesen beiden relativen Geschwindigkeiten von 4 und 6. Hier reagiert jedes Schiff sehr empfindlich auf günstige oder ungünstige Formen.
Da dem Heck eine überragende Bedeutung zukommt, wurden in den folgenden zwei Darstellungen die am häufigsten angewandten Heckformen zusammengestellt, und zwar in zwei Gruppen:

a) Runde und spitze Hecks, die man im wesentlichen auch als nichttragende Hecks bezeichnen kann,
b) Spiegelhecks in allen Variationen, die man normalerweise als tragende Hecks kennzeichnet.

Die Zusammenstellung der Heckformen soll nun nicht etwa nach Art eines Küchenrezeptes angewandt werden; zum Beispiel, man nehme ein scharfes Vorschiff, damit sich der Bug nicht anhebt, man nehme ein breites Mittelschiff, um gute Stabilität zu erhalten, und dann setze man je nach Geschwindigkeitsgrad das passende Heck an. Der Entwurf einer guten Schiffsform kommt nicht durch einen derart vereinfachten Vorgang zu glücklichem Ende, im Gegenteil, wahrscheinlich würde auf diese Art nur ein schlecht brauchbarer Zwitter entstehen.
Eine Schiffsform kann nur als Ganzes betrachtet werden, Verdrängung und Schwerpunktlage sind wichtig, ferner kommen hinzu, das Verhalten im Seegang, die Ausbildung des Antriebs, die Stabilität und schließlich auch die Ästhetik der Gestaltgebung. Innerhalb dieses Ganzen kommt der Heckform eine bestimmte Bedeutung zu. Wie sie zu verstehen und anzuwenden ist, wird von Heck zu Heck erklärt.

Schlanke Heckformen

Die Serie der Heckformen unter A bis E bezeichnet man als runde, spitze, schlanke oder auch nichttragende Hecks. Dabei spielt es keine Rolle, ob etwa unter A ein kleiner, über der Wasserlinie liegender Spiegel vorhanden ist. Es genügt keineswegs, ein rundes oder spitzes Heck als nichttragend zu bezeichnen. Vielmehr kommt es auf den Verlauf der ganzen achteren Bodenpartie an. Diese kann auch bei Vorhandensein eines breiten Spiegels nichttragend sein, wie er heute u. a. auch an Fischereifahrzeugen ausgeführt wird. Aber auch Ältere Motoryachten mit lang nach achtern durchlaufendem Kiel und anschließendem senkrechtem Achtersteven krönten häufig in einen breiten Spiegel. Da der Zulauf über eine zu runde Bodenform im Achterschiff erfolgte, benahm dieser sich ebenfalls als nichttragend. Alle nichttragenden Heckformen sind nur anwendbar, sofern eine relative Geschwindigkeit von 4,5 nicht überschritten wird. Heckformen wie unter A, B und C sind bis zu 4 hervorragend geeignet, bis zu 4,5 anwendbar und können mit großer Motorleistung bis auf 4,9 gezwungen werden. Formen nach D und E dagegen erlauben, auch höhere Geschwindigkeiten zu erreichen. Sind die Boote sehr leicht, so gibt es für die beiden letzten keine Geschwindigkeitsgrenze, sofern man die gesamte Bodenform als Halbgleiter oder gar Gleitboot entwirft.

A. Yachtheck eines Motorseglers. Der kleine Spiegel liefert einen Abschluss, der in seiner Wirkung dem runden Heck gleichkommt.
B. Klassisches Schlepper- oder Barkassenheck. Obwohl es sich ausgezeichnet bewährte, wird es heute kaum noch ausgeführt. Als Folge leichterer und leistungsstärkerer Motoren werden auch bei diesen Gebrauchsfahrzeugen Geschwindigkeiten gefordert, die oberhalb der Grenze von 4,5 liegen, die für diese Form gilt.
C. Normales Kanuheck. Ein vorzüglich für seegehende Schiffe und Boote geeignetes Heck, sofern die Geschwindigkeit von 4,5 nicht überschritten wird. Als Abwandlung hierzu sei das Kreuzerheck erwähnt, das in Abb. 5 im Detail dargestellt wurde. Es ergibt eine etwas längere Wasserlinie, verhält sich im übrigen aber ganz ähnlich dem normalen Kanuheck.
D. Spitzes Heck mit abgeflachten Boden. Eine solche Form wird angewandt, wenn die kritische relative Geschwindigkeit von 4,5 nur wenig überschritten werden soll. Es besitzt eine flache achtere Bodenpartie und eine kleine tragende Fläche, doch reichen diese noch nicht aus, um eine solche Form für höhere Geschwindigkeiten zu empfehlen.
E. Kreuzerheck mit abgeflachtem Boden. Die Seitenansicht des Kreuzerhecks zeigt einen nur vom Geschmack bedingten Unterschied zur Heckform nach D. Die tragende Bodenfläche achtern wurde jedoch breiter ausgeführt und erlaubt daher, höhere Geschwindigkeiten zu erreichen. Beide Hecks nach D und E lassen sich sowohl bei runder als auch bei V-Spantform des Bootes anwenden.

Mit diesen Abbildungen ist der Formenreichtum schlanker Hecks keineswegs erschöpft. Das weitaus schnellste Schiff des vorigen Jahrhunderts, die TURBINIA, besaß ein kreisrundes Heck mit einem ganz flachen Ansatz unter Wasser. Von Thornycroft erbaut und mit einer Parsons Dampfturbinenanlage ausgerüstet, erzielte sie die damals unerhörte Geschwindigkeit von 35 Knoten = 65 km/h. Mit ihrer WL-Länge von 30,54 m kam sie demnach auf einen Geschwindigkeitsgrad von 11,75. Nicht das kreisrunde Heck war charakteristisch, sondern der vollkommen flache Boden darunter. Die Schiffsform im Ganzen war Rundspant, eine Kimmkante entstand erst kurz vor dem Heck.

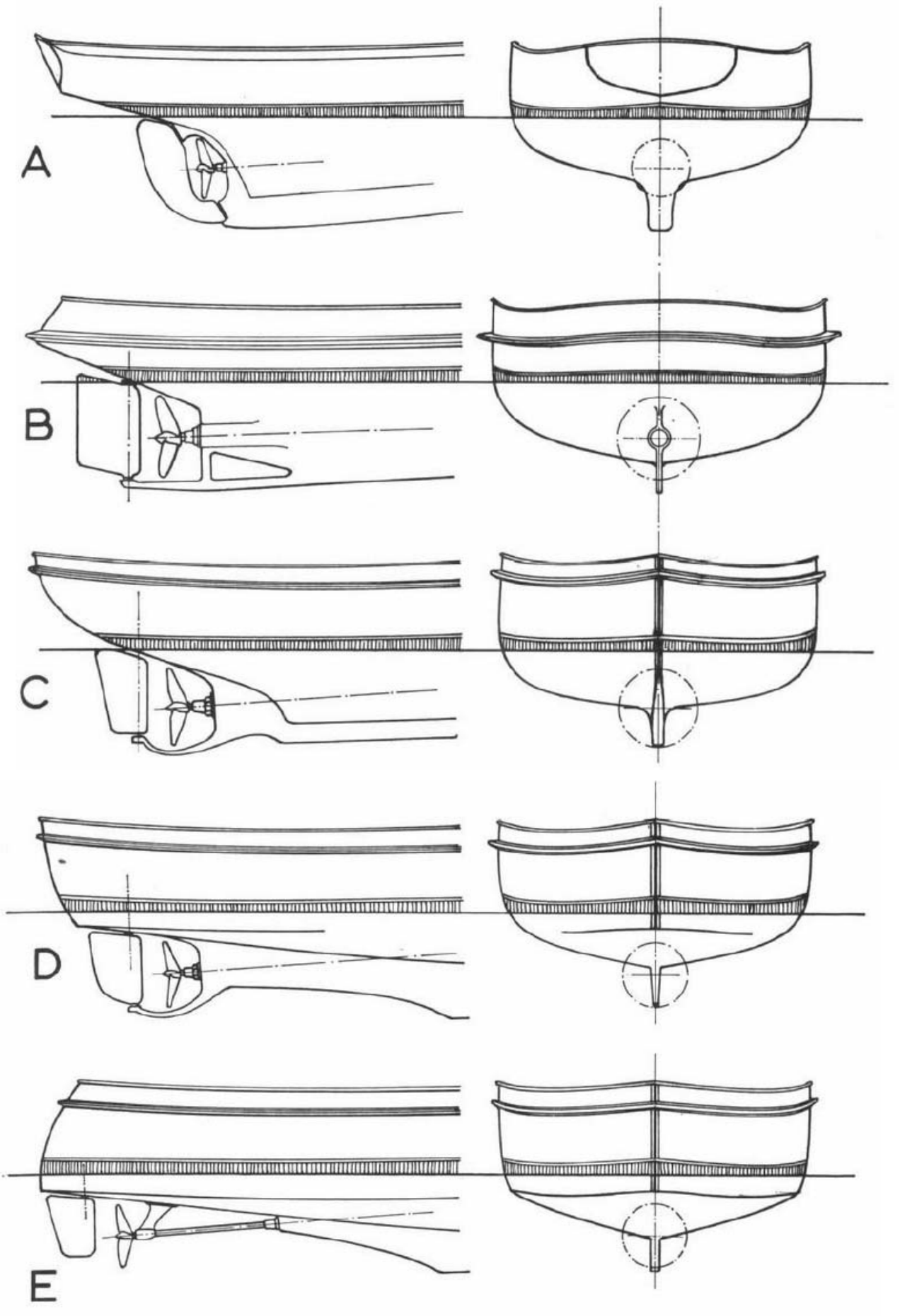


Abb. 25 Schlanke Heckformen

Spiegelheckformen

Das Vorhandensein eines Spiegels gewährleistet für sich allein keinesfalls eine geeignete Form für so genannte Halbgleiter. Die beiden nebenstehenden Spiegelformen F und G sind in diesem Sinne trügerisch. Zwar besitzen sie eine angemessene Breite, doch keine ausreichend tragende Bodenfläche. Vor allem aber wird in beiden Fällen die ganze achtere Bodenpartie viel zu rund nach oben geholt, als dass diese Art von Spiegelheck bei einem Halbgleiter angewandt werden könnte. Anders die drei unteren Formen H, I und K, sie eignen sich vorzüglich für halbgleitende Boote.

F. Man lasse sich von diesem Heck nicht täuschen. Da der Spiegel in Fahrt keinerlei echte Auflage bietet, wirkt er nicht viel anders als ein rundes Heck. Allerdings ist diese Heckform nicht streng an die Grenze von 4,5 gebunden; man kann mit ihr den Widerstandsbuckel bei 5,25 besser erreichen als mit den wirklich runden Hecks.

G. Hier handelt es sich um ein echtes Plattgatheck, dessen herzförmiger Spiegel aus der Zeit des älteren handwerklichen Bootsbaues stammt. Das Fahrtverhalten ist kaum anders als zum vorgenannten Heck erklärt wurde, so dass auch dieselben Grenzwerte gelten.

H. Echter tragender Spiegel für die Rundspantform des modernen halbgleitenden schnellen Bootes. Diese Heckform ist im langsamen Bereich nicht zu nachteilig, überschreitet leicht den Widerstandsbuckel bei R = 5,25 und ist bis an die Grenze des reinen Gleitens anwendbar. Ihre besondere Eignung liegt im mittleren Geschwindigkeitsbereich zwischen 10 und 15.

I. Breiter Spiegel verbunden mit Knickspantform. Eine typische Heckform für sehr schnelle Halbgleiter, anwendbar bis an die Grenze des reinen Gleitens von etwa 20.

K. Spiegel einer tiefen V-Spantform. Diese für schnelle Fahrt bei mäßigem Seegang entwickelte Form zeigt einen Boden, der ohne jede Verwindung vom Hauptspant bis zum Spiegel durchläuft. Ihr Geschwindigkeitsbereich ist nahezu unbegrenzt.

Außer den gezeigten Hecks gibt es eine große Zahl von Varianten, Übergangsformen, Phantasieformen sowie auch einige extreme Sonderformen. Bei der Wahl der zweckmäßigsten Heckform ist nur der mit dem Wasser in Berührung kommende Teil des Spiegels von Bedeutung. Die Formgebung nach oben zum Deck kann nach ästhetischen Richtlinien weitergeführt werden, jedoch sprechen auch praktische Erwägungen mit, wie die gewünschte Nutzfläche an Deck oder die Bauweise.

Kein Heck darf endgültig bestimmt werden, ohne ganz besonderes Augenmerk auf die Anordnung des Antriebs und der Steuerorgane zu wenden. Die Lage der Propeller, Ruder und sonstiger Elemente, wie z.B. eines Z-Antriebs, Wasserstrahlantriebs usw., kann die Heckausbildung entscheidend beeinflussen.

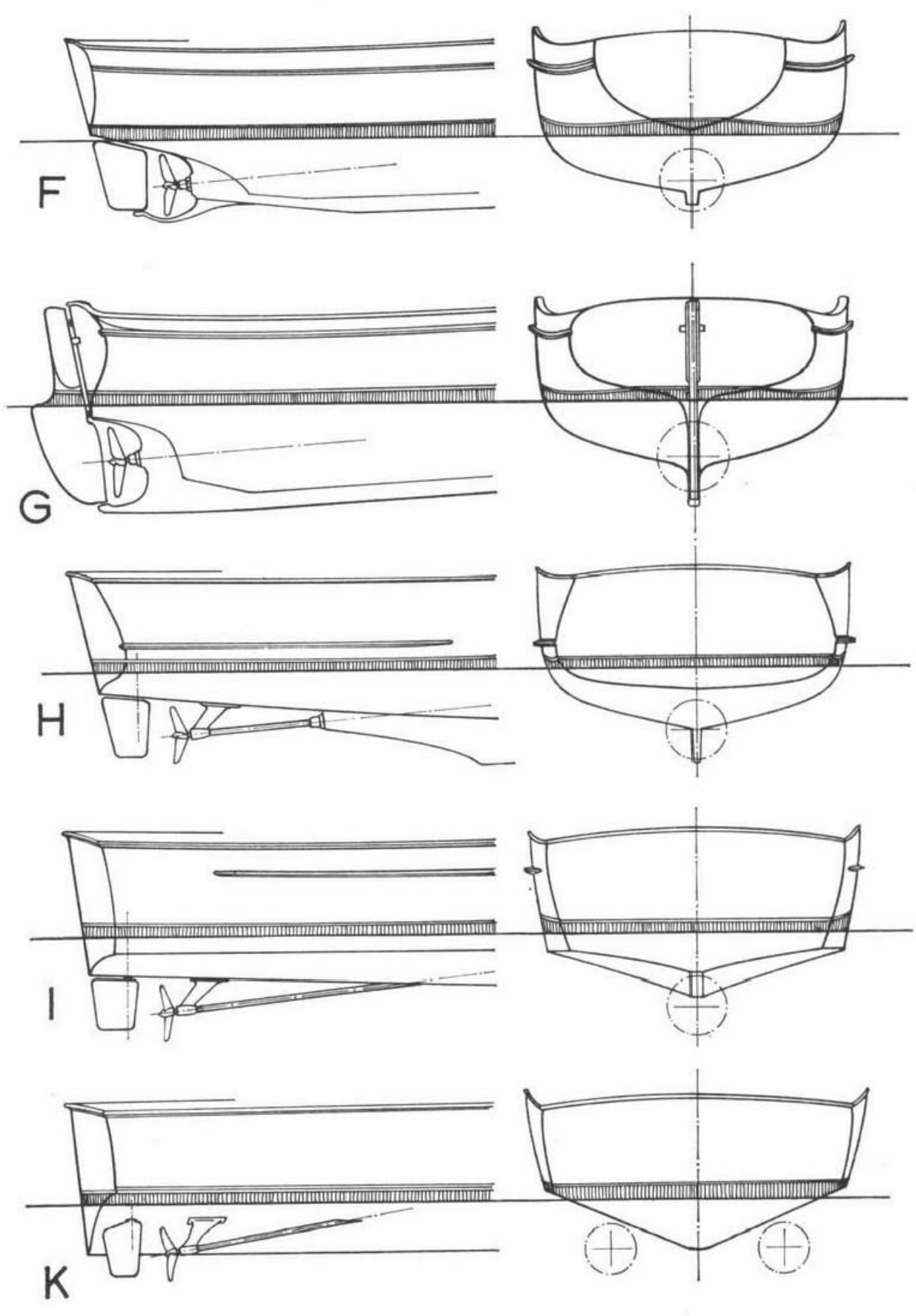


Abb. 26 Spiegelheckformen

Rundspantboote - V-Spantboote

Man ist nur zu gern geneigt, eine bestimmte Grenzgeschwindigkeit herauszufinden, an der sich Rundspantboote und V-Spantboote scheiden. Eine so grobe Vereinfachung wird jedoch den wahren Umständen nicht gerecht.
Ein V-Spantboot braucht weder in langsamer Fahrt noch im Seegang besonders ungünstig zu sein, und ein Rundspantboot wiederum kann auch sehr hohe Geschwindigkeiten erreichen, ohne eine wesentlich höhere Leistung zu erfordern. Ja, man kann sogar behaupten, dass die Ausdrücke Rundspant oder V-Spant keineswegs ausreichen, um die Form eines Bootes zu charakterisieren. In glattem Wasser erreicht ein Boot in flacher Rundspantform höhere Geschwindigkeiten als eine *tiefe* V-Spantform. Auch im Seegang zeigen beide nur wenig Unterschied. Die bei Motorbootrennen auf See angewandte tiefe V-Spantform wird teilweise sogar ohne Knick in der Kimm ausgeführt. Sie könnte deshalb ebensogut tiefe Rundspantform genannt werden.
Die um 1960 begonnene Entwicklung ist noch immer im Fluss. Stärkere Motorleistungen bei geringerem Gewicht, leichtere Bauweisen in Leichtmetalllegierungen oder Kunststoffen, aber auch Erfahrungen aus Rennen mit Schnellkreuzern über Seestrecken brachten neuen Schwung in die Entwicklung der Bootsformen. Die Möglichkeit, in Glasharz *plastisch* jede denkbare Form herstellen zu können, die in Holz oder Metall nicht ausführbar ist, hat die Phantasie beflügelt und den bisherigen Formenreichtum noch weiter gesteigert. Es gibt Varianten, die weder als Rund- noch als V-Spantform zu bezeichnen sind. Gerade diese Zwischenformen haben ein besseres Verhalten im Seegang geschaffen, verbunden mir einem Plus an innerer Geräumigkeit und Stabilität, auch wenn die Geschwindigkeit im glatten Wasser meistens benachteiligt wurde.

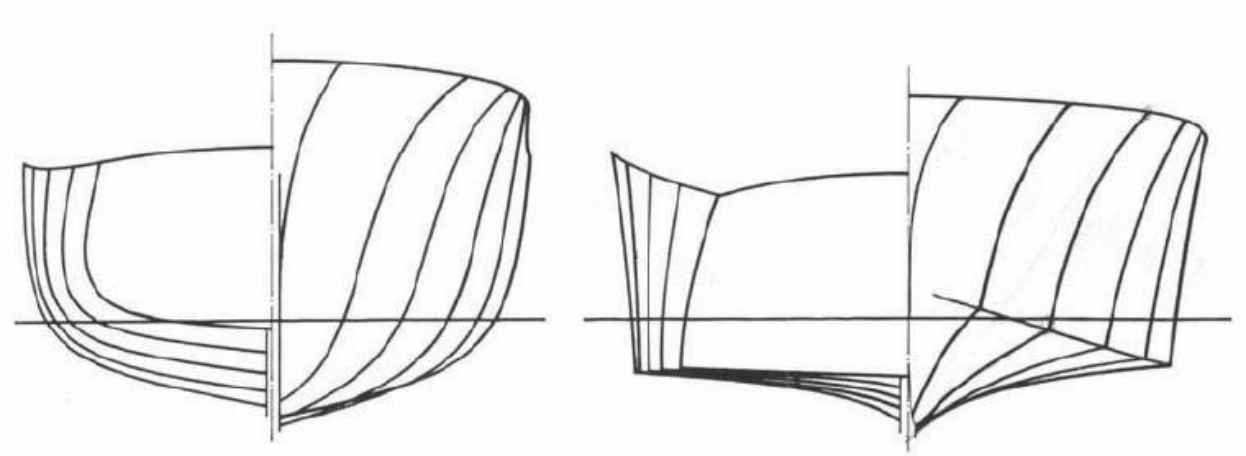


Abb. 27 Zwei charakteristische Spannformen: links Rundspantform, rechts V-Spantform. Zu jeder dieser Spant- formen gibt es zahlreiche Varianten.

In der zugehörigen Zeichnung werden zwei besonders stark ausgeprägte Spantformen gezeigt, nämlich eine sehr rund gehaltene Rundspantform und eine besonders scharfkantig ausgeführte V-Spantform. Beide Spantenrisse sind oft ausgeführt worden. Der Rundspantriss kann als geradezu klassische Form für mäßige Geschwindigkeit gelten. Die darge-

stellte V-Spantform entstand um 1930 und hielt sich als klassische Normalform für glatte Wasser fast bis in die jüngste Zeit.
Der Unterschied beider Formen fällt hier besonders stark ins Auge. Eine so scharfkantige, flache V-Spantform war schon immer zur Fahrt im Seegang ungeeignet, in glattem Wasser jedoch sehr günstig.
Einst schrieb ein Eigner, er beabsichtige die Anschaffung eines neuen schnellen Motorkreuzers, um vor Montevideo auch gelegentliche Seefahrt zu betreiben. Auf keinen Fall möchte

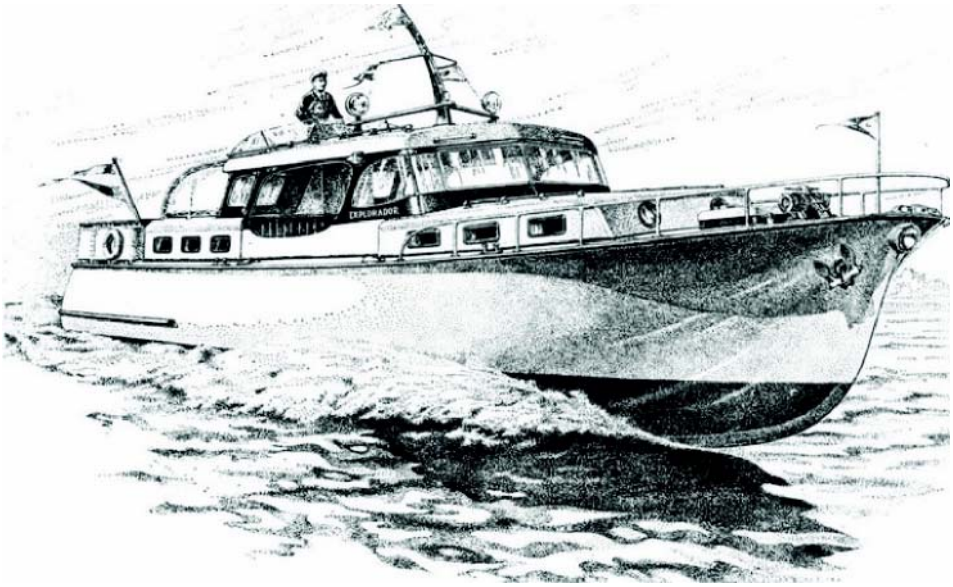


Abb.28 Moderne Rundspantform an einem 14-m- Motorkreuzer "Explorador". Die Rundspantform besitzt eine Reibe von Vorzügen, darunter gutes Verhalten über einen großen Bereich von Geschwindigkeiten und ausgezeichnete strukturelle Festigkeit. Zeichnung. 0. Mikhno

er jedoch ein Boot in V-Spantform; er habe genügend schlechte Erfahrungen mit dieser Form gemacht, um nie wieder ein V-Spantboot fahren zu wollen. Eine so krasse Aussage ist nur denkbar, wenn die Erfahrungen mit einer flachen, ungeeigneten V-Spantform gemacht wurden. Unter den Varianten der V-Spantform gibt es solche, die sich zur Fahrt im Seegang vorzüglich eignen, wie im nachfolgenden Kapitel näher gezeigt werden wird. Würde die Natur als Vorbild herangezogen werden, so gäbe es keine V-Spantform. Selbst die schnellsten Delphine sind rundspant gebaut! Doch der Vergleich hinkt, denn der schnelle Fisch bewegt sich innerhalb seines Mediums, ohne Wellen oder dynamischen Auftrieb zu erzeugen. Das Boot hingegen gleitet an der Grenze zweier Medien dahin und erzeugt Wel-

len. Außerdem erleidet es den Impakt der Meereswellen. Lässt man einmal das Streben nach Geschwindigkeit beiseite, so existiert noch eine Reihe weiterer Eigenschaften, die bei der Entscheidung zwischen Rund- und V-Spantform mitsprechen.

Eigenschaften der Rundspantform:

1. leichtläufige Fahrt,
2. Seetüchtigkeit,
3. größere Rumpffestigkeit, da zwei Knicke wegfallen,
4. weichere Bewegungen,
5. geringere Anfangsstabilität,
6. in jedem Baumaterial ausführbar.

Eigenschaften der V-Spantform:

1. in hoher Fahrt überlegen,
2. größere Anfangsstabilität,
3. größerer Innenraum im Vorschiff,
4. etwas geringerer Tiefgang,
5. zum Bau in Metall oder Sperrholz besonders geeignet,
6. Rumpffestigkeit an den beiden Knickstellen beachten.

Vor einigen Jahren bot sich uns die Möglichkeit, vier Motorkreuzer von 12 m Länge und 3 m Breite zu entwerfen und zu erbauen, bei denen die Formgebung freigestellt war. Um den Unterschieden nachgehen zu können, wurden zwei Bootskörper Rundspant gebaut, die beiden anderen erhielten eine sorgfältig geplante gemäßigte V-Spantform. Die in Spanten stehenden Boote sind im Werftfoto, Foto 16, wiedergegeben. Da nur mäßige Motorleistungen einbebaut werden sollten, bekamen beide Entwürfe die gleiche Längskrümmung in der Sponungs- oder Kiellinie, und beide Spiegelformen erhielten die gleiche Tauchtiefe. Im übrigem wurde der Unterschied zwischen runder und scharfkantiger Kimm genauestens eingehalten, jedoch wurde der Boden des V-Spantbootes bei weitem nicht so flach ausgeführt, wie er in Abb. 27 als klassisch gezeigt wurde. Jeweils ein Rund- und ein V-Spantboot wurden mit einem 65-PS-Dieselmotor ausgerüstet, und die beiden übrigen Boote, auch wieder ein Rund- und ein V-Spantboot bekamen je einen 110-PS-Benzinmotor. An sich geradezu ein Idealfall, um die Unterschiede beider Formen an ausgeführten Motorkreuzern zu beobachten.
Mit allen vier Booten wurden Messfahrten unternommen. Ferner wurde das Verhalten in mäßigen Seegang beobachtet. Zunächst der Geschwindigkeitsvergleich: Bei gleichen Motoren waren die Boote in der Geschwindigkeit einander so erstaunlich gleich, dass wir die Messfahrten wiederholten, um des Ergebnisses sicher zu sein. Mit den 65-PS-Dieselmotoren wurde ein Bruchteil über 20 km/h erreicht, mit den 110 PS leistenden Benzinmotoren genau 23,9 km/h, gleichgültig ob Rund- oder V-Spantboot. So hofften wir wenigstens auf Unterschiede im Seeverhalten. Doch als Folge der gemäßigten V-Spantform traten auch diese nicht messbar in Erscheinung.
Das V-Spantboot ließ eine etwas höhere Anfangsstabilität erkennen, ebenso auch eine etwas stärkere Spritzwasserbildung, beides jedoch in so unbedeutendem Grade, dass weder Vorteile noch Nachteile daraus abgeleitet werden konnten.
Es bestätigte sich in der Praxis, was auch B. B. Wood in seinem klassischen Modellversuch vor rund 45 Jahren gemessen hatte, nämlich, dass der Unterschied zwischen beiden Spantformen bei allen Geschwindigkeitsgraden unter 11,5 verschwindend klein ist. Der eigentliche Sinn der V-Spantform zeigt sich erst bei hohen Geschwindigkeiten. Diese Form begünstigt den dynamischen Auftrieb, so dass der echte Gleitzustand früher erreicht wird. Im Bereich des teilweisen Gleitens wird der dynamisch getragene Anteil am Bootsgewicht größer, ein Vorteil, der oberhalb des Geschwindigkeitsgrades von R = 12 spürbar wird und umso mehr zunimmt, je höher die Geschwindigkeit ansteigt.

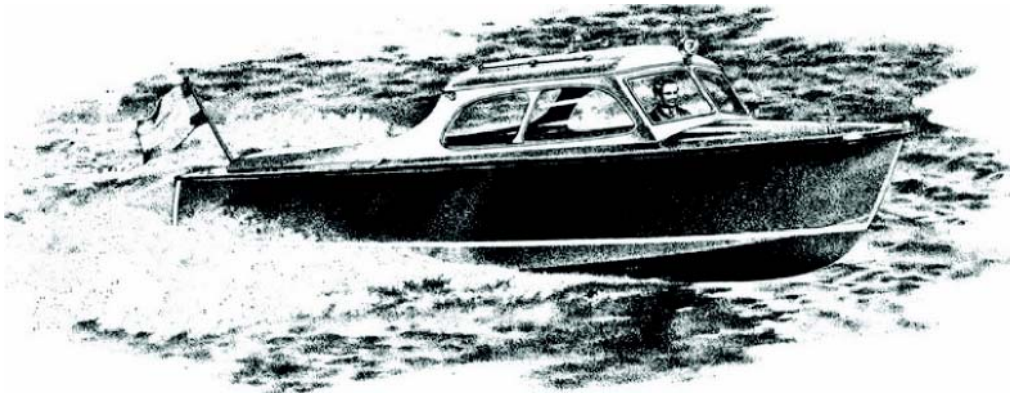
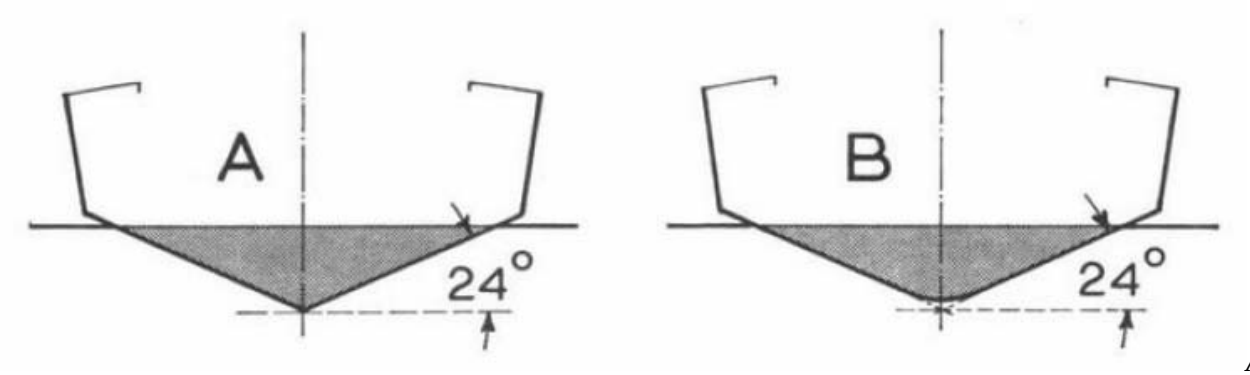


Abb. 29 Moderne V-Spantform an einem 6-m-Sportboot „Sylvia“. Sobald hohe relative Geschwindigkeiten gefordert werden, kommt die V-Spantform in einer ihrer Varianten zur Anwendung. Die flachere Form des Bodens begünstigt das Gleiten, d.h. das dynamische Herausheben des Bootes in hoher Fahrt.

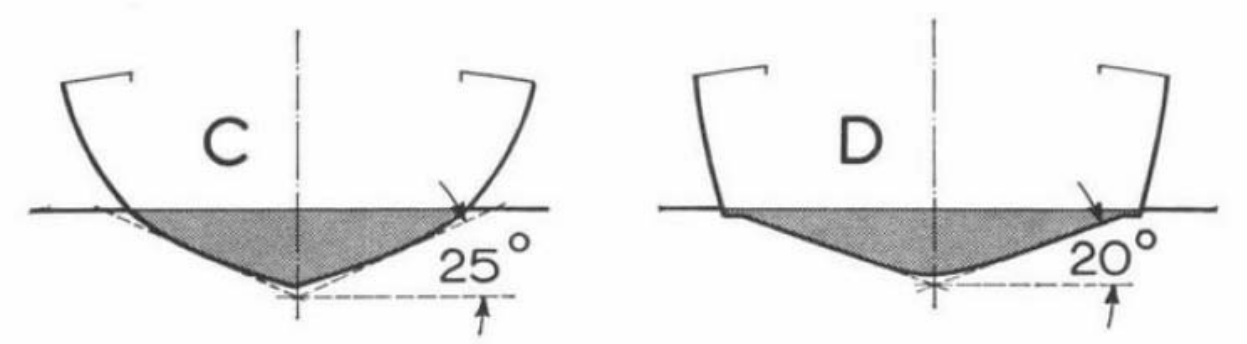
Würde man die klassische V-Spantform bei Booten anwenden, die im Seegang höhere Geschwindigkeiten entwickeln sollen, so würde sich der Gewinn in einen schwerwiegenden Nachteil verwandeln. Diese Form mit großer Schärfe nahe dem Kiel und sehr abgeflacht bei der Kimm, gewissermaßen das umgekehrte Pflugscharprinzip darstellend, schlägt im Seegang mit Heftigkeit auf. Sobald auch nur mäßiger Seegang herrscht, muss mit stark herabgesetzter Geschwindigkeit gefahren werden, um den Bootskörper vor Schaden zu bewahren (es gab viele gebrochene Spanten im Vorschiff) und die Mannschaft nicht physisch zu überfordern.
Was nützt die schnelle V-Spantform, wenn man sie schon bei geringem Seegang nicht mehr ausfahren kann? Entweder muss man zur Rundspantform zurückkehren, was auf jeden Fall Erfolg verspricht, oder es muss eine V-Spantform entwickelt werden, die im Seegang ein angenehmes Verhalten gewährleistet, selbst wenn ein Teil der Gleitvorteile verloren geht. Geleitet von dieser Überlegung tauchte um 1958 die von Raymond Hunt entwickelte tiefe V-Spantform auf.
Von diesem Moment an setzte eine geradezu sprunghafte Entwicklung ein, die in großem Maße von den Motorbootrennen über offene Seestrecken angespornt wurde. Das sind vor allem das Miami-Nassau-Rennen in den USA sowie das Cowas-Torquay-Rennen in England.
Die Klasseneinteilung sowie die Regeln über Bootsgrößen und Motorleistungen waren großzügig abgefasst und erlaubten eine weitreichende Freiheit. Es wurden oft viel stärkere Motorleistungen eingebaut, als die Bootskörper auch nur bei bescheidenem Seegang aushalten konnten. Wenn die Boote, vom Seegang gezwungen und von starken Motoren getrieben, ihre großen Sprünge vollbringen, wachsen die Anforderungen an Mensch und Maschine ins Ungeheure. Nur selten kam auch nur die Hälfte der gestarteten Boote ans Ziel, und selbst die ankommenden hatten unterwegs Schäden mancherlei Art erlitten. Sogar Fahrer und Beifahrer blieben nicht von körperlichen Verletzungen verschont.
Nicht die potentiell schnellsten Boote siegten, sondern diejenigen, welche die mörderische Fahrt durchstehen konnten. Es galt schon als Erfolg, wenn auch nur ein Drittel der gestarteten Boote das Ziel erreichte.

Den bei diesen Rennen herrschenden Seegang würde man für gewöhnliche Seefahrt als *leicht und angenehm* bezeichnen. Mit jedem einigermaßen seefähigen Motorkreuzer wäre die Fahrt ein Vergnügen. Nicht die Stärke des Seegangs, die bescheidene Höhe der Wellen ist für die vielen Ausfälle verantwortlich. Erst die Kombination von hoher Fahrt und den als Sprungbrett, besser Skischanze, wirkenden Wellen schießen die Boote dynamisch in die Höhe, wonach sie mit Heftigkeit wieder auf das sehr harte Wasser aufschlagen. Je flacher die Bodenform, umso heftiger das Aufschlagen! So wurde die tiefe V-Spantform von allen Rennfahrern begeistert aufgenommen, Sie war zwar nicht schneller, aber sie machte das Aufschlagen erträglich und begünstigte das Durchstehvermögen.



A

bb. 30 Querschnitte durch die tiefe V-Spantform, wie sie von Raymond Hunt entwickelt wurde. Beide zeigen eine Aufkimmung von 24 Grad, unter A mit spitzem Kielwinkel, unter B mit abgerundeter Kielpartie.



A

bb.31 Zwei Varianten zur tiefen V-Spantform. Unter C die von Renata Levi entwickelte Deltaform, bei der kaum noch ein Kimmknick vorbanden ist. Unter D eine Spantform mit stark gerundeter Kielpartie sowie Kimmkante als Spritzleiste ausgebildet.

Um die tiefe V-Spantform von der normalen zu unterscheiden, muss ein charakteristischer Bezugswert gewählt werden. Hätten die Boote nur gradlinige Spantformen, so brauchte man nur den Winkel der Aufkimmung zu messen. Da aber auch abgerundete Spantenformen vorkommen und die Entwicklung ständig weiter schreitet, empfiehlt sich folgende Definition: Als Aufkimmung wird diejenige Tangente gewählt, die den Punkt größter Massenbeschleunigung berührt. Das ist diejenige Stelle, die beim Aufschlagen den größten Bodendruck erleidet, die allerdings nur näherungsweise bestimmt werden kann.
Einige Beispiele tiefer V-Spant-Querschnitte werden in Abb. 30 und 31 gegeben, wobei auch die Größe der jeweiligen Aufkimmwinkel angegeben wurde. Üblicherweise wird der Boden dieser Boote von mittschiffs bis zum Heck ohne jede Verwindung ausgeführt, so dass die Aufkimmung unverändert beibehalten wird. Unter diesen Voraussetzungen lässt sich folgende Einteilung aufstellen:

Aufkimmung	*Bezeichnung*
unter 10 Grad	flache V-Spantform
10 bis 14 Grad	gemäßigte V-Spantform
15 bis 19 Grad	mitteltiefe V-Spantform
20 bis 26 Grad	echte tiefe V-Spantform

Boote, die für Küsten- und Seerennen bestimmt sind, erhalten zum größten Teil Aufkimmungen zwischen 20 und 26 Grad. Bei normalen Sportbooten hingegen ist man vom tiefen V-Spant wieder abgekommen, weil mehrere Nachteile im praktischen Gebrauch auftraten. Sie werden trotzdem nicht selten als *deep-vee*, tiefer V-Spant, bezeichnet, auch wenn die Aufkimmung nur 15 Grad beträgt. Bei echter tiefer V-Spantform und nicht überlastetem Boot liegt die Kimmkante am Spiegel auch in Ruhelage über Wasser, so dass dann ein ausgesprochener Mangel an Anfangsstabilität störend in Erscheinung tritt. Die Stabilität normalisiert sich, sobald das Boot in Fahrt kommt. Bei mittlerer Geschwindigkeit wird von diesen Booten mehr Spritzwasser aufgeworfen als von normalen Booten. In höchster Fahrt ist die tiefe V-Spantform im Nachteil, weil ihr Fahrtwiderstand größer ist. Dieser Nachteil kehrt sich erst im Seegang in einen Vorteil um, so dass es nicht lohnt, zu Fahrten in glattem Wasser eine tiefe V-Spantform anzuwenden. Durch Ansetzen von Bodenleisten wird die Erzeugung von dynamischem Auftrieb gefördert.

Spantenrisse von Motorbootformen

Die Form eines Schiffes ist geometrisch unbestimmbar, denn weder ebene Flächen noch Kugel, Zylinder oder Kegel reichen aus, um sie definieren zu können. Man legt die Form in Gestalt eines Linienrisses fest, der vier Systeme von Schnitten enthält:

horizontale Längsschnitte	= Wasserlinien,
senkrechte Längsschnitte	= Schnitte genannt,
diagonal angelegte Längsschnitte	= Senten,
Querschnitte	= Spanten.

In einem vollständigen Linienriss erscheinen sie alle, denn jeder einzelne Schnitt dient dazu, etwas über die Form und die Eigenschaften des Bootes auszusagen. Im Linienriss der Abb. 32 wurden alle vier Schnittsysteme wiedergegeben und zum besseren Verständnis auch bezeichnet. Der Spantenriss allerdings wurde vergrößert hervorgehoben, weil er am schnellsten Aufschluss über die Bootsform gibt. Nachstehend wird eine Anzahl von Spartenrissen gebracht, um den Leser mit den zahlreichen Variationsmöglichkeiten in der Schiffsform vertraut zu machen.
Zur Ausarbeitung der Spantenrisse wurden alle Linienrisse in 10 gleiche Längsabschnitte eingeteilt, die mit 0 am hinteren Endpunkt der Schwimmwasserlinie beginnen und mit 10 am vorderen Endpunkt der WL aufhören. Diese von vielen Konstrukteuren übernommene Zehnerteilung hat den Vorteil, dass man mit Leichtigkeit Masse, Formen, Verdrän-

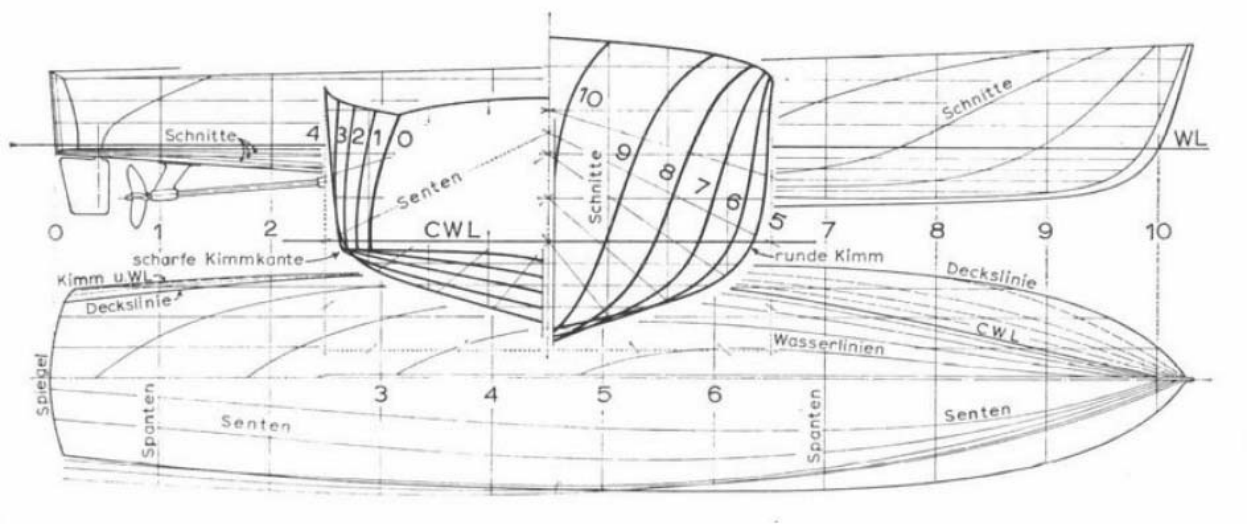


Abb. 32 Linienriss eines Rundspantbootes, das zum Heck in eine scharfe Kimmkante übergeht. Der Spantenriss selbst wurde in vergrößertem Maßstab eingezeichnet, um die Spanteinteilung der nachfolgenden Spantenrisse zu erklären. Man beachte die vier Schnittsysteme: Wasserlinien, Spanten, Senten und senkrechte Schnitte.

gungen und Spantenflächen verschiedener Linienrisse untereinander vergleichen kann. Außerdem wird durch die Zehnerteilung der Wasserlinienlänge die Berechnung der hydrostatischen Werte der Form erleichtert. An sämtlichen hier gezeigten Spantenrissen erkennt man links die Form des Achterschiffes, mit den halben Spanten von Nr. 0 bis 4, und rechts die Form des Vorschiffes, mit den halben Spanten von Nr. 5 bis 10. Der innerhalb der Abb. 32 gebotene Spantenriss zeichnet sich durch eine Rundspantform aus, die am Spiegel in einen scharfen Knick übergeht. Eine solche Form eignet sich besonders gut für relative Geschwindigkeiten, die etwas höher liegen, als normalerweise für Rundspantboote empfohlen wird, also über 12 bis etwa 16. Sie hat die Eigenschaft, stärkerem Vertrimmen entgegenzuwirken.

Ausnahmsweise werden auch umgekehrte Formen ausgeführt, bei denen die vordere Bootshälfte eine Knickspantform zeigt, um nach achtern in die runde Spantform überzugehen. Allerdings gibt es hierfür kaum eine stichhaltige Begründung. Die Sammlung der Spantenrisse soll nicht dazu dienen, der Querschnittsform eine übergroße Bedeutung beizulegen. Das Geheimnis der besten Linien steht beim Entwurf eines guten Schiffes erst an zweiter Stelle. Wichtiger ist die Wahl der bestgeeigneten Proportionen: Länge, Breite, Gewicht, Schwerpunktlage, Längsverlauf der Bodenform und Gestaltung des Antriebs.

Im Bau von Handelsschiffen wird ein umfangreiches technisches und wirtschaftliches Sonderstudium zur Wahl der geeigneten Proportionen angestellt, ehe man sich mit der Schiffsform im einzelnen befasst. Was dort Tragfähigkeit heisst, bedeutet auf unserem Gebiet Wohnfähigkeit. Diese wird auch hier nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten auf Länge, Breite und Tiefe, aber auch auf Baukosten und Wirtschaftlichkeit im Betrieb untersucht und mit wechselnden Proportionen durchgerechnet. Dabei werden noch weitere Eigenschaften berücksichtigt, vor allem geringer Fahrtwiderstand, gute Stabilität und eventuell geforderte Eignung zur Fahrt auf See. Eine Untersuchung der bestgeeigneten Proportionen ist daher von größter Wichtigkeit; sie wird vorgenommen, noch ehe eine passende Spantform gewählt wird.



Foto 15 Seegehende Motoryacht von 23 m Länge der Krögerwerft, Rendsburg. Vollverleimte Holzbauweise, doppelkarweel geplankte Außenhaut aus Mahagoni mit Glasfaser-Epoxy-Beschichtung. Je nach Motorleistung werden Geschwindigkeiten bis zu 26 Knoten erreicht.
Foto. Gaspar

Foto 16 Rundspantform, links, und V-Spantform, rechts, als Versuchsbauten für vier gleiche 12-m-Motorkreuzer. Im Bereich der mäßigen Geschwindigkeiten war das Verhalten beider Formen nahezu vollkommen gleich.

Bauder

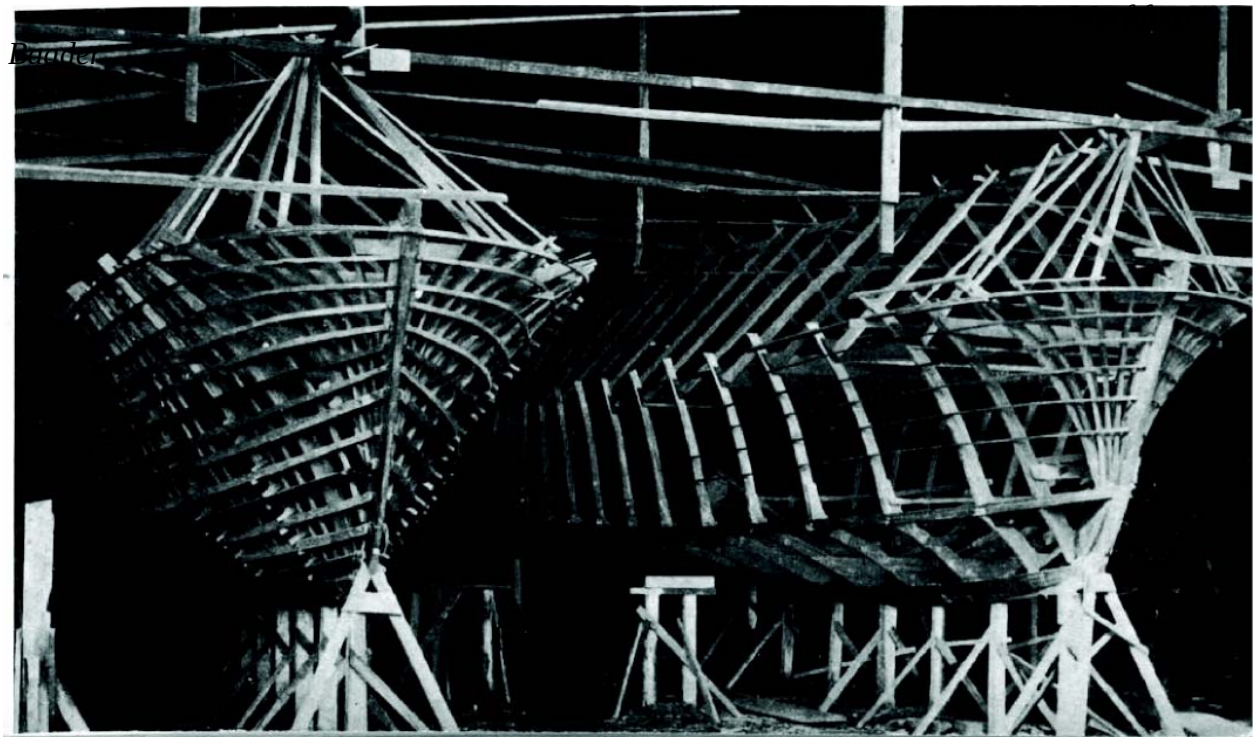




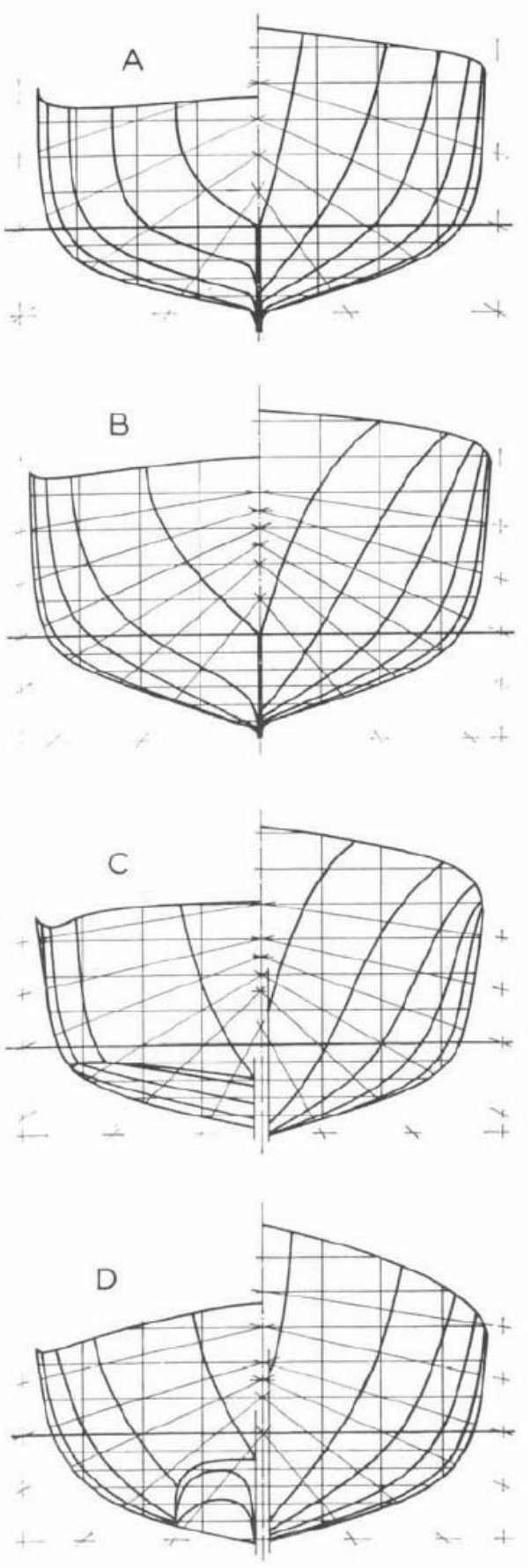
Foto 17 Für Rettungsdienste in Hafennähe setzt die britische R.N.L.I. neuer-dings dieses 5,20 m-Drei-kielboot ein, angetrieben von 2 Außenbordmotoren. Es ist ein 17-Fuß-Dell-Quay-Dory mit Sondereinrichtung für Rettungszwecke.
Foto: Dell Quay (England)



Foto 18 Schneller Sport-kreuzer „Coronet Explorer 11“, Länge = 6,42 m, Breite = 2,34 m. Glasharz-Serien-bau mit tiefem V-Spant nach Entwurf Wynne-Walters
Foto:Bolzet Boats, Slagelse



Foto 19 Ein Chris-Craft-Schnellkreuzer der 38-Fuß-Glasharz- Commander-Serie. Diese Art schneller Sport-kreuzer mit hochliegendem Chariot-Steuerstand erfreut sich allgemeiner Gunst vor der langgestreckten Atlantik-küste Amerikas.
Foto: Chris Craft, Pompano Beach



Vier Rundspantformen mit spitzem Heck

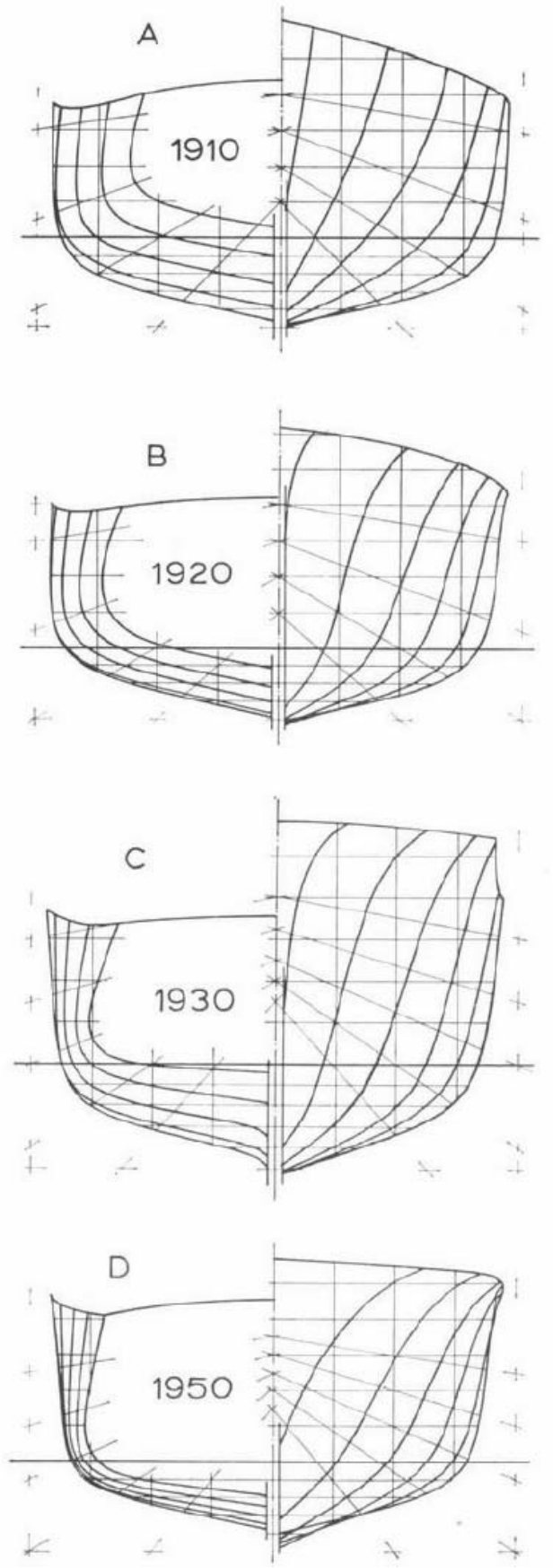
A. Hervorragend gelungene Spantform eines Motorkreuzers mit Kanuheck. Nur am Vorschiff erkennt man, dass der Riss bereits vor 50 Jahren entworfen wurde. Die Unterwasserform als solche ist jedoch auch für heutige Erkenntnisse noch vorbildlich; sie kombiniert leichtläufige Form mit guter Stabilität.

B. An der ausladenden Spantform im Vorschiff, rechte Hälfte, erkennt man, dass es sich hier um einen modernen Riss handelt. Die Ahnlichkeit mit Spantenriss A ist unverkennbar. Das Achterschiff wurde schärfer gestaltet, dagegen wurde der Hauptspant etwas betonter auf Formstabilität ausgebildet. Der Riss lässt gut erkennen, dass eine relative Geschwindigkeit von R = 4,5 nicht überschritten werden soll.

C. Im vorderen Bereich ist die Ähnlichkeit mit Spantenriss B auffallend, doch das Achterschiff wurde gänzlich anders geformt. Es gehört zu einem spitzen Heck, sehr ähnlich dem unter D in Abb. 25 gezeigten. Man erkennt deutlich die Kimmkante und die flache Bodenpartie achtern, das Schiff ist demnach wesentlich schneller als die beiden oberen unter A und B. Bei guter achterer Auflage kann trotz spitzen Hecks der kritische Geschwindigkeitsgrad von 4,5 erheblich überschritten werden.

D. Spantform eines besonders seetüchtigen Gebrauchsbootes mit nichttragendem, spitzem Heck. Der Riss gehört zu einen, Motorrettungsboot, wo eine ausfallende Spantform im Vorschiff nicht anwendbar ist. Am Heck, linke Hälfte, erkennt man die Ausbildung eines Schraubentunnels, und zwar liegt je ein Tunnel auf jeder Seite, um die beiden Propeller in einer ganz besonders geschützter Lage unterbringen zu können.

Abb. 33 Vier Rundspantformen mit spitzem Heck.



Entwicklung der Rundspantform mit Spiegelheck

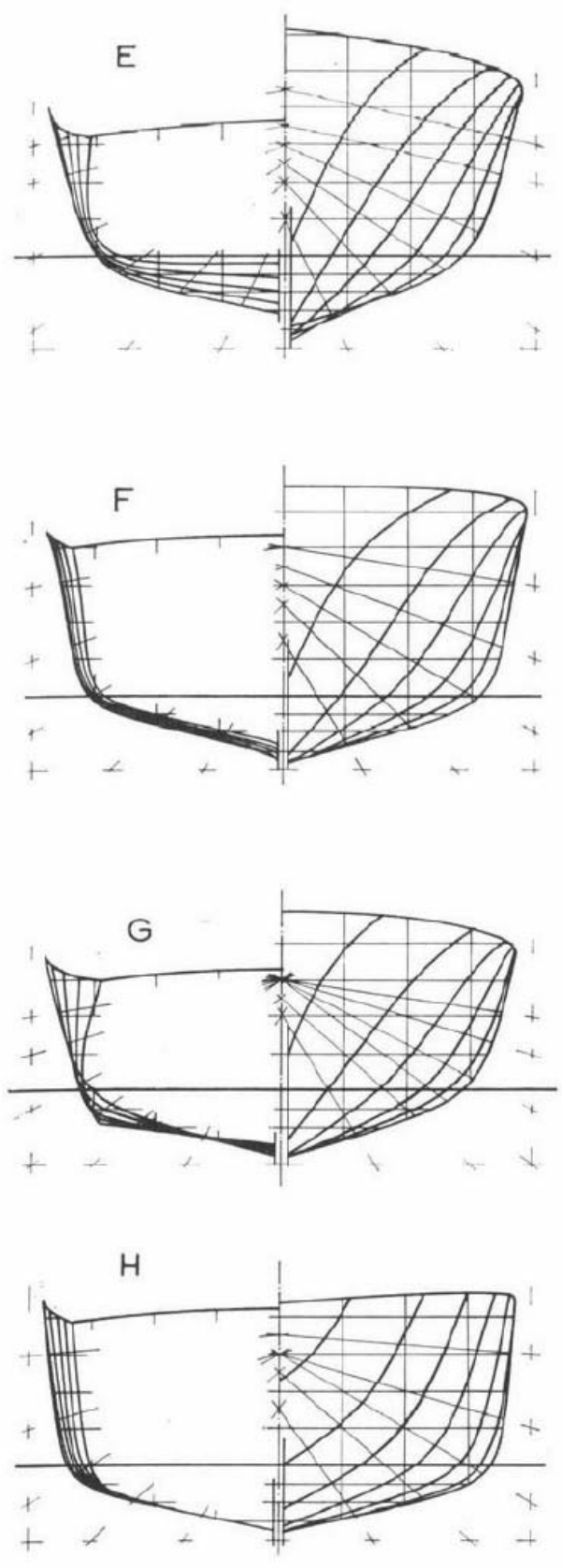
A: Rundspantform einer Motoryacht aus dem Jahre 1910. Auch diese Unterwasserform darf als wohl gelungen angesehen werden. Der kleine Spiegel, der nicht einmal die Wasserlinie berührt, lässt erkennen, dass mit sehr geringer Motorleistung eine möglichst gute Geschwindigkeit erreicht werden sollte. Ausfallende Vorschiffsspanten kannte man damals noch nicht.

B. Diese aus dem Jahre 1920 stammende Form ist von geradezu klassischer Vollendung, wenn man berücksichtigt, dass Antriebsleistung und Geschwindigkeit nicht viel größer waren als 10 Jahre früher. Die ausladende Form der Vorschiffsspanten wurde damals eingeführt. An dem eintauchenden Spiegel erkennt man, dass die achtere Bodenpartie viel weniger hochgeholt wurde als in Spantenriss A.

C. Da man im Jahre 1930 allgemein höhere Geschwindigkeiten erzielte, wurden auch die Spiegel breiter und flacher ausgeführt. Zahlreiche Motorkreuzer wurden als Backdecker gebaut, wodurch das Vorschiff in der Spantform reichlich hochbordig wirkt. Die Tauchtiefe des Spiegels ist noch gering.

D. Diese um 1950 entstandene Rundspantform unterscheidet sich nicht wesentlich von der heute bei mittelschnellen Motorkreuzern angewandten. Auffallend ist das besonders weite Ausladen der Vorschiffsmasten; man vergleiche hierzu die Decksbreite des vordersten Spants mit dem von 1910. Beobachtet man im achteren Boden den Abstand von Spant zu Spant, so erkennt man deutlich den fast geraden und flachen Verlauf des Kiels. Breiter Spiegel und große Formstabilität sind weitere Merkmale dieses Entwurfs.

Abb. 34 Entwicklung der Rundspantform mit Spiegelheck.



Moderne Rundspantformen mit Spiegelheck

E. Schnittige Form eines schnellen Motorkreuzers mit auffallend scharfem Vorschiff. Sie erinnert an die frühere Doppelkeil- oder Tetraederform, die mit fast senkrechten Vorschiffsspanten beginnt und in einem sehr breiten und flachen Spiegel endet. Diese Form wird auch heute noch gern angewandt, u. a. bei schnellen Motorkreuzern zur Sportfischerei auf See.

F. Heutige Spantform für schnelle seegehende Motorkreuzer. Die Spantform im Vorschiff ist weit ausladend und lässt auf einen schräg stehenden Vorsteven schließen. Die achtere Bodenpartie wurde von Schiffsmitte an ohne jede Verwindung ausgeführt, im Gegensatz zum Spantriss E. Sie endet in einem tiefgehenden breiten Spiegel, dessen Überwasserform nach oben hin breiter wird. Eine sehr große Formstabilität kennzeichnet den Spantenriss.

G. Leichtes, schnelles Motorboot mit sehr scharfem Vorschiff, ähnlich dem Riss E. Nach achtern zu läuft die Form über den immer flacher werdenden Boden in einen breiten Spiegel aus, an dem eine Scharfe Kimmkante auffällt. Das Boot besitzt über den größten Teil seiner Länge eine elegante Rundspantform, endet im Heck aber mit einem Knickspant.

H. Eine ungewöhnliche, aber für schnelle Fahrt im Seegang vorzüglich geeignete Form. Man erkennt deutlich die Beeinflussung durch Erfahrungen, die an Hochseerennkreuzern gewonnen wurden. Das Vorschiff hebt sich nach Art eines Löffelbugs aus dem Wasser, sämtliche Spanten wurden dort rein konvex geformt, ohne irgendeine hohle Ausladung. Der Boden ist von mittschiffs bis achtern frei von Verwindung und endet in einen breiten, tieftauchenden Spiegel. Auch hier wurde großer Wert auf einen Überschuss an Formstabilität gelegt.

Abb. 35 Moderne Rundspantformen mit Spiegelheck

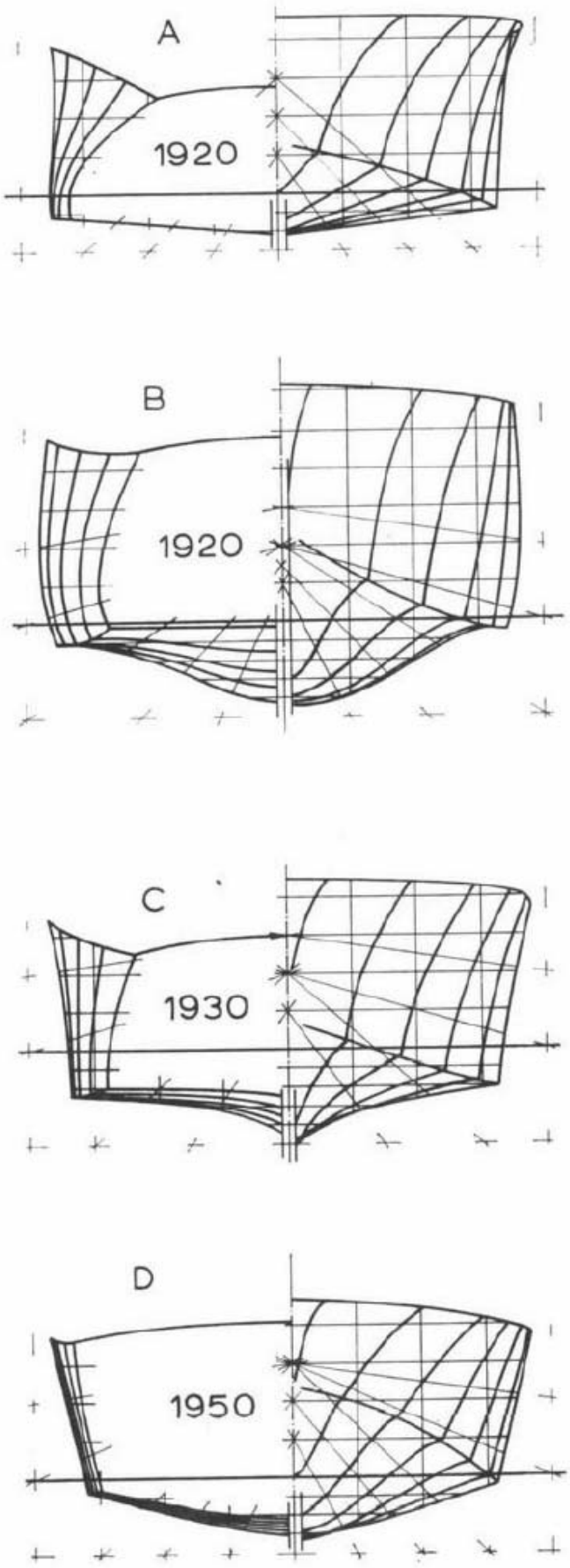


Abb. 36 Entwicklung der V-Spantform.

Entwicklung der V-Spantform

A. Die Knickspantform entstand ungefähr im Jahre 1910, doch bereits bis zum Jahre 1920 hatte sich eine Vielfalt der Formen entwickelt. Das gezeigte kleine, schnelle Sportboot war für die Gewässer ruhiger Seen bestimmt. Der Boden wurde sowohl vorn wie achtern auffallend flach gehalten und endete in einem breiten Spiegel. Es genügt bereits ein nur leichter Seegang, um die Fahrt mit derart flachem Boden in ein unangenehmes Abenteuer zu verwandeln.

B. Diese eigenartig anmutende Spantform nannte man Wellenbinder. Es sollte, wie das Wort andeutet, die Bugwelle unter der nach unten abgewinkelten Kimm des Vorschiffes aufgefangen werden und dadurch das Boot anheben. Der Spiegel ist zwar breit und sehr flach im Boden, reicht jedoch fast gar nicht unter die Schwimmwasserlinie. Daran ist zu erkennen, dass ein teilweises Gleiten nicht erwartet wurde.

C. Diese kurz vor 1930 entstandene V-Spantform kann als geradezu klassisch bezeichnet werden, hat sie sich doch fast unverändert bis in die jüngste Zeit behauptet. Rückschauend kann man sich über eine so lange anhaltende Bevorzugung nur wundern. Die Form ist zwar für flotte Fahrt in glattem Wasser geeignet, im Seegang jedoch führt sie zu unangenehm hartem Aufschlagen. Auch zur Fahrt in glattem Wasser wird die hohle Spantform des Bodens heute nicht mehr angewandt.

D. Um 1950 tauchten zum ersten mal konvex gerundete V-Spantformen für wirklich schnelle Boote auf. Eine solche mehr völlige Spantform im Boden bewährt sich sogar bei Wellengang, weil ein heftiges Aufschlagen kaum noch auftritt. Die konvexe Rundung der Bodenspanten zieht sich hier bis zum Heck hin und gibt dem Boot ausgezeichnete Fahrteigenschaften. Diese Spantform gilt daher auch heute noch als gut und aktuell.

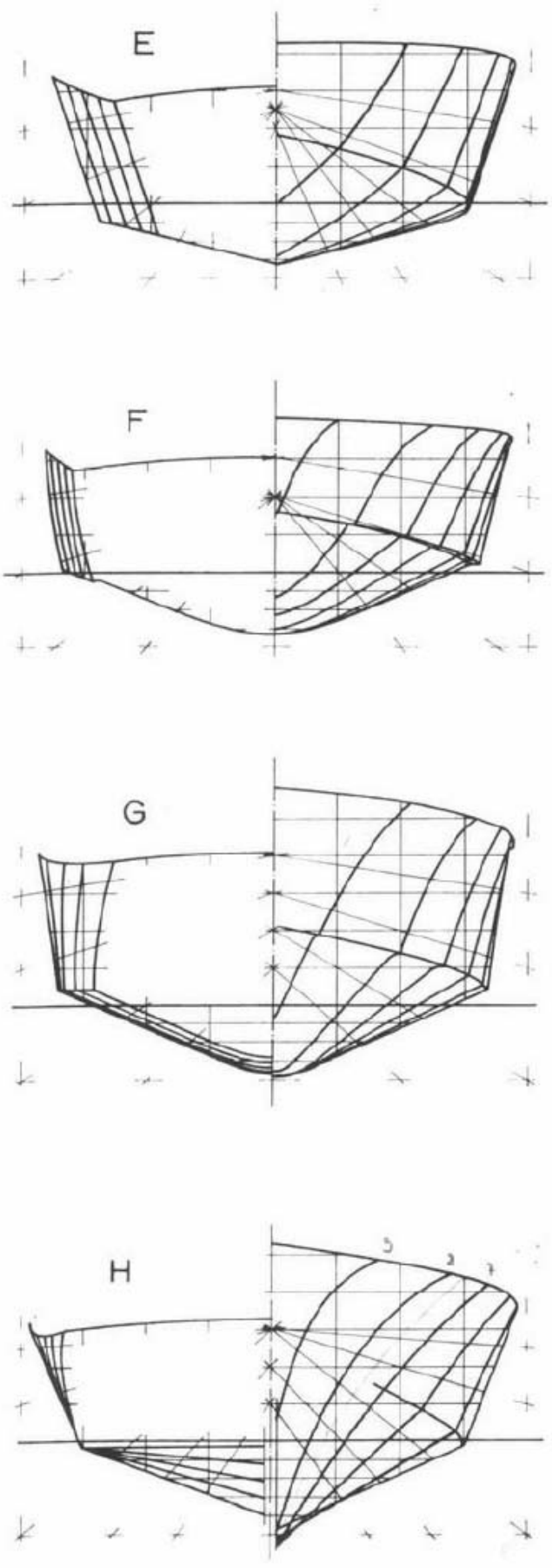


Abb. 37 Moderne V-Spantformen.

Moderne V-Spantformen

E. Die hier gezeigte Spantform wurde in der Versuchsanstalt der amerikanischen Marine in Washington entwickelt. Durch die Einfachheit ihrer Formen wirkt sie geradezu bestechend. Hinzu kommt, dass die Form *abwickelbar* ist, also auch in Sperrholz bequem ausgeführt werden kann. Trotz des verhältnismäßig schmalen Spiegels hat sie sich im Modellversuchen gegenüber zahlreichen Varianten als überlegen erwiesen. Man beachte die im Boden konvex abgerundeten Vorschiffsspanten. Der achtere Boden zeigt eine Aufkimmung von 12 $^{1}/_{2}$ Grad.

F. Bei diesem häufig gebauten Entwurf wurde die Abrundung der Spantform, noch weitergetrieben. Die Aufkimmung liegt gerade eben unter 20 Grad, womit sie bereits sehr nahe an die Bezeichnung *tiefe V-Spantform* heranreicht. Die Kimmkante wurde über die ganze Bootslänge vorstehend ausgebildet, um als Spritzleiste zu wirken. Eine solche Spantform eignet sich vortrefflich zur Fahrt im Seegang.

G. Ein Spantenriss in echter tiefer V-Spantform, wie sie von Raymond Hunt entwickelt wurde. Man erkennt die starke Aufkimmung, die im vorliegenden Falle 25 Grad beträgt, jedoch durch die Rundung beim Kiel etwas gemildert wurde. Boote dieser Form zeigen in Ruhelage eine geringe Anfangsstabilität, die oft als störend empfunden wird. In Fahrt allerdings korrigiert sich dieser Mangel von selbst, weil dann die in Ruhe über Wasser liegende Kimmkante zum Tragen kommt. Zweckmäßige Form für seetüchtige Boote.

H. Die bereits zur Rundspantform erwähnte Doppelkeil- oder Tetraederform kann auch im V-Spant ausgeführt werden. Charakteristisch für sie ist eine beständig fortschreitende Verwindung des Bodens, dessen Spantform im Vorschiff senkrecht beginnt und am Spiegel waagerecht ausläuft. Sie hat manche Vorzüge, kennt sie doch kein hartes Aufschlagen im Seegang. Diese Form entstand schon in den Anfangszeiten schneller Motorboote; sie kann deshalb geradezu als zeitlos gelten.

Aufschlagkräfte im Seegang

Noch vor wenigen Jahren galt die Erfahrungsregel, dass schnelle Fahrt nur bei glattem oder kaum bewegtem Wasser möglich ist. Sobald mässiger Seegang herrschte, mussten schnelle Motorboote ihre Fahrt stark reduzieren, weil durch die beim Aufschlagen entstehenden Stöße die Innenverbände gefährden würden. Gebrochene Vorschiffsspanten sind in großer Zahl vorgekommen, ebenso leckgesprungene Böden. Seit in neuester Zeit Motorkreuzerrennen über offene Seestrecken organisiert wurden, lernte man diesen Grundsatz zu durchbrechen. Die Fragestellung wurde geändert: Welche Form des Bodens muss gewählt werden, damit Motorboote auch noch bei einigem Seegang schnelle Fahrt entwickeln können, ohne die Sicherheit ihrer Verbände durch heftiges Aufschlagen zu riskieren? Es galt als selbstverständlich, dass eine flache Bodenform angewandt werden muss, wenn man durch Gleiten hohe Geschwindigkeiten erreichen will. Aber gerade flache Formen leiden am stärksten unter dem Aufschlagen, da die plötzliche Verzögerung sehr große Stoßkräfte auslöst. Andererseits ist die flache Form am wenigsten geeignet, rein strukturell solche Stöße auszuhalten. Zwei Gegensätze standen einander gegenüber: eine zu tief gekielte Spantform eignet sich schlecht zum Gleiten, ein guter flacher Gleitboden dagegen kann im Seegang nicht ausgefahren werden. Die Suche nach Zwischenformen hat bereits große Erfolge erzielt. Inwiefern man durch geeignete Formgebung des Bodens die Stoßkräfte mildern kann, soll an Hand der drei zugehörigen Zeichnungen

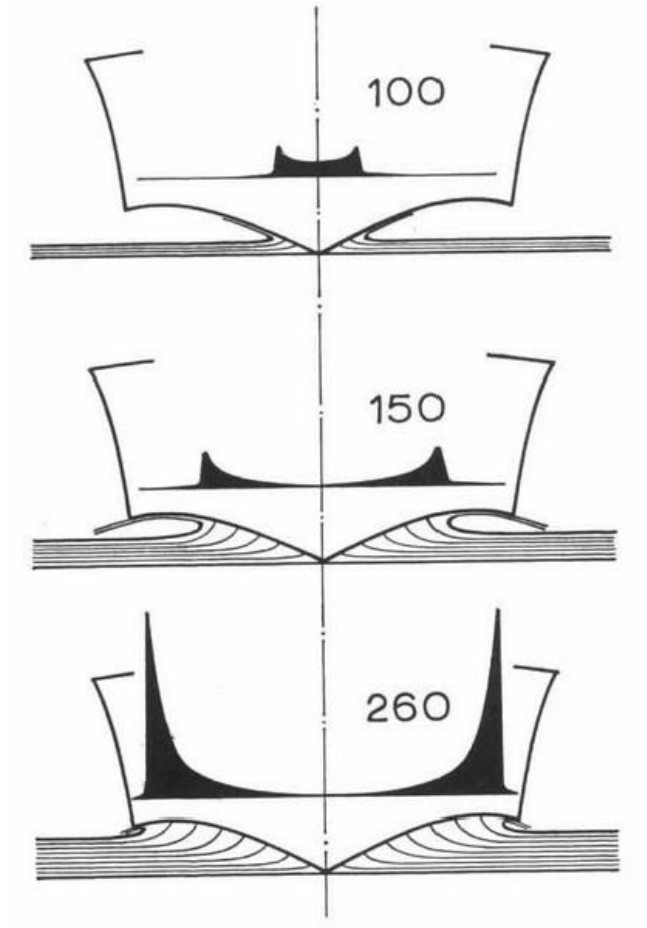


Abb. 38 Aufschlagkräfte an einem Bootskörper in klassischer V-Spantform. Die eingetragenen relativen Werte hängen von Fallgeschwindigkeit und Querschnittsform des Bodens ab. Die größten Stoßkräfte entstehen, wenn die nach unten abgewinkelte Kimm zum Tragen kommt.

Als Ausgangspunkt wurde die so genannte klassische V-Spantform gewählt, wie sie in Abb. 36 unter C gezeigt wurde. Zu dieser Form hat H. Wagner einige interessante Maßwerte veröffentlicht, und zwar 1933 bei einem Vortrag vor der Schiffbautechnischen Gesellschaft in Berlin. Es wurde nur die erwähnte, damals normale V-Spantform untersucht, weil verbesserte Formen mit günstigerem Boden noch unbekannt waren. Die wahre Größe der Stoßkräfte hängt einerseits vom Bootsgewicht ab, andererseits von der Fallgeschwindigkeit im Moment des Aufschlagen. Um einen allgemein anwendbaren Vergleich zu geben, wurde vorausgesetzt, dass kurz nach der ersten Berührung eine Stoßkraft vom Werte 100 entsteht, oberes Bild in Abb. 38. Das Aufschlagen beginnt gemäßigt, weit die Spantform in Kielnähe sehr scharf gehalten ist. Sobald beim Niedergehen flachere Bodenpartien aufs Wasser treffen, erhöht sich die Stoßkraft erheblich und erreicht einen Wert von 150. Nun aber kommt die Umkehrung der Bodenform in der Nähe der Kimm zum Tragen. Dort kann das Wasser nicht mehr seitlich ausweichen, sondern wird plötzlich und unvermittelt nach unten beschleunigt. Als Reaktion dieser Beschleunigung entsteht jetzt ein besonders hoher Druck gegen die äußere Zone des Bodens, die Schlagkraft erreicht einen Vergleichswert von 260. Dieser Wert wäre noch erheblich höher ausgefallen, wenn nicht bereits eine bedeutende Verzögerung der Fallgeschwindigkeit seit Beginn der Berührung mit dem Wasser stattgefunden hätte. Je heftiger die Verzögerung des Falles, umso größer wird der gegen die Bodenfläche wirkende Stoßdruck.

Eine ganz bedeutende Verbesserung wurde mit der tiefen V-Spantform erzielt. Ihr Verhalten beim Aufschlagen findet sich in Abb. 39 dargestellt, und zwar an Hand der grad-

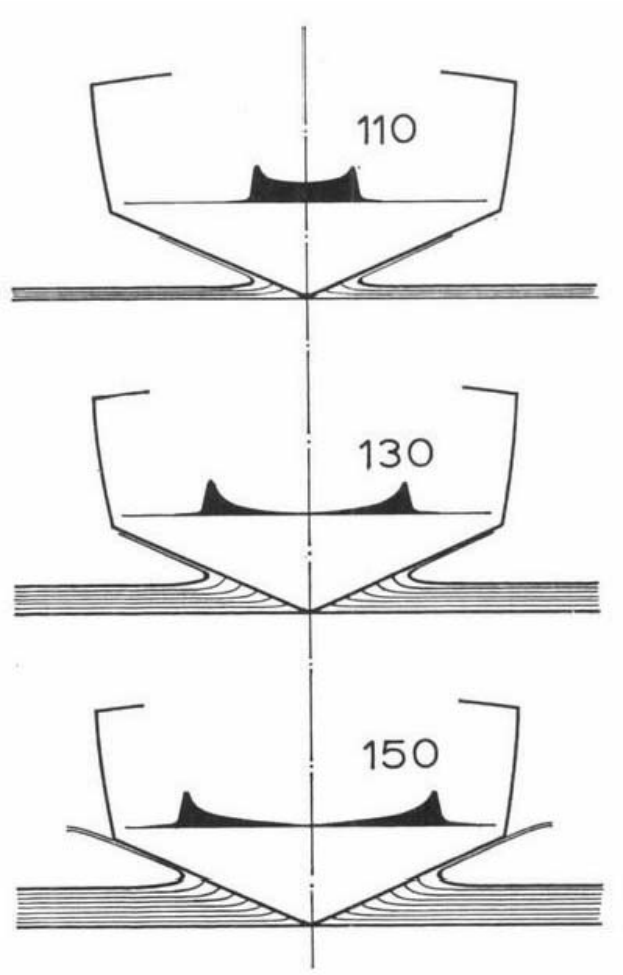


Abb. 39 Im Vergleich zur vorhergehenden Abbildung erkennt man hier das bedeutend mildere Verhalten der tiefen V-Spantform mit 24 Grad Aufkimmung. Die Aufschlagkräfte fallen geringer aus, weil die Spantform nirgends flacher wird.

linigen V-Spantform mit einer Aufkimmung von 24 Grad. Im Vergleich zur ersten Form ist die anfängliche Stosskraft etwas größer, 110 statt 100, weil die klassische V-Spantform in Kielnähe besonders scharf gehalten war. Dort betrug die Aufkimmung etwa 30 Grad und nahm danach rasch ab.
Die gradlinige Aufkimmung besitzt keinerlei flache oder gar umkehrende Stellen im Boden, weshalb das Wasser überall verhältnismäßig leicht seitlich ausweichen kann. Daher entsteht ein weicheres Aufschlagen, die Drücke nehmen nur wenig zu, und zwar steigen sie von anfänglich 110 zuerst auf 130 und dann auf 150. Der heftigste Schlag fällt also nur etwas über halb so groß aus wie bei der früheren Form. Man könnte sich auch umgekehrt ausdrücken, nämlich, dass die Verzögerung der Fallgeschwindigkeit als Folge des Ausweichens des Wassers langsamer vonstatten geht, wodurch geringere Schlagkräfte entstehen. Diese Formulierung erklärt anschaulich, warum Personen an Bord eines Bootes in tiefer V-Spantform physisch weniger unter der Heftigkeit der Stöße leiden. Die Versuchung liegt nahe, eine Form zu entwickeln, bei welcher die Stoßkräfte während des ganzen Aufschlagens gleichbleiben. Es braucht nur jeweils die erfasste Wassermenge mit der entstehenden Beschleunigung ins Gleichgewicht gebracht zu werden. Die nach solchen Überlegungen mehr empirisch als theoretisch entstandene Catalinaform wurde in Abb. 40 in ihrem Verhalten untersucht. Hierbei gelang es, durch eine stärkere Rundung der Spanten in Kielnähe den anfänglichen Stoß etwas zu vergrößern. Die sich nach oben wendende Form mit zunehmendem Aufkimmwinkel verhindert jedoch, dass die Stoßkräfte anwachsen.
Im Idealfall entsteht dann in allen drei Stufen der unveränderte Druck von Ver-

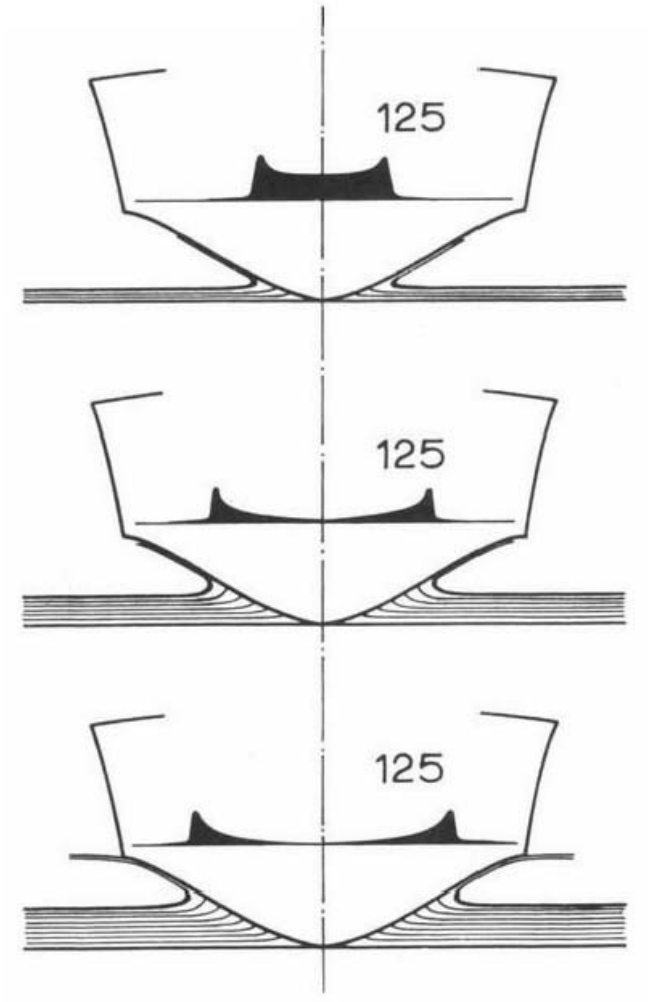


Abb.40 A1s Idealfall wird eine Spantform angestrebt, bei der die Bodendrücke in allen drei Lagen gleich ausfallen. Die hier gezeigte Catalina- Spantform kommt diesem Ziel sehr nahe. Es wurde danach gestrebt, daß abnehmende Beschleunigung der Wassermenge und zunehmende stützende Bodenfläche einander ausgleichen.

gleichswert 125. Wie man sieht, wurde in der Kimm eine gemäßigte Umkehrung der Form eingebaut, um das Spritzwasser abzuleiten. Doch liegt die Kimm so hoch über Wasser, dass der Bremsweg des Falles gänzlich zum Stehen kommt, bevor sie Kontakt mit hartem Wasser erreicht.
Mit der veralteten klassischen V-Spantform müssen Schiff und Mensch eine Schlagkraft von 260 ausstehen. Durch Anwendung der tiefen V-Spantform wurde der größte Stoß auf 150 herabgemildert. Doch die Catalinaform geht noch einen Schritt weiter und kommt auf einen größten Wert von nur 125.
Der Name CATALINA entstand zu einer Serie von schnellen Glasharzbooten von 6,30 m Länge, deren Bau wir vor einigen Jahren einleiteten, Die Form wurde in der ausgesprochenen Absicht entwickelt, auch bei mittlerem Seegang noch schnelle Fahrt durchhalten zu können. Die Richtigkeit der zugrunde liegenden Konstruktionsidee zeigte sich stets aufs Neue, wenn Vergleichsfahrten mit anderen Bootsformen angestellt werden konnten. In der Mehrzahl der Fälle erschienen bei gröberem Seegang die Catalinaboote jedoch allein, weil diejenigen mit konventioneller Form darauf verzichten mussten, sich den herrschenden Wellen in schneller Fahrt zu stellen.
Wir hatten oft Gelegenheit, das heftige Aufschlagen der klassischen V-Spantform am eigenen Leibe zu spüren. Mehr noch litt unsere Vorstellung unter der Befürchtung, dass sich die Verbände des Bootes lockern könnten. So wurden die ersten Probefahrten mit der Catalinaform geradezu zu einem Erlebnis. Vergleicht man die eingetragenen Aufschlagskräfte der drei Spantformen miteinander, so sollte die Catalinaform weniger als die Hälfte der Aufschlagskräfte erleiden, die bei der klassischen Form entstehen. In Wirklichkeit hatten wir alle bei den Probefahrten das Empfinden, dass sie kaum ein Viertel betrugen. Als bedeutendster einzelner Grund für dieses Verhalten muss die Längsgestaltung der Form gelten, die dafür sorgte, *dass das Boot kaum vertrimmte,* dass der Bug niemals hoch aus dem Wasser strebte, sondern dass sich im Gegenteil das ganze Boot fast parallel anhob. Dadurch wurde eine geringere Fallhöhe erreicht, die ebenfalls dafür sorgte, die Stoßkräfte zu mindern.
Bei der tiefen V-Spantform wird Wert darauf gelegt, dass der Boden von mittschiffs bis zum Heck ohne jede Verwindung durchläuft. Diese Bedingung mag für ein solches Aufschlagen ganz richtig sein, wo nach einem Sprung das Heck zuerst das Wasser berührt. Dieselbe Form mir ihrem verringerten Tragvermögen am Heck besitzt aber auch die Eigenschaft, in voller Fahrt vorn hoch herauszutrimmen, wodurch eine bedeutend größere Fallhöhe entsteht. Im Gegensatz hierzu wurde der Boden der Catalinaform zum Spiegel hin etwas flacher gestaltet. Getreu dem Prinzip der Anpassung an die Schlagkräfte wurde somit auch die Längsform mit mäßiger, aber konstanter Verwindung ausgeführt. In dieser Weise wurde die Beschleunigung der Wasserfäden auch in Längsrichtung ungefähr konstant gehalten. Der Spiegel selbst war keineswegs flach, sondern erhielt nur eine dem gezeigten Spant zwar ähnliche, aber weniger tief gehende Form. So vorzüglich die gewählte Form sich im Seegang bewährte, so darf jedoch nicht vergessen werden, dass die Höchstgeschwindigkeit in glattem Wasser etwas geringer ausfällt als mit einer flacheren Spantform.

Normaldiagramm für wirtschaftliches Fahren

Nicht viele Motorbootfahrer haben eine klare Vorstellung von den Beziehungen zwischen Motorleistung, Drehzahl und Brennstoffverbrauch. Motorenfabriken pflegen in ihren Prospekten ein technisch vollkommen richtiges Kurvenblatt zu veröffentlichen, mit je einer Kurve für die Motorleistung und den spezifischen Brennstoffverbrauch in Abhängigkeit von der Drehzahl.
In einem solchen Kurvenblatt bleiben manche Fragen unbeantwortet, die den Motorbootfahrer besonders interessieren. Die Fabrik kann zunächst gar nicht anders als so genannte Volllastwerte angeben, denn die Teillastwerte sind von dem jeweils angewandten Propeller abhängig, in geringerem Maße auch von Art und Geschwindigkeit des Bootes. Welche Teilbelastung besteht im Boot bei den verschiedenen Drehzahlen? Welche Leistungsreserve ist angemessen? Wie hoch darf die Dauerfahrt im Verhältnis zur Höchstgeschwindigkeit sein? Was ist wirtschaftliche Fahrt? Einen guten Überblick gewinnt man, wenn man sich mit den Kurven vertraut macht, die im so genannten *Normaldiagramm des fahrenden Bootes*, Abb. 41, dargestellt werden. Es zeigt in graphischer Form die beiden wichtigen Regeln, die der Motorbootfahrer instinktiv beherrschen sollte.

1. Motordrehzahl und Geschwindigkeit des Bootes verlaufen parallel zueinander.
2. Die Leistungsaufnahme des Propellers steigt und fällt mit der 3. Potenz der Drehzahl.

Am unteren Rande des Kurvenblattes findet man die Drehzahlen, ausgedrückt in Prozenten der höchsten an Bord mit dem vorhandenen Propeller erreichbaren Drehzahl, d. h. bei voll belastetem Motor. Am rechten Rande findet man die Skala der Motorleistung, ebenfalls in Prozenten der an Bord erreichbaren Höchstleistung. Man beachte vor allem die wirklich im Boot nutzbare Motorleistung, Kurve A, und vergleiche sie mit der Kurve B. Diese entspricht der von der Fabrik auf dem Prüfstand gemessenen möglichen oder höchsten Motorleistung. Kurve A dagegen zeigt eine Drosselleistung, wie sie von der Leistungsaufnahme des Propellers bestimmt wird.
Eine normale Volllast- oder Höchstleistungskurve entsteht auf dem Fabrikprüfstand, indem der Motor eine hydraulische Bremse antreibt. Diese ist so einstellbar, dass der Motor bei jeder beliebigen Drehzahl mit voll geöffneter Brennstoffzufuhr (Vergaser oder Diesel) seine jeweils höchste Leistung abgibt. Ein Schiffspropeller ist nicht wie eine hydraulische Bremse regulierbar, denn er hat ja ganz andere Aufgaben zu erfüllen, als nur den Motor voll zu belasten. Der Propeller nimmt die mögliche höchste Motorleistung nur bei einer ganz bestimmten Drehzahl auf, nämlich bei der höchsten. Sie ergibt sich ganz von selbst, wenn beim fahrenden Boot die Brennstoffzufuhr voll geöffnet wird. Dieser Punkt, genannt 100 Prozent Belastung, kann für ein und denselben Motor in verschiedenen Booten ganz verschieden ausfallen und hängt nur vom gewählten Propeller ab. Die volle Belastung des Motors liegt dort, wo die Propellerlastkurve A sich mit der Motorleistungskurve B schneidet, und wird hier mit 100 Prozent bezeichnet.

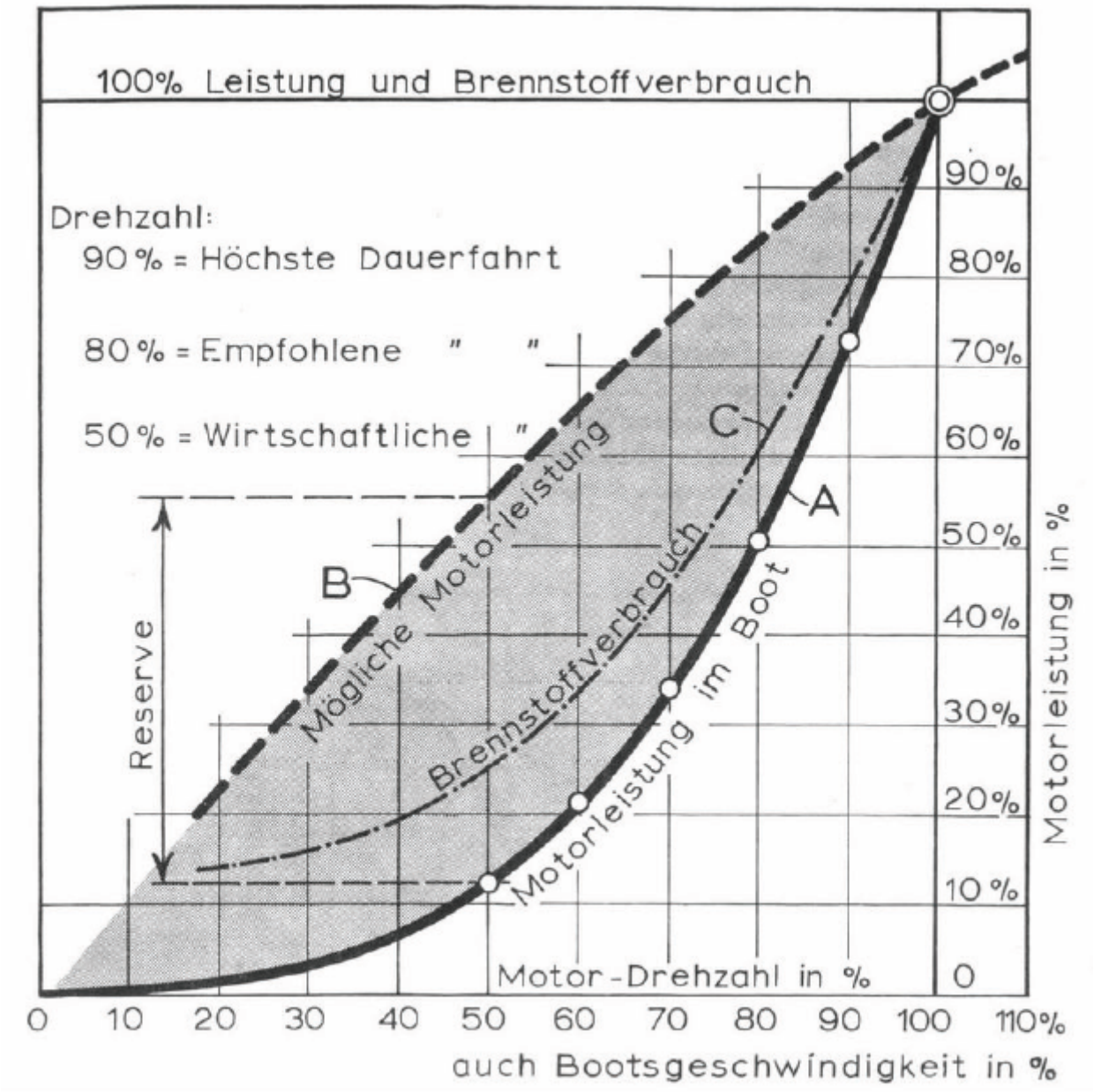
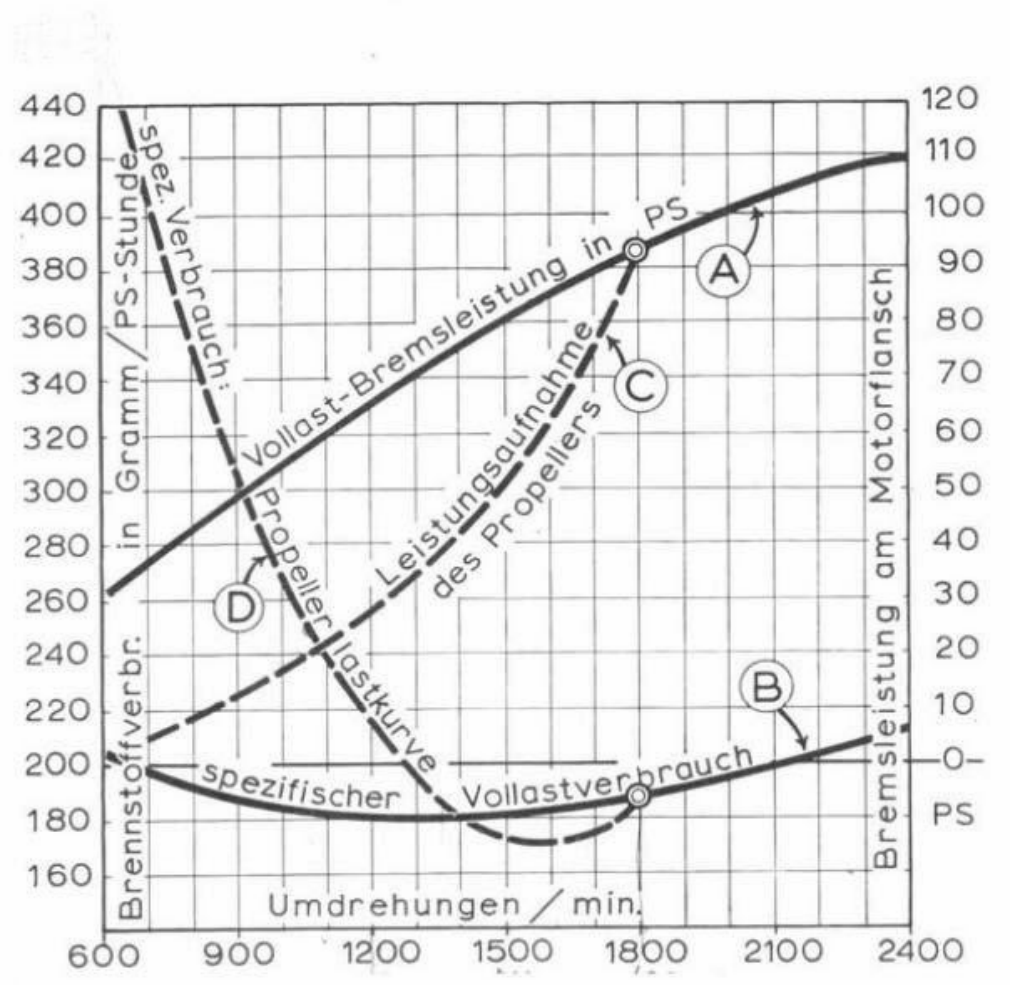


Abb.41 Grund-Diagramm des fahrenden Bootes. Kure A zeigt die wahre an den Propeller abgegebene Motorleistung, Kurve B die von der Fabrik gemessene höchste Bremsleistung und Kurve C den Brennstoffverbrauch im Bootsbetrieb. Der senkrechte Abstand zwischen den Kurven A und B zeigt die große Leistungsreserve, die im Boot bei mäßigen Drehzahlen herrscht.

Würde man beabsichtigen, die höchstmögliche Motorleistung bei jeder Drehzahl auszunutzen, so müsste für jede niedrigere Drehzahlstufe jedes mal ein größerer Propeller angesetzt werden. Die Kurve B der möglichen Motorleistung hat einen annähernd gradlinigen Verlauf. Nur im oberen Bereich fällt sie etwas ab, weil der thermische Wirkungsgrad des Motors bei hohen Drehzahlen etwas nachlässt. Die Propellerlastkurve folgt hingegen dem Gesetz der dritten Potenz zur Drehzahl, und zwar in derselben Form, wie auch die erforderliche Antriebsleistung des Bootes im Verhältnis zur dritten Potenz der Geschwindigkeit steigt und fallt. Daraus ergibt sich unter anderem: Bei halber Drehzahl ist die Leistungs-

aufnahme des Propellers (und damit die wahre Motorleistung) nur $^1/_8$ der Höchstleistung, nämlich $1/2 * 1/2 * 1/2$, obwohl der Motor bei halber Drehzahl noch etwas mehr als die Hälfte der Höchstleistung abgeben könnte. Im praktischen Bootsbetrieb erkennt man ein solches Verhalten daran, dass die Motorleistung gedrosselt werden muss, um auf langsamere Drehzahlen zu kommen. Die Fabrikkurve hingegen wird bei allen Drehzahlen mit ungedrosseltem Motor aufgenommen.
Die Kurve A der wahren Motorleistung im Boot zeigt an, welcher gewaltige Vorteil darin liegt, nicht mit höchster Drehzahl zu fahren. Wird die Drehzahl nur um 10 Prozent gegenüber der an Bord möglichen Höchstdrehzahl herabgesetzt, so nimmt der Propeller nur noch 72 Prozent der vorherigen Leistung auf. Wird die Drehzahl um weitere 10 Prozent auf 80 Prozent der Höchstdrehzahl verringert, so nimmt der Propeller nur noch 51 Prozent der höchsten Motorleistung auf. Bei halber Drehzahl wird der Motor nur noch $1/8 = 12{,}5$ Prozent seiner Spitzenleistung an den Propeller abgeben. Es entsteht demnach eine gewaltige Kraftreserve, die zwischen den Kurven A und B senkrecht zu messen ist. Die wirkliche Fahrt des Bootes verringert sich jedoch nur in direkten Verhältnis zur Dreh-



Ab.42 Erweitertes Bremsdiagramm eines Bootsdieselmotors Kurve A gibt die übliche Volllastleistung des Motors an, Kurve B den zugehörigen spezifischen Brennstoffverbrauch. Kurve C zeigt nur eine der vielen möglichen Propellerlastkurven. Sie wurde willkürlich für einen Ausgangspunkt von 92 PS bei 1800 U/min gewählt. An Kurve D kann man den spezifischen Brennstoffverbrauch für die Propellerlastkurve ablesen. Auf dem Prüfstand ist Vollast bei jeder Drehzahl möglich, im Boot dagegen nur bei der höchsten mit dem jeweiligen Propeller erreichbaren Drehzahl.

zahl. Um es klar auszudrücken: Fährt man mit halber Drehzahl, so erreicht man auch halbe Geschwindigkeit, doch sinkt die Motorleistung auf ein Achtel der Höchstleistung. Gegenüber der an dieser Stelle noch möglichen Motorleistung entsteht eine Kraftreserve von 77 Prozent.
Leider folgt der Brennstoffverbrauch nicht ganz dieser so vorteilhaften Tendenz der Leistungsverringerung. Als Ursache hierfür ist vor allem der so genannte Leerlaufverbrauch anzusehen, der etwa mit den mechanischen Verlusten identisch ist. Der Motor als solcher läuft nämlich viel zu rasch im Verhältnis zur geringen angeforderten Leistung. Deswegen sinkt auch die Kurve C des Brennstoffverbrauches nicht so stark ab wie die Kurve A der Motorleistung.
Jeder Motorbootseigner kann sich ein genau zu seinem Boot passendes Normaldiagramm selbst aufstellen, sofern er nur bereit ist, einige Messfahrten für etwa vier abgestufte Geschwindigkeiten auszuführen. Zu messen sind dabei: Motordrehzahl, Geschwindigkeit und Brennstoffverbrauch, möglichst ¼, ½, ¾ und höchster Drehzahl. Aus den vorangehenden Überlegungen wird folgende Fahrtempfehlung abgeleitet, die sich in der Praxis vorzüglich bewährt hat:

Höchste Dauerfahrt: soll nicht höher liegen als 90 Prozent der an Bord erreichbaren höchsten Motordrehzahl.

Empfohlene Dauerfahrt: auch als schnelle Kreuzfahrt bezeichnet, soll mit etwa 80 Prozent der Höchstdrehzahl ausgeführt werden.

Wirtschaftliche Langfahrt: sie entspricht derjenigen Drehzahl, die den niedrigsten Brennstoffverbrauch je Seemeile ergibt, also auch den größten Aktionsradius erzielt; sie liegt meistens um 50 Prozent der Höchstdrehzahl oder auch etwas darunter.

Es sei besonders darauf hingewiesen, dass als Höchstdrehzahl nicht die von der Fabrik angegebene Nenndrehzahl gilt, sondern nur die wahre an Bord erzielte Motordrehzahl; sie ist u.a. von der Größe des jeweils verwandten Propellers abhängig. Das ganze Verhalten des Bootsmotors im Betrieb ist ausschließlich vom Propeller her bestimmt, nicht aber von der Bremskurve des Herstellers.
Nachstehende Tabelle zeigt die wahren an Bord herrschenden Verhältnisse mit großer Deutlichkeit:

	Höchste Dauerfahrt	Empfohlene Dauerfahrt	Wirtschaftliche Fahrt
Drehzahl	90 %	80 %	50 %
Leistungsreserve	22 %	39 %	62 %
Brennstoffverbrauch	78 %	62 %	25 %
Aktionsradius	+ 14 %	+ 30 %	+100 %

Die Tabelle enthält Mittelwerte, die von Boot zu Boot kleine Abweichungen erleiden. Die Prozentangaben beziehen sich auf höchste Fahrt mit der höchsten an Bord erreichbaren Drehzahl. Man beachte besonders den Aktionsradius. Fährt man z. B. mit 80 Prozent der Höchstdrehzahl, so erzielt man auch durchschnittlich 80 Prozent der höchsten Geschwindigkeit.
Trotzdem reicht der Brennstoffvorrat für eine um 30 Prozent vergrößerte Distanz.

Bei der so genannten *wirtschaftlichen Fahrt* steigt die Reichweite sogar auf das Doppelte gegenüber der Höchstfahrt.
Leider besteht auch hier wieder eine gewisse Interferenz mit der Wellenbildung des Bootes. Die Kurven A, B und C, ebenso obige Prozentwerte erleiden im Einzelfall kleine Abweichungen, je nach dem Auftreten des größten Widerstandsbuckels bei R = 5,25. In vielen Fallen ist die Interferenz so gering, dass sie kaum feststellbar ist, nur selten fällt sie ins Gewicht; vor allem dann, wenn die wirtschaftliche Fahrt gerade auf den Punkt stärkster Wellenbildung fällt.

Kann Geschwindigkeit errechnet werden?

Kann man die Geschwindigkeit eines neu zu erbauenden Bootes vorausberechnen? Selbst in technischen Fachkreisen besteht heute noch weitgehende Unsicherheit auf diesem Gebiet. Es sei vorausgeschickt, dass man eine genaue Geschwindigkeit oder eine für diese erforderliche Antriebsleistung im engeren Sinne des Wortes gar nicht berechnen kann! Man wendet mehr oder weniger umfangreiches mathematisches Rüstzeug nur an, um auf Grund von Erfahrung und Ähnlichkeit eine Vergleichsrechnung auszuführen. Selbst die mit größter Sorgfalt ausgeführten Modellversuche der Schiffbau-Versuchsanstalten kommen zum Endergebnis nur über den Weg einer derartigen Vergleichsrechnung. Es besteht jedoch ein großer Unterschied zwischen einer rein willkürlichen Schätzung und einer mathematisch verfeinerten vergleichenden Untersuchung der Fahrtwiderstände. Verfügt man über gute Unterlagen, vor allem zahlreiche Probefahrtmessungen mit den verschiedensten Bootsarten, so kann man sehr wohl eine erstaunlich genaue Voraussage der Geschwindigkeit abgeben. Dabei werden Faktoren wie Formgüte, Reibungseinflüsse, Propulsionswirkungsgrad, Verdrängung, Schlankheit u.a.m. in die Vergleichsrechnung mit aufgenommen.
Jede Werft, jeder Konstrukteur sollte über eine große Zahl von Probefahrtergebnissen verfügen. Erste Voraussetzung bleibt jedoch, dass die Probefahrtwerte wirklich zuverlässig gemessen werden, ferner, dass man die Ergebnisse mit größter Sorgfalt auswertet. Auf diese Weise gelingt es, mit der Voraussage der Geschwindigkeit um nicht mehr als 2 oder 3 Prozent von der später gemessenen Probefahrtgeschwindigkeit abzuweichen. Sind solche auf Erfahrung aufgebauten Grundlagen nicht vorhanden, so kann man Widerstandsmessungen an Modellen heranziehen, die in beträchtlicher Zahl veröffentlicht wurden. Konstrukteure sind sehr selten in der Lage, die genauen Probefahrtwerte ihrer Entwürfe zu erfahren, vor allem weil Werftprobefahrten zu keinem anderen Zweck ausgeführt werden, als den neuen Eigner zufriedenzustellen und den Neubau abliefern zu können. Verdrängung und Trimm werden nicht kontrolliert, die Drehzahl nicht mit Sicherheit gemessen, die Propellerabmessungen nicht notiert, die Belastung des Motors bleibt unsicher, kurz, eine oberflächlich durchgeführte Probefahrt erlaubt nicht, daraus eine gültige Auswertung abzuleiten.
Wir waren in der glücklichen Lage, jahrelang unsere Entwürfe auf eigener Werft zu erbauen und mit diesen viel weiter ins Detail gehende Probefahrten auszuführen, als zur Be-

friedigung des Auftraggebers notwendig gewesen wäre. Nur auf diesem Wege können wertvolle echte Unterlagen gewonnen werden. In unserem Falle ging der Wunsch nach technischen Messungen und Vergrößerung der Erfahrungen so weit, dass wir mitunter Aufträge zum Verlustpreis übernahmen, nur um in Sonderfällen technische Lücken auszufüllen. Eine Vertiefung in diese Materie würde den ersten Band zu stark belasten und bleibt deshalb dem zweiten vorbehalten. Sie ist nicht durchführbar, ohne gleichzeitig das gesamte

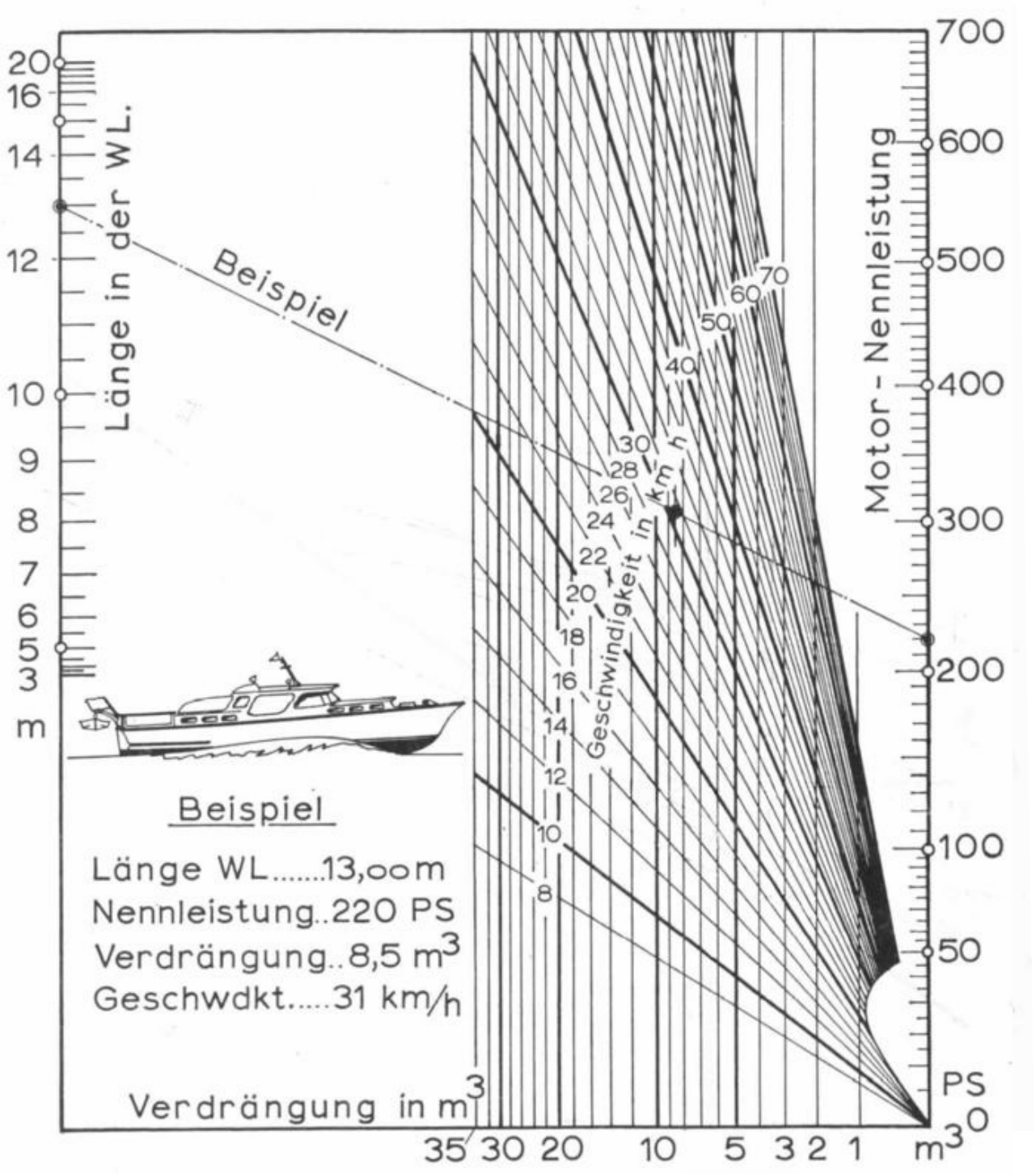


Abb. 43 Nomogramm zum Ablesen der Geschwindigkeit nach Marran und Shaw. Sie ist in diesem Falle nur abhängig von Bootslänge, Verdrängung und Motorleistung. Man folge dem eingetragenen Beispiel, das zu einer Geschwindigkeit von 31 km/h führt.

Gebiet der Widerstands- und Propellerberechnung sowie der Propulsionsverhältnisse zu behandeln. Um den Leser vorerst nicht ohne Orientierung zu lassen, wird hier ein übersichtliches, sehr einfaches Nomogramm gebracht, aus welchem für die Mehrzahl der Fälle die wahrscheinliche Geschwindigkeit mit brauchbarer Näherung abgelesen werden kann. Man erspart sich dadurch die Anwendung von Formeln, muss dafür allerdings einen größeren Grad von Ungenauigkeit mit in Kauf nehmen.

Dieses Nomogramm, ebenso wie die Mehrzahl aller vereinfachten Methoden zur Bestimmung der Geschwindigkeit, enthält keine Berichtigung für den jeweiligen Propellerwirkungsgrad. Selbst zahlreiche im Schiffbau übliche Formeln machen keinen Unterschied, ob die an der Welle vorhandene Antriebsleistung durch den Propeller mit 73 Prozent Wirkungsgrad in Vorschub verwandelt oder ob nur ein Wirkungsgrad von 45 Prozent erreicht wird. Solche und noch größere Unterschiede treten allein schon im Propellerwirkungsgrad auf. Andere entstehen durch die gewählte Bootsform, und letzten Endes sind die Einflüsse der Wellenbildung und der Abmessungen des Bootes viel zu kompliziert, als daß sie in ein einfaches Nomogrammn mit eingeschlossen werden könnten. Das zugehörige von Marran & Shaw stammende Kurvenblatt wurde in der Zeitschrift „The Rudder" im englischen Maßsystem veröffentlicht, jedoch für den Zweck dieses Buches ins metrische System umgerechnet, Die Bearbeiter verfügten über Probefahrtergebnisse mit 207 verschiedenen Booten, die sie zur Aufstellung des Kurvenblattes verwandten. So ist nicht zu verwundern, dass trotz unvermeidlicher Vereinfachung in Normalfällen eine gute Übereinstimmung mit der Wirklichkeit festgestellt wurde. Oft ergaben sich kaum mehr als 2 Prozent Unterschied zwischen abgelesenen und gemessenen Werten, gewiss eine beachtliche Leistung. Sie gilt allerdings vorwiegend für leichte bis mittelschwere sportliche Boote. Um das Diagramm anwenden zu können, müssen drei Werte bekannt sein: Motorleistung, Länge des Bootes in der WL und Gesamtgewicht bzw. Verdrängung einschließlich Personen in Fahrt. Anhand dieser Grundwerte wird das Diagramm wie folgt benutzt: Man suche am rechten Rande die Motorleistung auf und verbinde diesen Punkt mit der WL- Länge am linken Rande. Dann suche man am unteren Rand nach der Senkrechten der Verdrängung, wodurch man einen Schnittpunkt mit der vorigen Verbindungslinie bekommt. In der fächerartigen Linienschar der Geschwindigkeiten kann man den zu erwartenden Wert direkt ablesen. Verfügt man über ein 14-m-Boot mit einer WL-Länge von 13 m, einer Verdrängung von 8,5 t und einer Motorleistung von 220 PS, so wird am Schnittpunkt eine Geschwindigkeit von 31 km/h abgelesen.

Die aus dem Nomogramm stammende Geschwindigkeit soll als Höchstgeschwindigkeit betrachtet werden, die bei genau 220 PS Motorleistung und 8,6 t Verdrängung in glattem Wasser an windstillen Tagen erzielt wird.

Zwei Vorbehalte wurden bereits genannt: glattes Wasser, windstille Tage. Ferner muss erwähnt werden, dass Höchstgeschwindigkeit nicht als Dauergeschwindigkeit gefahren werden soll. Um eine ganz bestimmte Geschwindigkeit zu fordern, müssen also eine Reihe von Voraussetzungen geklärt werden.

a) Geschwindigkeit ist nur bei Rennen oder in der Berufsschifffahrt wirklich wichtig.
b) Geschwindigkeit ist teuer in der Anschaffung (Motorleistung) wie auch im Betrieb (Brennstoff und Wartung).
c) Um eine geforderte Geschwindigkeit dauernd fahren zu können, muss eine angemessene Leistungsreserve einbezogen werden.



Foto 20 17-m-Verrens-Motorkreuzer, ausgerüstet mit zwei G M-Dieselmotoren von je 283 P5. Geschwindigkeit 21,5 Knoten = 40 km/h. Foto: Ostseewerft, Winning



Foto 21 Motoryacht „Dufresne". Nach Plänen von Laurent Giles von Max Carter, Auckland, erbaut. Länge =19,80 m, Breite 5,00 m. Foto: Sea Spray, Auckland

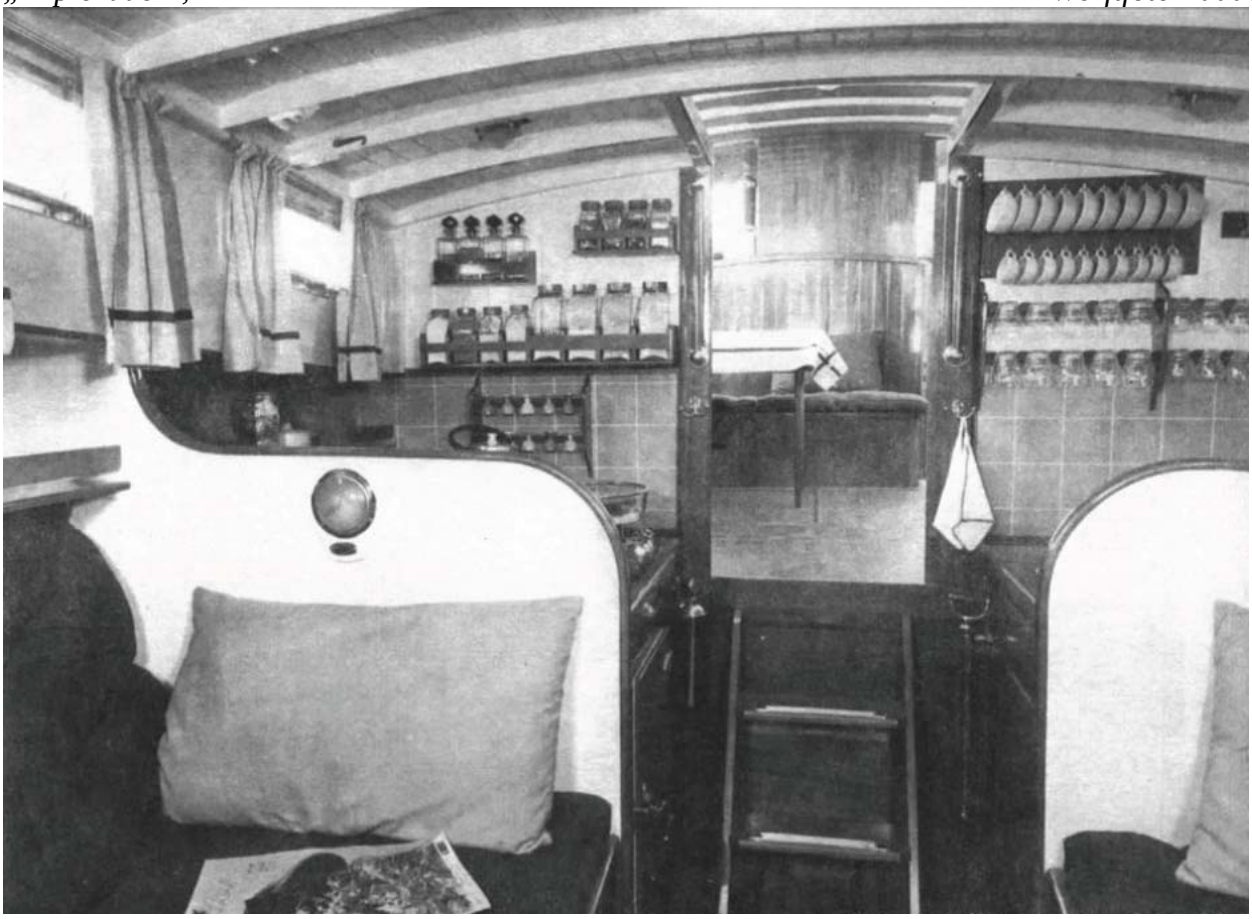
Foto 22 Diese 21-m-Motoryacht wird als Standardmodell von der schwedischen Werft Gustafsson & Andersson, Lidingö, erbaut, meist für amerikanische Auftraggeber. Werftfoto G. &A.





Foto 23 Drei schnelle Motorkreuzer auf gemeinsamer Fahrt im Parana-Delta. Rechts zwei 14-m-Kreuzer „Explorador“, links ein 10-m-Kreuzer „Diana“,Werftfoto Baader

Foto 24 Vorderkabine mit Blick durch die Küche zum Steuerhaus eines 14-m-Motorkreuzers „Explorador", Werftfoto Baader



d) Hohe Geschwindigkeit hat einen starken psychologischen Reiz, der durchaus anzuerkennen ist. In ähnlicher Form, wie die Geschwindigkeiten im Gespräch gern übertrieben werden, findet man optimistische oder unrealistische Zahlen in der Reklameliteratur. Seriöse Werften werden dadurch benachteiligt, denn dem Laien erscheint es oft so, als ob deren Schiffe langsamer seien. So hat sich eine Art von Selbstschutz herausgebildet, indem die Prospektgeschwindigkeiten irgendwie als unverbindlich oder annähernd gekennzeichnet werden, etwa nach folgender Art:
„Alle Geschwindigkeiten wurden entweder auf Probefahrten gemessen oder auf Grund technischer Berechnungen veranschlagt. Probefahrten werden über eine genaue Maßstrecke ausgeführt mit einem Fahrer an Bord, und gelten als Mittelwert aus zwei Fahrten mit und gegen Strom und Wind bei voller Motorleistung." Man liest nur zwischen den Zeilen, dass die Geschwindigkeit nicht garantiert wird. Eine weitere, ebenfalls vereinfachte Möglichkeit, die Geschwindigkeit vorauszubestimmen, wird im Kurvenblatt, Abb. 44, geboten. in diesem wird die erforderliche Motorleistung im Verhältnis zur Verdrängung in m^3 für alle Geschwindigkeitsgrade zwischen 3 und 25 dargestellt.
Die Einfachheit des Kurvenverlaufs, der anhand vieler Messwerte entstand, wirkt überzeugend, Es muß jedoch beachtet werden, dass eine beträchtliche Streuung zwischen den

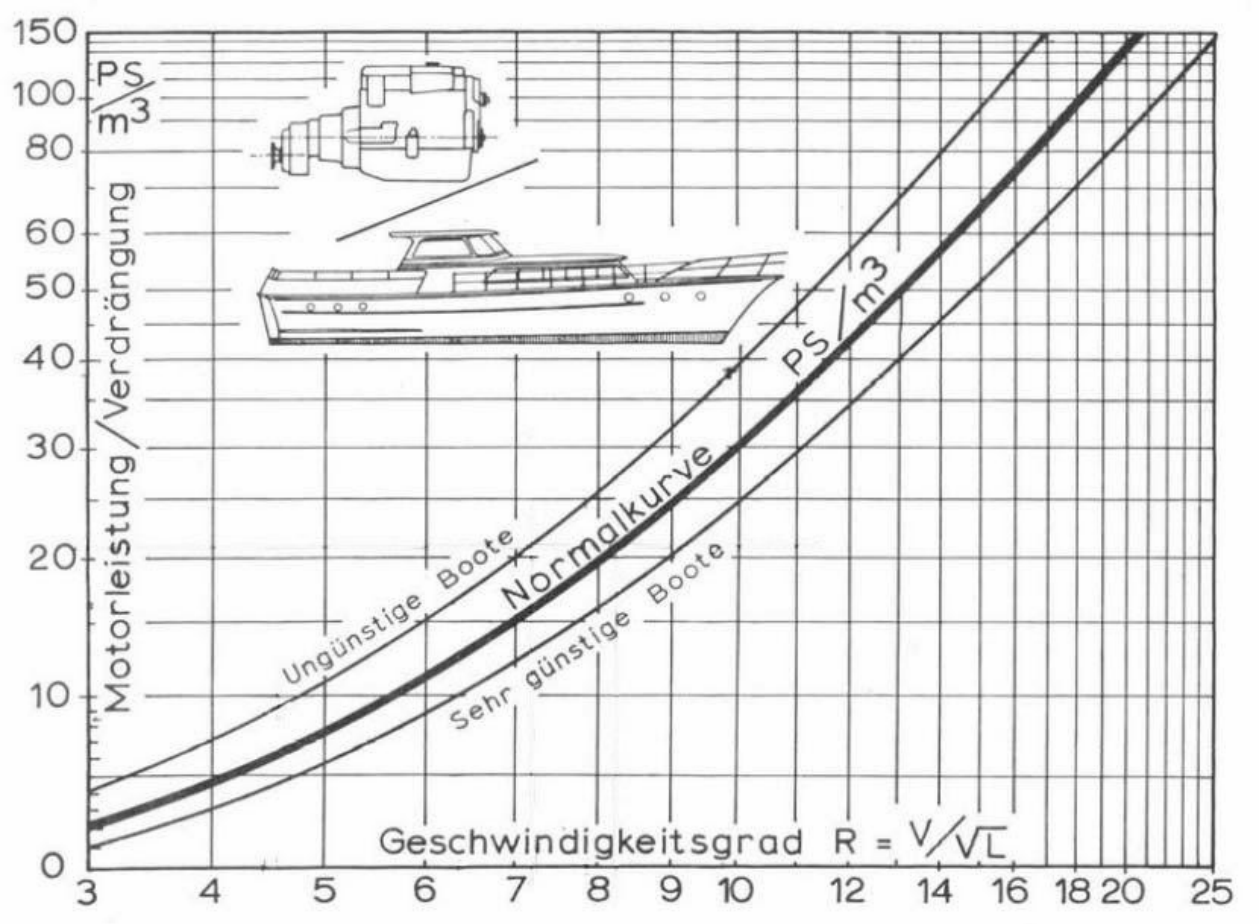


Abb. 44 Ein anderes, ebenfalls vereinfachtes Verfahren benutzt das Verhältnis von Motorleistung zu Verdrängung. Die drei Kurven gelten für Geschwindigkeitsgrade zwischen 3 und 25. Als Motor ist hier die am Wellenstumpf, d. h. am Propeller verfügbare PS- Leistung, einzusetzen.

Kurven für sehr günstige und sehr ungünstige Boote besteht. Diese war nicht zu vermeiden, da eine solche Streuung eben der Wirklichkeit entspricht.
Anhand eines Beispiels soll der Gebrauch des Kurvenblattes erklärt werden. Dazu sei derselbe Motorkreuzer aus dem Nomogramm der Abb. 43 herangezogen, der bei 13 m WL- Länge eine Fahrt von 31 km/h erreichte, also einen Geschwindigkeitsgrad von R = 8,6. Für diesen selben Geschwindigkeitsgrad findet man im neuen Kurvenblatt an der Normalkurve ein Verhältnis von Motorleistung zu Verdrängung von 22. Mit 8,5 m^3 Verdrängung kommt man auf eine erforderliche Motorleistung von 187 PS. Diese Angabe bedeutet nicht Motor-Nennleistung wie bei Marran & Shaw, sondern wirkliche Bremsleistung am Propeller, ist also noch 5 bis 10 Prozent kleiner als die DIN-PS-Leistung. Um von 187 errechneten Wellen-PS auf die Motor-Katalogleistung amerikanischer Fabriken zu kommen, wo der nackte lauffähige Motor ohne Nebenelemente gemessen wird, müssen bei diesen Leistungsgrößen mindestens 15, besser 20 Prozent aufgeschlagen werden. Damit käme man auf eine Nennleistung von 215 bis 224 PS, womit sich eine angemessene Übereinstimmung mit dem vorgenannten Nomogramm ergibt.
Man darf die Ausdrücke *ungünstige* oder *sehr günstige Boote* nicht missverstehen. Bei dieser Unterscheidung handelt es sich keineswegs um die mehr oder weniger geglückte Unterwasserform der Boote. Hier, wie fast überall auf dem weiten Gebiet des Entwurfs im Kleinschiffbau, wirken zahlreiche Faktoren mit, unter denen die gewählte Form nichts weiter als eine gewisse Teilbedeutung hat. Von wesentlichem Einfluss ist die absolute Größe, d. h., sehr kleine Boote sind immer *ungünstig,* sehr große fast immer *besonders günstig,* wie sich allein schon aus dem Verhalten des Reibungswiderstandes ergibt. Der Propellerwirkungsgrad ist von wesentlichem Einfluss. Er soll auf der Normalkurve zwischen 60 und 65 Prozent betragen. In der Praxis treten höchste Wirkungsgrade von 75 Prozent auf und geringste von 40 Prozent und sogar darunter. Das Verhältnis von Länge zu Breite spricht mit, ebenso der Unterschied zwischen schwerem und leichtem Boot, Trotz mancher Bedenken ist es erfreulich, einen so einfachen und logisch wirkenden Kurvenverlauf von langsamster Fahrt bei 3 bis zu höchster Geschwindigkeit bei 25 zu beobachten.
An einem weiteren Beispiel soll ein Boot von 10 m Länge ü. a. und 9 m WL-Länge mit drei verschiedenen Antriebsleistungen untersucht werden. Die Motor-SAE-Nennleistungen seien 120 PS, 240 PS und 360 PS. Nach Abzug aller Verluste sollen an der Welle 100, 200 und 300 PS zur Verfügung stehen, wobei die Bootsverdrängungen 4,3 m³ im ersten Falle, 4,5 im zweiten und 4,8 im dritten betragen sollen. Legt man wiederum die Normalkurve zugrunde, so kommt man auf folgende Ergebnisse:

	PS/m^3	$R*\sqrt{L}=V$	Marran & Shaw NennPS= 120-240-360
A.	$\frac{100}{4,3}=23,3$	$8,7*3=26,1 km/h$	$27,0 km/h$
B.	$\frac{200}{4,5}=44,4$	$12,2*3=36,6 km/h$	$38,0 km/h$
C.	$\frac{300}{4,8}=62,5$	$14,7*3=44,2 km/h$	$46,0 km/h$

Der herausgefundene Geschwindigkeitsverlauf zeigt zwischen beiden Verfahren eine gute Parallele. Der Unterschied in den Einzelwerten ist als sehr klein anzusehen, wenn man die Vereinfachung beider Verfahren in Betracht zieht.
Schnelligkeit hat sehr viel mit Motorbootrennen zu tun, auch mit Temperament und persönlichen Neigungen. aber sehr wenig mit Erholung und sommerlichen Ferienfahrten. Nur allzu häufig werden Motorboote und Motoryachten jeder Größe für übertrieben hohe
Geschwindigkeitsforderungen entworfen und gebaut. Die technischen Möglichkeiten bestechen wahrhaftig. Es gibt Baumethoden in Leichtmetall oder lamelliertem Holz, die sehr leichte und zugleich sehr feste Bootskörper liefern. Dazu kommen Antriebmotoren hoher Leistung mit geringem Gewicht sowie eine Bootsform, die für hohe Geschwindigkeit günstig ist. Selbstverständlich auch eine komplizierte Hilfsmaschinerie, vom Dieselaggregat über alle sanitären Einrichtungen bis zu jeder Art von elektronischen Instrumenten, von denen jedes einzelne für sich eine vorzügliche Hilfe oder Bequemlichkeit darstellt. Wurde dann trotz aller Vorsicht zu viel Gewicht ins Boot eingebaut, zu viel Maschinenleistung innerhalb der Rumpfabmessungen, so wird eine so starke Bug- und Heckwelle ausgebildet, dass die übrigen Boote belästigt werden. Auch Eigner und Gäste an Bord haben wenig Freude an der hohen Geschwindigkeit, denn Lärm und Vibrationen machen die Illusion der genussreichen Fahrt zunichte. Yachten mit zu viel Maschinerie in zu kleinen Bootsabmessungen werden nur selten ausgefahren, oft sogar nur selten benutzt oder bald zum Verkauf gestellt. - Nichts gegen hohe Geschwindigkeiten, aber erste Voraussetzung ist ein wohlproportioniertes Boot, *niemals überlastet,* mit Raum für alle Installationen und ihre Bedienung. aber auch mit einer wirksamen Isolierung gegen Motorlärm.

Der Preis für höhere Geschwindigkeit

Eine der am häufigsten gestellten Aufgaben bezieht sich auf den Wunsch, mit einem vorhandenen Boot höhere Geschwindigkeiten zu erreichen. Entweder soll ein älterer Motor gegen einen neuen und stärkeren ausgewechselt werden, oder die bisher erzielte Geschwindigkeit soll erhöht werden, um entferntere Gebiete schneller zu erreichen.
In der Literatur findet man nicht selten Angaben folgender Art: Bei Verdrängungsbooten steigt die erforderliche Leistung im Verhältnis zur dritten Potenz der Geschwindigkeit. Bei Halbgleitern dagegen steigt sie nur mit der 2,2-Potenz, und bei reinen Gleitbooten kommt man auf eine Leistungszunahme, die nur im Quadrat zur Geschwindigkeit ansteigt.
Diese Art von Angaben stimmt in gar keiner Form mit der Wirklichkeit überein. Im weitesten Bereich aller Geschwindigkeiten, vom langsamsten bis zum schnellsten Boot, gilt noch immer die Newtonsche Aussage, nämlich dass der Widerstand in einem flüssigen oder gasförmigen Medium proportional zum Quadrat der Geschwindigkeit zunimmt. Demzufolge steigt die erforderliche Motorleistung proportional zur dritten Potenz der Geschwindigkeit.
Leider werden an der freien Oberfläche des Wassers vom fahrenden Boot Wellen erzeugt, die das einfache und im Prinzip vollkommen richtige Newtonsche Gesetz etwas durch-

einanderbringen. Es verliert keineswegs seine Gültigkeit, aber es bekommt Abweichungen. Der grosse Widerstandsbuckel bei R = 5,25 erfasst nämlich sämtliche Boote, die in seinem Bereich fahren, ja, sein Einfluss erstreckt sich zwischen die Werte 4 und 8. Ein kleiner Widerstandsbuckel ist außerdem noch bei 3,4 vorhanden, doch macht er sich bei dieser langsamen Fahrt kaum bemerkbar. Es ist diejenige Geschwindigkeit, bei der große Schiffe durch Anwendung eines Wulstbugs den grössten Gewinn erzielen. Das zugehörige Kurvenblatt, Abb. 45, wird vollkommen vom großen Widerstandsbuckel beherrscht, aber auch der eben genannte kleine Buckel gibt sich bescheiden zu erkennen. Schliesslich findet man das Verhalten von Booten mit runden Heckformen eingetragen, nämlich durch die steil ansteigende punktierte Verlängerung nach oben. Oberhalb von 4,5 beginnt der Nachteil runder Heckformen kritisch zu werden, da dann ein nichttragendes Heck im Wellental versinkt. Dadurch steigt der Widerstand gewaltig an, selbst bei nur geringer Zunahme an Geschwindigkeit.

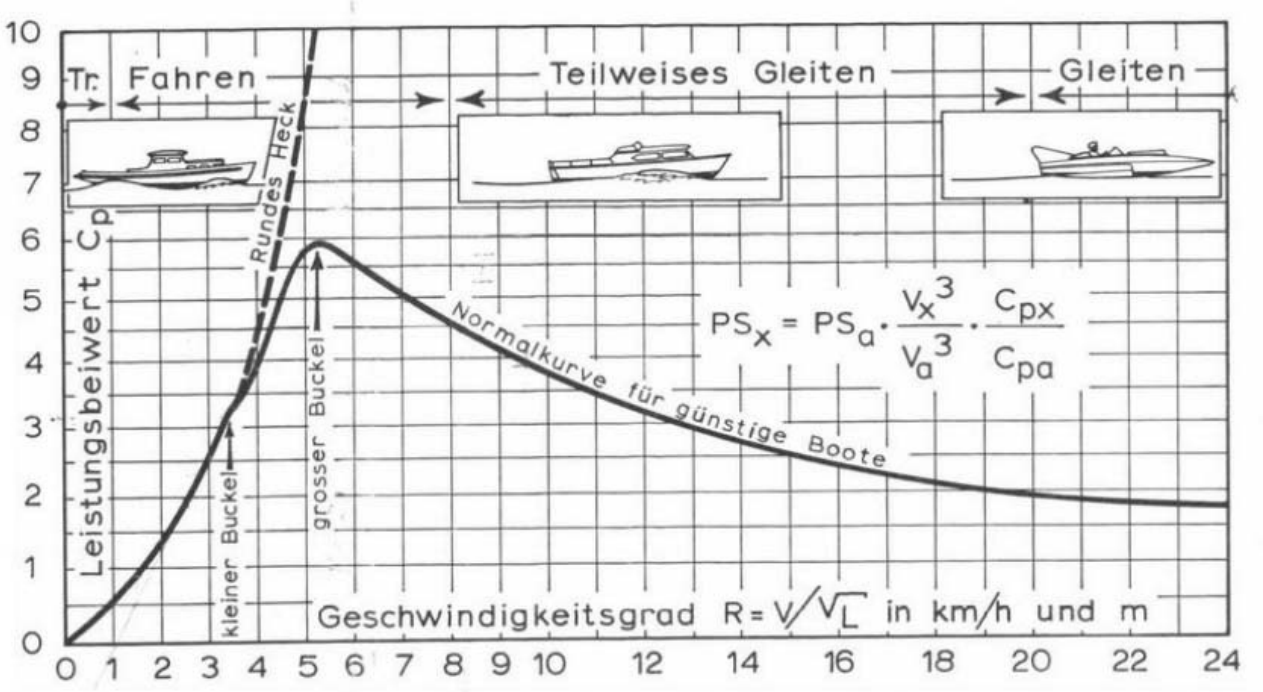


Abb. 45 Grundkurve zur Berechnung an Widerstand und Antriebsleistung, von langsamer Fahrt bis zu höchster Geschwindigkeit. Von Null bis zum Scheitelpunkt des großen Widerstandsbuckels nimmt die Antriebsleistung bedeutend stärker zu als mit der dritten Potenz der Geschwindigkeit. Sobald dieser Buckel überschritten wird, gelangt jedes Boot wieder in günstigere Bereiche. Am oberen Rande wurde die Trennung der vier Fahrtzustände angegeben, nämlich Treiben, Fahren, teilweises Gleiten und volles Gleiten.

Die eingetragene Kurve zeigt nicht den Widerstand als solchen an, sondern sein charak-teristisches Verhalten. Man könnte sie *Kurve des relativen Widerstandes* nennen. In Wirklichkeit stellt sie einen Leistungsbeiwert C_p, dar, der die Vorgänge im Widerstandsbild des fahrenden Bootes von langsamster bis schnellster Fahrt in überaus klarer Weise aufzeigt.
Die mathematische Grundlage der Widerstandskurve ist zunächst unwichtig. Sie beruht auf folgenden drei ausschlaggebenden Faktoren: Motorleistung, charakteristische Schiffsgröße und dritte Potenz der Geschwindigkeit.

Würde der Schiffswiderstand genau im Quadrat zur Geschwindigkeit ansteigen, d. h., würde die Leistung mit der dritten Potenz der Geschwindigkeit zunehmen, so entstände statt der Kurve eine waagerechte gerade Linie. Doch nirgends gibt es einen waagerechten Abschnitt, es sei denn, dass der äußerste Verlauf am rechten Rand, also bei sehr hohen Geschwindigkeiten, in die Waagerechte übergeht. Nur dort entsteht eine Leistungszunahme proportional zur dritten Potenz der Geschwindigkeit. Im Bereich der mäßigen Geschwindigkeiten, links, beweist der steile Anstieg, dass die Leistungszunahme bedeutend größer ausfällt, als dem Dritte-Potenz- Gesetz entspricht. jenseits des Widerstandsbuckels ist sie kleiner, und erst in höchster Fahrt passt sie sich wieder an die fast genaue Aussage des Gesetzes an.
Diese Kurve sollte stets zu Rate gezogen werden, wenn die benötigte Leistung zur Erhöhung einer vorhandenen Geschwindigkeit errechnet werden soll.
Ein langsamer, großer Motorkreuzer wird sich bei einem Geschwindigkeitsgrad von 3 oder 4 angenehm verhalten und mir geringer Motorleistung wirtschaftlich fahren. Man sollte gerade in diesem Falle nicht versuchen, die Geschwindigkeit bis auf 5 zu steigern. Dadurch käme das Boot nämlich ganz dicht an die starke Wellenbildung und die unwirtschaftliche Fahrt des großen Widerstandsbuckels. Da die Kurve in diesem Bereich steil ansteigt, wird die notwendige Leistungszunahme besonders groß. Fährt ein Boot jedoch normalerweise gerade mit 5,25 auf diesem Buckel, und besitzt es eine geeignete Form zur Verdoppelung der Geschwindigkeit, so gelangt es bei 10,5 in einen bedeutend günstigeren Fahrtbereich. Der Leistungsbeiwert C_p sinkt dabei von 5,9 am Widerstandsbuckel auf 3,6 ab. Zur Verdoppelung der Geschwindigkeit wird gesetzmäßig die achtfache Antriebsleistung benötigt. Da sich hier aber der C_p-Wert bedeutend verbessert, indem er von 5,9 auf 3,6 absinkt, wird auch der Leistungsbedarf geringer. Statt

des Achtfachen benötigt man nur $\frac{3,6}{5,9} * 8 = 4,9$, d. h. das 4,9fache derjenigen Leistung, die

am großen Widerstandsbuckel benötigt wurde.
Will man die Geschwindigkeit nicht erhöhen, sondern vielleicht aus Gründen wirtschaftlicher Langfahrt herabsetzen, so liegt das auf dem Widerstandsbuckel bei 5,25 fahrende Boot ebenfalls besonders günstig. Geht man zurück auf die halbe Geschwindigkeit bei 2,6, so sinkt der C_p-Wert von 5,9 auf 2,0. Schon an den beiden Ziffern erkennt man die entstehende machtvolle Verbesserung. Würde normalerweise für halbe Geschwindigkeit die Leistung auf 1/8 zurückgehen, so genießt man in diesem Falle den Vorteil des von 5,9 auf $2,0$ verbesserten C_p-Wertes. Die wirklich benötigte Leistung beträgt daher nur noch $\frac{1}{8} * \frac{2,0}{5,9}$ rund $1/24$ der ursprünglichen Leistung.
Die allgemeine Gültigkeit der Widerstandskurve gibt ihr eine viel weitergehende Anwendung als nur die soeben beschriebene. Sie umfasst insgesamt drei Möglichkeiten:

1. Leistungsberechnung für geänderte Geschwindigkeit ein und desselben Bootes.
2. Leistungsvergleich zwischen ähnlichen Booten verschiedener Abmessungen und Geschwindigkeiten.
3. Näherungsweise Berechnung der Geschwindigkeit für Boote jeder Größe und jeder Motorleistung.

Die zu 1 gehörende Formel findet sich im Kurvenblatt selbst wiedergegeben. Folgende Bedeutungen sind darin enthalten:

PS_a = bekannte Motorleistung am Propeller,
PS_x = gesuchte neue Motorleistung,
V_a = bekannte Geschwindigkeit,
V_x = gesuchte neue Geschwindigkeit,
C_{pa} = Beiwert der bekannten Bootsgeschwindigkeit,
C_{px} = Beiwert für die gesuchte Geschwindigkeit.

Der Rechnungsvorgang zu 1 war bereits anfänglich erklärt worden. Will man Vergleiche zwischen verschiedenen Booten anstellen, so muss deren Verdrängung bekannt sein. Ihr Wert wird dann in der 2/3- Potenz in die Formel eingesetzt.
Dadurch fügt sich an die beiden vorhandenen Ausdrücke noch ein dritter an, nämlich der Quotient

$$\frac{D_x^{2/3}}{D_a^{2/3}}$$

worin D = Verdrängung in m³ ist. Mit dieser Erweiterung lassen sich die Probefahrtergebnisse eines Bootes von 10 m Länge zur Berechnung eines formähnlichen Bootes von 8, 12 oder 20 m Länge verwenden. Man wird eine sehr gute Annäherung erzielen, aber keine strenge Genauigkeit, da sich auch hier wieder das andersartige Reibungsgesetz mit einem kleinen Einfluss überlagert.
Die unabhängige Berechnung von Geschwindigkeit oder Motorleistung ist mit Benutzung der Normalkurve ebenfalls möglich. Es handelt sich dabei allerdings um eine bewusste Vereinfachung, die nur einen guten Näherungswert liefert. Eine echte Berechnung erfordert eine Vertiefung in die Einflüsse des Propulsionswirkungsgrades, der wahren Bootsgröße und der Formgüte des Bootes.
Für die vereinfachte Berechnung wendet man nachstehende Schreibweise der Formel an;

$$\text{Antriebsleistung } PS_a = \frac{C_p * v^3 * D^{2/3}}{100_{\eta p}}$$

$$\text{Geschwindigkeit } \quad v = \sqrt[3]{\frac{PS_a * 100_{\eta p}}{C_p * D^{2/3}}}$$

Hierin bedeuten:

C_p = Leistungsbeiwert aus dem Kurvenblatt,
PS_a = wahre Motorleistung am Propeller,
v = Geschwindigkeit in m/sek,
D = Verdrängung in m^3
ηp = Propellerwirkungsgrad.

Man sieht sofort, dass zur Berechnung von Leistung oder Geschwindigkeit die Kenntnis des Propellerwirkungsgrades gehört. Ihn zu berechnen ist eine Sonderaufgabe, die für später vorbehalten wird. Im Durchschnitt liegen dessen Wirkungsgrade um 60 Prozent. Hohe Geschwindigkeit, verbunden mit mäßiger Drehzahl, ergibt bessere Wirkungsgrade, die bis auf 75 Prozent ansteigen können. Umgekehrt führen niedrige Geschwindigkeiten und hohe Drehzahlen zu schlechten Wirkungsgraden, die bis auf 45 oder 40 Prozent herabsinken können.
Der Ausdruck Verdrängung$^2/_3$ ist leichter zu errechnen, als es dem Nichtmathematiker scheinen mag. Dazu braucht man nur am oberen Rande der heute üblichen Rechenschieber,

also in der Skala der dritten Potenzen, die Verdrängung aufzusuchen. Dann wird der Läufer darübergestellt und in der direkt darunterliegenden Skala der Quadrate der Wert $D^2/_3$ abgelesen. Um sich beim Aufsuchen der Verdrängung nicht in der Kommastellung zu irren, beachte man folgende Grundwerte: $1^{2/3} = 1$, $10^{2/3} = 4{,}64$, $100^{2/3} = 21{,}5$ und $1000^{2/3} = 100$. Der Ausdruck als solcher bedeutet nichts anderes als die Größe der Seitenfläche eines Würfels, dessen Inhalt gleich der Verdrängung ist. Zwei weitere Punkte fallen ins Gewicht: absolute Größe des Bootes und die Güte seiner Formverhältnisse. Kleine Boote, auch wenn sie schlank gebaut sind und eine ausgezeichnete Form aufweisen, sind wegen erhöhter spezifischer Reibung des Wassers stets ungünstiger als grosse Boote. Bei gleichen Geschwindigkeiten erzeugt 1 m² Bodenfläche um so weniger Reibung, je größer die Länge des Bootes ist. Lange Boote werden dadurch immer den kurzen gegenüber begünstigt, ohne dass dieses etwa vom Grad der Schlankheit abhängt. Die Beeinflussung ist nicht sehr gross, sie lässt sich wie folgt beurteilen: Wenn ein 10-m-Boot und ein 20-m-Boot mit der gleichen Geschwindigkeit fahren, so erleidet jeder Quadratmeter Bodenfläche beim grösseren Boot durchschnittlich 10 Prozent weniger Reibung als beim kleineren. Auf den Gesamtwiderstand bezogen, liegt bei diesem Beispiel das große Boot durchschnittlich um 5 Prozent günstiger als das kleine.

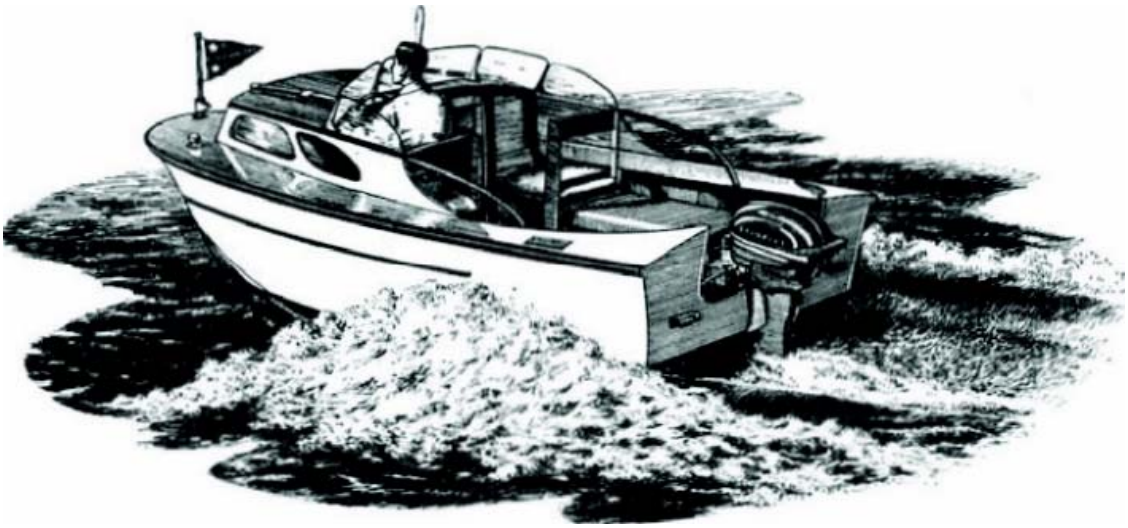


Abb.46 Kleiner, schneller Außenbord- Motorkreuzer. Der höhere Brennstoffverbrauch des Außenbordmotors wird oft durch das geringere Gewicht der Anlage wettgemacht.
Zeichnung: 0. Mikhno

Leider kommt nun noch ein Imponderabilium hinzu, ein unbestimmbarer Wertausdruck für die Güte der Bootsform und der Einflüsse von Länge-Breite-Verdrängung. Es gibt bisher noch keine Möglichkeit, die Formgüte anders zu ermitteln als durch vergleichende Modellversuche. So sei in nachstehender Tabelle ein Vorschlag für die Korrekturen des C_p-Wertes gemacht, um die Formgüte wenigstens mit Annäherung zu berücksichtigen:

sehr ungünstige kleine Boote….	C_p +60 Prozent
mäßig ungünstige Boote…….....	*Cp +30 Prozent*
ziemlich breite Boote……	*Cp +20 Prozent*

normale Boote …….. C_p + 0 Prozent,
ziemlich schlanke Boote……. C_p -10 Prozent,
leichte große Boote bester Form.…… C_p -20 Prozent.

Es ist gleichgültig, ob man die Korrektur vor der Rechnung am C_p- Wert vornimmt oder nachträglich zur errechneten Leistung hinzu schlägt, da beide gleiche Formelgrößen haben. Hat man die PS-Leistung durch Rechnung ermittelt, so müssen verschiedene Zuschläge gemacht werden, um die Nutzleistung des Motors am Wellenflansch oder gar die DIN-PS-Leistung am Schwungrad (ohne Wendegetriebe) zu erhalten. Nur sehr große Anlagen kommen auf einen Einbau-Wirkungsgrad von 95 Prozent, also 5 Prozent Leistungsverlust durch Wellenanlage und Auspuffleitung. Bei normalen mittelgroßen Anlagen von etwa 100 PS oder darüber rechnet man besser mit 8 bis 10 Prozent Verlust, bei kleineren Anlagen mit 15 bis 20 Prozent (dieses bei sehr kleinen Leistungen von 5 bis 10 PS). Schließlich muss noch ein Zuschlag von der Bremsleistung am Motorflansch zur DIN-PS- oder SAE PS-Leistung gemacht werden.
Diese etwas vereinfachte Berechnung steht natürlich auf schwachen Füßen, vor allem, weil der Propellerwirkungsgrad einerseits und der Bootsgütegrad andererseits nur geschätzt werden können. Die C_p- Kurve jedoch ist aus der Wirklichkeit heraus entstanden, und zwar durch aneinanderreihen von Hunderten von Probefahrtergebnissen. Alle diese Probefahrtergebnisse wurden sorgfältig kontrolliert, die Propeller nachgerechnet. die Verdrängungen genau ermittelt, um Fehlerquellen möglichst auszuschalten. Natürlich entstand nicht eine Einzelkurve, sondern eine von Bootsgröße und Formverhältnissen bedingte Kurvenschar, aus welcher die hier veröffentlichte Normalkurve den guten Mittelwert darstellt.
Gelingt es, die Rechnung mit einer klugen Schätzung der Gütegrade zu verbinden, so erreicht man mit dieser vereinfachten Normalkurve recht genaue Ergebnisse.

Lang und schmal oder kurz und breit

Viele, viele neue Schiffe, vor allem Motorkreuzer, wurden vom kritischen Auge als zu kurz befunden, kaum dass sie von Stapel gelassen wurden. Noch nie war ein Schiff zu lang und wurde nachträglich verkürzt. Dagegen wurde eine große Anzahl von Motorbooten und Motoryachten nach einigen Jahren verlängert. Allein auf unserer Werft wurden nicht weniger als 12 Motorkreuzer bis zu 20 m Länge einer solchen Operation unterzogen. Zwei davon wurden in der Mitte durchgeschnitten und verlängert, einer wurde im Vorschiff verlängert, alle übrigen dagegen im Achterschiff, und zwar um Beträge zwischen 10 und 25 Prozent ihrer alten Länge.
Mancherlei Bedingungen widerstreben sich, wenn man die bestgeeignete Länge und Breite für einen Neubau festlegen soll. Es sind vor allen Stabilität, Wohnlichkeit, Antriebsleistung und Kosten, die zu einem leider oft unvorteilhaften Kompromiss führen. Manche Entschlüsse sind rein gefühlsbedingt, andere werden durch gut aufgemachte Reklame in Zeitschriften beeinflusst.

Wieviel Schlafplätze passen in einen 10-m-Motorkreuzer? Wieviel Personen faßt ein 5 m langes Sportboot? Was kostet ein Meter Bootslänge? Derartige Fragen werden rein gefühlsmäßig gegeneinander abgewogen, wobei im Hintergrund immer die Kosten ihren drohenden Zeigefinger erheben, um zu erkunden, auf welche Weise man für eine bestimmte Summe das größte Raumvolumen an Schiff bekommt.
Ein häufiger Trugschluss pflegt aufzutreten. Ein längeres, ein größeres Boot wird zu teuer. Doch Länge allein ist nicht teuer! Sofern man Breite, Motorleistung, Einrichtung und Ausrüstung unverändert beibehält, entstehen nur geringe zusätzliche Kosten. Wird der Schiffskörper eines Motorkreuzers um 10 Prozent länger ausgeführt, so steigen die Kosten des vollständig ausgerüsteten Bootes nur um etwa 3 Prozent!
Nach alter Schiffbauregel werden die Baukosten aus dem Raumvolumen errechnet. Man multipliziert mittlere Länge (die Hälfte aus Länge über alles plus WL- Länge) mit größter Breite und mittlerer Seitenhöhe, woraus sich ein umschriebenes Schiffsvolumen ergibt. Es ist einer Kiste vergleichbar, in die das Schiff genau in Länge, Breite und Rumpfhöhe hineinpassen würde. Allerdings wird ein Teil des Vorstevens nicht mitgerechnet, auch der vordere Deckssprung bleibt unberücksichtigt, sie stehen also aus der gedachten *Kiste* heraus. Lang und schmal oder kurz und breit kosten nach dieser Regel genau dasselbe, sofern nur das Gesamtvolumen unverändert bleibt. Behält man z. B. die Breite bei und verändert auch nicht die Motorleistung oder die Inneneinrichtung, so erreicht man durch die bessere Länge mehrere Vorzüge: sie gibt leichtläufige Fahrt, Eleganz im Aussehen und gutes Seeverhalten im Vergleich zum schwerfälligen kurzen Schiff. Letzten Endes erhöht sie den Wiederverkaufswert des Bootes, so dass schließlich bei rein wirtschaftlicher Betrachtung die größere Länge und alle damit verbundenen Vorteile fast kostenlos erreicht werden. Breite gibt Stabilität und Innenraum; man darf sie deswegen nicht zu gering wählen, ein Fehler der nur selten gemacht wird. Wird dasselbe Schiff mit derselben Breite etwas länger ausgeführt, so bleibt die Stabilität unverändert, sofern man nicht zugleich höher baut. Gerade bei den Segelschiffen aus der Zeit der schnellen Klipper mit ihrer hoch aufgetürmten, *den Himmel ankratzenden* Besegelung wurde die Breite besonders sparsam bedacht. Diese Schiffe sollten hohe Fahrt laufen, nur vom Winde getrieben, und sie beherrschten dadurch die Handelsschifffahrt von der Mitte bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts. Trotz der Höhe der Takelage wurden sie überaus schlank gebaut, Wie man aus folgenden Abmessungen zweier berühmter Klipperschiffe entnehmen kann:

LIGHTNING	Länge = 74,50 m	Breite = 13,40 m	L/B = 5,5,
CUTTY SARK	Länge = 68,20 m	Breite = 11,00 m	L/B = 6.2.

Das sind Längen-Breiten-Verhältnisse, wie sie heute jeder Motorbooteigner einfach ablehnen würde. Sie passen genau zum Oertzschen Seekreuzer der Abb. 2, der bei 13 in Länge nur eine Breite von 2,22 m aufwies. In manchen Fällen ist man heute ganz offensichtlich ins andere Extrem verfallen. Motorkreuzer von 14 m Länge mit einer Breite von 3,50 bis 4 m kann man gerade eben noch hinnehmen; es sind aber bei dieser Länge schon Breiten von 5 m und mehr ausgeführt worden. Das sind dann ausgesprochene Unglückskandidaten im Gebrauch, vorbestimmt für eine spätere Verlängerung.
Eine in jüngster Zeit veröffentlichte Serie amerikanischer Modellversuche gibt nun die Möglichkeit, das Verhalten schmaler und breiter Boote in Bezug auf Widerstand und Antrieb miteinander zu vergleichen. Es handelt sich um die Serie TMB 62, deren Einzel-

heiten Clement in seinem Vortrag vor der amerikanischen S.N.A.M.E. im November 1963 bekanntgab. Der Hauptzweck jener Untersuchungen lag darin, die bestgeeignete Form schneller Halbgleiter herauszufinden. Als Randergebnis konnte daraus ein neues Kurvenblatt, Abb. 48, abgeleitet werden, in welchem die Breiteneinflüsse der fünf verschiedenen Modelle bei den verschiedensten Geschwindigkeiten herausgezogen wurden. Die Grund-Spantform dieser Modelle wurde unter Abb. 37 in der Serie der V-Spantformen bereits gezeigt. Was dieser Versuchsserie ihren großen Wert verleiht, ist die Ausdehnung auf ganz ungewöhnliche Längen-Breiten-Verhältnisse. Diese umfassen Extreme, wie sie kaum jemals ausgeführt werden. Doch gerade dadurch wird ein besonders guter Einblick in die Auswirkungen von zu großer oder zu geringer Breite vermittelt. Zum Glück wurde diese hochinteressante Modellfamilie über einen großen Geschwindigkeitsbereich

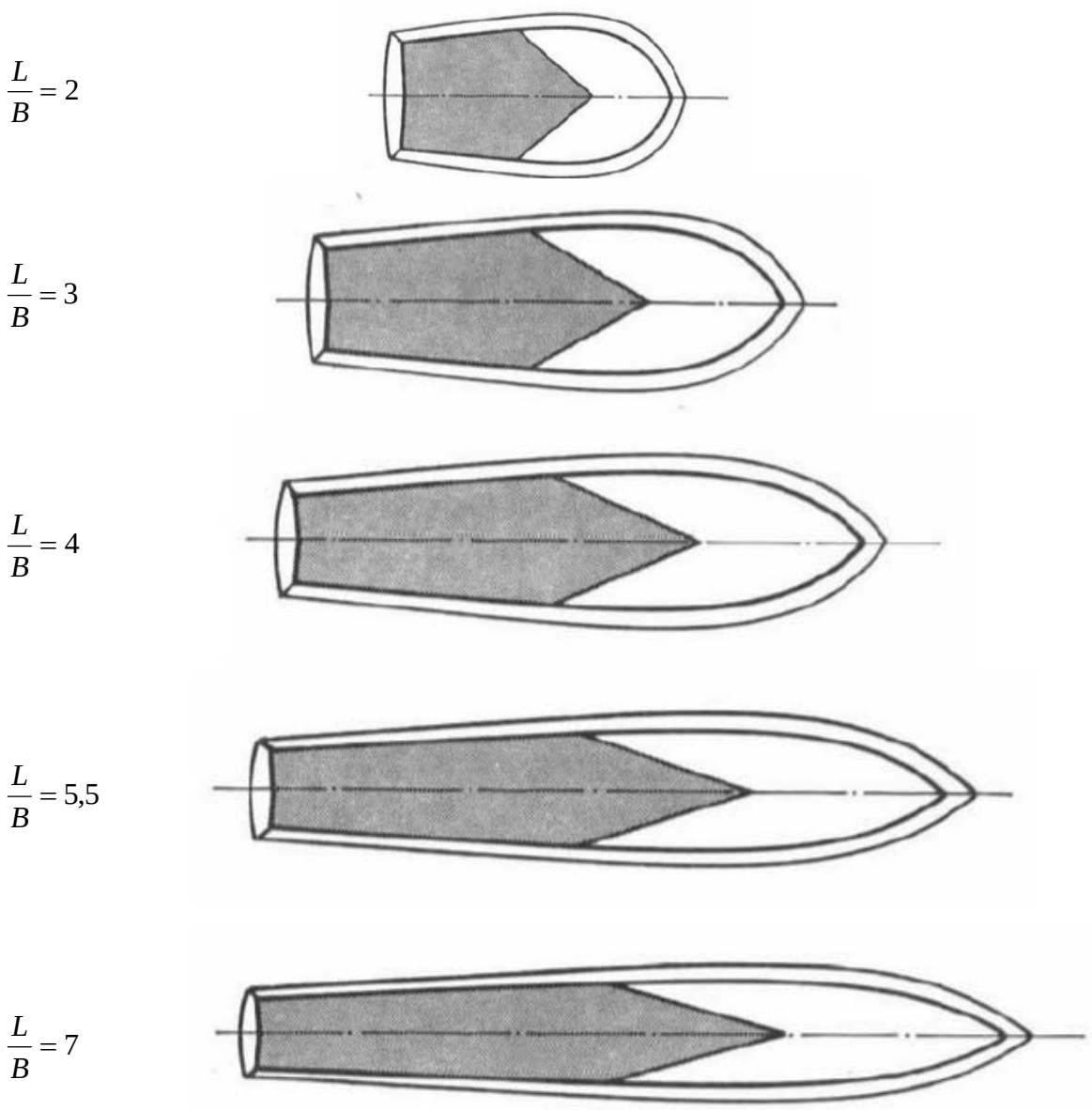


Abb. 47 Diese Modellfamilie schneller Motorboote wurde im David Taylor Model Basin, Washington, untersucht. Sämtliche Modelle besaßen die gleiche Form, die nur maßstäblich an geänderte Längen und Breiten angepaßt wurde. Daher liefern die Ergebnisse der TMB- Serie 62 wertvolle Unterlagen zur Beurteilung des Breiteneinflusses auf den Widerstand. Vergleiche Foto 27 und 34.

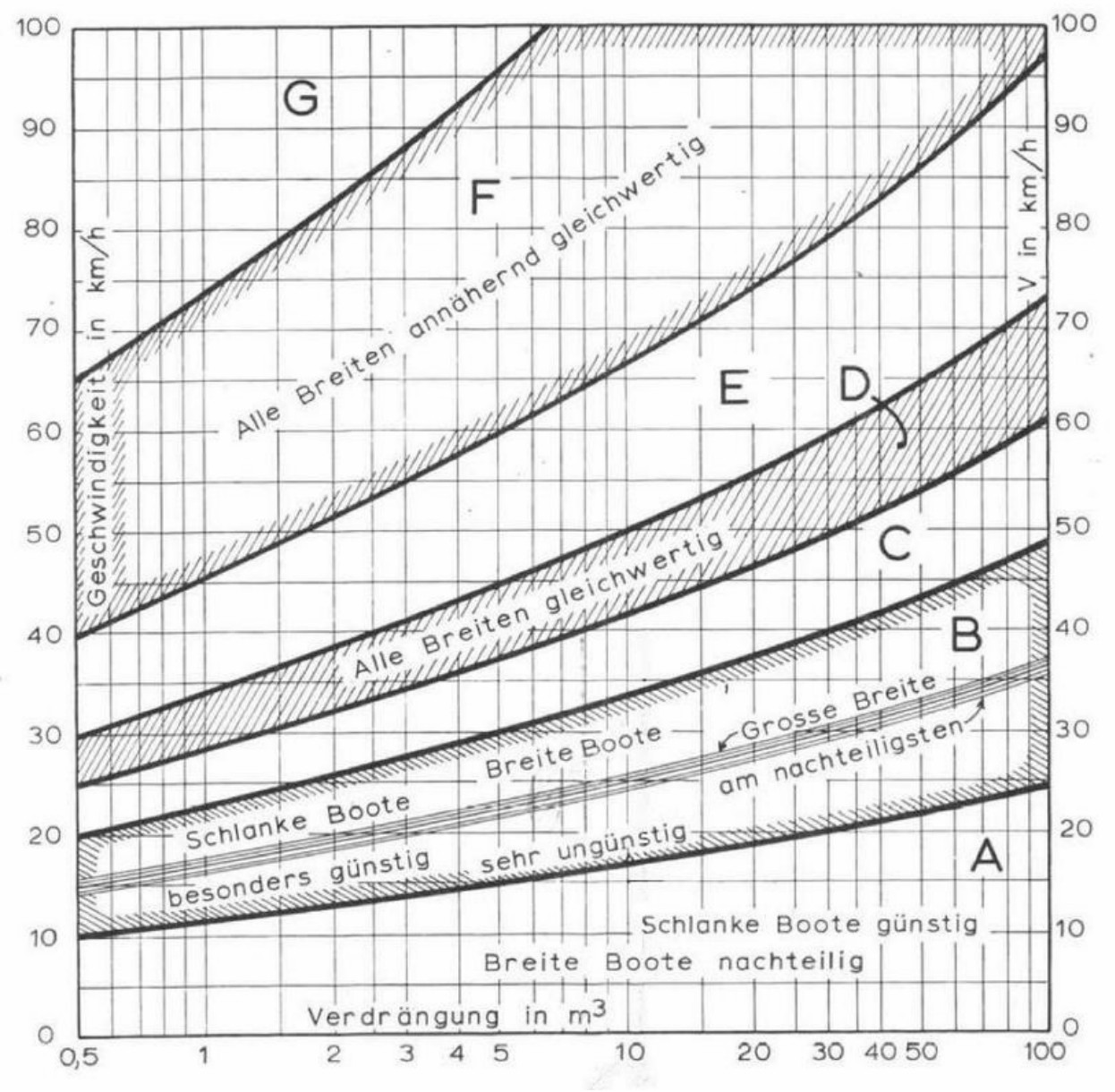


Abb.48 Die Versuchsergebnisse der vorhergehenden Modellfamilie wurden verwandt, um ein Kurvenblatt über den Einfluß der Breite bzw. der Schlankheit für alle Geschwindigkeiten aufzustellen. Man beachte vor allem die Zone B, in deren Bereich kurze, breite Boote besonders ungünstig ausfallen, weil dort erhöhter Widerstand und starkes Vertrimmen zusammentreffen. In Zone D dagegen stellen sich sämtliche Längen-Breiten-Verhältnisse als gleichwertig heraus. Dieses Kurvenblatt sollte bei jedem Projekt als wertvoller Ratgeber hinzugezogen werden.

untersucht, von langsamer bis zu höchster Fahrt. Außerdem wurde jedes einzelne Modell mit drei verschiedenen Verdrängungen gemessen, nämlich leicht, mittel und schwer.
Das neue Kurvenblatt lässt *drei Hauptzonen* und vier Neben- oder Übergangszonen erkennen. Da die Versuchsboote bei gleicher Verdrängung verschiedene Längen aufweisen, kann ein solches Kurvenblatt nicht über dem Geschwindigkeitsgrad aufgebaut werden. Allein die Verdrängung war als Vergleichsmaßstab wählbar, und sie reicht im Kurvenblatt vom kleinsten Boot mit 0,5 m³ bis zum größten Boot mit 100 m³. Die Geschwindigkeiten sind am Rande direkt abzulesen.

Die gewonnenen Erkenntnisse decken sich gut mit den praktischen Erfahrungen, nur reichen sie viel weiter und ergeben beinahe scharf gezogene Grenzen. Dabei gilt die Zone A für sehr langsame Fahrt, auch als ökonomische Kreuzfahrt langsamer Motorboote zu bezeichnen. Es ist allgemein bekannt, dass dabei schlanke Boote günstig abschneiden, breite aber benachteiligt sind.
Am wichtigsten ist jedoch der Bereich B. Er umfasst die durchschnittliche Kreuzgeschwin-digkeit fast aller Motorkreuzer und Motoryachten. In ihm durchzieht die Mitte eine Schar eng aneinander liegender Parallelkurven, welche die nachteiligste Geschwindigkeit für Boote mit großer Breite kennzeichnet. Darüber hinaus verhalten sich breite Boote im ganzen Bereich B besonders ungünstig, schlanke dagegen besonders vorteilhaft. Ein im mittleren Bereich des Kurvenblattes fahrender Motorkreuzer könnte z. B. 5 oder 10 t Verdrängung haben. Bei den meist angewandten Längen- Breiten- Verhältnissen hätte er eine Länge von 10 bis 11 m im ersten oder 13 bis 14 m im zweiten Fall. Wird ein 5-Tonnen-Boot für eine Geschwindigkeit von 22 km/h oder ein 10-Tonnen-Boot für 25 km/h bestimmt, so liegt es an der kritischsten Stelle für breite Boote: erhöhter Widerstand, großer Brennstoffverbrauch, störende Wellenbildung. Ein schlankes Boot dagegen erfordert hier weniger als halb soviel Antriebsleistung.
Um einige geeignete Verhältniswerte als Vergleich vorzuführen, sollen für das vorgenannte 10- bis 11-m-Boot mit $5m^3$ Verdrängung die schmaleren und breiteren Geschwister aus der Modellfamilie genannt werden. Alle Maße können als für die Wasserlinie geltend angenommen werden, wobei für das 11-m-Boot eine WL-Länge von 10,40 m vorausgesetzt wird. Mit folgenden Abmessungen würde das 5-Tonnen- Boot in die Modellfamilie hineinpassen.

	L/B = 2	L/B = 3	L/B = 4	L/B = 5,5	L/B = 7
Länge	7,30	9,00	10,40	12,15	13,70 m
Breite	3,65	3,00	2,60	2,20	1.95 m
Trimmwinkel	5°	3°	2°	1 ¼°	1°

Wenn vorher gesagt wurde, dass ein breites Boot doppelt soviel Antriebsleistung benötigt wie ein schmales, sofern es auf diesen kritischen Streifen fällt, so gilt diese Aussage keineswegs für sehr extreme Längen-Breiten-Verhältnisse. Das sehr breite Boot am linken Rande braucht sogar dreimal soviel Motorleistung wie das ganz schmale Boot rechts, obwohl beide die gleiche Verdrängung haben.
Allein schon die in der letzten Zeile hinzugefügten Trimmwinkel verdeutlichen, wie ungünstig sich das kurze, wie vorteilhaft sich das lange Boot im kritischen Bereich verhalten. Man beachte die Ausdehnung der wichtigen B-Zone. Sie umfasst den größten Anteil mittelschneller sportlicher Boote. Der Bereich C stellt einen Übergang dar und führt zum eigenartigen Bereich D. Dort sind nämlich alle Boote gleichwertig, sowohl lange und schmale wie kurze und breite. Dies rührt daher, weil die kurzen Boote mit einer höheren relativen Geschwindigkeit fahren. Sie werden daher jetzt vom dynamischen Auftrieb begünstigt. Die langen, schmalen dagegen erreichen nur gerade einen Teilgewinn aus dem beginnenden dynamischen Auftrieb, ein größerer Nutzen wird jedoch noch immer durch die schlanke Form erzielt.
Nach dem Passieren einer weiteren Übergangszone E gelangt man wiederum in einen Be-

reich, in dem alle Breiten fast gleichwertig sind. Hier liegt ein Kurvenblatt vor, das herangezogen werden sollte. Es ist aufschlussreich und ein guter Berater! Man behalte vor allem den gefährlichen Mittelstreifen im B-Gebiet im Auge.
Häufig kommt man in die Lage, zu einer gegebenen Bootsgröße das wahrscheinliche Gewicht bzw. die ungefähre Verdrängung abschätzen zu müssen. Diese ist zunächst vom Raumvolumen des Bootes abhängig, darüber hinaus von der Bauweise, leicht oder schwer, und vom Gewicht der maschinellen Anlage, der Einrichtung und der Ausrüstung. Um einen Anhalt zu bieten, wurde das Kurvenblatt der Abb. 49 aufgestellt, in welchen normalen Verdrängungen in Abhängigkeit von der Länge ü.a. direkt abgelesen werden können. Es umfasst Boote von 5 bis 35 m Länge und Verdrängung zwischen 1 und 200 m³. Man beachte, dass die Verdrängungsskala rechts in logarithmischer Einteilung verläuft. Eine

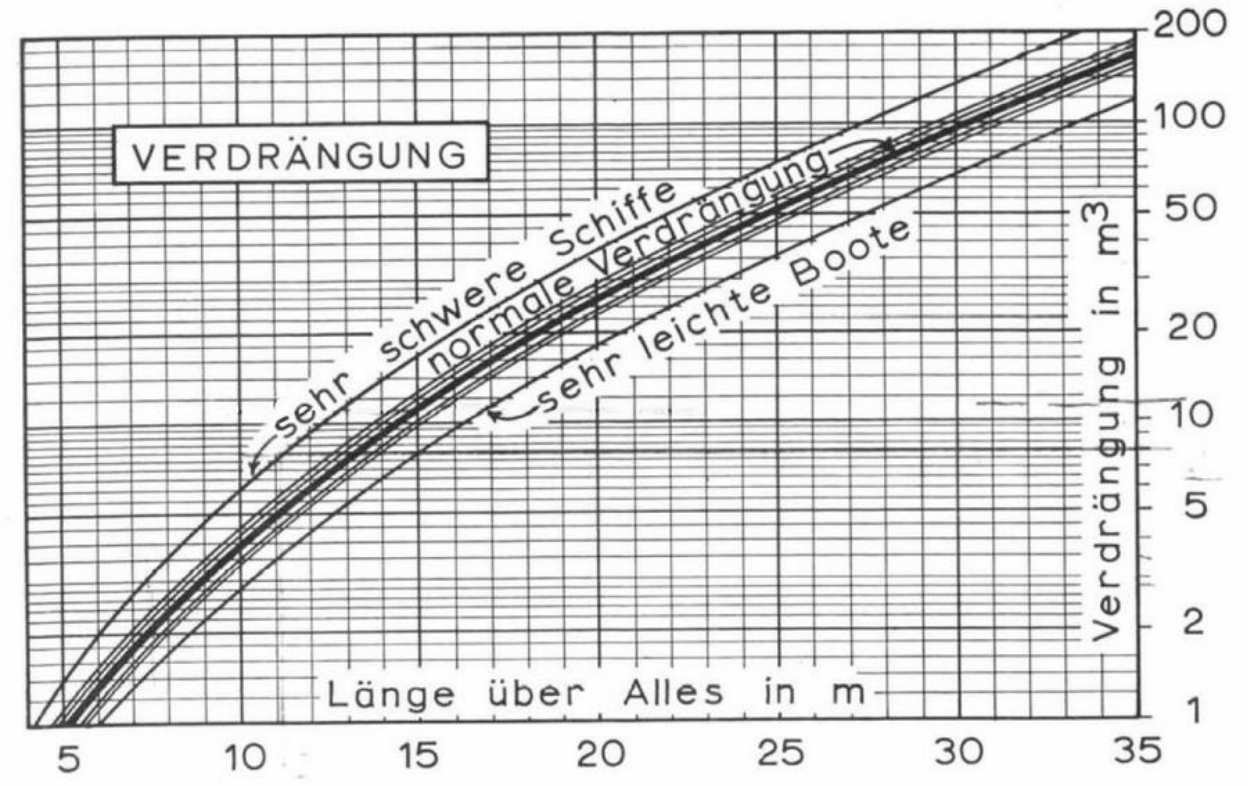


Abb. 49 Kurvenblatt normaler Verdrängungen, wie sie bei 80 bis 90 Prozent aller Motorboote und Motoryachten auftreten. Die Kurven dienen nur der Übersicht und raschen Orientierung. Sie ersetzen auf keinen Fall die genaue Berechnung, die vor Beginn eines Neubaues unbedingt durchgeführt werden muss.

Hauptkurve und mehrere Nebenkurven erlauben, in jedem Einzelfall die Verdrängung recht gut abzuschätzen. Natürlich wird ein derart vereinfachtes Kurvenblatt nicht im Konstruktionsbüro angewandt. Für die rasche Berechnung des Rumpfgewichtes besitzt der Konstrukteur Erfahrungswerte, die auf dem bereits erklärten Raumvolumen aufgebaut sind. Alle übrigen Gewichte müssen einzeln ermittelt und hinzugeschlagen werden.
Die im Kurvenblatt gezeigten Grenzkurven für sehr schwere bzw. sehr leichte Boote gelten für normale Verhältnisse. In Ausnahmefällen kann zu jeder Länge ein Boot wesentlich leichter, aber auch bedeutend schwerer werden. Wenn man jedoch übersehen kann, ob ein Boot sehr leicht, mittel oder sehr schwer ist, so wird man in 95 Prozent aller Fälle mit den

dargestellten Kurven auskommen. Wird allerdings irgendwelcher Ballast gefahren, so muss dessen Gewicht extra hinzugeschlagen werden.
Nachdem soviel über die Breite gesprochen wurde, sollen die am häufigsten angewandten Breitenmaße ebenfalls in Form eines Kurvenblattes geboten werden. Niemand wird sich damit begnügen, dass ein L/B von 7 zu einem extrem schlanken Boot gehört, ein L/B = 2 dagegen zu einem ungewöhnlich breiten. In Abb. 50 findet man die Breiten in Form mehrerer Kurven aufgetragen, und zwar über denselben Bootslängen ü. a. zwischen 5 und 35 m, wie sie schon bei der Verdrängung gewählt wurden.
Auch hier soll wieder beachtet werden, dass es sich nur um die am häufigsten gewählten Breiten handelt. Ein sehr geringer Prozentsatz der modernen Boote fällt außerhalb der beiden Grenzkurven für sehr breite oder sehr schlanke Boote. Ungewöhnlich breite Boote

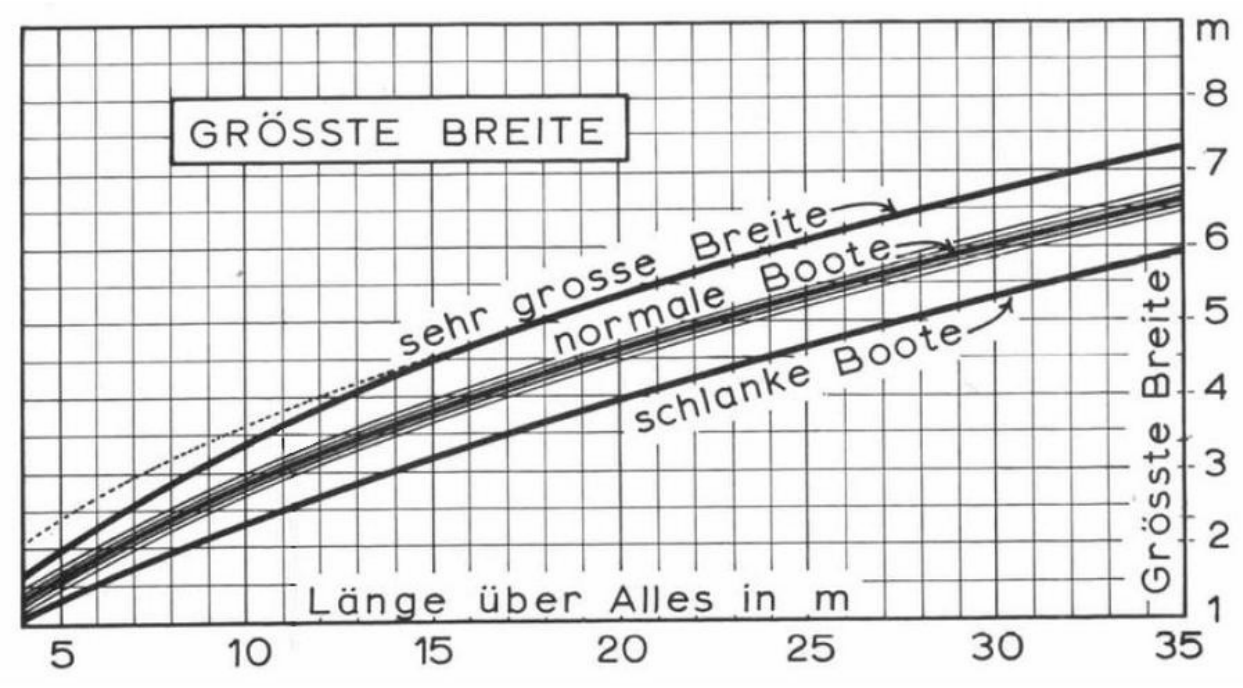


Abb. 50 Dieses Kurvenblatt enthält die Breiten von über 90 Prozent aller Motorboote und Motoryachten. In Sonderfällen werden gelegentlich noch größere Breiten gewählt als die obere Kure angibt. Ebenso kommen gelegentlich noch geringere Breiten vor als sich aus der Kurve der schlanken Boote ergibt.

finden sich gelegentlich bei den geringsten Längen. So wird z. B. ein Motorkreuzer von nur 6,10 m Länge serienmäßig hergestellt, dessen Breite genau die Hälfte beträgt, nämlich 3,05 m. Mit einer Verdrängung von 1,6 m³ würde ein so breites Boot bei einer Fahrt von 18 km/h ganz besonders unglücklich liegen, viel Leistung verbrauchen und stark vertrimmen. Fährt es statt dessen mit einer Geschwindigkeit von über 30 km/h, so wird es auch ein normales Verhalten zeigen. Dann fällt es nämlich in den D- Bereich des anfangs erklärten Kurvenblattes.
In unserem eigenen Erfahrungsbereich findet sich als ungewöhnlich schlankes Fahrzeug ein Trainingsboot, das wir für einen Ruderverein bauten. Beim Trainieren wird großer Wert auf geringste Wellenbildung bei allen Geschwindigkeiten gelegt, und so wurde zu 9 m Länge eine Breite von nur 1,30 m festgelegt. Das ist fast genau L/B = 7.

Verdrängungen kann man nicht willkürlich wählen, Breiten aber wohl. So bleibt es dem Eigner, dem Konstrukteur, dem Erbauer immer freigestellt, für Sonderfälle Breiten zu wählen, die gänzlich aus dem Bereich der Kurvenscharen herausfallen. Welche Konsequenzen sich daraus ergeben, kann man mit Benutzung der Abb. 48 gut abschätzen.

Modellversuche

Die komplizierte Natur der Vorgänge am fahrenden Schiff wurde inzwischen so weit geklärt, dass Begriffe wie relative Geschwindigkeit, Wellenbildung, Reibungswiderstand, aber auch Schiffsform, Stabilität und Längen- Breiten- Einfluss dem Leser geläufig wurden. Insbesondere wurde immer wieder der Begriff der relativen Geschwindigkeit herangezogen, um Messungen und Beobachtungen am fahrenden Schiff richtig zu deuten. Der schwedische Schiffbauingenieur Frederik Henrik Chapman unternahm im Jahre 1794 einige Versuche mit Modellen von Segelschiffen verschiedener Form, um den Unterschied im Fahrtwiderstand zu ermitteln. Zu diesem Zweck setzte er die Modelle mittels eines Fallgewichtes in Bewegung. Die Beobachtungen konnte er jedoch nicht nutzbringend auswerten, weil ihm unbekannt war, dass beim Modell eine gesetzmäßig genau festliegende Geschwindigkeit eingehalten werden muss, um die physikalische Ähnlichkeit zum naturgroßen Schiff einzuhalten.
Der Gedanke, die Fahrteigenschaft von Schiffen am Modell zu untersuchen, war zu Chapmans Zeiten keineswegs neu. Die ältesten überlieferten Modellversuche wurden vom Ge-

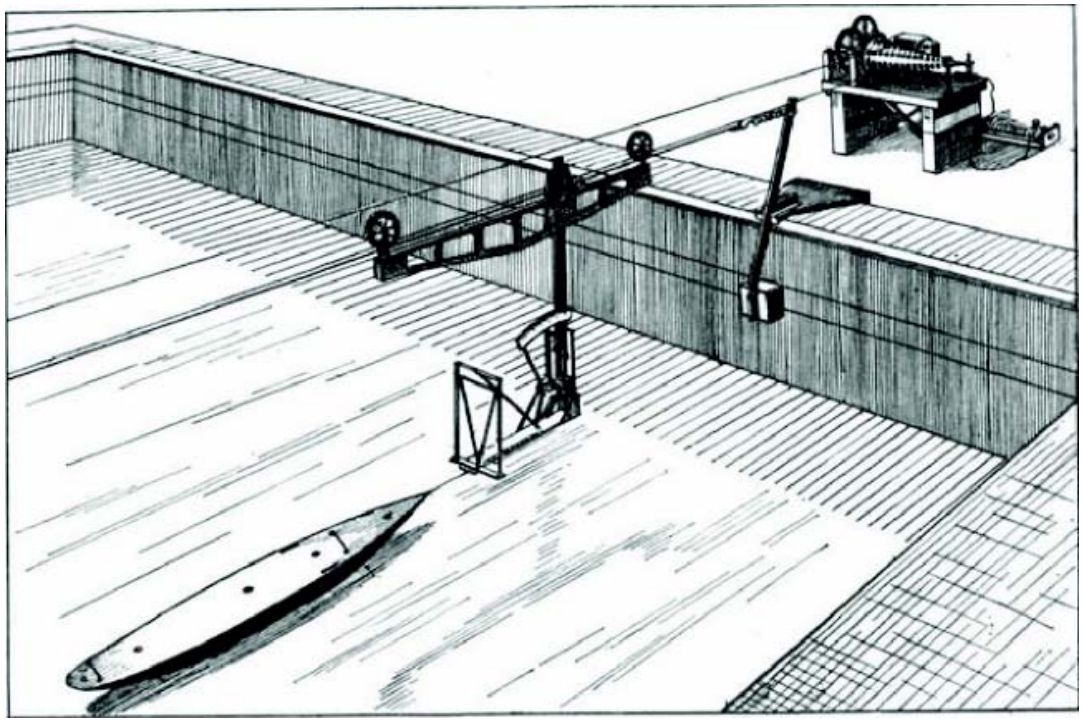


Abb. 51 Modellschleppanlage für Kleinversuche in einem Schwimmbassin. Es ist überaus schwierig, mit einer solchen Anlage genaue Widerstandswerte festzustellen.

nius der frühen Technik, Leonardo da Vinci (1452-1519), ausgeführt. Er verglich drei Schiffsmodelle miteinander, deren Formen in Längsrichtung einen unterschiedlichen Linienverlauf aufwiesen: wie schlanker Bug zu völligem Heck und völliger Bug zu schlankem Heck. Spätere Modellversuche wurden von Samuel Fortray um 1660-1670 ausgeführt, dann wieder von Borda im Jahre 1765. Immer häufiger bemühte man sich, durch Modellversuche in die Geheimnisse der Schiffsform einzudringen. Doch erst durch William Froude und seine im Jahre 1863 begonnenen Versuche wurde eine wissenschaftlich einwandfreie Grundlage geschaffen, nach welcher Modelle mit naturgroßen Schiffen verglichen werden können.
Heute wird kein wichtiger Neubau eines großen Schiffes begonnen, ohne die günstigste Form für gegebene Bedingungen durch eine Reihe von Modellversuchen herauszuschälen. Dabei wird keineswegs allein die Form als solche untersucht, sondern oft werden Änderungen in den Hauptmessungen wie in der Anlage der Antriebsorgane vorgeschlagen. Man ermittelt den Propulsionswirkungsgrad, die Eigenschaften im künstlichen Seegang, auf flachem Wasser, beim Manövrieren; und für Versuche mit hoch belasteten Propellern wurde der sogenannte Kavitationstank geschaffen.
Die erste eigens für Untersuchungen an Modellen eingerichtete Schiffbauversuchsanstalt wurde von William Froude im Jahre 1871 in Torquay (England) in Betrieb genommen.

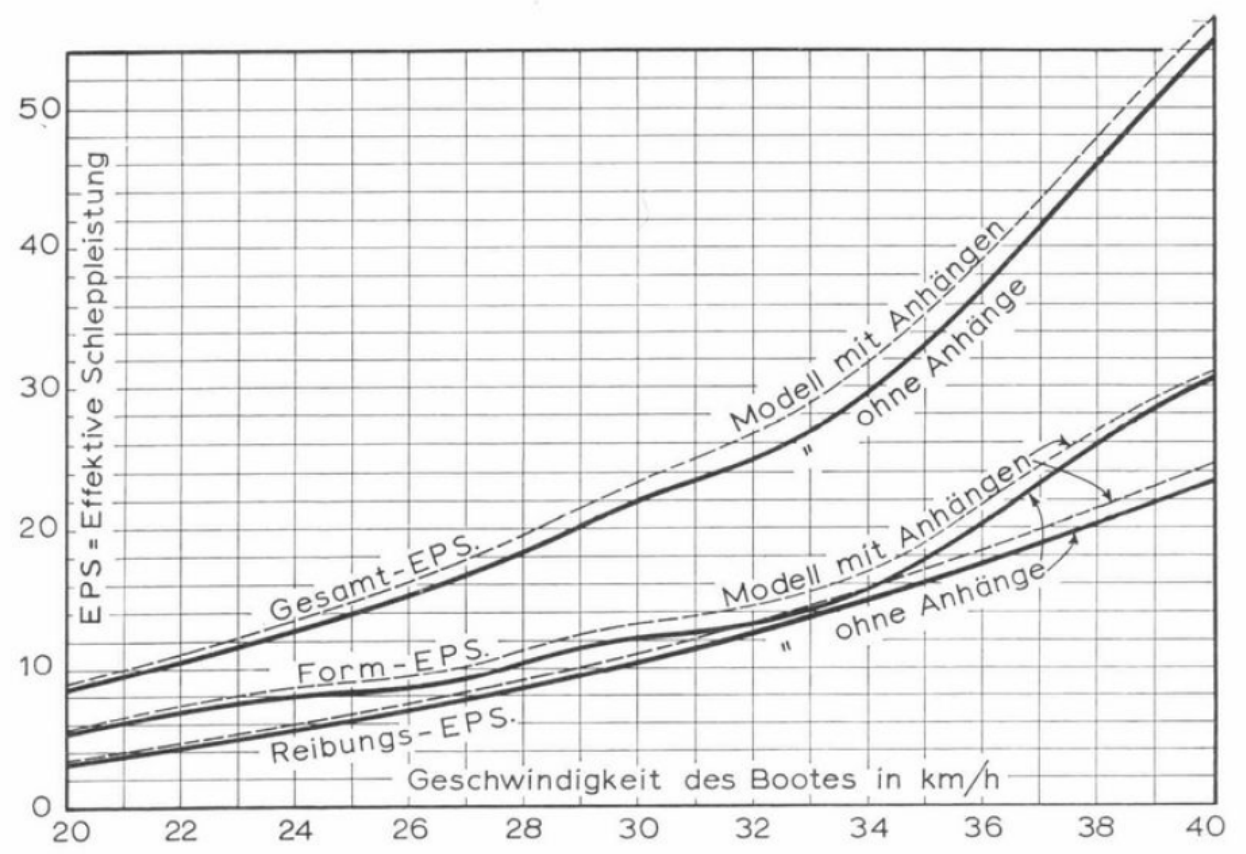


Abb. 52 Modellversuchsergebnisse für ein schnelles 9-m-Boot mit einer Verdrängung von 3,2 m^3. Die am Modell gemessenen Widerstände wurden an der Versuchsanstalt bereits in EPS umgerechnet, d. h. auf Effektive Schleppleistung. Aus einem derartigen Einzelversuch ist nicht zu ersehen, ob die gewählte Form günstig oder ungünstig war. Die wirklich benötigte Motorleistung ist durchschnittlich doppelt so hoch wie die EPS-Leistung, weil in dieser der Propulsionswirkungsgrad und Einbauverluste nicht enthalten sind.

Foto 25 Modelle für Schleppversuche werden nach dem Linienriss entweder schichtverleimt in Holz oder schichtgefräst in Paraffin und dann geschlichtet. Die beiden fertig geglätteten Modelle entsprechen den 12-m-Motorkreuzern aus Foto 16, Werftfoto Baader



Foto 26 Vergleichendes Modellschleppverfahren am Waagebalken. Es werden nicht Widerstände gemessen, sondern nur Formgüten verglichen. Das voreilende linke Modell mit der günstigeren Form bewährte sich später in der Großausführung in Übereinstimmung mit dem Versuch. Werftfoto Baader

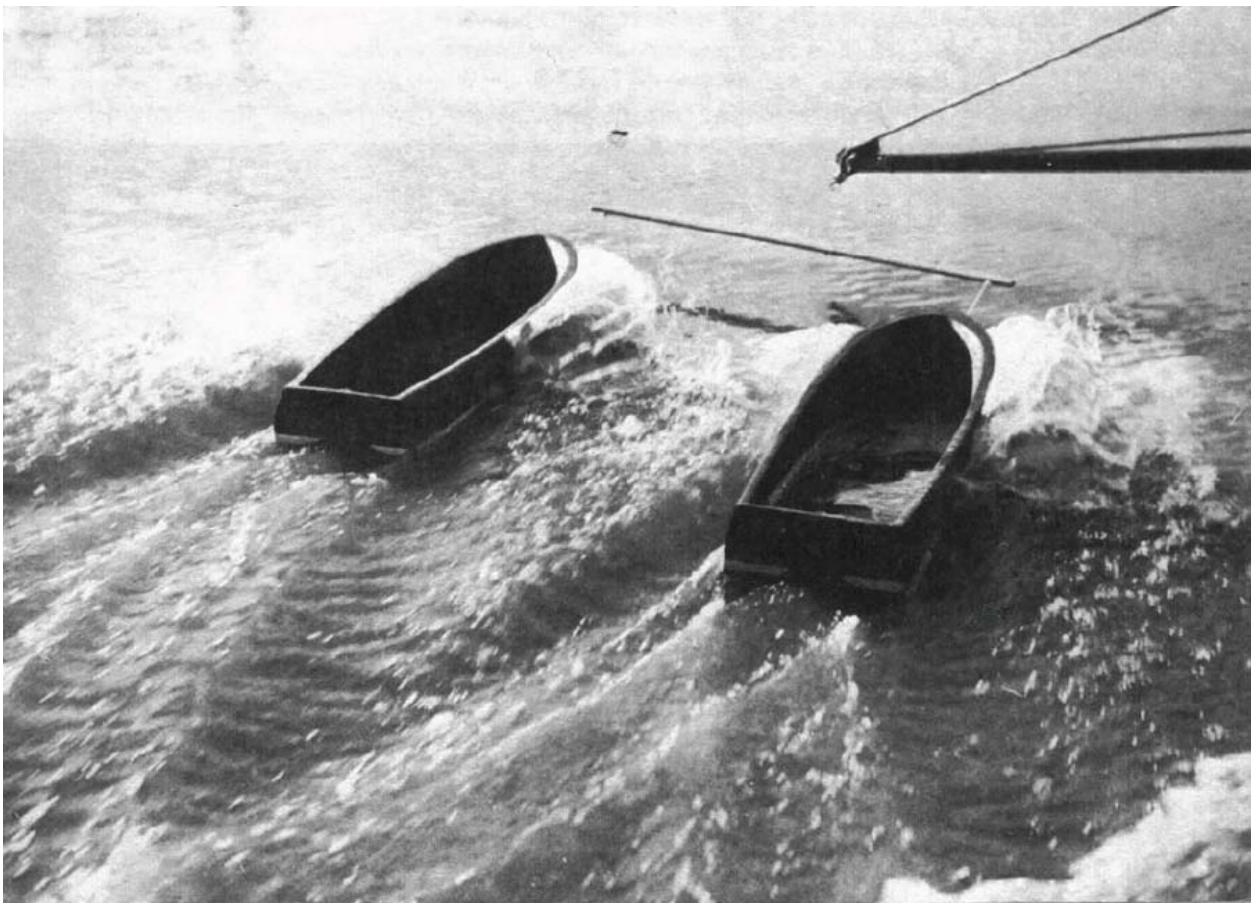


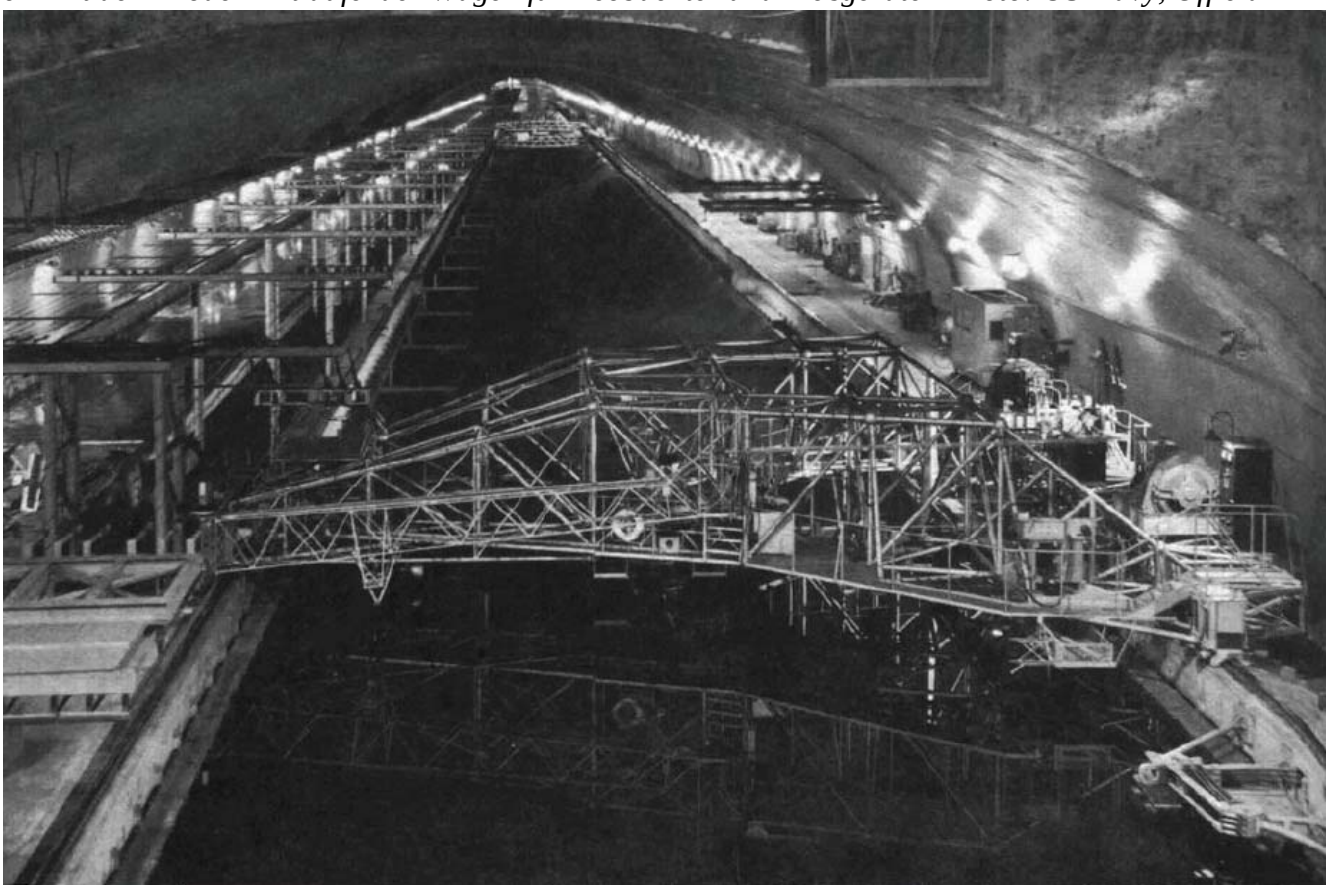




Foto 27 Lang und schmal- Das 9-m-Trainingsboot „Teutonia" erhielt eine Breite von nur 1,30 m, da beim Rudertraining auf sehr geringe Wellenbildung gehalten wird. Das Verhältnis L/B erreicht hier den Wert von 7. Werftfoto Baader

Foto 28 - oder kurz rund breit? Das „Jollyboat" von Dell Quay (England) in hervorragender Gleitfahrt. Mit einer Länge von 6,00 m und 2,92 m Breite erreicht es fast genau ein L/B von 2. Antrieb: 2 X 120-PS-Volvo-Penta- Motor. Foto. Dell Quay

Foto 29 Haupt-Schleppversuchstank des David Taylor Model Basin, Washington. Im Vordergrund ein mit dem Modell mitlaufender Wagen für Beobachter und Meßgeräte Foto: US-Navy, Official



Mit ihrem 78 m langen Tank und einem darüber entlanglaufenden Schleppwagen wurde sie zum Vorbild aller nachfolgenden Schleppversuchsanlagen. Um 1900 gab es in der Welt erst 5 Schiffbau-Versuchsanstalten, heute sind es bereits über hundert. Soll eine umfangreiche Modelluntersuchung durchgeführt werden, so sind damit bedeutende Kosten verbunden. Bei den Riesenobjekten moderner Großschiffe fallen die Versuchskosten nicht ins Gewicht. Für kleine, schnelle Motorboote liegen sie aber ausserhalb der wirtschaftlichen Tragbarkeit. Um auch mit geringerem Kostenaufwand einen Anhalt zu gewinnen, wird gelegentlich das eine oder andere Modell geschleppt, das von einer Werft selbst hergestellt und an eine Versuchsanstalt eingesandt wird. Wie das Ergebnis einer einfachen Schleppversuchsserie aussehen kann, wird ins Kurvenblatt der Abb. 52 gezeigt. Das gelieferte Modell wurde zuerst ohne Anhänge im Bereich zwischen 20 und 40 Knoten geschleppt, danach mit Anhängen, also Ruder, Wellenböcken und Propellerwellen. Form- und Reibungswiderstand folgen einander entgegengesetzten Regeln. Deshalb ist eine Umrechnung der im Modellversuch gewonnenen Werte auf die Großausführung nur über einen Umweg möglich, nämlich eine rechnerische Trennung der gemessenen Wider-stände in Form- und Reibungsanteil. Jeder der beiden wird für sich nach seinem spezifischen Gesetz in die Großausführung umgerechnet und dann wieder summiert, um den Gesamt-widerstand zu erhalten. Aus diesem Grunde zeigt das Diagramm getrennte Kurven für die so genannten Form-EPS und die Reibungs-EPS.

Der Ausdruck EPS bedeutet Effektive Schlepp-Pferdestärken. Es ist dies die PS-Leistung, die ein Schlepper an der Trosse aufbringen müsste, wenn das fertige Schiff durch Schleppen fortbewegt werden sollte. Die Versuchsanstalt kann auf Grund eines reinen Schleppversuchs noch nicht die Größe der einzubauenden Motorleistung angeben, weil eine ganze Reihe von Unbekannten im Wege liegt. Der Wirkungsgrad des Antriebs wurde weder untersucht, noch konnte er mit Annäherung errechnet werden, ohne genaue Kenntnis von benötigter Leistung und gegebener Drehzahl. Außerdem ist es nicht Aufgabe einer Versuchsanstalt, die mechanischen Verluste beim Motoreinbau abzuschätzen, d. h. die durch Wellenleitung, Wende- und Untersetzungsgetriebe, Auspuffanlage usw. hinzukommenden Leistungsverluste. Man erhält aus den Angaben der EPS erst auf recht umständlichem Wege den Betrag der wahren einzubauenden Motorleistung. Im Durchschnitt ist sie doppelt so hoch wie die EPS-Leistung, selten darunter, oft noch ein wenig darüber. Wird nur ein einziges Modell geschleppt, so besitzt das in Kurvenform gelieferte Schleppergebnis keinen großen Wert. Daraus geht zunächst nicht hervor, ob die Form günstig oder ungünstig ist, ob sie dem Optium nahe kommt oder ob sie stark verbesserungsbedürftig ist.

Die benötigte Antriebsleistung kann für Normalfälle auch durch Rechnung ermittelt werden. Jeder Konstrukteur, jede technisch gut geleitete Werft verfügt über die Ergebnisse zahlreicher Probefahrten mit Booten, deren Linienrisse sie zur Hand haben. Werden die Ergebnisse der Probefahrten dann gründlich nachgerechnet und ausgewertet, so erhält man im Lauf der Jahre ein Archiv mit unübertrefflichen Unterlagen. Anhand der Ähnlichkeitsgesetze lässt sich jede Probefahrt auf andere Größen und Verdrängungen umrechnen, ferner kann man die Propulsionswirkungsgrade ermitteln und Kurven aufstellen, die den Wert eines einzelnen Modellversuches weit übertreffen.

Sobald man sich aber entschließt, mehrere formverschiedene Modelle eines einzigen Projekts zu untersuchen, gewinnt der Modellversuch ganz bedeutend an Wert. Bereits zwei verschieden geformte Modelle ergeben Unterschiede, doch drei Modelle können wirkliche

Erkenntnisse bringen! Es ist nicht einmal schwer, einen Vergleich mehrerer unterschiedlicher Formen im Selbstversuch anzustellen, falls die Kosten einer Untersuchung durch eine Versuchsanstalt nicht tragbar sind. Im Eigenversuch erhält man zwar keine Ziffern über den Widerstand, man gewinnt jedoch einen Vergleich der Güte verschiedener Formen.

I

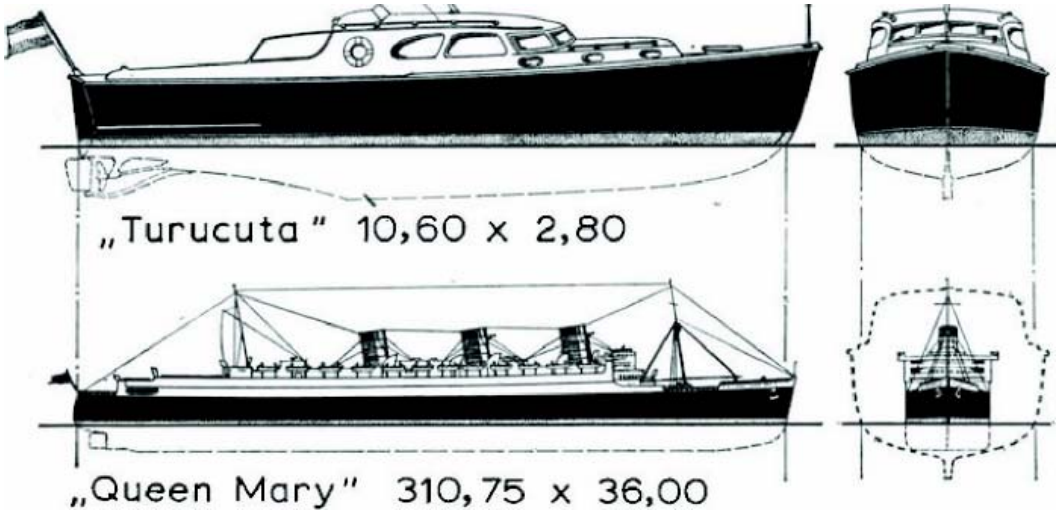


Abb. 53 Die größte Versuchsanstalt der Welt ist das Meer! Ebenso wie man Messfahrten eines kleinen Modells auf ein großes Schiff umrechnen kann, lassen sich auch Probefahrten mit großen Schiffen auf kleinere umrechnen. Dazu gehört in jedem Falle, dass Formen, Proportionen und Geschwindigkeit einander maßstäblich ähnlich sind. Zwischen dem großen hier gezeigten Fahrgastschiff und dem modernen Motorkreuzer besteht jedoch keine ausreichende Ähnlichkeit, als dass ein Vergleich der Probefahrtsergebnisse möglich wäre.

Um einen solchen Versuch mit Erfolgsaussichten in Angriff zu nehmen, muss die massgebende Modellgeschwindigkeit berechnet werden. Sie ergibt sich von selbst, wenn man darauf hält, dass Modell und Großausführung den gleichen Geschwindigkeitsgrad einhalten. Man kann auch sagen, die Modellgeschwindigkeit ergibt sich, wenn die Bootsgeschwindigkeit mit der Quadratwurzel aus dem Modellmaßstab multipliziert wird. Hat man ein 1 m langes Modell eines 10-m-Motorbootes hergestellt, das später 40 km/h Geschwindigkeit erreichen soll, so ist der Modellmaßstab = 1 : 10. Die Quadratwurzel aus 0,1 ist = 0,316. So muss das Modell also mit 0,316 x 40 = 12,65 km/h geschleppt werden. In beiden Fällen ergibt sich ein Wert von $R = V \div \sqrt{L} = 12{,}65$. Zwei Dinge sind zur Ausführung vergleichender Versuche erforderlich: ein Motorboot, dessen Geschwindigkeit genau bekannt ist und auf Modellgeschwindigkeit reguliert werden kann, und ein Waagebalken, an dem zwei Modelle gleichzeitig nebeneinander geschleppt werden. Dieser Waagebalken wird an einem Ausleger genügend weit vom Motorboot entfernt gefahren, damit dessen Bugwelle den Modellen nicht zu nahe kommt. Sobald das Motorboot Fahrt aufnimmt, wird man erkennen, dass eines der beiden Modelle zurückbleibt.
Man untersuche mehrere Male die Zone etwas über und etwas unterhalb der vorausbestimmten Modellgeschwindigkeit, um mit Sicherheit festzustellen, welches Modell

durch Vorausfahren den geringeren Widerstand erzeugt. Nunmehr wird das schlechtere Modell gegen das dritte, noch nicht untersuchte, ausgewechselt und die Probefahrt wiederholt. In den meisten Fällen zeigt eins der drei Modelle eine deutliche Überlegenheit. Dieses wird dann für die endgültige Form als Vorbild genommen, siehe Foto 26. Zugegeben, auch dann kennt man die erforderliche Motorleistung noch nicht. Im Gegensatz zum Ergebnis der Versuchsanstalt nach Abb. 52, die ja nur ein einziges Modell prüfte, ist man nun aber fast hundertprozentig sicher, eine günstige Form gewählt zu haben. Es empfiehlt sich, die jeweils benötigten Modelle in einem Sondermaßstab derart auszuführen, dass sie alle gleiche WL-Längen erhalten. Im Lauf der Zeit erhält man auf diese Weise eine wachsende Zahl von Modellen mit verschiedenartigen Form- und Verdrängungsverhältnissen, die später auch zu Versuchen mit ganz anderen Schiffsgrößen herangezogen werden können. Unsere Modelle wurden alle so ausgeführt, daß ihre Wasserlinie genau eine Länge von 1,00 m erreichte. Sie konnten dadurch stets erneut wieder zu Vergleichen herangezogen werden. Auf diese Weise wurde einmal die günstigste Form des Tunnels für sehr flachgehende Motorboote untersucht. Die Form des günstigsten der drei

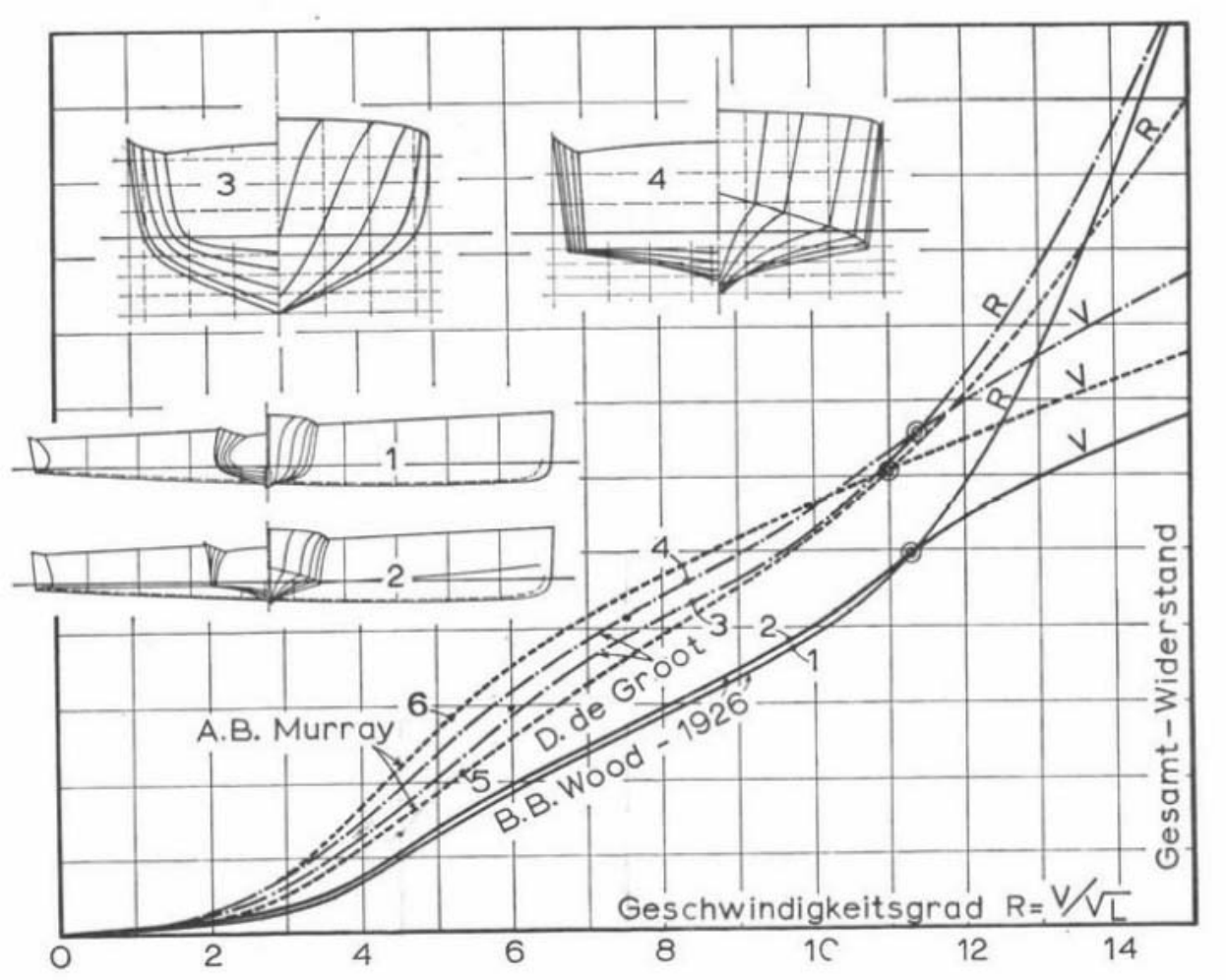


Abb. 54 Vergleich der Widerstände von Rund- und V-Spantform. Modelle 1 und 2 zeigen den klassischen Versuch von B. B. Wood aus dem Jahre 1926. Modell 3 und 4 wurden von D. de Groot miteinander verglichen, wobei das Rundspantmodell in Wageningen gemessen wurde, das V-Spantmodell im Stevens Institute (USA). Die Kurven 5 und 6 entstammen einer Arbeit von Murray, ebenfalls vom Stevens Institute. Man beachte, dass sich die V-Spantform oberhalb von 11 bis 11 ½ ü*berlegen zeigt.*

Modelle wurde ausgeführt und bewährte sich ausgezeichnet. Auch die bereits erwähnten Vergleichskreuzer von 12 m Länge in Rundspantform und V-Spantform waren vorher im Modell untersucht worden. Bereits hierbei wurde die praktische Gleichwertigkeit beider Formen festgestellt, ebenso wie sie an den fertigen Booten auf den Probefahrten gemessen wurde.
Werden Modellversuche im spiegelglatten Wasser eines Versuchstanks ausgeführt, so können die Ergebnisse durch ein eigenartiges Verhalten des Reibungswiderstandes gefälscht werden, Ein solcher Fehler ist in anfänglichen Zeiten oft aufgetreten, und zwar entsteht er durch die so genannte laminare Strömung, die einen zu geringen Widerstand in den Versuch hineinbringt. Die erforderliche turbulente Strömung wird am Vorschiff des Modells durch kleine Nachhilfen eingeleitet. Entweder wird die Eintrittskante sandpapierartig aufgerauht, oder man legt einen 1 mm dicken so genannten Stolperdraht um das Vorschiff. Mitunter werden Turbulenzknöpfe aufgesetzt, oder vor dem Schleppwagen fährt ein nicht am Modell sitzender Störsporn, der das stille Wasser verwirbelt. Bei den Modellvergleichen auf offenem Wasser sind solche Kunstgriffe nicht nötig, weil die Wasseroberfläche nie so spiegelglatt ist, dass eine laminare Strömung am Modell entstehen kann.

Ungünstige Boote

(nicht zu verwechseln mit fehlerhafter Form)

Jeder Versuch, die Geschwindigkeit eines Bootes bereits im Projektstadium zu berechnen, setzt voraus, dass sich die Form des Bootes logisch und fehlerfrei an die Verhältnisse der Wellenbildung oder des dynamischen Auftriebs anpasst. Ferner wird der höhere oder niedrigere Propellerwirkungsgrad in der Berechnung berücksichtigt. lm herkömmlichen Sinne führen fehlerhafte Formen und niedriger Propellerwirkungsgrad zu einem ungünstigen Boot. Nicht so bei Berechnung, denn dort wird vorausgesetzt, dass die Schiffsform *richtig* ausgebildet wurde. Der Ausdruck ungünstige Boote hängt dann allein von folgenden schwer bestimmbaren Einflüssen ab.

1. L/B-Verhältnis: Schlanke Boote sind in langsamer bis mittlerer Fahrt günstiger als breite, vgl. Kurvenblatt, Abb. 48.
2. Gewicht: Schwere Boote sind stärker benachteiligt, als aus normaler Rechnung hervorgeht.
3. Schwerpunktslage: Gewichte zu weit achtern angeordnet wirken in langsamer bis mittlerer Fahrt nachteilig. Der Übergang vom statisch zum dynamisch bestimmten Trimm ist an breiten Booten besonders gefährdet und führt bei diesen oft *zum unwahrscheinlichen Längstrimm*.
4. Propulsionsanordnung: Einschraubenantrieb ist stets günstiger als Zweischraubenantrieb, und zwar bei langsameren Booten in stärkerem Maße als bei schnellen.
5. Größe: Kleine Boote erzeugen relativ mehr Widerstand als große, sie sind daher allein ihrer Abmessungen wegen ungünstig.

Querschnitt durch das gegenwärtige Bootsmaterial

Es genügt, ein Paddelboot mit einem Seitenbordmotor auszurüsten, um es in ein Motorboot zu verwandeln. Im Sinne dieses Buches werden jedoch nur solche Boote zeichnerisch vorgeführt, die von vornherein zum motorischen Antrieb bestimmt sind. Deshalb entfallen auch Ruder- und Segelboote, die durch Hilfsmotoren ebenfalls recht flott angetrieben werden können.
Die Vielseitigkeit des heutigen Bootsmaterials hat einen so gewaltigen Umfang angenommen, dass sich die hier beginnende Bootsparade nur mit den gebräuchlichsten Typen befassen kann. Andernfalls würden die benötigten Buchseiten für weitere ebenfalls wichtige Dinge keinen Raum lassen.
Bei der Auswahl wurde versucht, das modische Element in den Hintergrund treten zu lassen. Eine technische Betrachtung behält viele Jahre lang ihre Gültigkeit, wogegen der modische Einschlag seine Tendenz vielleicht schon nach fünf Jahren ändert. Die Gestaltung fast sämtlicher Motorboote wird im wesentlichen durch drei Arten von Bootsantrieben beeinflusst..
a) der normale Bootsmotor im Bootsinneren, als Einbaumotor bezeichnet,
b) eine Abwandlung desselben Motors, im Heck eingebaut und mit Z-Antrieb versehen,
c) der vom Boot unabhängige Außenbordmotor am Heck.
Einbau- und Z-Antriebsmotoren unterscheiden sich von den Motoren der Landfahrzeuge im Grunde genommen nur durch die bootsmäßige Ausrüstung, nämlich Bootswendegetriebe, Kühlsystem und Auspuffsammelrohr. Es hängt von der sachgemäßen Ausführung dieser Zubehörteile ab, ob das Triebwerk des Fahrzeugmotors einen guten Bootsmotor ergibt.
Anders der Außenbordmotor. Ihm stand kein landgebundenes Vorbild an der Wiege, denn seine Funktionsbedingungen lassen sich nur durch eine radikale Sonderkonstruktion erfüllen. An erster Stelle wird äußerst geringes Gewicht gefordert. Hinzu kommt die gänzlich andersartige Kraftübertragung zum Propeller und schließlich auch der Fortfall jeden *Einbaues*.
Sämtliche Einbauelemente bilden einen Bestandteil der Außenbordeinheit. Es genügt, am Spiegel zwei Flügelschrauben festzuziehen, und ein Ruder- oder Segelboot verwandelt sich in ein Motorboot. Kein Kiel braucht durchbohrt zu werden, keine Maschinenfundamente müssen eingebaut werden, um auf ihnen den Motor zu lagern. Keine Rohrleitungen, Schalldämpfer, Einbautanks, Wellenanlagen müssen hergestellt und angepasst werden. Schon seit langem wird der Außenbordmotor als ein wahres Wunderwerk der Technik betrachtet, eine extrem konzentrierte und erstaunlich leichte Einheit. Dass der Außenbordmotor darüber hinaus auch Nachteile hat, einige darunter recht bedeutend, wird im Motorenkapitel näher erklärt werden.
Man kann heute solche Wunderwerke in Leistungen zwischen 1 PS und 150 PS erhalten und damit eine große Zahl verschiedenster Boote antreiben, die bis hinauf zum echten kleinen Motorkreuzer reichen. Deshalb beginnt die Bootsschau mit den Außenbord- Motorbooten.

Außenbordmotorboote

Bereits ein Yachtbeiboot von kaum 2 m Länge kann durch einen kleinen Außenbordmotor angetrieben werden. Allerdings soll ein derartiges Boot weder als Motorboot bezeichnet werden, noch eignet es sich, um damit Spazierfahrten zu unternehmen. Nach wie vor bleibt es ein Hilfsboot, das als Zubehör einer größeren Yacht ausgezeichnete Dienste leistet.
Ein selbständiges kleines Motorboot sollte eine Länge von 3 m nicht unterschreiten. Als Beispiel wird das Bootchen HEIDI gezeigt, ein offenes Außenbord-Motorboot von 3,20 in Länge und 1,55 m Breite. In diesen Abmessungen besitzt es bei geeigneter Form eine sehr gute Stabilität. Es kann ohne weiteres drei Personen tragen, und unter dem kurzen Vordeck lässt sich sogar ein praktischer Stauraum schaffen. Wollte man es nur als Beiboot zum Übersetzen von Bord einer größeren Yacht zum Ufer verwenden, so könnte es bei ruhigem Wasser sogar 5 Personen fassen.

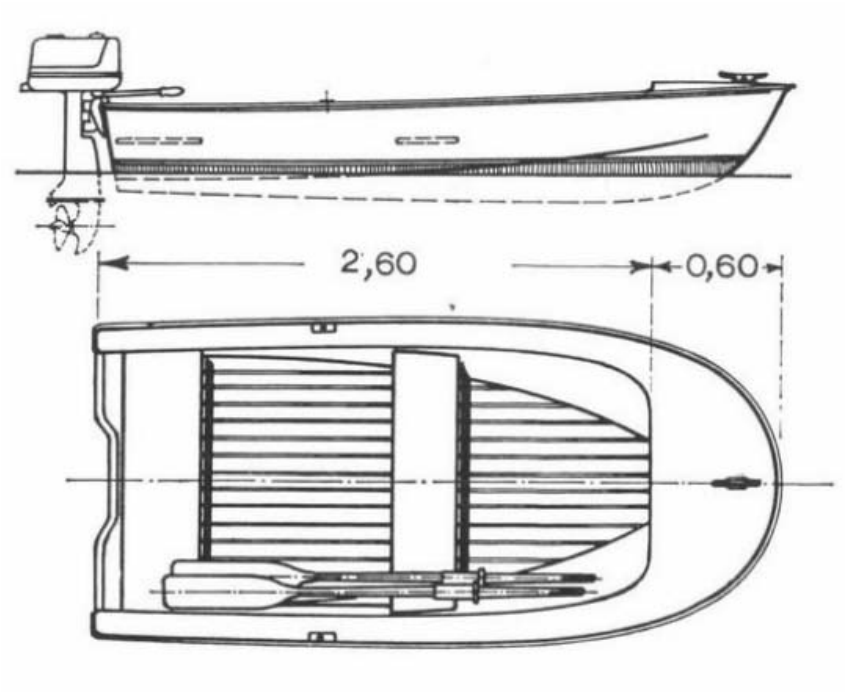


Abb. 55 "Heidi" stellt ungefähr die kleinsten Abmessungen eines selbständigen Motorbootes dar.

Länge ü. a	*3,20 m*	
Länge WL	*2,90 m*	
Breite		*1,55 m*
Seitenhöhe	*0,45 m*	

Im Grundriss wurde ein Paar Bootsriemen eingezeichnet. Ein Boot dieser Größe ist gut ruderbar. Es unterscheidet sich jedoch wesentlich von einem nur fürs Rudern geschaffenen Boot, weil sich kurz und breit schlecht rudern lässt. Wählt man schlankere Abmessungen, wie z. B. 3,60 x 1,20 m, so wird die Stabilität zwar geringer, das Rudern aber verläuft leichter und angenehmer.
Boote mit ähnlichen Abmessungen werden in großer Zahl angeboten, vielfach in Glasharz hergestellt, aber auch in Sperrholz oder Leichtmetall, seltener in Vollholz. In jeden Fall ist darauf zu achten, dass reichlich Auftrieb vorgesehen wird, so dass bei gelegentlichem Vollaufen oder Kentern noch ausreichende Tragfähigkeit vorhanden ist, damit Boot und Motor nicht absinken. Darüber hinaus sollen sie auch vollgeschlagen den im Wasser befindlichen Insassen einen sicheren Halt bieten.
Angesichts der großen Auswahl an Motoren jeder Stärke kommt es nicht selten vor, dass

kleine Boote durch eine zu starke Antriebsleistung gefährdet werden. Sie werden in zu hoher Fahrt unsicher und unstabil und können dann leicht umschlagen. Um solchen Gefahren vorzubeugen, gaben mehrere amerikanische Organisationen Richtlinien heraus, aus welchen für jede Bootsgröße die höchste zulässige Motorleistung entnommen werden kann. Vorausgesetzt wird allerdings ein normaler gesunder Bootstyp, denn es handelt sich um keine verkappte Rennformel, sondern um Sicherheitsmaßnahmen. Untenstehendes Kurvenblatt wurde anhand der von der Boating Industry Association herausgegebenen Unterlagen angefertigt. Aus der Kurve entnimmt man die höchste Nenn- oder Katalogleistung in PS, die im jeweiligen Boot ohne besonderes Risiko verwandt werden kann.

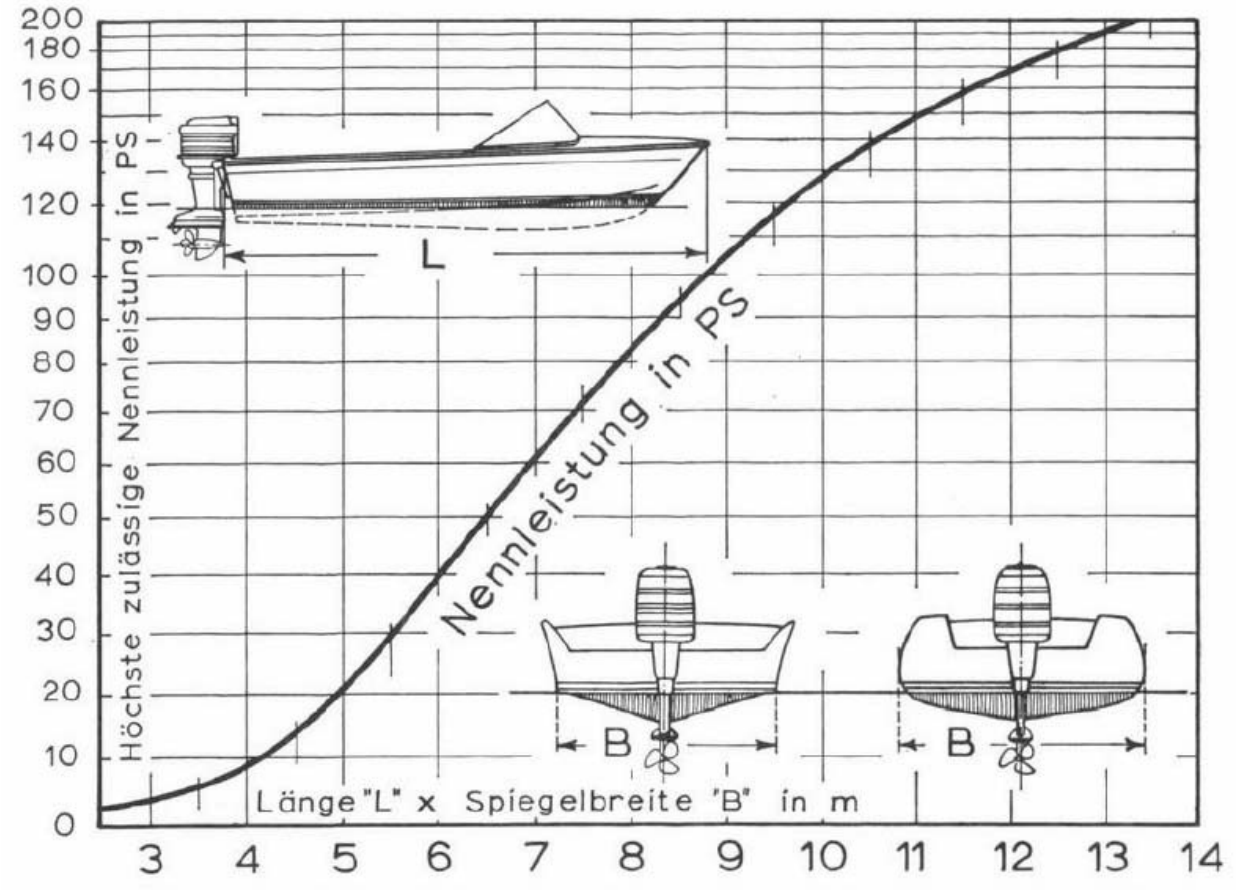


Abb. 56 Um zu vermeiden, dass kleine Boote durch zu starke Außenbordmotoren gefährdet werden, wurde diese Kurve der höchsten zulässigen Motorleistung ausgearbeitet, und zwar in Anlehnung an amerikanische Vorschriften. Für normalen Betrieb genügt die Hälfte dieser Leistung; für wirtschaftliche Fahrt kommt man mit 1/4 der Motorhöchstleistung gut aus.

Die Bootsgröße wird hier nicht durch ein Raumvolumen oder die WL- Fläche charakterisiert, sondern einfach durch das Produkt aus größter Länge und tragender oder nutzbarer Spiegelbreite, so wie es die eingezeichnete Anleitung erkennen lässt. Für das kleine Boot HEIDI entsteht folgendes Längen-Breiten-Produkt: Länge ü. a. 3,20 m, nutzbare Spiegelbreite = 1,35 m, Produkt = $4{,}32\,m^2$. Beim Aufsuchen der Kurve findet man die zulässige Höchstleistung zu 12 PS, wie am linken Rande leicht abgeschätzt werden kann. Höchstleistung heißt nun aber keineswegs empfohlene Leistung! Wer nicht die Absicht hat,

flotten Wasserskisport zu betreiben oder Bravourstückchen vorzuführen, wird für normale Tourenfahrten etwa die Hälfte der Höchstleistung wählen, in diesem Falle also einen Außenbordmotor von rund 6 PS Leistung. Folgende Empfehlung gilt vor allem für größere Boote mit höheren zulässigen Leistungen:

	empfohlene Motorleistung
normale Tourenfahrt	1/2 Nenn-PS
wirtschaftliche Spazierfahrt	1/4 Nenn-PS

Wächst die Länge auf 4 m an, so lässt sich schon ein richtiges Motorboot schaffen. Das heißt, es besitzt ein begehbares längeres Verdeck, dazu Windschutzscheibe und zwei Reihen von Polstersitzen in der Plicht, wie Grundriss *A* gut erkennen lässt. Am Heck findet man eine Mulde oder Wanne für den Außenbordmotor. Diese hat die Aufgabe, eventuell über den Spiegel schlagendes Wasser aufzufangen und wieder nach außenbords abzuleiten. Mit der offenen Spiegelanordnung nach Grundriss *B* kann es besonders bei zu starken Motoren vorkommen, dass ein Boot über Heck volläuft und dann sogar absinkt. Ein solcher Vorfall ist bei vernünftig angelegter Mulde unmöglich.
Das Boot MARIANNE hat eine größte Breite von 1,75 m, dazu eine nutzbare Spiegelbreite von 1,50 m, so dass sich ein Längen-Breiten-Produkt von 6,0 m² ergibt. Für diese Bootsgröße ist nach der Kurve bereits ein Motor von 40 PS Katalogleistung zulässig. Damit er-

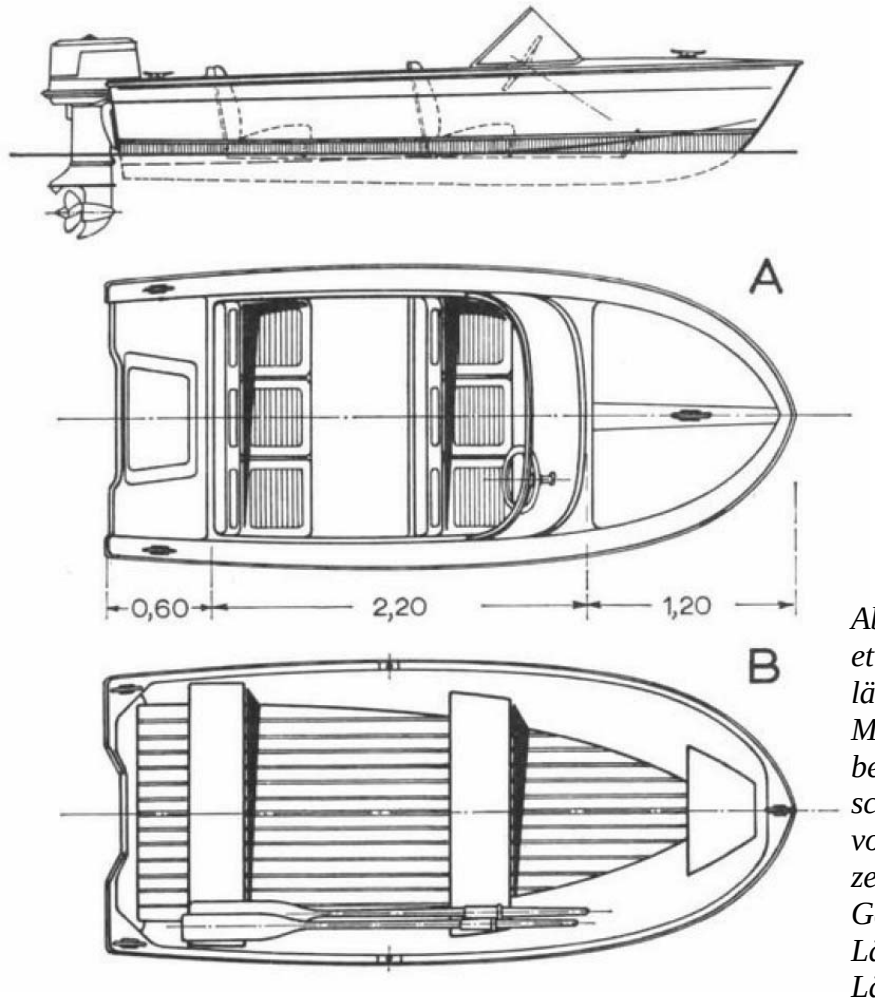
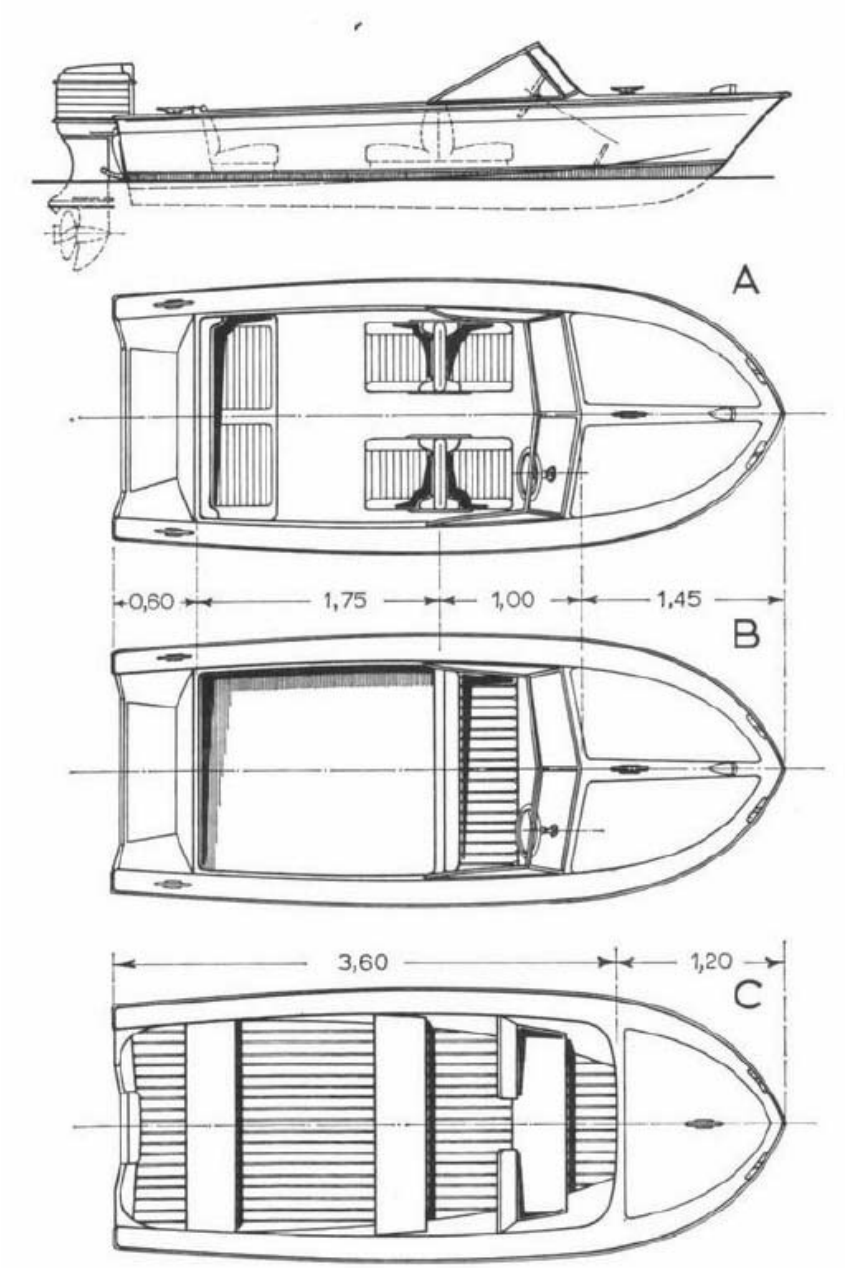


Abb. 57 „ Marianne". Mit diesen etwas größeren Abmessungen lässt sich schon ein richtiges Motorboot schaffen, mit begehbarem Vordeck, Windschutzscheibe und zwei Reihen von Polstersitzen. Grundriss B zeigt die Ausführung als Gebrauchsboot.
Länge ü, a 4,00 m
Länge WL 3,60 m
Breite 1,75 m
Seitenhöhe 0,62 m

zielt man eine flotte sportliche Fahrt, selbst wenn man das Boot einmal voll besetzt mit sechs Personen fahren sollte. In normaler Leichtbauweise und mit 2 Personen an Bord kann eine Geschwindigkeit von 50 km/h erzielt werden.
Entschließt man sich stattdessen zu einer gemäßigten Anlage nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten, so erreicht man mit einem Motor von 20 PS immer noch eine Geschwindigkeit von rund 35 km/h. Auch diese reicht gut aus, um Wasserskisport zu betreiben. Auf der Gewinnseite stehen die niedrigeren Anschaffungskosten, der geringere Brennstoffverbrauch und das leichtere Gewicht des Motors. Das letzte bedeutet nicht nur, dass der Motor mit weniger Anstrengung von Bord genommen werden kann, sondern dass er wahrscheinlich auch besser gepflegt wird.
Es gibt eine keineswegs kleine Zahl von Liebhabern des Lebens auf Flüssen und Seen, die nicht auf Polstersitzen hinter einer Windschutzscheibe sitzen wollen. Entweder sind sie Freunde der Sportfischerei, oder sie möchten mit der Familie zum Baden fahren oder Bewegungsfreiheit auf einem Wassergrundstück gewinnen, vielleicht sogar Waren transportieren. Für solche Wünsche eignet sich bestens die Anordnung nach Grundriss B, Utility- oder Gebrauchsboot genannt. Wählt man dazu nur ein Viertel der höchsten Nennleistung aus dem Kurvenblatt, also in diesem Falle einen 10-PS-Motor, so darf man immer noch mit der recht annehmbaren Geschwindigkeit von 25 km/h rechnen. Auch ein Boot dieser Größe kann noch ziemlich gut gerudert werden, weshalb ein Paar Bootsriemen im Grundriss zu sehen ist. Will man das offene Gebrauchsboot mit einem 40-PS-Motor ausrüsten, dann könnte sich das Fehlen einer Motorwanne gefährlich bemerkbar machen. In einer übertrieben scharfen Kurve oder bei plötzlichem Stoppen kann ein bedeutender Schwell von Wasser über die niedrige Spiegelkante ins Bootsinnere gelangen.
Als nächstes wird das große Außenbord-Sportboot CLAUDIA gezeigt, wie es in mancherlei Abwandlungen auf allen Gewässern anzutreffen ist. Mit einer Länge ü. a. von 4,80 m und einer Breite von 1,90 m besitzt es ungefähr die vorteilhaftesten Abmessungen für ein größeres Boot mit Antrieb durch einen starken Außenbordmotor. Mit einer nutzbaren Spiegelbreite von 1,75 m entsteht ein Größenprodukt von 8,4 m^2, wofür laut Kurvenblatt eine Motorleistung von 92 PS zulässig ist. Bei derartig starkem Antrieb erreicht die CLAUDIA mit 2 Personen und leichter Ausrüstung Geschwindigkeiten bis zu 70 km/h. Hinzu kommt die Eleganz des modernen schnellen Bootes mit langem Vordeck, wirksamem Windschutz, geschmackvoller Anordnung der Sitze und selbstverständlich auch einer guten Mulde für den Motor am Heck.
Die unter A gezeigte Einrichtung hat sich weitgehend eingeführt. Nicht etwa, weil zwei Fahrgäste rückwärts sitzen, sondern weil die beiden vorderen Doppelsitze sich durch Ausziehen in Liegen umwandeln lassen. Aber auch das Rückwärtssitzen hat etwas für sich, nämlich beim Fischfang durch Trolling. Wer dieses wirklich betreiben möchte, darf sich allerdings nicht auf diesen starken Motor verlassen. Hochleistende Außenbordmotoren haben die Tendenz, im Langsamlauf unregelmäßig und stotternd zu arbeiten. Deshalb wird der Sportangler eine Leistung von nicht mehr als 20 PS wählen, mit der das Boot noch immer eine Fahrt von 30 km/h erreichen kann. Für normales Tourenfahren mit der Hälfte der erlaubten Höchstleistung, also 45 PS, kann man mit der beachtlichen Geschwindigkeit von 50 km/h rechnen.
Die Plichteinrichtung nach Grundriss A hat viele Vorzüge, und doch gibt es manche Liebhaber für die zugefügten Alternativen. Wer sich vor allem auf andere Sportarten konzen-



Abb, 58 "Claudia". Zu diesem größeren Bootskörper werden drei verschiedene Einrichtungen gezeigt: unter A die gegenwärtig bevorzugte Sportbootanordnung, unter B die große freie Fussbodenfläche für Wasserskifahrer und Sporttaucher und unter C die ungepolsterte Einrichtung als Gebrauchsboot.

Länge ü.a.	*4,80 m*
Länge WL	*4,15 m*
Breite	*1,95 m*
Seitenhöhe	*0,70 m*

triert, Wasserskifahren oder Tauchsport, wird die große freie Plicht nach B besonders schätzen. Der Sporttaucher kann seine Geräte besser handhaben und auch unterbringen; hier kann der pudelnasse Schwimmer an Bord steigen, ohne die Polster zu durchnässen. Will man aber Gästefahrten veranstalten, so lassen sich die nötigen Sitzplätze leicht durch lose Sessel ergänzen. Unter C findet sich die Anordnung eines reinen Gebrauchsbootes. Sie wird von solchen Eignern bevorzugt, die ein Wasser-grundstück besitzen, gelegentlich Waren transportieren, zum Baden ausfahren oder sonstige Zweckbesuche zu erledigen haben. Der Sportfischer kann ungeniert seine Geräte ausbreiten, sogar gelegentlich Fische abschuppen. Die Einrichtung ist anspruchslos, aber solide, besitzt vollen Gebrauchswert und verlangt wenig Pflege. Die so genannte Viertel-Motorleistung von 20 PS dürfte für die meisten Zwecke ausreichen. Auch hier wird das niedrige Motorengewicht geschätzt, denn es erleichtert das Herausnehmen und die Pflege des Motors.

Die Dreikielbootsform

Ein gänzlich andersartiges Boot liegt mit dem Typ MÖWE vor. Alle vorhergehenden Boote waren in der üblichen Knickspantform ausgeführt worden. An dem Typ MÖWE von 5,20 m Länge und 2,10 m Breite erkennt man schon im Grundriss, dass hier eine andere Form an-gewandt wurde, nämlich die so genannte Dreikielform. Man kann sich darunter einen schmalen, normal durchlaufenden Mittel-Bootskörper vorstellen, an den sich links und rechts je ein halber Bootskörper anlehnt. Dadurch entstehen drei Kiele, von denen gewöhnlich nur der mittlere voll bis achtern durchläuft; die seitlichen verlieren sich in der Bodenform auf etwa drei Viertel der Länge. Die im Vorschiff entstehende Form wird mit verschiedenen Namen bezeichnet: Cathedral-, Möwenflügel- oder Dreikielform. In der Mehrzahl der Fälle enden sie jedoch in einem völlig normalen Spiegel, genau gleich den üblichen Einkielbooten. Vergleiche Fotos Nr. 17 und 32.
Bei einigen Booten reichen die drei Kiele aber tatsächlich bis zum Spiegel, dessen Boden dann wellenförmig aussieht. Hierfür wendet man auch die Bezeichnung Trimaranform an. Ein flaches Heck mit frühzeitigem Auslaufen der Seitenkiele wird gewöhnlich vorgezogen, weil man dadurch gutes Manövrieren erreicht. Laufen alle drei Kiele bis zum Heck durch, so wird selbstverständlich das seitliche Verdrängen des Hecks erschwert und damit das sonst so flinke Manövrieren dieser Boote verlangsamt.
Bei einem solchen Dreikiel- oder Möwenflügelboot entsteht ganz von selbst ein sehr breites, plattnasiges Vorschiff. Dadurch fährt es im Seegang außerordentlich trocken. Die beiden Seitenkiele sorgen einerseits für große Stabilität, andererseits aber gewährleisten sie ein weiches Einsetzen in den Seegang. Deshalb ist das Seeverhalten dieser Boote ungewöhnlich gut, was zu ihrer wachsenden Beliebtheit beiträgt. Da es aber nichts in der Welt kostenlos gibt, werden diese so schätzenswerten Vorzüge durch höheres Gewicht und geringere Geschwindigkeit erkauft.
Steht aber Seefähigkeit bei kleinen Bootsabmessungen an erster Stelle, so übertrifft das gut entworfene Dreikielboot jedes normale Einkielboot. So wurde diese Form auch für den Seenotdienst in küstennahen Gewässern gewählt. Sie wurde speziell von der englischen wie der französischen Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger dort in Dienst gestellt, wo Hilfe in der Nähe von Häfen oder Buchten geleistet werden muss. Dabei haben sich die Abmessungen gerade des hier gezeigten Modells MÖWE vorzüglich bewährt. Im Rettungsdienst dieser Art werden ebenfalls Außenbordmotoren verwandt, und zwar vorzugsweise zwei gleich starke, nebeneinander angeordnete Motoren, wie im Grundriss unter B erkennbar ist. Die Sitzeinrichtung wird allerdings gänzlich aufgegeben. Es wird im Stehen gesteuert, und zwar hinter einem fast in Schiffsmitte liegenden Kommandostand, der in seinem Aussehen an die Kommandobrücke eines U-Bootes erinnert. Zur sportlichen Seite zurückkehrend, sei zunächst die zulässige Antriebsleistung untersucht. Mit einer tragenden Spiegelbreite von 1,95 m ergibt sich ein L/B- Produkt von 10,2. Aus dem Kurvenblatt wird zu dieser Größe eine Höchstleistung von 130 PS entnommen, wahrhaftig eine mächtige Antriebsleistung! Da das Boot durch seine breite Vorschiffsform viel Reserveraum enthält, dürfte diese Leistung sogar noch etwas überschritten werden. Doch soll man wirklich mehr noch als eine Fahrt von 80 km/h wünschen? Wählt man statt dessen die halbe Motorleistung, das sind 65 PS, so kommt das Boot noch immer auf rund 55 km/h, und mit der Viertelleistung von 32 PS sind etwa 35 km/h erreichbar.

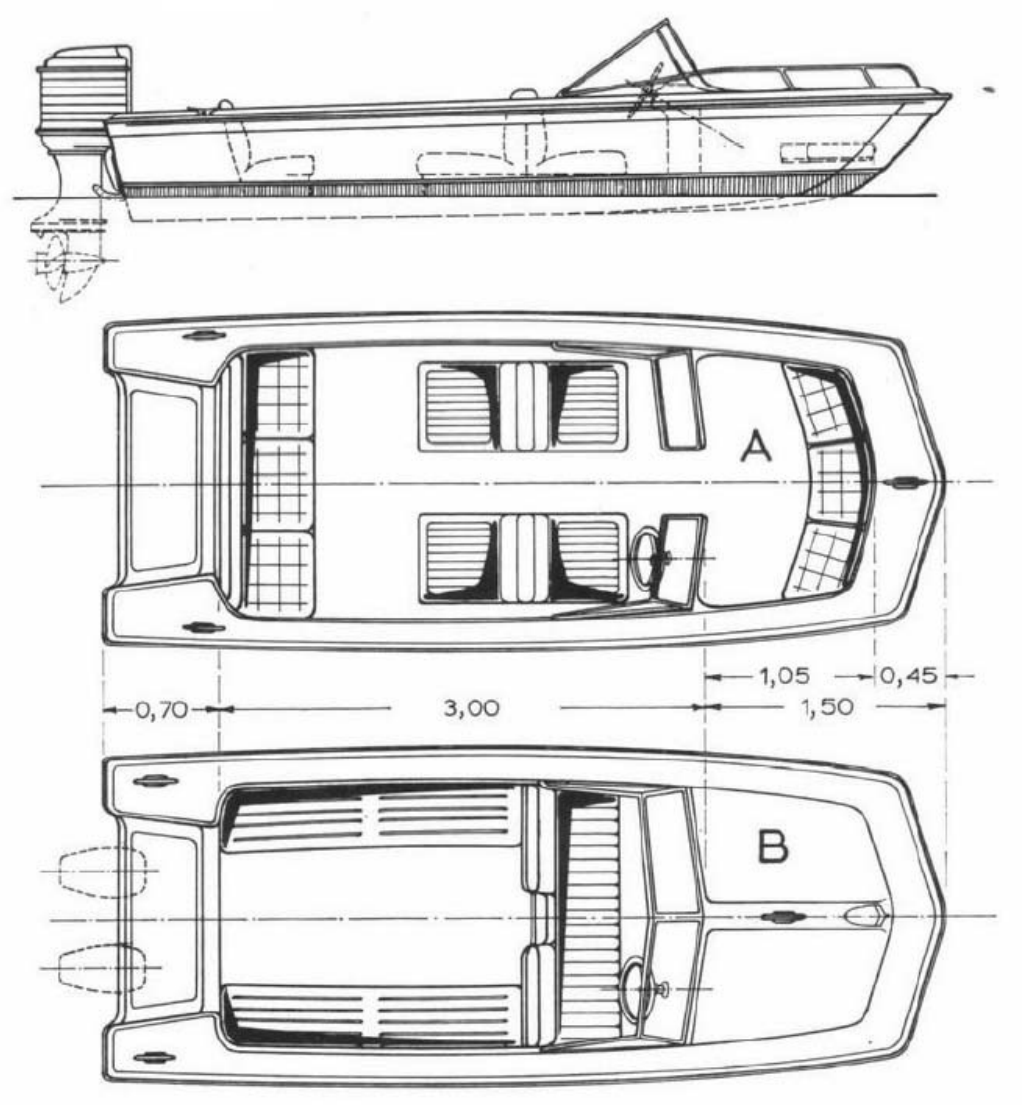


Abb. 59 „Möwe". Dieser Bootstyp besitzt die so genannte Dreikielform, wodurch erhöhte Stabilität und viel Innenraum gewonnen werden. Die etwas komplizierte Form wird nur in Glasharz serienmäßig ausgeführt. Man beachte im Grundriss A die vorn liegende Plicht, wogegen Grundriss B eine Variante als Gebrauchsboot zeigt.

Länge ü.a.	*5,20 m*	*Breite*	*2,10 m*
Länge WL	*4,50 m*	*Seitenhöhe*	*0,70 m*

Das so genannte Küstenrettungsboot mit denselben Abmessungen erhielt als Antrieb 2 Motoren von je 45 PS Leistung. Damit kann es in glattem Wasser, trotz allerlei Mehr an Ausrüstung, eine Geschwindigkeit von gut über 50 km/h erreichen.
Von den beiden Grundrissen, die keineswegs als erschöpfend gelten sollen, ist besonders auf die vordere Plicht unter A hinzuweisen. Bei dieser Anordnung gibt es einen Durchgang vom Steuerstand nach vorn, wobei der Mittelteil der Windschutzscheibe entweder beiseite geklappt wird oder auch gänzlich entfällt. Diese beim breiten Dreikielboot gut ausführbare Einrichtung hat sich geradezu blitzartig eine große Anhängerschaft erworben,

bleibt doch die vordere Plicht dank des breiten Decks frei von Spritzwasser. Sie ist der Lieblingsaufenthalt der Kinder, die zugleich unter den Augen des Vaters bleiben. Manche Ausführungen besitzen unterhalb des wegklappbaren Teils der Windschutzscheibe noch eine Tür.
Die Doppelsitze der achteren Plicht können auch hier in Liegen umgewandelt werden. Unter B findet sich der Grundriss in Gebrauchsbootanordnung. Sie wurde in diesem Falle darauf eingestellt, eine größere Zahl von Personen zu befördern. Bis zu 12 Personen lassen sich ohne Risiko bei dieser Größe und Bootsform unterbringen. Die Alternative würde sich also für den Übersetzdienst eines Klubs oder dergleichen gut eignen. Es sei ausdrücklich hervorgehoben, dass die einzelnen Abwandlungen in den Grundrissen keineswegs an die jeweiligen Bootsgrößen gebunden sind. Man kann fast unbegrenzt alle Plichteinrichtungen gegeneinander austauschen, solange man innerhalb praktischer Grenzen bleibt. So kann die doppelte Sitzreihe des 4-m-Bootes MARIANNE ohne weiteres in jedem größeren Boot untergebracht werden. Dagegen sollte man nicht versuchen, die vordere Plicht des 5,20-m- Bootes Möwe: in das 4,80-m-Normalboot CLAUDIA zu verlegen, weil das letzte nicht die große Decksbreite der Dreikielform besitzt und deshalb etwas mehr unter Spritzwasser leidet.
Bei der Serie der gezeigten Außenbord-Motorboote wurden typische Bootsgrößen und Einrichtungen ausgewählt. Alle Zwischengrößen sind denkbar und werden laufend hergestellt. Die wichtigsten Alternativen im Grundriss wurden gezeigt, jedoch damit keineswegs erschöpft.
Alle Boote in Rund- und V-Spantform können wahlweise in Glasharz, Sperrholz oder Leichtmetall erbaut werden, ebenso auch in Vollholz. Die Dreikielform hingegen ist so kompliziert, dass sie ausschließlich in Glasharz hergestellt wird. Eine Frage bleibt noch offen: Ist es vorteilhafter, einen großen Außenbordmotor mir voller Leistung zu wählen oder zwei Motoren von jeweils halber Leistung? Eine Antwort kann nur nach Klärung der vorliegenden Verhältnisse gegeben werden. So kostet es weniger Mühe, zwei kleinere Motoren nacheinander von Bord zu nehmen als einen großen. Dadurch wird die Pflege begünstigt. Versagt der Motor einmal seinen Dienst, sei es durch Propellerschaden, Schmutz im Brennstoff oder dergleichen, so bleibt das mit nur einem Motor betriebene Boot bewegungslos liegen. Hat es dagegen zwei Motoren, so kann es die Fahrt unbekümmert fortsetzen. Dabei verliert es nur etwa ein Viertel seiner Geschwindigkeit. Es sind dies, wie man sieht, sehr einleuchtende Argumente zugunsten des Antriebs durch zwei Motoren.
Zugunsten des einzigen Motors von doppelter Leistung sprechen aber ebenso viele andersartige Gründe: die Gesamtanschaffungskosten sind niedriger, die Geschwindigkeit durchschnittlich um 10 Prozent höher. Es ist also wirtschaftlicher, mit nur einem starken Motor zu fahren als mit zwei Motoren halber Leistung.

Kleine Motorkreuzer mit Außenbordmotor

Seiner ganzen Natur nach ist der Außenbordmotor für leichte Boote und größere Geschwindigkeit geschaffen. Sein Propeller ist durch kleinen Durchmesser und hohe Drehzahl gekennzeichnet, und das sind Voraussetzungen, die nur auf hohe Geschwindigkeiten gut anwendbar sind. An schweren Booten mit langsamer Fahrt arbeiten solche Propeller mit schlechtem Wirkungsgrad. Zwar werden von den Fabriken auch Propeller für derartige Dienste geliefert, doch liegen deren Drehzahlen noch immer viel zu hoch, um wirklich gute Wirkungsgrade zu erreichen.

In unserer Nähe wurde einmal ein 12-m- Motorkreuzer gebaut, der zum Antrieb drei Außenbordmotoren von je 80 PS Leistung bekam. Äußerlich unterschied sich der Motorkreuzer durch nichts von der üblichen Bauart. In der Mitte befand sich ein erhöhtes Steuerhaus, unter welchem zwei normale Einbaumotoren gut Platz gefunden hätten. Doch herrschte dort gähnende Leere. Stattdessen war am Heck eine sehr niedrige, breite Motorwanne ausgeführt worden, wo alle drei Antriebsmotoren nebeneinander Platz fanden. Dicht davor, unter den Bänken, wurden Brennstofftanks für das erforderliche Mischbenzin eingebaut. Der Eigner freute sich darauf, mit 240 PS Antriebsleistung dahinzubrausen und keinerlei Motorengeräusch und Vibrationen zu spüren. Dieser Fall lag so einmalig, dass die Motorenfabrik extra einen Vertreter schickte, um sich dieses Wunder anzusehen. Die Wirklichkeit wurde ein bedauerlicher Misserfolg! Erstens erzielte das Schiff bei weitem nicht die Geschwindigkeit, die es mit gleich starken Einbaumotoren erreicht hätte. Zweitens ergab sich ein mehr als doppelt so großer Brennstoffverbrauch, der außerdem mit dem richtigen Ölzusatz gemischt werden musste. Drittens schleppte der breite Spiegel eine mächtige Auspuffwolke nach sich, so dass die Motoren teilweise wieder ihre eigenen Kohlenoxydgase ansaugten und deshalb nicht richtig auf Leistung kamen. Schließlich litten sie noch unter Korrosion an den Motorsäulen. Das Losnehmen der Motoren war schwierig, weil sie ja durch das Betriebsgestänge miteinander verbunden waren. Das Manövrieren war langsam und unsicher, da die zu kleinen Propeller das große Schiff im Rückwärtslauf nur allmählich zum Stehen brachten. Die Wartung der Motoren war umständlich, die Lebensdauer kurz. Ein Vorteil bezüglich Geräusch oder Vibrationen wurde nicht erzielt, statt dessen war an der ständig dem Boot nachlaufenden Rauchwolke zu erkennen, dass der mit Benzingemisch laufende Zweitaktmotor keine so gute Verbrennung hat wie der Viertakter. Dieses um so mehr, als die Motoren wegen der Größe des Schiffes nicht ihre normale Drehzahl erreichten.

Die Nachteile des Außenbordmotors zum Antrieb von Motorkreuzern wurden hier an einem extremen Fall geschildert. Sie wären alle vermieden worden, wenn der Eigner sich von einem erfahrenen Techniker hätte beraten lassen.

Drei Dinge sind Voraussetzung, wenn man Motorkreuzer durch Außenbordmotoren antreiben will: leichte Bauweise des Bootes, um flotte Fahrt zu erreichen; passend ausgewählte Motorleistung und Propellerdrehzahl, um guten Wirkungsgrad des Antriebs zu erzielen; und angemessene Pflege des Motors.

Jedes offene Boot von genügender Länge lässt sich durch Aufsetzen einer Schutzkabine an besondere Schlechtwetterverhältnisse anpassen. Dadurch entsteht zwar noch kein Motorkreuzer, denn es fehlen ihm dazu mehrere Voraussetzungen: keine Kochstelle, kein Schrankraum, keine Toilette, ja, die Kabine bleibt sogar nach achtern offen. Ein Aufbau

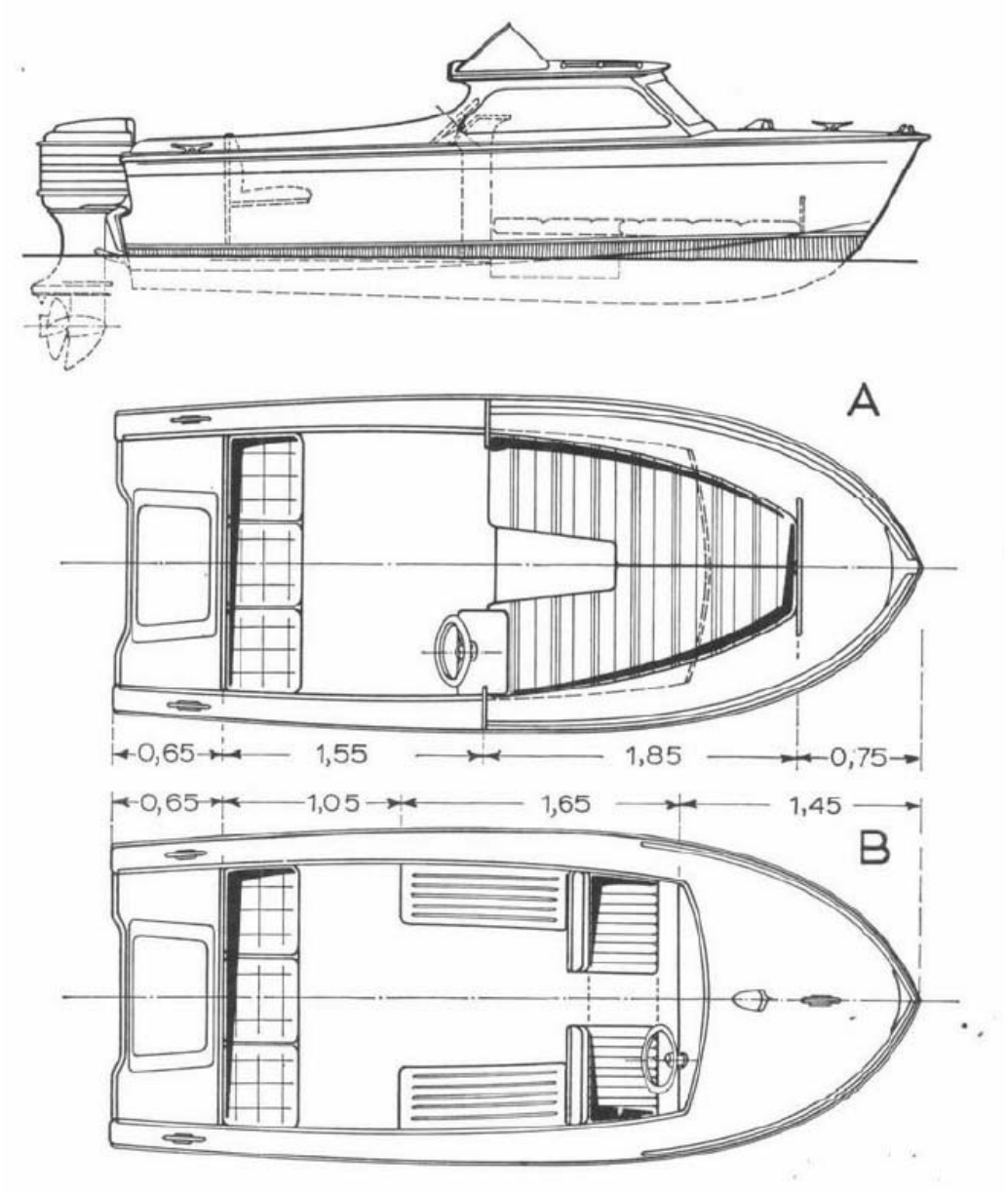


Abb. 60 „Birgit". Ein Außenbord-Motorboot mit Schutzkabine. Die Einrichtung unter A zeigt einen außenliegenden Steuerstand und zwei Kojen von ausreichender Schlafgröße. Unter B liegt die Steuerung in der Kabine mit anschließenden Sitzbänken.

Länge ü. a.	*4,80 m*	*Breite*	*2,00 m*
Länge WL	*4,25 m*	*Seitenhöhe*	*0,90 m*

ist jedoch überaus praktisch, um Steuermann und Gäste vor den Unbilden des Wetters zu schützen. Ein solches Nachmittags-Kabinenboot wird im Modell BIRGIT gezeigt. Seine Abmessungen von 4,80 x 2,00 m stellen beinahe die untere Grenze dar, bei der ein solcher Schutzaufbau angewandt werden kann.
Rechnet man mit einer nutzbaren Spiegelbreite von 1,65 m, so ergibt sich ein L/B- Produkt von 8 m². Hierfür ist eine Nennleistung von etwas über 80 PS zugelassen, womit eine Geschwindigkeit von 50 km/h erreicht und überschritten wird.

Entschließt man sich für Mäßigung und Wirtschaftlichkeit, so ist eine Motorleistung von 40 PS ausreichend, um eine Fahrt von 38 bis 39 km/h zu erzielen. Selbst bei der so genannten Viertelleistung von 20 PS genießt man noch eine angenehme Spazierfahrt von rund 24 km/h. Vorausgesetzt wird leichte Bauweise, wozu Bootsbausperrholz sich besonders gut eignet, sowie Belastung an Bord durch 2 Personen und mäßige Ausrüstung. Im Grundriss A befindet sich der Steuerstand in der Plicht, recht gut hinter einer kleinen Windschutzscheibe angeordnet. Dadurch lassen sich in der Kabine zwei brauchbare Kojen unterbringen. Eine richtige Motorwanne und guter Freibord, in Verbindung mit reichlicher Eindeckung, machen dieses kleine Bootchen recht brauchbar für mäßigen Seegang auf Flüssen und Seen oder an der Küste, nicht zu Fern vom schützenden Hafen. Der Grundriss B zeigt eine ganz andere Raumeinteilung für denselben Bootskörper mit gleicher Schutzkabine. Hier liegt das Steuerrad vorn in der Kabine, und für Steuermann nebst Begleiter ist je ein bequemer Polstersitz vorhanden. Daran schließen sich zwei Seitenbänke an, um achtern mit der normalen Querbank abzuschließen. Diese Anordnung ist für Gebrauchszwecke vorteilhaft, vom sportlichen Fischfang über Wasserskilauf bis zum Transport von Personen und Waren.

In Schlechtwettergebieten hat ein Boot mit Schutzkabine viele Vorteile. Es kann oft auch dann noch benutzt werden, wenn des Wetters wegen auf Fahrten in offenen Booten verzichtet wird.

Wie ein wirklicher kleiner Außenbordkreuzer aussehen kann, zeigt der Entwurf MONICA. Größe, Gesamtanordnung und Raumeinteilung haben sich vielfach bewährt. Wird ein solcher Bootskörper in 5,80 m Länge und 2,20 m Breite genügend leicht ausgeführt, wozu sich wiederum Bootsbausperrholz sehr gut eignet, so wird ein Antrieb mittels Außenbordmotor alle Erwartungen erfüllen. Zu einer praktischen Spiegelbreite von 1,90 m ergibt sich ein Produkt von 11 m^2 und eine zugelassene Höchstleistung von 145 PS. Damit lässt sich die beachtliche Geschwindigkeit von fast 55 km/h erzielen. Gerade darin liegt der Vorteil des Außenbordmotors! Keine andere Art motorischen Antriebs, sei es Einbaumotor oder Z-Antrieb im Heck, ist gewichtsmäßig so leicht wie der moderne Außenbordmotor. Besteht man dazu auf Leichtigkeit des Bootskörpers, so erhält man ein durchaus wirtschaftliches Ganzes. Achtet man ferner auf schonenden Betrieb und gute Wartung nach jeder Ausfahrt, so wird man mit einer annehmbaren Lebensdauer des Motors belohnt.

Es ist keineswegs erforderlich, einen Motor von der zugelassenen großen Leistung auch anzuwenden. Mit halber Leistung, also rund 75 P5, lassen sich immer noch sehr annehmbare 40 km/h erwarten. Sogar mit der Viertelleistung von 35 PS erreicht man die durchaus erfreuliche Geschwindigkeit von 28 km/h.

Seitenansicht *A* und *B* unterscheiden sich vor allem durch die Anordnung des Steuerstandes. Bei *A* liegt er innerhalb der Kabine mit größerem Schutz, worunter aber die Wohnlichkeit leider. Es gibt dort nur zwei Notschlafplätze. Ansicht *B* zeigt den Kreuzer mit richtiger Toureneinrichtung in der Kabine, wobei der Steuerstand hinter einer Windschutzscheibe im Freien angeordnet wurde. je nach Fahrtgebiet und Reiseziel haben beide Varianten ihre Berechtigung, in der Praxis werden jedoch bedeutend mehr Tourenboote mit Kreuzereinrichtung nach *B* gebaut. Das Boot als solches eignet sich in seiner Größe und Form sehr gut zum Bau in Sperrholz, doch Glasharz und Leichtmetall werden ebenfalls verwendet. Die Toureneinrichtung des Grundrisses soll kurz erläutert werden. Eine Bootslänge von 5,80 m stellt die unterste Grenze dar, bei der eine brauchbare Kabine mit Kochstelle und



Foto 30 Das Aussehen des europäischen Runaboats: links das 6,50-m-Modell „Ariston“, rechts das 8,25-m-Modell „Aquarama“ von Cantieri Riva, Sarnico. Das kleinere Boot erreicht mit 220-PS-Benzinmotor fast 70 km/h; das größere mit zwei solchen Motoren sogar 75 km/h.
Foto: Riva, Sarnico

Foto 31 Ein amerikanisches Runaboat „Formula 233“ mit zwei Z-Antrieb-Motoren von je 120 PS Leistung. Das Glasharzboot hat eine Länge von 7,10 m und eine Breite von 2,75 m. Die „Formula“- Serie wurde von Jim Wynne und Walt Walters entworfen und zeichnet sich durch gutes Seeverhalten aus. *Foto: Thunderbird, Miami*

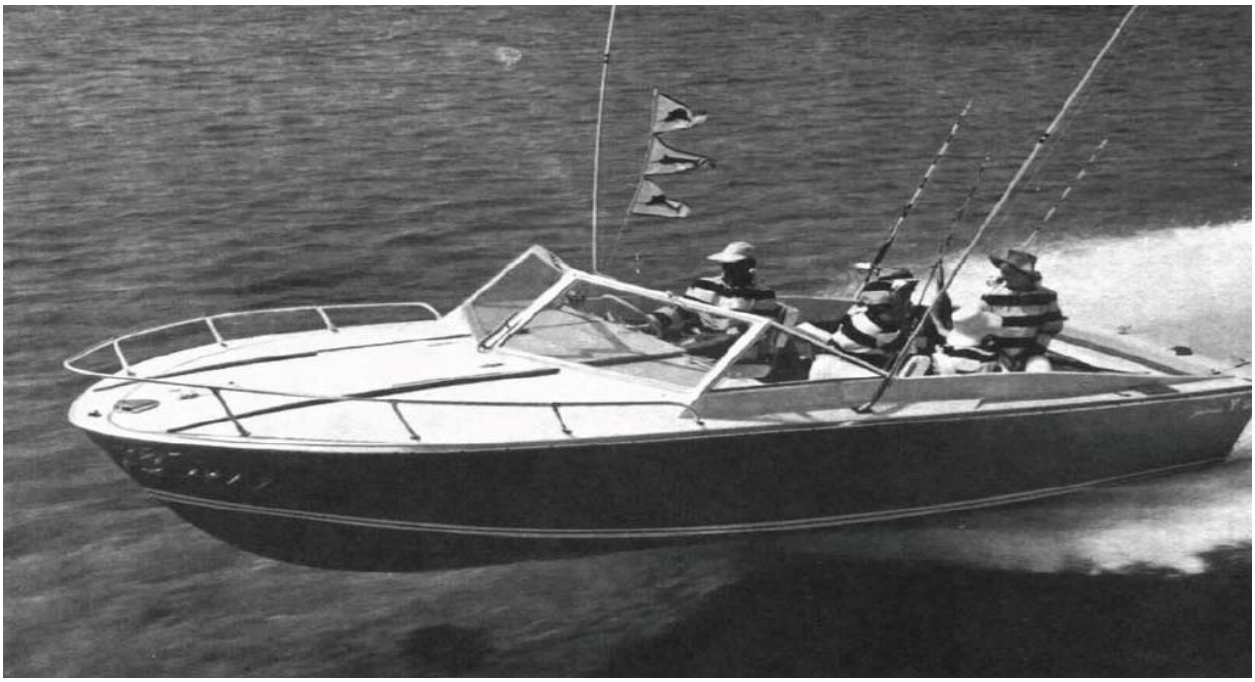




Foto 32 Ein schnelles 4,60-m-Sportboot in Dreikielform. Serienherstellung in Glasharz der Quachita Marine and Industrial Corp., USA. Die Form verbindet große Stabilität mit trockener Fahrt im Seegang. *Foto. Ouachita*

Foto 33 Modernes Glasharz-Runaboat mit 100-PS-Außenbordantrieb "Formula 199".
Länge = 5,65 m, Breite = 2,15 m. Das gleiche Boot wird auch mit Z-Antrieb ausgerüstet.
Foto; Thunderbird, Miami



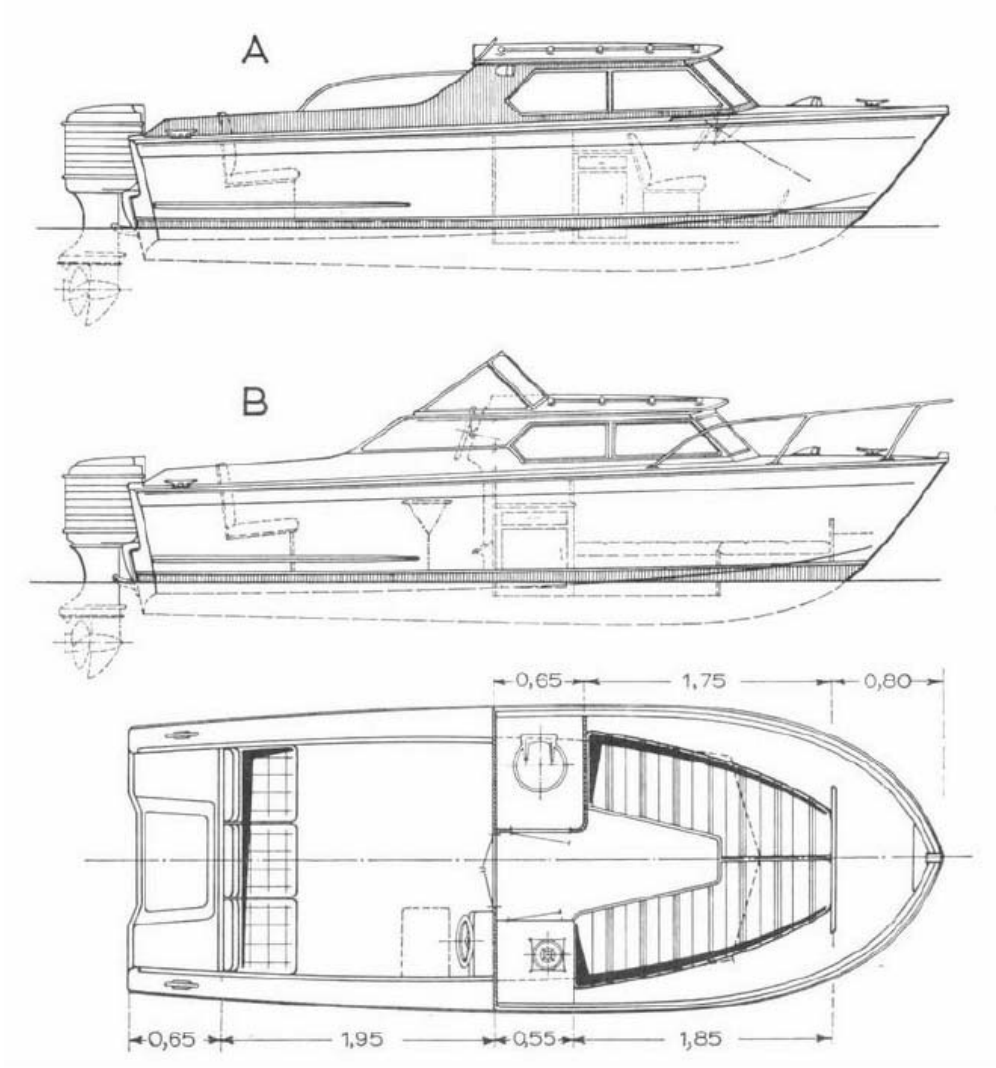


Abb. 61 „Monica" Hier wird ein echter, kleiner Außenbord-Motorkeuzer vorgeführt. Er besitzt ungefähr die kürzeste Rumpflänge, die sowohl eine praktische Einrichtung wie eine ausreichend große Plicht erlaubt. Einrichtung A besitzt Innensteuerung, Einrichtung B dagegen einen Außensteuerstand mit entsprechend mehr Wohneinrichtung in der Kabine.

Länge ü. a.	*5,80 m*	*Breite*	*2,20 m*
Länge WL	*5,10 m*	*Seitenhöhe*	*1,00 m*

getrennten Toilettenraum ausführbar ist, wobei diese auch die durchschnittlichen Mindestmaße erreichen. Bei noch kleineren Abmessungen des Bootskörpers wird die Harmonie des Ganzen gestört, irgendwie leiden sowohl Wohnlichkeit wie Fahrteigenschaften. Der kleine MONICA-Kreuzer hat sich sogar im Vergleich mit etwas größeren Booten ausnehmend gut bewährt. Beide Schlafkojen haben ausreichende Mindestlänge und -breite, auch die Plicht ist genügend lang, um dort Notschlafplätze einrichten zu können. Als besonders angenehm wird die geräumig und hell wirkende Kabine empfunden, ebenso der Außensteuerstand, der bei jeder Geschwindigkeit vollkommene Sicht gewährleistet. Eine vorn umlaufende Reling sowie Handgriffe entlang des Kabinendecks machen das Verdeck sicher begehbar.

Die Gesamtanordnung nach A dient nicht der kleinen Kreuzfahrt, sondern dem schnellen Verkehr, mit sehr gutem Schutz bei Kälte oder Regen. Sie enthält die gleiche Toilette in geschlossenem Raum, und auf Wunsch lassen sich sogar die gleichen zwei Kojen des Grund-risses schaffen, wenn der Steuersitz wegnehmbar ausgeführt wird.

Schnelle offene Sportboote mit Einbaumotoren

In den zwanziger Jahren kam das so genannte Autoboot zur Blüte: ein offenes Tourenboot für Familienfahrten, bei dem der Motor unter dem langen Vordeck kurz vor der Schiffsmitte eingebaut war. Nach achtern schloss sich eine offene Plicht an. Die Mehrzahl der Boote war zwischen 6 und 8 m lang, doch gab es Extreme bis zu 11 m Länge, deren Breite gerade eben das Maß von 1,80 bis 2,00 m erreichte.
Inzwischen hatte sich in den Vereinigten Staaten eine andere Art offener Motorboote durchgesetzt, bei welcher der Motor kurz hinter der Schiffsmitte lag, die Plicht nebst Steuerung statt dessen weiter vorn. Diese Anordnung wurde möglich, nachdem verbesserte Bootsmotoren unter stärkeren Neigungswinkeln eingebaut werden konnten. Man gab dieser neuen Bootsgattung den Namen *Runabout*; sie wurde von vielen Werften gebaut, deren bekanntesten die Namen Chris Craft und Gar Wood trugen. Ja, es kam so weit, daß man in vielen Ländern der Welt vom Chris-Craft- Boot sprach, ohne zu wissen, dass dies der Name eines Bootsfabrikanten war. Auch wir wurden häufig von Kunden besucht, die

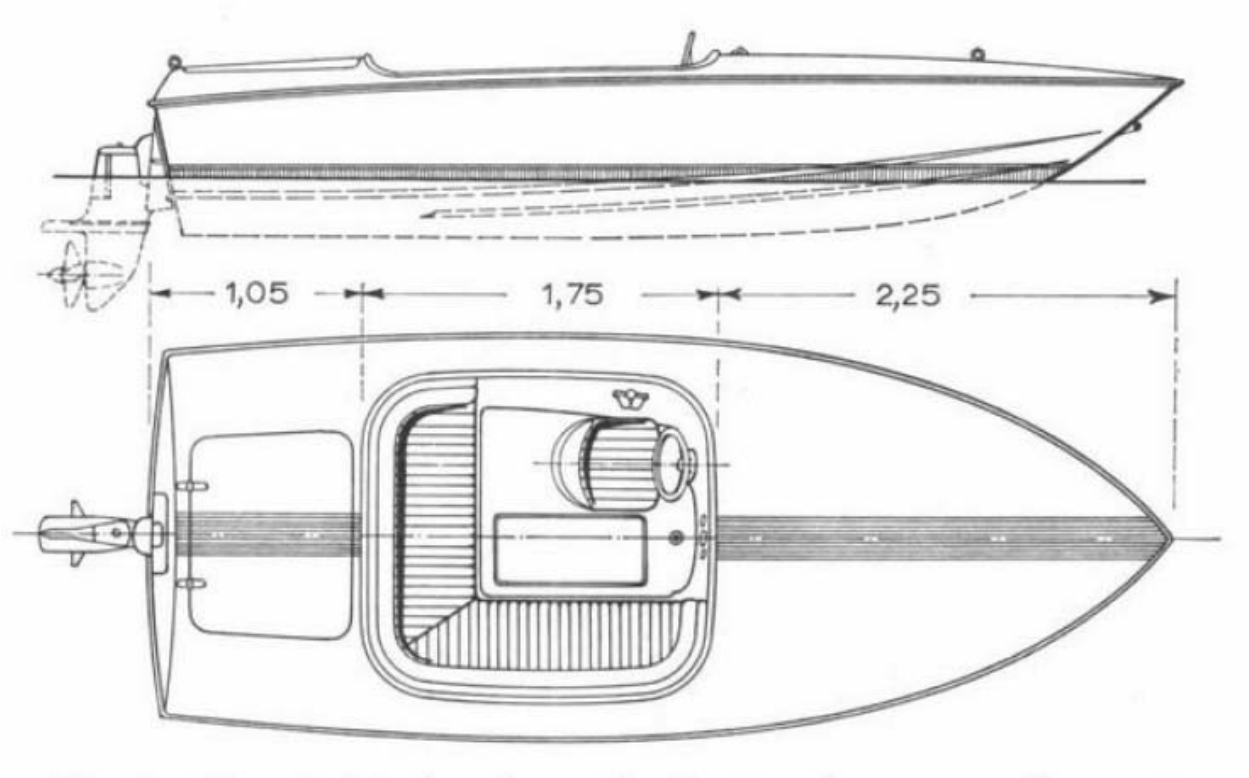


Abb. 62 „Donzi". Ein bewährtes schnelles Sportboot, entworfen von Jim Wynne und Walt Walters (USA). Mit verschiedenen Z-Antriebsmotoren ausgerüstet, werden Geschwindigkeiten bis zu 78 km/h erreicht.

Länge ü. a	*5,05 m*	*Breite*	*2,10 m*
Länge WL	*4,40 m*	*Seitenhöhe*	*0,80 m*

ein *Chris-Craft-Boot* bestellen wollten, das wir dann unauffällig mit der Bezeichnung *Lancha Automovil tipo Chris Craft*, also Autoboot vom Chris-Craft-Typ, umschrieben. Heute gibt es eine sehr große Auswahl an schnellen offenen Sportbooten, von denen vier untereinander verschiedenartige Modelle einen Überblick geben sollen. Als kleinstes wird ein Boot namens DONZI vorgeführt, das bei seinem Erscheinen vor einigen Jahren Aufsehen erregte, weil es sowohl im Längen-Breiten-Verhältnis wie in der Sitzraumanordnung eine Neuigkeit darstellte. Die Ideen dazu stammten vom Konstrukteurspaar Jim Wynne und WaIt Walters, aber auch der geschickte Erbauer Don Aronow trug ein gut Teil zum geglückten Gesamtergebnis bei.
DONZI ist nur 5,05 m lang und hat dazu die außergewöhnliche Breite von 2,10 m. Der Boden wurde in tiefer V-Spantform mit 24 Grad Aufkimmung ausgeführt. Die eigenartige, fast kreisrunde Plicht enthält Sitzplätze für 5 Personen, mit einem verstellbaren Steuermannssitz, der um volle 360 Grad gedreht werden kann.
Als Antriebskraft wird meistens ein Benzinmotor von 165 PS Leistung bei 4400 U/min verwandt, doch reichen die Alternativen bis zum 110-PS-Volvo-Penta-Motor. In jedem Falle liegt der Motor im Heck und arbeitet über einen Z-Antrieb am Spiegel, wie aus der Zeichnung zu ersehen ist. Mit dem stärkeren Motor wird eine Geschwindigkeit von rund 78 km/h erreicht. Trotz der Kürze des Bootskörpers mit auffallend großer Breite zeichnet sich das Boot durch gute Kursstabilität aus, wozu die tiefe V-Spantform wesentlich beiträgt.
In dem nun folgenden Sportboot IRENE von 5,50 m Länge wird eine Anordnung gezeigt, die sich zur Zeit großer Beliebtheit erfreut. Durch die Lage des Motors weit im Heck wird eine sehr große freie Bodenfläche in der Plicht gewonnen. Hatte DONZI eine Plicht von 1,75 m Länge, so wurde hier bei nur wenig größerem Boot eine Plichtlänge von 3,85 m ge-

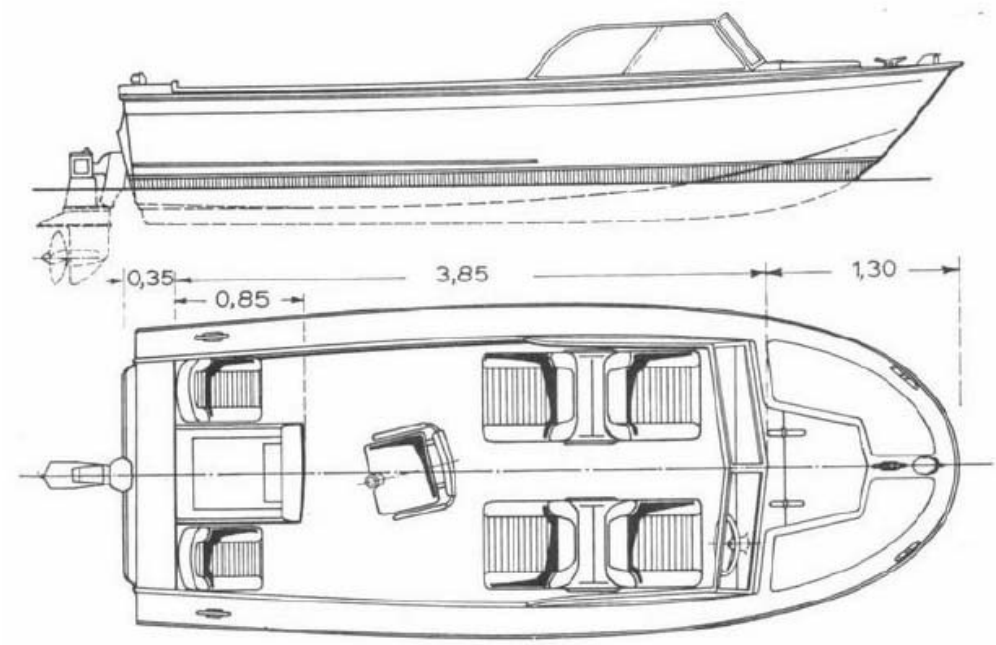


Abb. 63 „Irene". Ein schnelles Sportboot mit sehr größer Plicht. Die vorderen Doppelsitze sind ausziehbar und verwandeln sich damit in Liegen.

Länge ü.a.	*5,50m*	*Breite*	*2,20m*
Länge WL	*4,90m*	*Seitenhöhe*	*0,90m*

schaffen. Die Breite wurde nur wenig vergrößert; die ganze Anordnung darf als sehr geglückt gelten. Hier wurde zwar kein bestimmtes vorhandenes Modell dargestellt, denn eine ganze Reihe von Bootsherstellern bauen sehr ähnliche Boote. Doch soll der Typ SUNLINER von Glasspar genannt werden, der ziemlich genau dem Plan entspricht. Auch in diesem etwas größeren Boot werden normalerweise Leistungen zwischen 110 und 165 PS eingebaut, mit denen Geschwindigkeiten bis zu 70 km/h erreicht werden. Die Anordnung des Motors ganz im Heck hat manche Vorteile, nur verhindert sie die sonst dort übliche, über die ganze Breite reichende Sitzbank. Dass der Propellerwirkungsgrad hinter dem Getriebegehäuse etwas beeinträchtigt wird, macht sich bei diesen sehr leichten Booten noch nicht bemerkbar. Der Motor kann aber auch kurz hinter der Bootsmitte unter einem Kasten verdeckt stehen, in welchem Falle eine normale Propellerwelle nach achtern führt. Es ist eine Angelegenheit persönlicher Vorliebe, zwischen beiden Varianten zu wählen.

Steht ein Fahrtrevier mit vielen flachen Stellen und Sandbänken oder gar Steinen zur Verfügung, wo die Gefahr der Grundberührung und Propellerbeschädigung groß ist, dann hat der Z-Antrieb gewichtige Vorteile. Er empfiehlt sich ganz besonders für den Fall, dass ein solches Boot auf dem Anhänger befördert werden soll. Beim Aufslippen oder Zuwasserbringen vom Anhänger aus befinden sich nämlich Ruderblatt und Propeller in ständiger Gefahr, beschädigt zu werden. Der Wasserstrahlantrieb kommt ebenfalls in Frage, man lese darüber das spezielle Kapitel nach. Doch hat die normale Wellenanlage in freien Gewässern den Vorteil besseren Wirkungsgrades und längerer Lebensdauer. Boote wie DONZI oder IRENE werden heute kaum noch in Einzelanfertigung gebaut. Man findet sie deshalb fast ausschließlich in Glasharz, doch nichts spricht dagegen, sie in Bootsbausperrholz oder sogar Vollholz oder Leichtmetall herzustellen. Obwohl in der Seitenansicht des Bootes SYLVIA eine Schutzkabine zu sehen ist, stellen die Zeichnungen in erster Linie das klassische Runabout dar, wie es sich seit 40 Jahren in vielen Ländern der Weit bewährt hat. Zwar wurde die Form moderner und wirksamer, die Geschwindigkeit größer, doch die Anordnung blieb unverändert. Dieses klassische Runabout wird heute sogar mehr in Europa als in den Staaten, seinem Ursprungsland, gebaut. Es gefällt immer aufs Neue durch seine sportliche Eleganz.

Die als Beispiel gewählten Abmessungen von 6,00 - 2,20 m stellen einen guten Mittelwert dar, bei welchem eine doppelte Reihe von Polstersitzen zwanglos untergebracht werden kann. Noch bis hinunter zu etwa 5 m Länge ü. a. ist die doppelte Sitzreihe ausführbar. Kleinere Runabouts mit einfacher Sitzreihe werden bis zur Mindestlänge von etwa 4,00 m ü. a. gebaut.

Die klassische Anordnung mit achterlich eingebautem und völlig eingedecktem Motor wird im Grundriss *A* gezeigt. Als Gegenstück wird im Grundriss *B* die Anordnung als Gebrauchs- oder Utility-Boot vorgeführt, und zwar mit sehr großer offener Plicht. Der Motor steht dann unter einem wegnehmbaren Motorenkasten. Da er im Boot etwas weiter vorn steht, werden Motor und Wellenanlage mit weniger Neigung eingebaut. Die große Nutzfläche wird besonders bei der Ausübung des Wasserski- und des Tauchsports geschätzt. Die aufgesetzte Schutzkabine verdient einige Worte der Erklärung. Wer unabhängig vom Wetter bestimmte Fahrten auszuführen hat, wird den gewährten Schutz dankbar anerkennen. Wir bauten eine größere Zahl von Booten dieser Art und Größe, von denen etwa die Hälfte als offenes Runabout entstand, die übrigen hingegen erhielten eine Wetterschutzkabine. In einigen Fällen wurde diese auch nachträglich aufgesetzt. Sie eignet sich

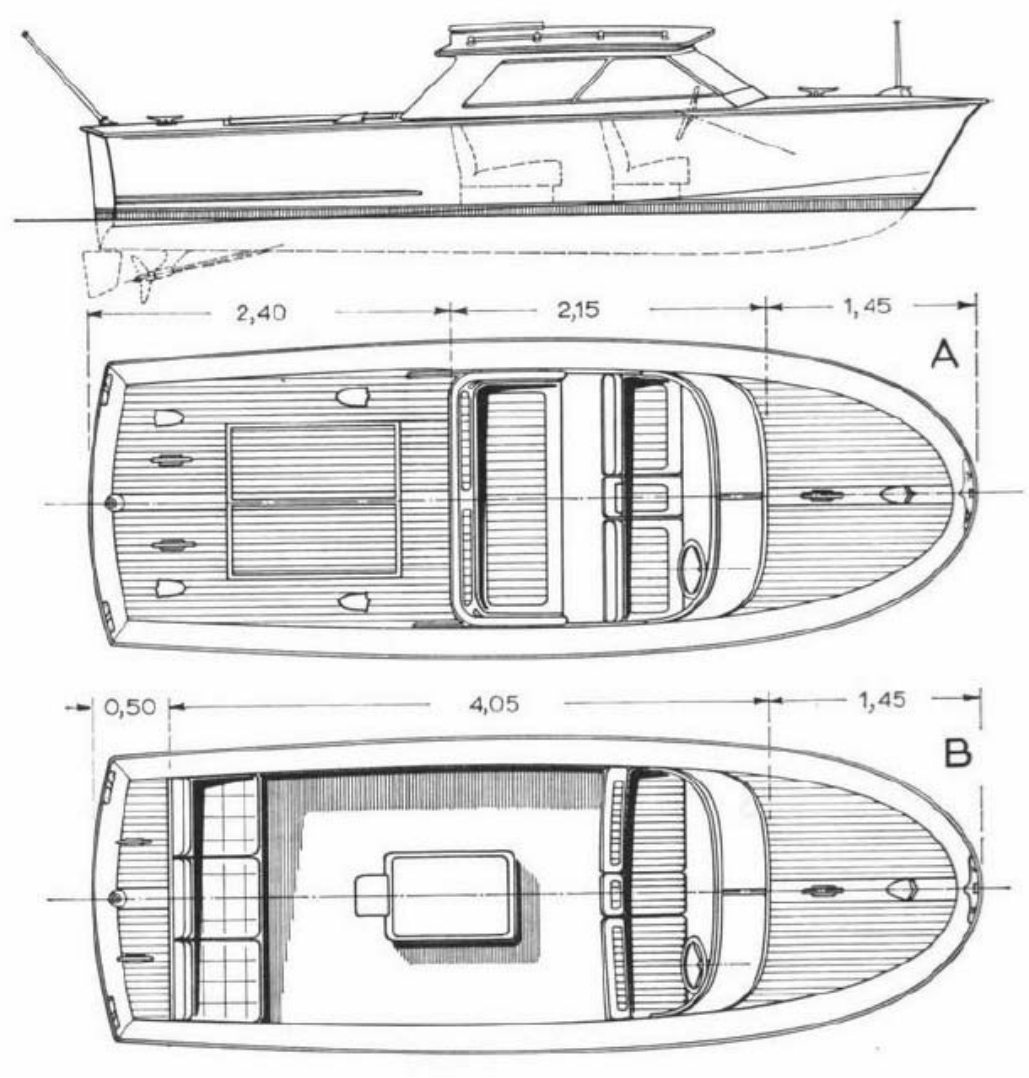


Abb. 64 „Sylvia“. Hier wird ein normales, schnelles Runabout mit einigen Varianten vorgeführt. In der Seitenansicht oben erkennt man eine Wetterschutz-Kabine, wogegen der Grundriss A das normale, offene Runabout wiedergibt. Als Alternative zeigt der Grundriss B das Gebrauchsboot, wie es u. a. für Wasserski- und Tauchsport vorgezogen wird.

Lange ü. a	*6,00 m*	*Breite*	*2,20 m*
Länge WL	*5,40 m*	*Seitenhöhe*	*0,95 m*

besonders gut zur offenen Plicht nach *B*, wird aber auch häufig bei der doppelten Sitzreihe unter *A* aufgebaut. Im letzten Falle wird der Einstieg etwas unbequem. Zur Erleichterung bekommt das Kabinendach ein Schiebeluk, ferner wird über der achteten Rückenlehne eine kleine Treppe eingehängt. Der Mittelteil der vorderen Rückenlehne kann herausgenommen werden.
Kabinenaufbauten dieser Art sollten bei Booten unter 5,50 m Länge nicht angewandt werden, es sei denn, dass es sich um Boote mit großer Breite handelt. Sie lassen sich umso besser dem Gesamtbild einfügen, je größer die Hauptabmessungen werden. Unsere größten Runabouts mit Schutzkabine hatten die Abmessungen von 8,25 x 2,50 m. Dank ihrer Größe waren sie für Schlechtwetterfahrten besonders gut geeignet, und so waren auch die Schutz-

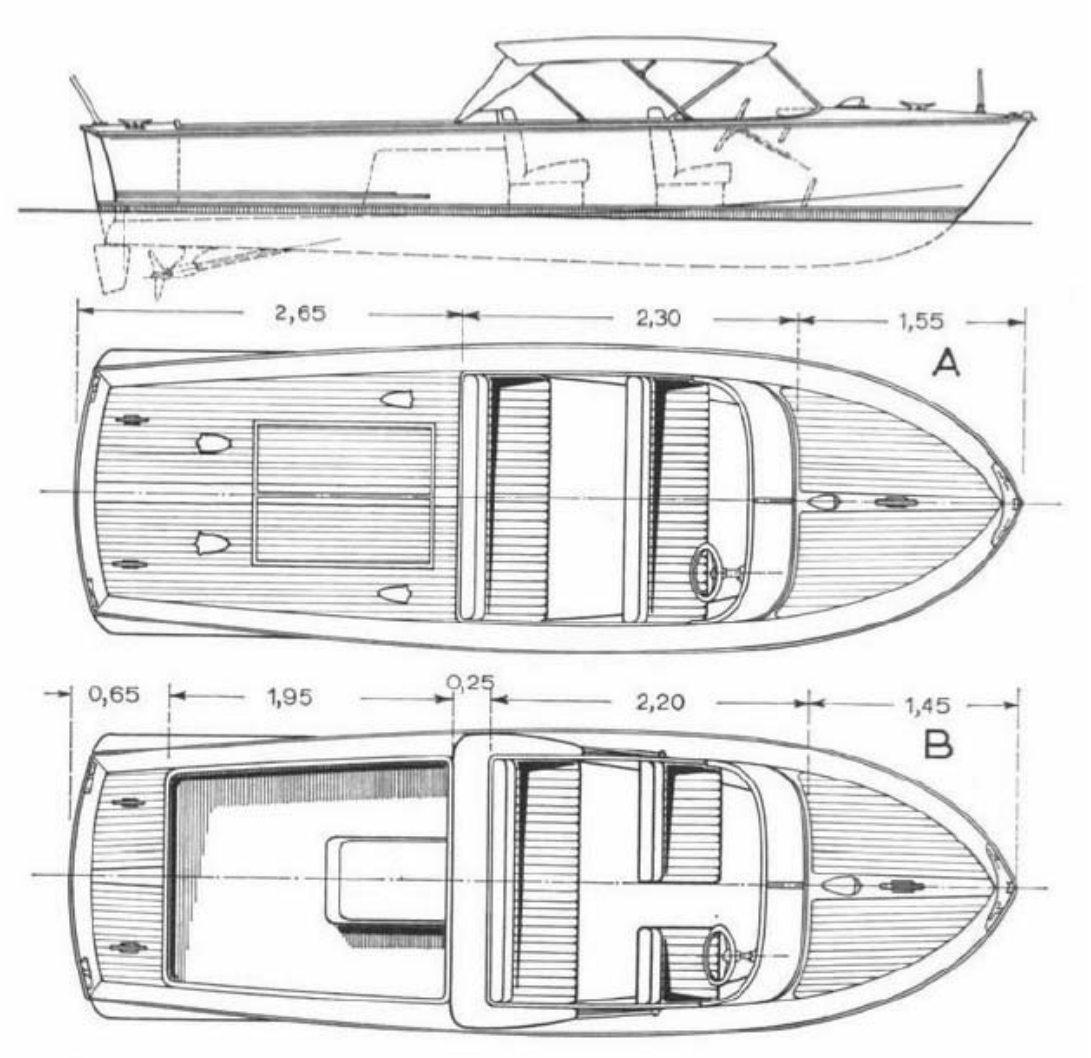


Abb.65 „Veronica". Mit dieser etwas größeren Ausführung des Runabouts werden weitere Alternativen gezeigt. In der Seitenansicht oben präsentiert sich ein Klappverdeck, das Wind- und Regenschutz bietet, Grundriss A: normale, bewährte Runabout-Anordnung; Grundriss B; eine Gebrauchsboot-Ausführung. Bei ihr dient ein zwischengefügtes Brückendeck zur ‚Aufnahme des umgelegten Klappverdecks.

Länge ü. a	*6,50 m*	*Breite*	*2,10 m*
Länge WL	*5,90 m*	*Seitenhöhe*	*0,95 m*

kabinen achtern vollkommen geschlossen. In der Mehrzahl der Fälle dagegen bleiben sie achtern offen.

Bei dem etwas größeren Runabout mit den Abmessungen von 6,50 x 2,10 m fällt zunächst das eingezeichnete Klappverdeck auf. Es ist in der Tat verlockend, einem offenen Boot beim Aufkommen schlechten Wetters durch ein solches Verdeck einen guten Wetterschutz zu geben. Ansonsten aber handelt es sich um ein Runabout normaler Gestaltung, wobei die Breite gegenüber dem vorhergehenden Boot sogar noch etwas verringert wurde.

Die Plichtanordnungen unterscheiden sich nicht wesentlich vom Modell SYLVIA, nur dass unter *B* vorn eine doppelte Sitzreihe angeordnet wurde. Ein Punkt sei jedoch hervorgehoben. Wenn ein Klappverdeck aufgesetzt werden soll, so muss auch für Platz im zu-

sammengelegten Zustand gesorgt werden. Deshalb wurde bei *B* eine kleine Brücke hinter der achteren Sitzreihe vorgesehen. Auch muss man darauf achten, dass das Verdeck bei A nicht mit den Motorenklappen in Konflikt gerät.
Wirkt auch ein Klappverdeck als bestechende Lösung für einen gelegentlichen Wetterschutz, so setzt die praktische Erfahrung der Begeisterung bald einen Dämpfer auf. Bei starkem Regen finden sich immer wieder Stellen, an denen das Wasser den Weg Ins Bootsinnere findet. Versucht man aber, es in wirklich schneller Fahrt zu verwenden, so bemerkt man gewöhnlich, dass das Tuch heftig zu flattern beginnt und dadurch warnt, die Geschwindigkeit zu mäßigen, ehe das ganze Verdeck von den großen Windkräften abgerissen wird. Trotzdem bietet es eine beruhigende Annehmlichkeit, weil man ansonsten im strömenden Regen ungeschützt im offenen Boot sitzen müsste.
Runabouts dieser Größe können mit Benzinmotoren fast jeder handelsüblichen Leistung ausgerüstet werden. Nur selten kommen Motoren von weniger als 100 PS Leistung zum Einbau und noch seltener solche über 300 PS. Nachstehende Tabelle soll einen Überblick über die zu erwartenden Geschwindigkeiten bieten:

Motorleistung 100 PS, Geschwindigkeit 50 km/h,
Motorleistung 150 PS, Geschwindigkeit 65 km/h,
Motorleistung 200 PS, Geschwindigkeit 75 km/h,
Motorleistung 250 PS, Geschwindigkeit 82 km/h.

Da vorgenannte Zahlen die Höchstgeschwindigkeit angeben, sollen längere Fahrten mit einer um 10 Prozent geringeren Geschwindigkeit gefahren werden. Am vorteilhaftesten ist eine Minderung um 20 Prozent, denn sie führt zu bedeutender Ersparnis an Brennstoff und gleichzeitig zu beachtlicher Schonung des Motors.
Auch Dieselmotoren können in solche Boote eingebaut werden. Dem steht nur ihr höheres Gewicht im Wege, doch in jedem Falle kommt ihre Wirtschaftlichkeit bestens zur Geltung. Nachstehende Tabelle führt Abmessungen, Motorleistungen und Geschwindigkeiten offener Sportboote auf, wie sie auf Probefahrten gemessen wurden. Diese Angaben sollen vor allem dazu dienen, Vergleiche über Kosten, Geschwindigkeit und Wirtschaftlichkeit mit Booten anderer Abmessungen und Leistungen anzustellen. Der Brennstoffverbrauch wurde für $^3/_4$-Geschwindigkeit angegeben, um Tankinhalt und Verbrauch für längere Fahrten beurteilen zu können.

Offene Sportboote

Entwurf	Länge	Breite	Motorleistung	Spitzen-geschwindigkeit	Verbrauch bei ¾- Fahrt
MARION	4,00 m	1,60m	60 PS	56 km/h	10 l/h
JUDITH	4,75 m	1,75 m	100 PS	64 km/h	15 l/h
TORPEDO	6,00 m	1,90 m	125 PS	6o km/h	19 l/h
TORPEDO	6,00 m	1,90m	185 PS	75 km/h	28 l/h
TERESA	7,00 m	2,00 m	130 PS	52 km/h	20 l/h
TERESA	7,00 m	2.00 m	210 PS	70 km/h	31 l/h
DOROTEA	8,25 m	2,50 m	140 PS	51 km/h	21 1/h
DOROTEA	8,25 m	2,50 m	210 PS	64 km/h	31 l/h

Boote mit Schutzkabine

Entwurf	Länge	Breite	Motorleistung	Spitzen-geschwindigkeit	Verbrauch bei 3/4-Fahrt
TORPEDO	6,00 m	1,90 m	95 PS	54 km/h	14 l/h
TORPEDO	6,00 m	1,90 m	145 PS	64 km/h	22 1/h
DOROTEA	8,25 m	2,50 m	140 PS	48 km/h	21 l/h
DOROTEA	8,25 m	2,50 m	200 PS	58 km/h	30 l/h

Schnelle Boote mit Kabine

Die bisher gezeigten so genannten Runabouts mit Klappverdeck oder kleiner Schutzkabine boten keinerlei Einrichtung im Sinne des Wohnens an Bord. Nunmehr werden fünf Boote vorgestellt, die man nicht mehr als Runabouts bezeichnen kann, die aber auch noch keine Motorkreuzer darstellen. Dank ihrer oft wohldurchdachten Mittelstellung zwischen dem schnellen offenen Sportboot und dem Motorkreuzer gewannen sie sich viele Anhänger. Ihre Anwendung und Ausführung ist stark von den örtlichen Umständen beeinflusst, so dass sie sich von selbst in Binnenboote und Küstenboote unterteilen. Letztere erheben Anspruch auf eine ungewöhnlich gute Eignung, auch einmal kürzere Seestrecken bei weniger gutem Wetter befahren zu können.

Binnenboote

Auf dem Plan, Abb. 66. finden sich drei Kabinenboote vereinigt, die in vielen Exemplaren gebaut wurden. Sie bewährten sich ausgezeichnet auf Flüssen und Seen und bieten etwas mehr als nur eine gewöhnliche Schutzkabine.
Das kleinste der drei Boote, *A*, stellt eine Variante zum Standardbootskörper Catalina dar und hat damit dieselbe Länge von 6,30 m und Breite von 2,30 m, die später auch als vollwertiger kleiner Kreuzer erscheinen wird. Die Abmessungen des Glasharz-Bootskörpers wurden derart gewählt, dass er in drei Ausführungen ausgebaut werden konnte: robustes offenes Runabout, kleines Kabinenboot wie hier und vollständig eingerichteter Motorkreuzer. Die hier gezeigte Mittelstufe namens KATHLEEN ist eine Fortbildung des Runabouts mit Schutzkabine und offener Plicht. Allerdings wurde die ganze Kabinenkonstruktion als Einheit mit dem Deck zusammen in Glasharz ausgeführt. Ein ähnlicher Kabinenaufbau, allerdings mit größerer lichter Höhe, wurde für die Zwecke der Wasserpolizei ausgeführt, da die Catalina- Form sich durch weiches, schlagfreies Einsetzen im Seegang bewährt hatte.
Der Plan *B* zeigt ein elegantes und vielfach wiederholtes schnelles Nachmittagsboot mit Kabine und Mindesteinrichtung. Es wurde auf einer benachbarten Werft in kleineren Serien auf Vorrat gebaut, um dann je nach Wunsch der einzelnen Käufer mit verschiedenen Antrieben ausgerüstet zu werden. Die Abmessungen des Modells FERNANDA sind:
Länge ü. a. = 7,40 m, Breite = 2,30 m.

Auch wenn die Inneneinrichtung noch als spartanisch zu bezeichnen ist, so enthält sie eine kleine Pantry, einen geschlossenen Toiletteraum und zwei Schlafmöglichkeiten auf den seitlichen Polsterbänken. Alle Boote vom Fernanda-Typ bekamen doppelte Steuerstände, nämlich ein Autosteuerrad vorn in der Kabine und ein Schiffs-Radsteuer in der offenen

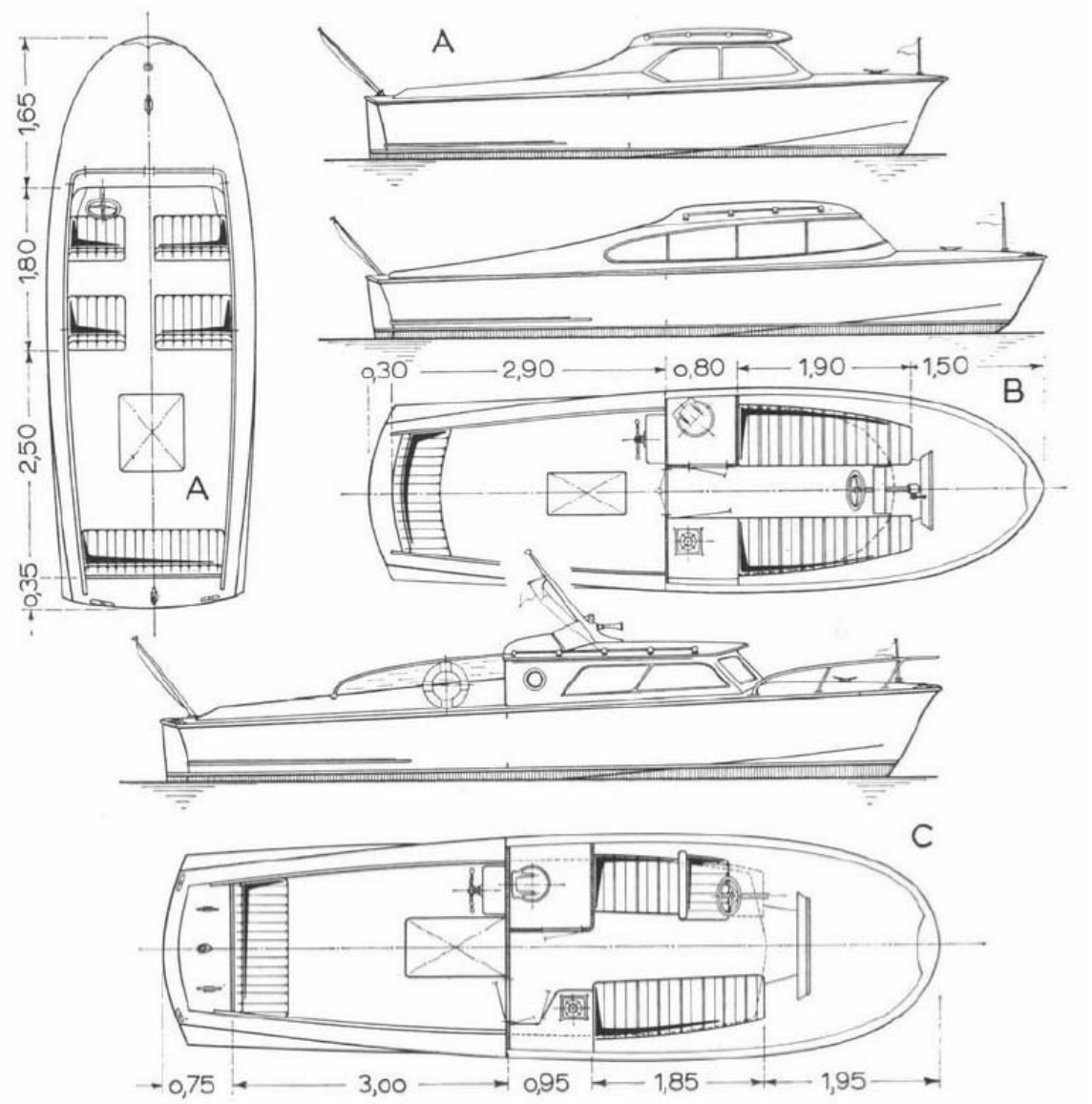


Abb. 66 Drei Kabinenboote, die noch nicht als Motorkreuzer zu bezeichnen sind. Oben A: „Kathleen“, Mitte B, „Fernanda" und unten C: „Dorado“.

	„Kathleen"	„Fernanda"	„Dorado"
Länge ü. a. ……	6,30 m	7,40 m	8,50 m
Länge WL ……..	5,80 m	6,90 m	7,90 m
Breite……..	2,30 m	2,30 m	2,50 m
Seitenhöhe……..	1,00 m	1,05 m	1,10 m
Verdrängung ohne Personen ……..	1,3 m³	1,6 m³	2,0 m³

Plicht. Durch das kreisbogenförmig gerundete Vorderfenster der Kabine gewinnt der Steuermann auch innen eine ungewöhnlich gute Sicht.
Innerhalb des gleichen Bootskörpers wurden folgende verschiedene Motorkombinationen eingebaut:

a) ein Benzinmotor von 185 PS Leistung, umgekehrt im Heck angeordnet, auf die Welle über einen vornliegenden Winkelbetrieb arbeitend,
b) eine ebensolche Anlage, aber mit einem 300 PS leistenden Motor,
c) ein normaler Einbau, wie im Grundriss erkennbar, wo ein 185-PS-Benzinmotor vorn in der Plicht steht und mittels Untersetzungsgetriebe auf die nach achtern gehende Welle arbeitet,
d) eine ähnliche Anlage mit 300 PS Motorleistung, jedoch ohne Untersetzungsgetriebe, um einen zu großen Propellerdurchmesscr zu vermeiden.

Der Einbau von Dieselmotoren wurde in diesen verhältnismäßig leichten Booten bisher nicht versucht, ebensowenig die Heckanordnung mit Z-Antrieb. Der Entwurf zum Schnellkreuzer DORADO entstand in Anlehnung an den mehrfach auf unserer Werft erbauten großen Runaboutrumpf DOROTEA. In Argentinien liegen große Ländereien an den Ufern der verschiedenen Arme des gewaltigen Parana-Flussgebietes, und so wünschte sich ein Estanciero ein flottes Boot mit nahezu vollständiger Wohnlichkeit. Aus diesem Wunsch heraus entstand der oft nachgebaute kleine Schnellkreuzer DORADO, und zwar in den Abmessungen von 8,50 x 2,50 m. Auch hier wurden Innen- und Außensteuer angelegt, um die Fahrten zur Estancia unabhängig vom Wetter ausführen zu können. Es wurde rund 90 Prozent aller Zeit von der Plicht aus gesteuert, begünstigt durch das am Parana herrschende milde Klima. Nur bei Kälte und Regen wird die Innensteuerung benutzt.
Der innere Steuermannssitz wurde wegnehmbar ausgeführt. Dadurch wird an Backbord eine ebensolche vollwertige Koje geschaffen, wie sie an Steuerbord ständig zur Verfügung steht. Kochstelle und Toiletteraum erreichen hier bereits recht günstige Abmessungen, auch verfügt das Boot über eine Innenhöhe von 1,65 m, zwar noch keine volle Stehhöhe, aber doch etwas mehr als beim kleineren Boot FERNANDA.
Die lange offene Plicht erlaubt, den Motor ganz vorn einzubauen, ohne dass der Zugang zur Kabine gestört wird. Man erreicht dadurch einen gesunden Motoreinbau und eine nur mäßig geneigte Wellenleitung. Motorleistungen und Geschwindigkeiten finden sich weiter hinten zusammengestellt.

Das seefähige offene Sportboot mit Unterschlupf

In manchen Ländern wickelt sich der Wassersport zum großen Teil vor offenen, ungeschützten Meeresküsten ab. Dies gilt vor allem für die Vereinigten Staaten, Australien. Neuseeland und Brasilien. Fahrten auf See haben einen besonderen Reiz, denn die Meeresfläche kennt mehr Tage ruhigen Wetters als Tage des Sturms. Man muss jedoch vorbereitet sein, gelegentlich auch einen überraschend einsetzenden Seegang durchstehen zu können, und für solche Fälle eignet sich ein Boot vom Typ ALEXANDRA besonders gut. Mit seiner

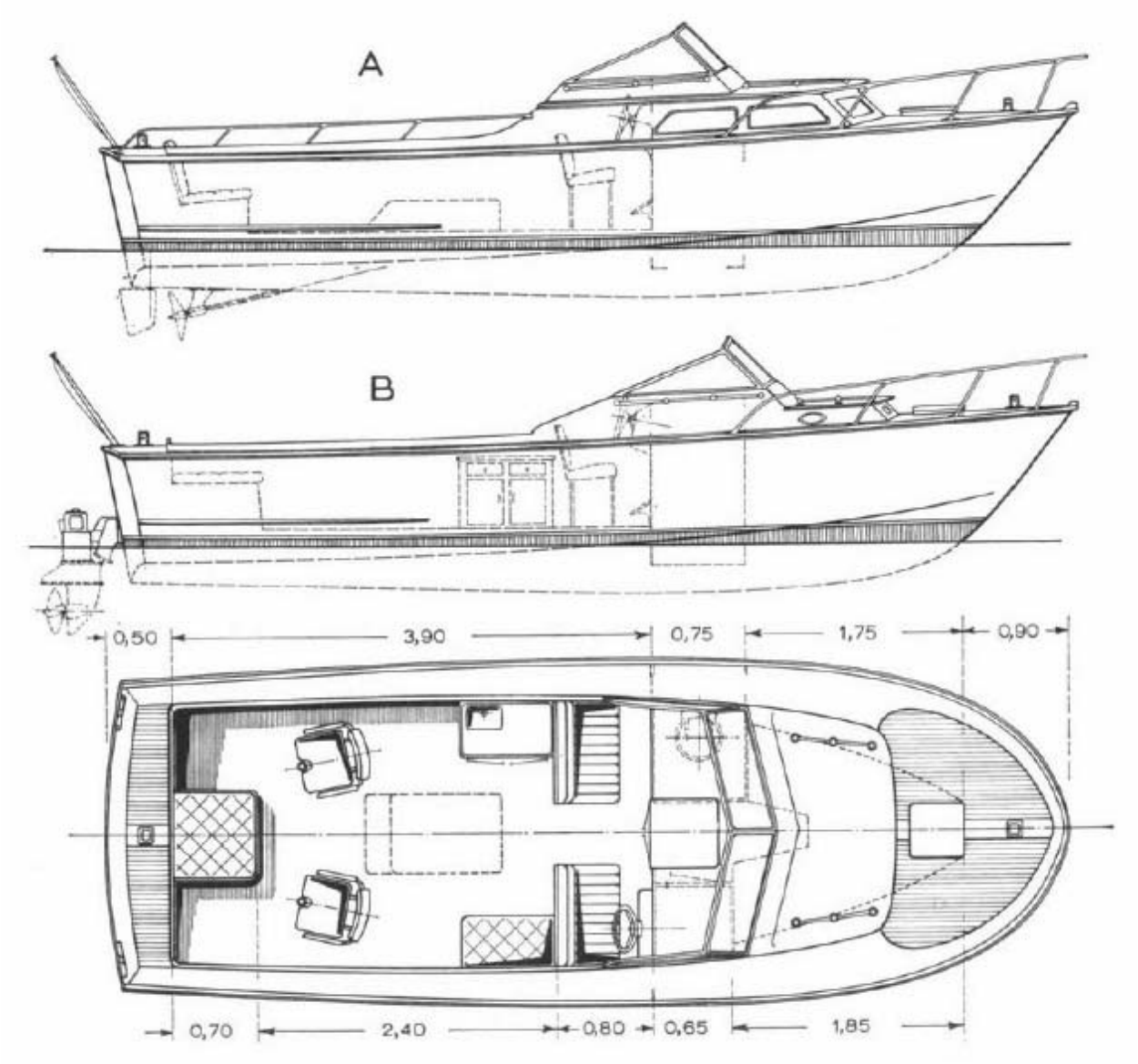


Abb. 67 „Alexandra". Ein seefähiges, großenteils offenes Sportboot mit beachtlichen Vorzügen. Die Vorderkabine enthält eine Mini-Einrichtung einschließlich Toilette. Guter Freibord und hohe Windscheibe sorgen für guten Schutz des Steuerstandes und der offenen Plicht. Man beachte die zwei verschiedenen Einbaumöglichkeiten des Motors unter A und B.

Länge ü. a	*7,80 m*	*Breite*	*2,80 m*
Länge WL	*6,80 m*	*Tiefgang*	*0,70 m*
Verdrängung	*2,4 m^3*	*Seitenhöhe*	*1,18 m*

großen offenen Plicht ähnelt es durchaus einem normalen Runabout. Doch allein schon ein Blick auf die Zeichnung lässt erkennen, dass großer Wert auf Seefähigkeit gelegt wurde, vor allem durch höheren Freibord, große Breite und hohen Wind- und Spritzwasserschutz.
Die Abmessungen sind: Länge ü. a. = 7,80 m, Breite = 2,80 m. Der hohe Freibord in Verbindung mit einem kleinen Aufbau erlaubte, darunter einen praktischen, regengeschützten vorderen Unterschlupf zu schaffen. Wie der Unterschied zwischen den Seitenansichten A und B andeutet, kann man diesen verschieden bewerten. Im oberen Bild künden die größeren Fenster bereits an, dass auf eine gewisse Wohnlichkeit

Wert gelegt wurde, um dort auch einmal übernachten zu können. Eine helle, freundliche Kochstelle wird ebenfalls mit mehr Liebe benützt. Beide Einrichtungen enthalten vorn einen zwar kleinen, aber recht gut benutzbaren Toiletteraum. Es ist dies eine besonders in offenen Sportbooten oft vermisste, sehr wichtige Einrichtung. Verdrängungstaktik zu betreiben ist nicht jedermanns Sache, aber bei geladenen Gästen kann es ausgesprochen peinlich werden. Deshalb bedeutet das Vorhandensein einer kleinen Toilette ebenso viel wie ein bedeutend vergrößerter Aktionsradius in Verbindung mit fröhlichen Gesichtern der Gäste. Im Profil *B* deutet der sehr kleine Aufbau darauf hin, dass zwar auch hier ein Toiletteraum geschaffen werden sollte, dass aber Kochen oder Schlafen nur gelegentlich als Notbehelf gedacht waren.
Beide Boote sind für sportliche Betätigung in Küstengewässern hervorragend geeignet. Sporttaucher können sich kaum ein angenehmeres Boot wünschen. Wie man im Grundriss erkennt, ist Platz für zwei Spezialsitze zum Trollingfischen vorhanden, und zwar sind diese Sitze drehbar und zugleich schwenkbar. Unbedingt wichtig ist, dass zum Inventar eine kleine Badeleiter gehört, deren unterste Stufe 50 bis 60 cm unter Wasser reichen soll. Für den Antrieb hat man die Wahl zwischen einem mitten in der Plicht stehenden Motor mit normaler Wellen- und Propelleranordnung oder einem im Heck eingebauten Motor mit Z-Antrieb. Man sollte die Entscheidung nicht nach kleinen Vorlieben treffen, sondern nach einer stichhaltigen Begründung suchen. Soll das Boot häufig an Land genommen werden, vielleicht sogar per Anhänger transportiert, so verdient der Z-Antrieb den Vorzug. Dasselbe gilt für steinige oder sonst gefährdete Gewässer. Sucht man Wirtschaftlichkeit und Geschwindigkeit, so verdient der Antrieb mit normaler Propellerwelle den Vorrang.

Kleines Sportfischerboot

An den Küsten der Vereinigten Staaten wird Sportfischerei in großem Maßstab betrieben. So haben sich dort einige besonders dafür geeignete Bootstypen entwickelt, von denen zunächst ein kleiner, aber auffallender Vertreter namens BARRACUDA gezeigt wird. In nur 8,60 m Länge
ü.a., jedoch mit der großen Breite von 3,20 m wurde eine komplette Steueranlage auf dem Kabinendach angelegt, von wo aus eine geradezu unübertreffliche Sicht auf ein größeres Gebiet von Fanggründen gewonnen wird.
Derartige hoch liegende Steuerstände fanden so viel Anklang, dass man sie selbst auf noch kürzeren Booten finden kann, bis hinunter zu 7 m Länge ü. a. Aus dem gleichen Grunde wird dieser Bootstyp mit nur geringen Abwandlungen von zahlreichen verschiedenen Bootsherstellern auf den Markt gebracht. Der Plan BARRACUDA entstand als Mittelbild aus mehreren solchen Standardmodellen. Er enthält eine weitere Steueranlage vorn in der Kabine, doch gibt es auch Boote, bei denen auf diese sekundäre Steuermöglichkeit ganz verzichtet wird. Im Vorschiff sind zwei Kojen und ein unter einem Sitz angeordnetes WC zu erkennen. Würde man auf eine Koje verzichten, so ließe sich dort ein kleiner Toiletteraum schaffen.
Vergleicht man dieses Boot mit allen vorher gezeigten, so fallen zwei Punkte ins Auge: Es hat von allen die größte Breite, aber auch von allen die größte Höhe. Es wurde bereits

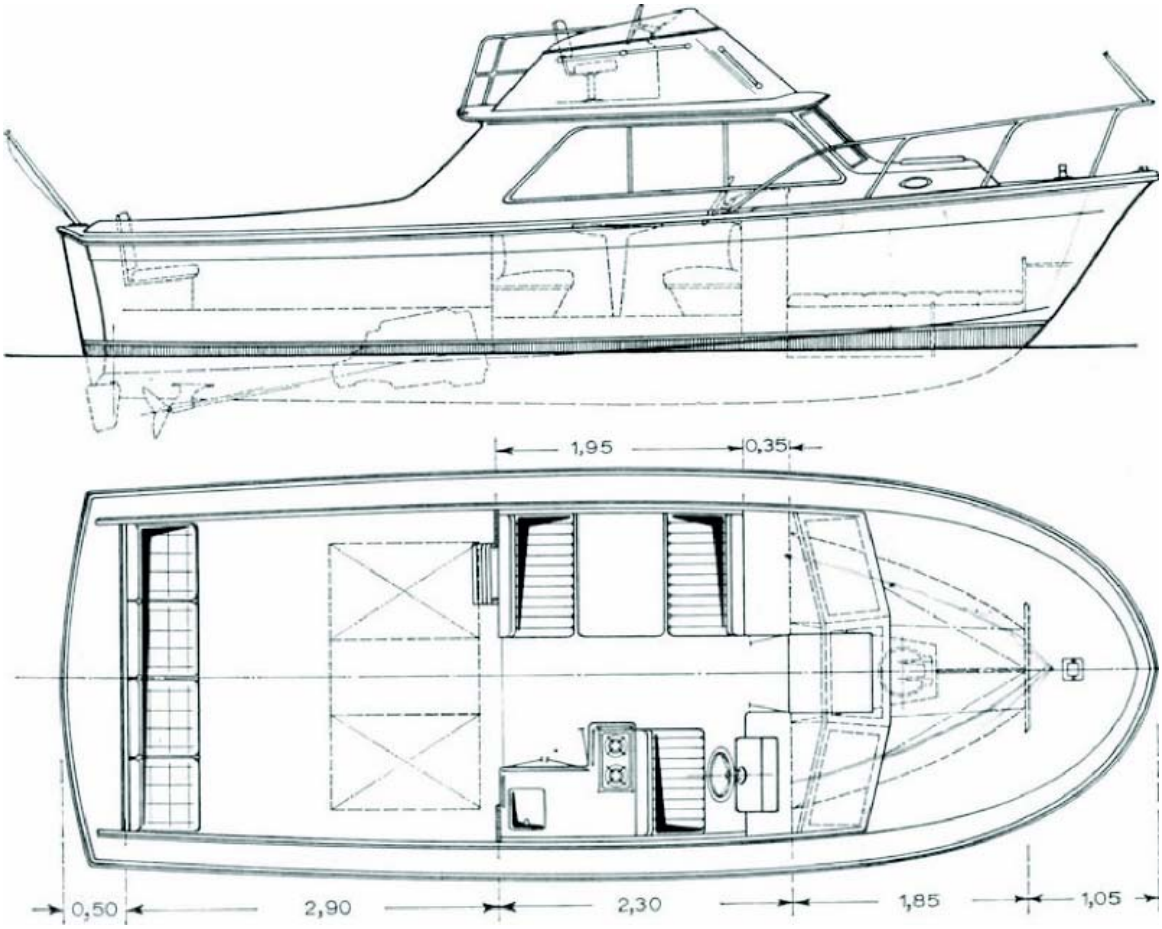


Abb. 68 „Barracuda". Kleines Sportfischerboot mit zweitem Steuerstand auf dem Kabinendach, auch Chariot-Steuerstand genannt.

Länge ü, a	*8,60 m*	*Breite*	*3,20 m*
Länge WL	*7,40 m*	*Tiefgang*	*0,70 m*
Verdrängung	*3,6 m^3*	*Seitenhöhe*	*1,35 m*

früher darauf hingewiesen, dass man sich nicht zu sehr vom Längen-Breiten-Verhältnis eines Bootes beeinflussen lassen darf, sofern man an Stabilität bzw. See-Eigenschaften denkt. Die Breite ist jedoch in starkem Maße von der Höhe abhängig, aus welchem Anlass hier das besonders große Maß von 3,20 m gewählt wurde.
Im Grundriss wurde angedeutet, dass hier zwei Motoren im vorderen Teil der Plicht unter dem glatt durchlaufenden Fußboden eingebaut wurden. Ebenso häufig werden Motoren mit Z-Antrieb verwandt, aber auch die wirtschaftliche Ausführung mit nur einem Motor hat ihre Anhänger. Stets sind damit Benzinmotoren gemeint, doch ein Dieselantrieb, wenn auch mit geringerer Leistung, wäre ebenfalls möglich.
Um einen ganzen Tag lang den Fischen nachjagen zu können, muss auch eine leichte Mahlzeit zubereitet werden. Zu diesem Zweck wurde eine kleine, aber recht brauchbare Kochstelle im Mittelteil an Steuerbord eingerichtet, kurz hinter dem Sitz des Steuermanns. An Backbord befindet sich die bewährte Dinette, ein Essplatz für 4 Personen. Der Tisch kann weggenommen und zwischen die Sitze gelegt werden, so dass mit Verwendung der frei-

werdenden Rückenpolster eine breite Koje für 2 Personen entsteht. Zusammen mit den beiden V-förmigen Kojen des Vorschiffs besitzt dieses Boot demnach 4 brauchbare Schlafplätze.
Die Vorderkabine ist nach achtern zu abgeschlossen, die Hauptkabine zur Plicht hin aber offen. Dort führt eine Leiter zum Außensteuerstand auf dem Kabinendach, wo für guten Schutz und sicheres Bewegen des Steuermanns und eines gelegentlichen Gastes gesorgt ist. Das Boot ist über seine ganze Länge begehbar, für Sicherheit sorgen Handleisten am Aufbau sowie die vordere umlaufende Reling.

Ungefähre Leistungstabelle

Boot	Länge	Breite	Motorleistung	Spitzen-geschwindigkeit	Verbrauch bei 3/4-Fahrt
KATHLEEN	6.30 m	2.30 m	120 PS	50 km/h	18 l/h
KATHLEEN	6,30 m	2,30 m	185 PS	58 km/h	28 l/h
FERNANDA	7,40 m	2,30 m	185 PS	50 km/h	28 l/h
FERNANDA	7,40 m	2,30 m	2 x 120 PS	54 km/h	36 l/h
FERNANDA	7,40 m	2,30 m	300 PS	64 km/h	44 1/h
DORADO	8,50 m	2,50 m	140 PS	44 km/h	21 l/h
DORADO	8,50 m	2,50 m	185 PS	50 km/h	28 l/h
ALEXANDRA	7,80 m	2,80 m	185 PS	45 km/h	28 1/h
ALEXANDRA	7,80 m	2,80 m	275 PS	55 km/h	41 l/h
BARRACUDA	8,60 m	3,20 m	275 PS	50 km/h	41 l/h
BARRACUDA	8,60 in	3,20 m	2 x 185 PS	57 km/h	56 l/h

Inwiefern allgemeine Geschwindigkeitsangaben durch ungünstige Faktoren beeinflusst werden können, sei durch nachfolgendes Erlebnis illustriert. Eine Behörde benötigte 12 Motorkreuzer von etwas über 8 m Länge für den Aufsichtsdienst auf größeren Flüssen. Sie lieferte dazu einen Plan, der eine Vereinfachung der Modelle DORADO und BARRACUDA darstellte. Außer den Hauptabmessungen waren die wichtigsten Materialstärken festgelegt worden, ferner waren für alle 12 Boote gleiche Motoren vorgesehen. Die Geschwindigkeitsgarantie 20 km/h mit 60-PS-Benzinmotoren schien leicht erfüllbar; unter diesen gleichen Bedingungen wurden je 6 Boote bei zwei verschiedenen in unserer Nähe liegenden Werften in Auftrag gegeben.
Als das erste Boot einer der beiden Werften zur Abnahme bereitstand und eine Geschwindigkeit von sogar 24 km/h erreichte, war jeder Beteiligte sehr zufrieden. Zwei Wochen später wurde am zweiten Boot derselben Werft wiederum eine fast gleiche Geschwindigkeit gemessen.
Doch nun fand sich das erste Boot der Konkurrenzwerft ein. Bei interner vorhergehender Messung schien irgendetwas am Propeller nicht zu stimmen, denn es wurde nur eine erschreckend geringe Geschwindigkeit erreicht, die kaum an die 16 km/h heranreichte. Man wechselte mehrfach den Propeller, glättete mehr als sonst das Unterwasserschiff, schärfte den achteren Auslauf des Kiels an, ebenso Wellenbock und Ruderblatt. Schließlich gelangte man zu einer Versuchsfahrt mit Vertretern der Behörde; Ergebnis: die Geschwindigkeit von 16 km/h konnte nicht überschritten werden. Die Behörde verweigerte die Abnahme

zu Recht, denn keinerlei Erklärungen halfen über den Punkt hinweg, dass sämtliche Boote der ersten Werft auch weiterhin die Geschwindigkeitsgarantie um rund 20 Prozent übertrafen.
Hier lag es weder am Gewicht noch an der Motordrehzahl oder am Propeller. Schuld war einzig und allein die zu runde Form des ganzen achteren Unterwasserschiffs. Sie passte wohl in das Wellenbild der langsamen Fahrt von 16 km/h hinein, ja, sie saugte sich geradezu darin fest. Aber für den höheren Geschwindigkeitsgrad der Garantie war die Form vollkommen ungeeignet.
Wie dieses Beispiel deutlich erkennen lässt, darf man die Zahlenwerte der Tabellen nicht einfach übernehmen oder gar als Garantieunterlage verwenden. Nur genaue Berechnungen, genaue Kenntnis von Wellenbildung, Bootsform und Antrieb können entscheiden, welche Geschwindigkeit von Fall zu Fall zu erwarten ist. Eine zu hohe Drehzahl des Propellers richtet bereits Schaden an, ebenso ein zu hohes Bootsgewicht. Ein Fehler in der Schiffsform dagegen wirft jede Berechnung über den Haufen.

Kleine Motorkreuzer

Je mehr die Landstraßen und die zu Lande erreichbaren Ferienziele überfüllt werden, desto größer wird die Verlockung auch für Landratten, die Ferien auf dem Wasser zu verbringen. Wo verträumte Gewässer, ruhige Flüsse, kleine Seen und Buchten vorhanden sind, können zwei Personen oder eine Familie mit Kindern wirkliche Kreuzfahrten bereits mit Booten sehr kleiner Abmessungen unternehmen.

Wie die Bezeichnung Motorkreuzer andeutet, kann man mit diesen Booten mehrtägige Kreuzfahrten unternehmen, wofür an Bord ein gewisser Komfort zum Wohnen, Kochen und Schlafen vorausgesetzt wird. Als Mindesteinrichtung sollen zwei brauchbare Schlafkojen vorhanden sein, ferner eine Kochstelle und eine Toilette. Einige solche Motorkreuzer in kleinen Abmessungen finden sich in der Zeichnung, Abb. 69, zusammengestellt. Bei allen drei Booten handelt es sich um bewährte Abmessungen, wie sie in großer Zahl ausgeführt wurden. Sie haben im Prinzip alle die gleiche Gesamtanordnung: im Vorschiff die Kojen, achtern eine große offene Plicht, und um das Mittelschott gruppieren sich Kochstelle und Toilette. Eine solche Anordnung entspricht zwar am besten der Raumausnutzung und Lebensweise an Bord, ist aber keineswegs die einzig mögliche. Würde man z. B. die Kabine achtern und die Plicht vorn anordnen, so könnten breitere, bequemere Kojen eingebaut werden. Doch was nimmt man dafür in Kauf? Gerade die vorn liegende Plicht, in der man ja die meisten Stunden genußreich verbringen will, hätte den geringsten Schutz gegen Wind und Wasser. Andererseits stören Motor und Motorengeräusch mehr als nötig in der Kabine. Die Logik führt deshalb nach wie vor zur klassischen Anordnung, und zwar aus Gründen der Bewährung, nicht aus Mangel an Ideen. Es bleibt jedoch jedem Bootsliebhaber freigestellt, Varianten auszudenken und mit den Beispielen der Zeichnungen zu vergleichen.

Unter *A* wird gezeigt, was innerhalb geringster Abmessungen möglich ist. Dieser sehr kleine Kreuzer TROLL enthält in 5,50 m Länge alles, was zum Bordleben gebraucht wird, und zwar in so knapper Bemessung, dass kaum irgendwo auch nur 1 cm gekürzt werden könnte. Natürlich kann man in noch kleineren und sogar offenen oder halb gedeckten Booten Kreuzfahrten auf spartanische Weise unternehmen, doch ein solches Boot würde dann nicht mehr als Motorkreuzer bezeichnet werden.

Noch vor wenigen Jahren wurde eine Länge von 7 m über alles für das geringste Maß eines Minikreuzers gehalten. Wie man sieht, kann ein schmucker kleiner Motorkreuzer bereits in den Abmessungen von 5,50 m geschaffen werden. Eine bewohnbare Kabine ohne Verschachtelung enthält alles Nötige in brauchbaren Mindestmaßen. Wirklich geräumig ist nur die Plicht. So liegt die Versuchung nahe, sie zugunsten der Kabine etwas zu kürzen, doch wird dadurch die Motoraufstellung benachteiligt. Dann sollte man besser zum Z-Antrieb übergehen.

Die Kojenlänge von 1,75 m wird in der Praxis zu 1,80 m, weil die schräge Anordnung ein kleines Plus einbringt. Oft wird der Raum zwischen den Kojen durch ein Füllstück er-



Foto 34 Schneller 8,20-m-Motorkreuzer „Bora GT 300". Serienmäßig in Glasharz von Italcantieri, Triest, hergestellt. Mit zwei Z-Antriebsmotoren zwischen je 130 und 165 PS werden Geschwindigkeiten von 48 bis 59 km/h erreicht. Foto: Giornaffoto,Triest

Foto 35 Zwei 10-m-Motorkreuzer vom Typ „Diana" Im Parana- Delta bei Buenos Aires. Mit je einem Motor von 90, 140 oder 185 PS wurden Geschwindigkeiten von 30, 36 und 41 km/h erreicht. Werftfoto Baader





Foto 36 Schnelles Glasharz-Kajütenboot mit 185-PS-Einbaumotor. Das Boot „Danilo" ist 6,30 m lang, 2,30 m breit und erreicht mit voller Kreuzfahrteinrichtung eine Geschwindigkeit von 46 km/h
Werftfoto Baader



Foto 37 Ein seefähiges, offenes Sportboot mit Unterschlupf Modell „Avenger" der Werft Penn Yan Beats. Das Boot ist 7 m lang und wird von einem 225-PS- oder einem 260-PS-Chrysler-V-8-Bootsmotor angetrieben.
Foto:Chrysler Marine Products



Foto 38 CORONET „Weekender 24", mit einem 150-PS oder zwei 120-PS-Volvo-Penta-Aquamatic-Motoren. Der Unterschlupf enthält zwei normale Schlafkojen plus verdecktem WC, Länge = 7,32 m, Breite = 2,44 m, Geschwindigkeit = 48 km/h.
Foto. Botved Boats, Slagelse

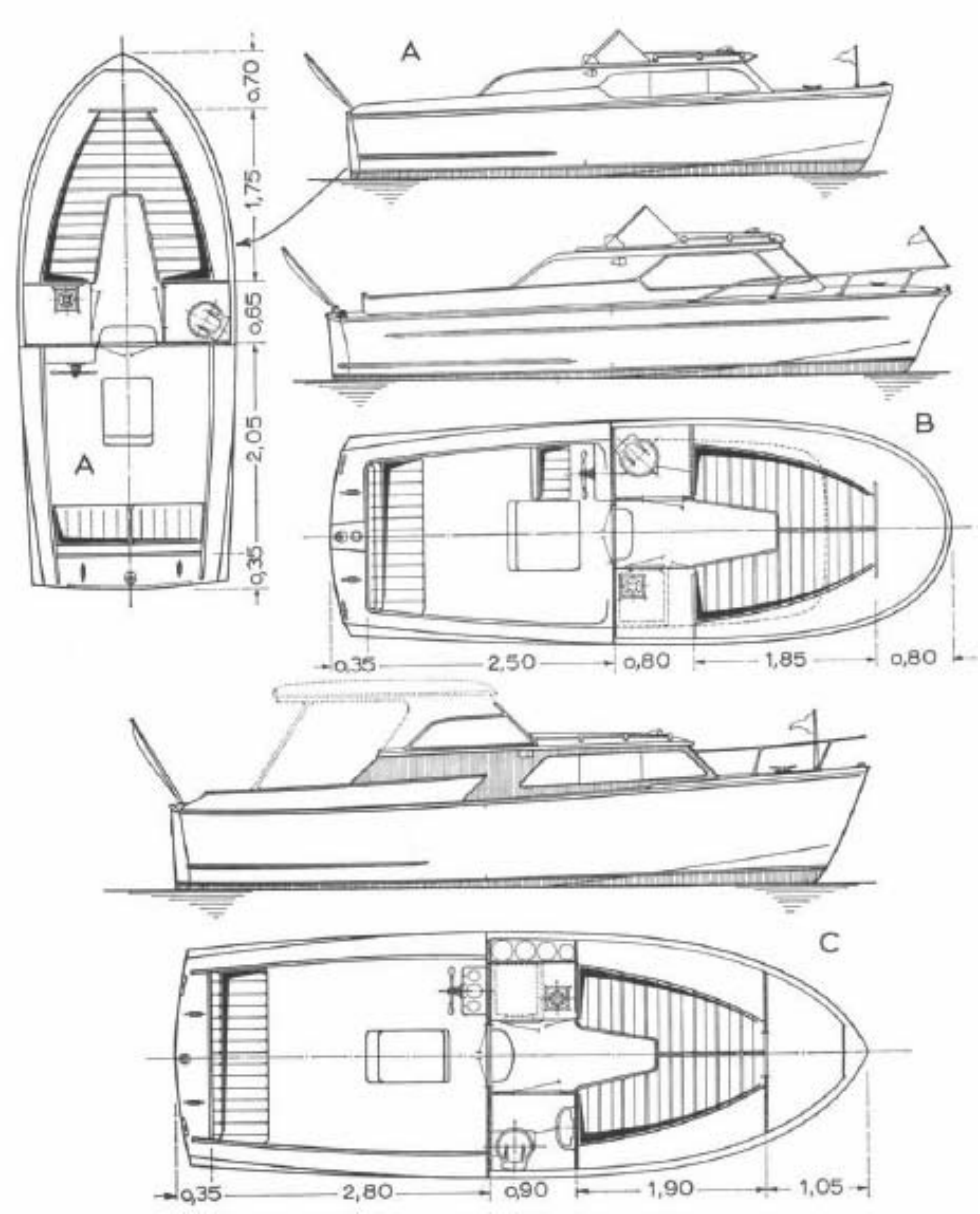


Abb.69 Drei Motorkreuzer kleinster Abmessungen mit Einbaumotor. Oben unter A: „Troll“, Mitte unter B: "Danilo", Unten unter C:"Boyero".

	„Troll“	*„Danilo“*	*„Boyero“*
Länge ü.a.	*5,50m*	*6,30m*	*7,00m*
Länge WL	*5,10m*	*5,80m*	*6,45m*
Breite	*2,20m*	*2,30m*	*2,50m*
Tiefgang	*0,50m*	*0,55m*	*0,60m*
Seitenhöhe	*1,00m*	*1,10m*	*1,20m*
Verdrängung ohne Personen	*1,1 m^3*	*1,4 m^3*	*1,6 m^3*

gänzt, so dass die Kojen an Breite gewinnen. Das Maß von 0,65 m für die Kochstelle ist ausreichend; die Toilette dagegen ist so eng, dass man zwischen Akrobatik und halboffener Tür wählen muss. Die Lage des Steuerstandes ist praktisch, mit guter Sicht und auch etwas Schutz hinter der Frontscheibe. Gute Stabilität sowie Handleisten auf dem Kajütdach sorgen dafür, dass man ohne Risiko zum Vordeck gelangen kann. Eine Vergrößerung um 0,80 m in der Länge schafft einen angenehmen Gewinn an Ellenbogenfreiheit, siehe DANILO unter *B.* Mit seinen Abmessungen von 6,30 x 2,30 m entstand dieser Kreuzer aus demselben Glasharz-Bootskörper, der schon in Abb. 66 als schnelles Kabinenboot KATHLEEN gezeigt wurde. Eine ganze Anzahl gebauter DANILOS haben sich selbst bei mittlerem Seegang gut bewährt. Teilweise wurden sie mit ungewöhnlich starken Motoren ausgerüstet und erreichten Geschwindigkeiten, die man noch vor wenigen Jahren in so geringen Abmessungen nicht für möglich gehalten hätte. An jeder Stelle macht sich ein Gewinn durch die größere Länge und Breite bemerkbar. Am wirksamsten gewannen die Kochstelle, die nun auch einen Eisschrank erhielt, und der Toiletteraum, bei dem das Problem der Akrobatik wegfiel, normale Körpergröße vorausgesetzt.

Der dritte Motorkreuzer unter *C* namens BOYERO wurde mit 7,00 m Länge und 2,50 m Breite in sehr vielen Einheiten gebaut. Eigenartigerweise wurden hier im Vergleich zum kleineren Boot DANILO oft sehr geringe Motorleistungen eingebaut. Die Entscheidung bei der Wahl zwischen diesen beiden Booten ist eine Frage des Temperaments. Für ungefähr gleiche Geldsummen erhält man entweder ein kleineres, engeres Boot mit großer Geschwindigkeit oder einen geräumigen Kreuzer mit weniger Geschwindigkeit, die aber keineswegs langsam ist.

Der Bau in Bootsbausperrholz machte die BOYERO-Kreuzer leicht an Gewicht und dadurch leichtläufig in Fahrt. So verbinden sich hier ein erhebliches Plus an Geräumigkeit mit einer Ersparnis an Brennstoff. Die Größe der Küche erlaubt, ein Aufwaschbecken einzubauen; aber auch die Toilette wurde hier genügend geräumig, um noch ein Handwaschbecken einbauen zu können.

Ein Motorkreuzer von 7 m Länge erlaubt bereits, ein festes Dach über den Steuerstand zu setzen, wie durch punktierte Linien angedeutet wurde. Es ist dann sehr einfach, die ganze Plicht durch Seiten- und Achterpersenninge zu schützen. Man gewinnt damit noch drei weitere Schlafmöglichkeiten, nämlich zwei Luftmatratzen auf dem Fußboden sowie die achtere Querbank.

Ungefähre Leistungstabelle

Entwurf	Länge	Breite	Motorleistung	Spitzen-geschwindigkeit	Verbrauch bei 3/4 Geschwindigkeit
A = TROLL	5,50 m	2,20 m	25 PS	22 km/h	4 l/h
TROLL	5,50 m	2,20 m	60 PS	30 km/h	10 l/h
B = DANILO	6,30 m	2,30 m	120 PS	38 km/h	18 l/h
DANILO	6,30 m	2,30 m	185 PS	46 km/h	28 l/h
C = BOYERO	7,00 in	2,50 m	25 PS	20 km/h	4 l/h
BOYERO	7,00 m	2,50 m	60 PS	28 km/h	10 l/h
BOYERO	7,00 m	2,50 m	120 PS	36 km/h	18 l/h

Solche kleinen Motorkreuzer werden gewöhnlich in Knickspantform erbaut. Dafür ist sowohl der Gewinn an Innenraum vorn ausschlaggebend wie die Möglichkeit, mit stärkeren Motoren höhere Geschwindigkeiten zu erreichen. Verbesserte V-Spantformen verhalten sich auch im Seegang gut, das harte Aufschlagen älterer Bootsformen sollte wirklich nicht mehr vorkommen.

Mittlere Motorkreuzer

Die nun folgende gemeinsame Darstellung illustriert an drei verschiedenen Bootsabmessungen die Unterschiede zwischen *kurz und breit* oder *lang und schmal*. Alle drei Kreuzer der Abb. 70 haben gleiche Raumgröße der Bootskörper. Das Produkt aus mittlerer Länge, Breite über Außenhaut und Seitenhöhe ergibt in allen drei Fällen den Wert von $40\,m^3$, wie nachfolgende Tabelle erläutert:

	L x B x H =	Volumen
A=FLORIDA	7,95 x 3,35 x 1,50 =	$40\,m^3$
B=CALIFORNIA	8,92 x 3,03 x 1,48 =	$40\,m^3$
C=CHRISTINA	9,85 x 2,80 x 1,45 =	$40\,m^3$

Sofern man gleichwertige Motorenanlagen und Einrichtungen verwendet, sollten sich bei gleicher Raumgröße auch gleiche Baukosten und gleiche Preise ergeben. Es steckt ein guter Teil von Wahrheit in dieser Aussage. Bei genauer Kalkulation wird man jedoch feststellen, dass die Kosten des langen, schmalen Bootes ein wenig höher liegen als die des kurzen, breiten.
Die Boote *A* und *B* zeigen typisch amerikanische Formen und Proportionen, während unter *C* die langgestreckte Alternative zu sehen ist, wie sie mehr dem europäischen Geschmack entspricht.
Der unter *A* wiedergegebene Motorkreuzer FLORIDA übertrifft bereits erheblich die Abmessungen des größten der drei Kreuzer aus der vorhergehenden Zusammenstellung. Mit 8,50 m Länge ü. a. und 3,35 m Breite besitzt er eine sehr vollständige Einrichtung für vier Personen, wie links im Grundriss gezeigt wird. Sie umfasst die üblichen beiden V-förmigen Vorschiffskojen, ferner eine an Backbord liegende Dinette, die in ein Doppelbett umgewandelt werden kann. Gegenüber befindet sich eine besonders reichlich bemessene Küche mit Aufwasch und Kühlschrank sowie ein passender Toiletteraum. Die geräumige Plicht enthält vorn den üblichen Steuerstand, der entweder offen oder halb gedeckt ausgeführt wird. Sehr gern wird der breit ausgeführte Steuersitz von zwei Personen benutzt; aber auch der gegenüberliegende Einzelsitz ist gern gesehen, denn dort genießt man gleichzeitig guten Schutz und ausgezeichnete Sicht. Dank der großen Breite konnte ein begehbares Seitendeck geschaffen werden, so dass Platz für eine von vorn bis achtern durchlaufende Reling entstand. Das kleine an die Windscheibe angeschlossene Schutzdach gibt den nötigen Halt, um gegebenenfalls den Rest der Plicht durch ein Son-

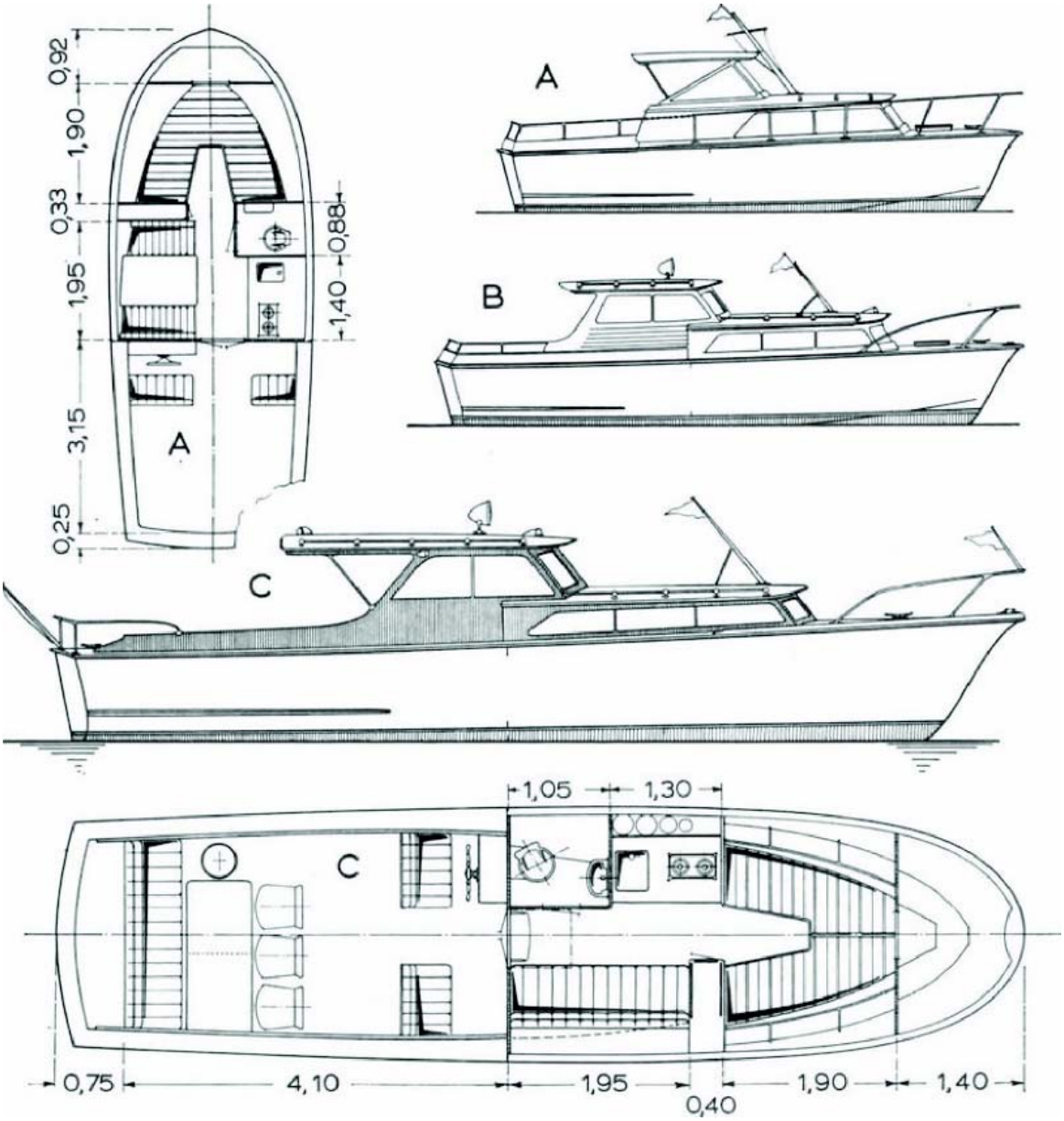


Abb. 70 Drei mittelgroße Motorkreuzer gleicher Raumgröße, um die Verhältnisse kurz und breit gegenüber lang und schmal miteinander vergleichen zu können. Oben unter A: „Florida", unter B: „California" und unten bei C: „Christina".

Verdrängung ohne Personen	*4,5 m³*	*4,6 m³*	*4,7 m³*
	„Florida"	*„California"*	*„Christina"*
Länge ü. a.	*8,50 m*	*9,50m*	*10,50 m*
Länge WL	*7,50 m*	*8,40 m*	*9,25 m*
Breite	*3,35 m*	*3,03 m*	*2,80 m*
Tiefgang	*0,70 m*	*0,75 m*	*0,80 m*
Seitenhöhe	*1,50 m*	*1,48 m*	*1,45m*

nendach zu schützen. Auch kann die Plicht durch Seitenkleider völlig geschlossen werden, um dort Notschlafplätze zu gelegentlicher Übernachtung einzurichten. Sehr viel Wohnraum im kurzen, breiten Boot!

Der nächst größere Riss unter *B* namens CALIFORNIA wurde bei 9,50 m Länge ü. a. mit der noch immer recht großen Breite von 3,03 ausgeführt. Ein Grundriss wurde nicht hinzugefügt, weil er sich kaum vom Bild *A* unterscheidet. Die gewonnene Länge erlaubt, etwas mehr Schrankraum vorzusehen, der Rest kommt der Plicht zugute. Trotz der geringeren Breite kann eine umlaufende Reling vorgesehen werden, doch fiel sie fort zugunsten besserer lichter Weite der Kabine.

Im Vergleich zu den erstgenannten Kreuzern wirkt der Entwurf *C* namens CHRISTINA geradezu ungewöhnlich schlank. Zu einer größten Länge von 10,50 m besitzt er eine Breite von 2,80 m. Die Betrachtung des Grundrisses wirkt täuschend, denn auch ein Maß von 2,80 m ergibt noch sehr gute Stabilität und angemessene Wohnbreite. Hier könnte ohne Schwierigkeit ebenfalls eine Dinette eingebaut werden, doch wurde die schlanke CHRISTINA in etwas geänderter Form eingerichtet.

Das verlängerte Steuerhausdach erlaubt, die Plicht sehr gut gegen Wetterunbilden zu schützen, und so wurde auf die Dinette für vier Personen verzichtet, um einen großen Essplatz für sechs oder gar sieben Personen achtern in der Plicht einzurichten. In der Kabine befindet sich steuerbords ein Sofa, das nachts zwei übereinanderliegende Schlafplätze ergibt.

Es soll hinzugefügt werden, dass manche Einzelheiten der drei Einrichtungen untereinander austauschbar sind.

Nachstehend wurde versucht, Leistungen und Geschwindigkeiten dieser drei Boote gleicher Raumgrößen einigermaßen getreu gegenüberzustellen. Die Ziffern sollen nicht als gewährleistet betrachtet werden, denn Bootsform und Antriebsverhältnisse fallen zu unterschiedlich aus. Besonders bei kurzen, breiten Booten wird oft ein zu kleiner Propellerdurchmesser verwandt, weil man einer zu starken Neigung des Motors vorbeugen will. Dadurch entsteht ein ungünstiger Wirkungsgrad des Antriebs, d. h. geringere Geschwindigkeit und erhöhter Verbrauch. Auf die Gefahr starken Vertrimmens wurde bereits früher hingewiesen.

Ungefähre Leistungstabelle

Entwurf	Länge	Breite	Motorleistung	Spitzen-geschwindigkeit	Verbrauch bei 3/4-Geschwindigkeit
A = FLORIDA	8,50	3,35	120 PS	28 km/h	18 l/h
FLORIDA	8,50	3,35	185 PS	36 km/h	28 l/h
FLORIDA	8,50	3,35	2 X 185 PS	50 km/h	56 1/h
B = CALIFORNIA	9,50	3,03	120 PS	30 km/h	18 l/h
CALIFORNIA	9,50	3,03	185 PS	36 km/h	28 l/h
CALIFORNIA	9,50	3,03	2 X 185 PS	50 km/h	56 l/h
C = CHRISTINA	10,50	2,80	120 PS	33 km/h	18 1/h
CHRISTINA	10,50	2,80	185 PS	39 km/h	28 l/h
CHRISTINA	10,50	2,80	2 X 185 PS	48 km/h	56 1/h

Soll statt der vorgenannten Benzinmotoren ein Dieselmotor eingebaut werden, so wird man keine so hohen Geschwindigkeiten erreichen. Es gibt jedoch eine genügende Auswahl leichter, schnell laufender Dieselmotoren, die in Boote von weniger als 10 m Länge eingebaut werden können. Am günstigsten liegt natürlich das längere Boot CHRISTINA; bei kürzeren Booten wählt man oft den Z-Antrieb, der ebenfalls mit Dieselmotor zu haben ist. Folgende Geschwindigkeiten und Brennstoffziffern sind dann zu erwarten:

FLORIDA	120 PS Diesel	24 km/h	12 l/h
FLORIDA	60 PS Diesel	18 km/h	6 1/h
CALIFORNIA	60 PS Diesel	20 km/h	6 1/h
CALIFORNIA	120 PS Diesel	27 km/h	12 l/h
CHRISTINA	60 PS Diesel	24 km/h	6 l/h
CHRISTINA	120 PS Diesel	32 km/h	12 1/h

Die noch immer etwas schweren Dieselmotoren beeinflussen die Geschwindigkeit durch ihr Gewicht in stärkerem Maße, als es bei Benzinmotoren der Fall ist. Die soeben genannten Zahlen sollen deshalb nur als Anhaltspunkte benutzt werden. Die wirklichen Ergebnisse können ebenso wohl etwas günstiger ausfallen wie auch hinter den Erwartungen zurückbleiben, da ja die Tabelle Drehzahlen und Propellerwirkungsgrade nicht berücksichtigt. Das kurze, breite Boot reagiert in dieser Hinsicht empfindlicher als das lange, schmale. Der Vergleich von lang und schmal gegen kurz und breit ist so faszinierend, dass in Abb. 71 zwei weitere sehr bewährte Boote einander gegenübergestellt werden. Sie unterscheiden sich außerdem noch in der Schiffsform, denn das kürzere Boot CARIOCA wurde im gemäßigten V-Spant erbaut, die längere DIANA dagegen in Rundspantform. In Rio de Janeiro liegt der Yachthafen direkt an der herrlichen Meeresbucht von Guanabara. Sie bietet ein ungewöhnlich reizvolles Sportrevier, doch von den Booten wird ein gutes Maß von Seetüchtigkeit erwartet. Unter diesen Voraussetzungen entstand das Boot CARIOCA in den Abmessungen von 8,75 m Länge ü. a. und 3,05 m Breite, und zwar ausgesprochen für den sportlichen Fischfang. Zwei Benzinmotoren von je 210 PS lieferten eine besonders reichliche Antriebsleistung.

Das längere und schmalere Boot DIANA dagegen wurde jahrelang serienmäßig für die ausgedehnten Stromgebiete des Parana-Deltas sowie den Rio de la Plata erbaut. Für die normalerweise gewünschte Einrichtung hätte eine Länge von 8 m gewiss ausgereicht. Was jedoch dem Entwurf DIANA seinen Appeal verlieh, war seine lange, schlanke Form. Auf den schmalen Nebenflüssen des Parana muss sehr darauf geachtet werden, keine starke Heckwelle zu erzeugen, um nicht am Ufer vertäute Boote oder gar den Uferschutz in Gefahr zu bringen. Für derartige Bedingungen eignet sich die schlanke Rundspantform besonders gut. Sie zeichnet sich ferner durch Leichtläufigkeit des Bootes aus, d. h., man erzielt eine flotte Fahrt mit geringem Brennstoffverbrauch.

Bei häufigen Fahrten auf dem La-Plata-Strom, dessen Ufer vor Buenos Aires mehr als 30 km auseinander liegen, haben sie einen durchaus annehmbaren Grad von Seetüchtigkeit bewiesen. Da alle Gewichte niedrig liegen, wird trotz der recht geringen Breite eine gut bemessene Stabilität erreicht. Im übrigen sind die Einrichtungen in den Plänen gut zu erkennen.

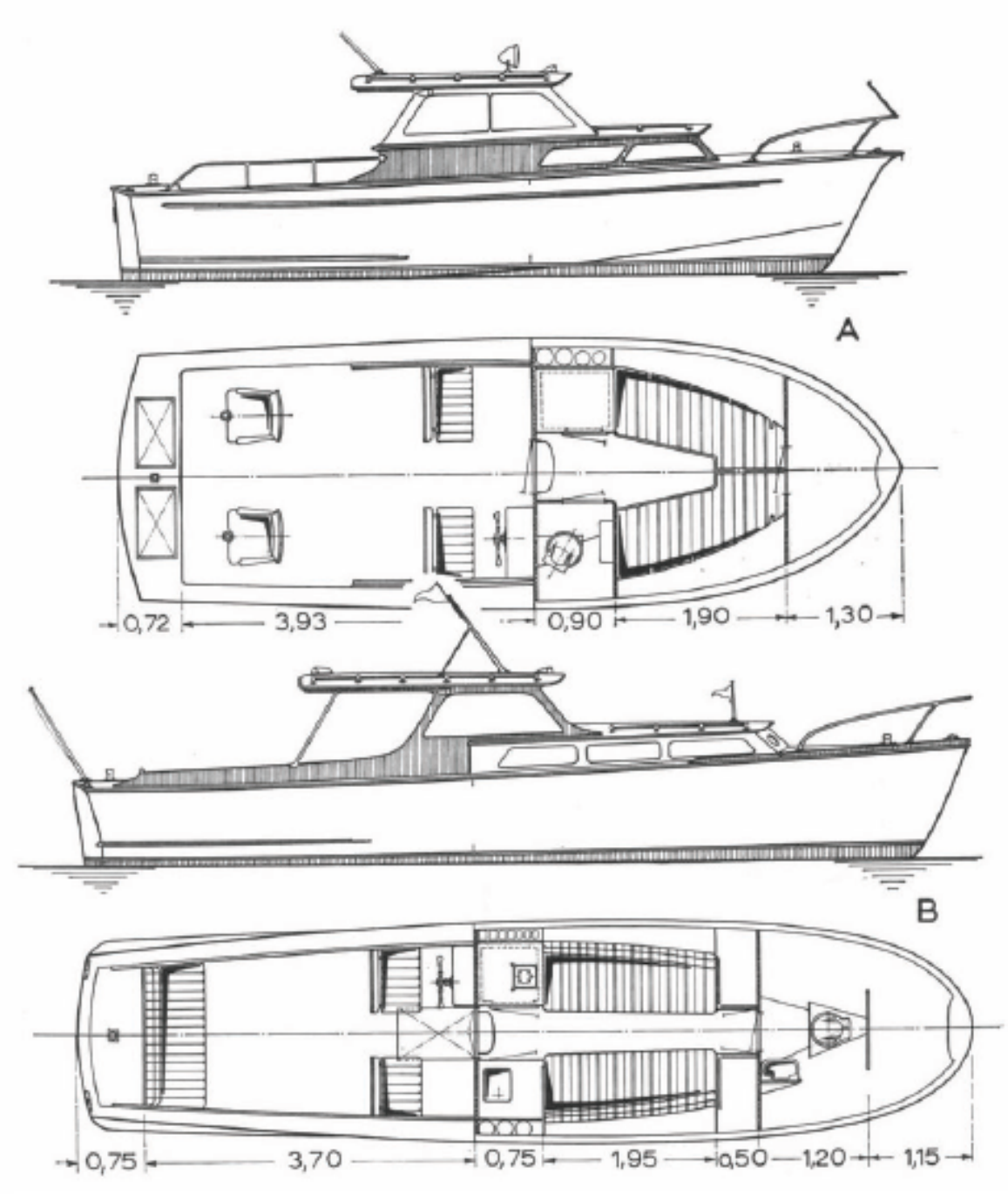


Abb.71 Eine weitere Gegenüberstellung von kurz und breit gegen lang und schmal. *Beide Boote wurden in größerer Zahl erbaut und haben sich, jedes auf seine Art, gut bewährt.*

	A. „Caraoca"	*B: „Diana"*
Länge ü. a.	*8,75 m*	*10,00 m*
Länge WL	*7,70 m*	*9,15m*
Breite	*3,05 m*	*2,50 m*
Tiefgang	*0,78 m*	*0,72 m*
Seitenhöhe	*1,46 m*	*1,35m*
Verdrängung ohne Personen	*4,0 m^3*	*3,7 m^3*

Ungefähre Leistungstabelle

Boot	Länge	Breite	Leistung	Spitzen-geschwindigkeit	Verbrauch bei 3/4-Geschwindigkeit
A = CARIOCA	8.75 m	3.05 m	140 P5	34 km/h	21 1/h
CARIOCA	8,75 m	3,05 m	185 PS	38 km/h	28 1/h
CARIOCA	8,75 m	3,05 m	2 x 210 PS	58 km/h	62 1/h
B - DIANA	10,00 m	2,50 m	90 PS	30 km/h	15 1/h
DIANA	10,00 m	2,50 m	140 PS	36 km/h	21 1/h
DIANA	10,00 m	2,50 m	185 P5	41 km/h	28 1/h

Fünf Variationen zu einem 11-m-Bootskörper

Jede Serienherstellung bedeutet eine Herabsetzung der Kosten, gleichgültig, ob es sich um den handwerklichen Bau von Holz- oder Stahlbooten handelt oder um die fabrikmäßige Herstellung von Glasharzbooten. Gerade im letzten Falle müssen so hohe Modellkosten gedeckt werden, dass man mindestens mit 8 bis 10 Bootskörpern rechnet, ehe es lohnt, die Hohlform überhaupt anzufertigen. Selbst wenn Holz- oder Stahlbootskörper handwerksmäßig in Serie gebaut werden, erreicht man eine bedeutende Kostenersparnis gegenüber dem Einzelbau. Deshalb werden oft zu einem einzigen Bootskörper mehrere Ausbau-Varianten entworfen.
Hier liegt nun ein Bootskörper von 11,20 m Länge ü. a. und 3,00 m Breite vor, für den fünf wesentlich verschiedene Abwandlungen gezeigt werden. Unter dem gemeinsamen Namen RIOMAR wurden vier dieser Abwandlungen in genügender Anzahl ausgeführt, um den Serienbau des Bootskörpers lohnend zu machen. Es ist reiner Zufall, dass die Alternative *C* nicht bestellt wurde, denn auch sie hat manches Gute für sich. Die Typenbezeichnung RIOMAR bedeutet *Fluss und Meer,* und manche dieser Boote haben recht ausgedehnte Fahrten über See ausgeführt. Besonders die Varianten *A* und *E* haben sich darin ausgezeichnet, was aber nicht eigentlich von deren Anordnung herrührt, sondern von der sportlichen Einstellung der jeweiligen Eigner.
Die wichtigsten Unterschiede liegen in der Gestaltung des Steuerstandes und der Anordnung im achteren Teil des Bootes: *A*, *B* und *C* zeigen eine bis zum Spiegel reichende etwas versenkte Plicht, *D* und *E* dagegen besitzen dort eine Achterkabine. Jede der verschieden angelegten Einrichtungen hat ihre Vorzüge, gewiss aber auch einige Nachteile. In Grundriß *A* findet man eine angenehme und wohnliche Hauptkabine direkt beim Niedergang, dafür liegen Küche und Toilette im Gegensatz zu allen übrigen Grundrissen reichlich weit vorn. In der Hauptkabine bilden sich mühelos drei Schlafplätze, nämlich durch ein Klappbett an Steuerbord und durch Umwandlung der Sitzecke in ein Doppelbett. Einrichtung *B* zeigt eine Ähnlichkeit zur vorhergehenden, doch wurden Küche und Toilette gleich neben dem Niedergang mittschiffs angeordnet. Hier entstehen sogar vier Schlafplätze in der Hauptkabine. Im achteren Teil der Plicht wurde ein zweiter Tisch mit Essplatz geschaffen, der durch ein wasserdichtes Sonnensegel geschützt werden kann.

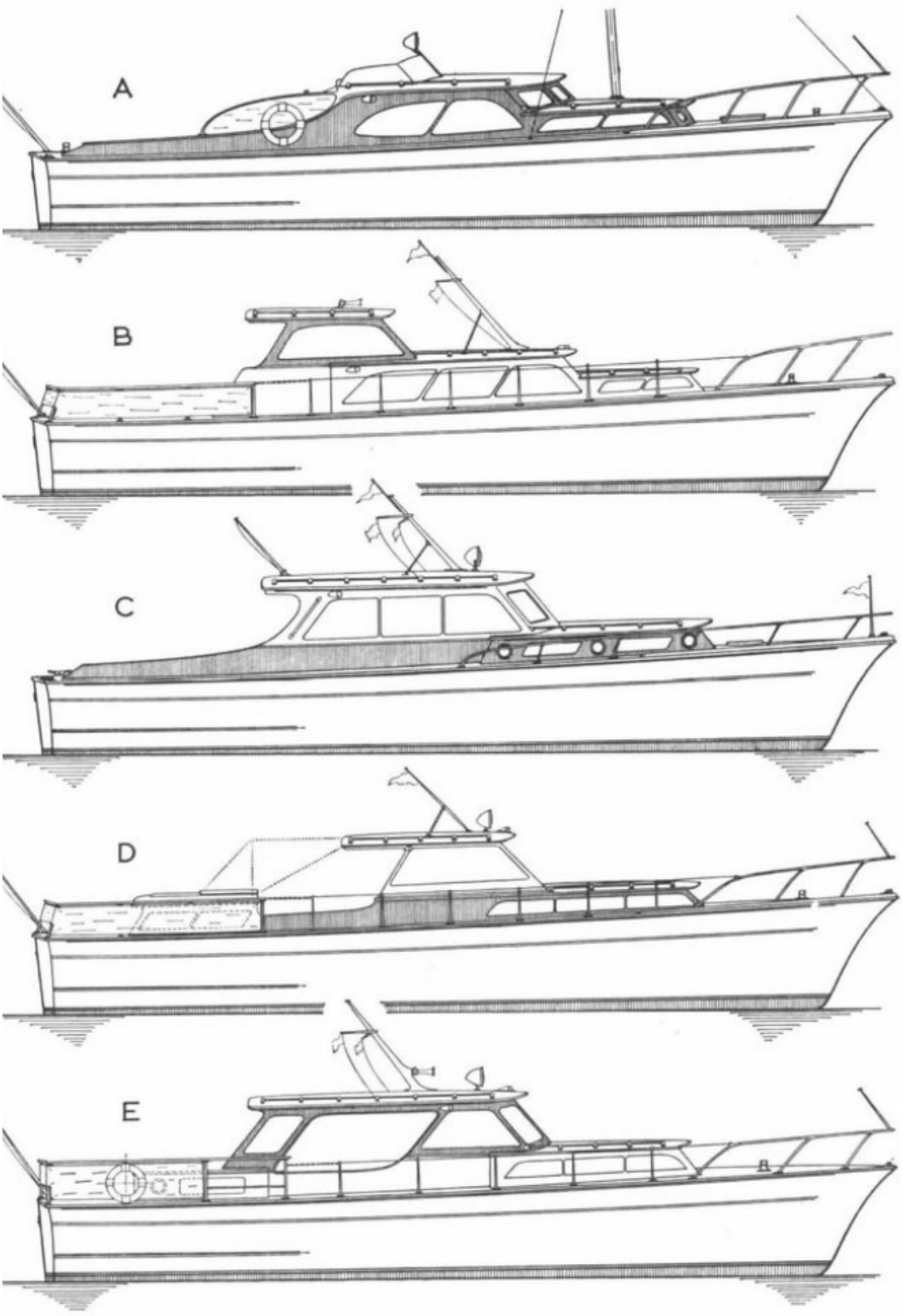


Abb. 72 Fünf verschiedene Profile des Motorkreuzers „Riomar". Die Bootskörper sind untereinander völlig gleich. Aufbauten und Einrichtung unterscheiden sich vor allem in der Anordnung des Steuerstands und der Ausnutzung des Achterschiffs durch offene Plicht oder Achterkabine.

Länge ü. a.……11,20 m	*Breite……3,00 m*
Länge WL.……10,15 m	*Tiefgang ……0,80m*
Verdrängung.…….. 6,5 m^3	*Seitenhohe ……1,50 m*

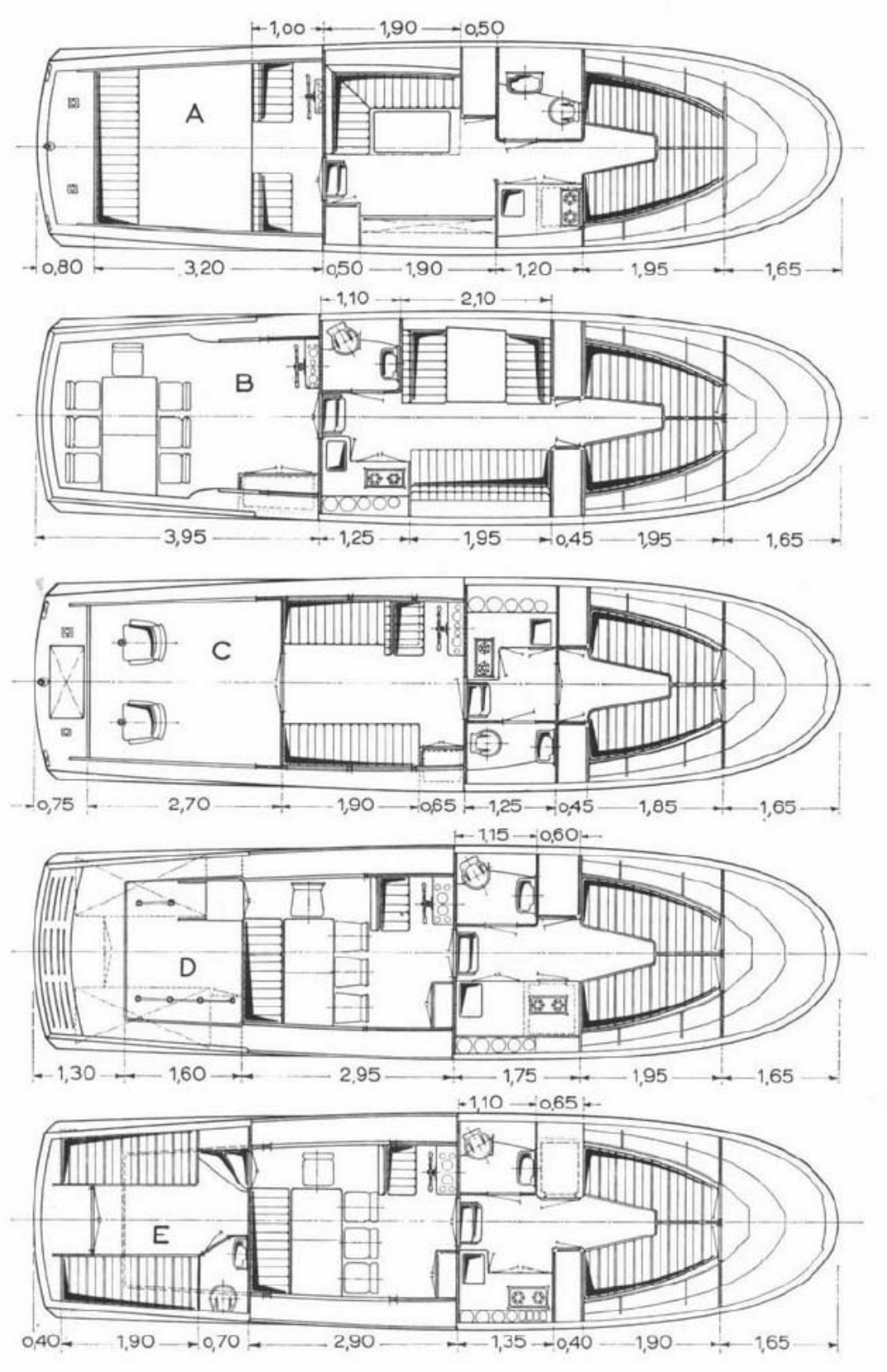


Abb. 73 Die fünf Einrichtungen zu den Profilen des Motorkreuzers „Riomar". Man beachte die Unterschiede in der Lage der Essplätze, der Küche, der Toilette sowie auch des Steuerstandes. Drei Boote besitzen eine lange, offene Plicht, die beiden letzten, D und E, eine Achterkabine mit einer mehr geschützten Mittelplicht.

Die Einrichtung nach *C* wurde zum Sportfischen vor der uruguayischen Meeresküste entworfen. Auf Kojenzahl wurde wenig Wert gelegt, doch findet man auch hier die beiden V-förmigen Kojen im Vorschiff, ferner zwei Schlafplätze im Steuerhaus. Plicht- und Steuerhausfussboden liegen auf gleicher Höhe, ohne unterbrechende Stufe dazwischen. Bei den folgenden beiden Einrichtungen *D* und *E* wurde eine Achterkabine vorgesehen, in der zwei unabhängige Schlafplätze ständig bereitstehen. Unter *E* findet man dort sogar einen kleinen Toiletteraum. Die Mittelplicht wurde in beiden Booten verschieden ausgebildet. Der Steuerstand unter *D* ist offener und sportlicher, bei *E* dagegen überdacht und geschützter. In beiden Fällen ist noch ein kleines, aber durchaus nützliches Achterdeck vorhanden. Drei der fünf Varianten besitzen eine gänzlich umlaufende Reling.
Die Vielzahl der Alternativen könnte ohne weiteres verdoppelt werden, doch handelt es sich bei der gezeigten Auswahl um die am häufigsten gefragten. Die Zusammenstellung dient vor allem dazu, Anregungen zu bieten, damit der zukünftige Eigner sich einen Überblick verschaffen kann, welche Einrichtung und Gesamtanordnung seinem Fahrtengebiet, seiner Familie und seinen Gästen am ehesten entspricht.

Ungefähre Leistungstabelle

Motorkreuzer RIOMAR: Länge ü. a. 11,20 m, Breite 3,00 m

Motorleistung	Spitzen-geschwindigkeit	Verbrauch bei ¾ -Geschwindigkeit
100 PS Benzin	25 km/h	15 l/h
185 PS Benzin	32 km/h	28 l/h
2 x 100 PS Benzin	33 km/h	30 l/h
2 x 185 PS Benzin	41 km/h	56 l/h
60 PS Diesel	20 km/h	61 l/h
100 PS Diesel	24 km/h	10 l/h
150 PS Diesel	28 km/h	15 1/h
2 x 100 PS Diesel	32 km/h	20 1/h

Sportlicher 11,70 - m - Motorkreuzer

Der nun folgende Entwurf COLUMBIA zeigt einen echt amerikanischen Motorkreuzer, und zwar wurden die Abmessungen als Durchschnitt aus mehreren serienmäßig gebauten Mo-torkreuzern zwischen 37 und 40 Fuß Länge gewählt. Derartige Boote werden mit unbe-deutenden Abweichungen von einer Reihe größerer Werften serienmäßig hergestellt. So entstanden die Durchschnittsabmessungen von 11,70 m Länge ü. a. und 3,95 m Breite. Nicht alle derartigen Boote besitzen den zweiten Steuerstand auf dem Steuerhausdach, doch ist gerade dies eine ausgesprochen amerikanische Anlage, wie sie von Sportfischern gern gewählt wird. Der Bootskörper wurde derart dargestellt, als sei er in Klinkerbauweise in Holz hergestellt worden. In der Tat wird diese altbewährte Bauweise auch heute noch

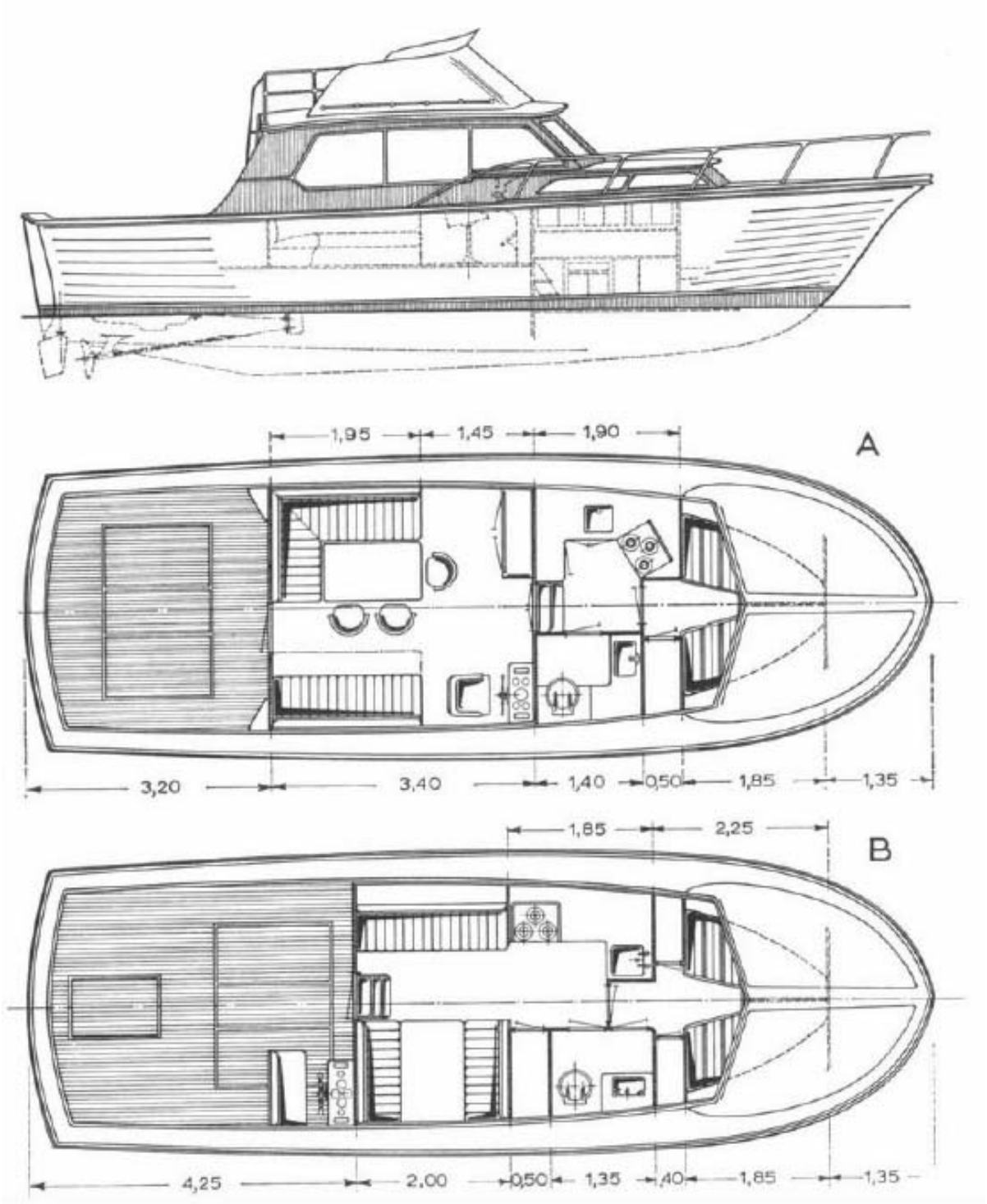


Abb. 74 „Columbia". Ein typisch *amerikanischer seetüchtiger Motorkreuzer, wie er von mehreren größerem Werften serienmäßig hergestellt wird, Unter A wird die zum Profil gehörende Inneneinrichtung gezeigt. Zu der Einrichtung unter B gehört ein etwas niedriger gelegtes Deckshaus, denn hier liegt der offene Steuerstand dahinter in der besonders großen Plicht.*

Länge ü. a	*11,70 m*	*Breite*	*3,95 m*
Länge WL	*10,15 m*	*Tief gang*	*0,85 m*
Verdrängung	*8,5 m³*	*Seitenhöhe*	*I,85 m*

geschätzt und serienmäßig hergestellt, sowohl in Vollholz wie in Sperrholz-Klinkerbeplankung. Selbst bei vollkommen glatter Karweelbeplankung werden die Nähte nicht selten mittels kleiner Hohlkehle ausdrücklich markiert. Sogar im Glasharzbau wird die Klinkerform gern nachgeahmt, weil jede der zahlreichen Kanten zur Steife der Bootsschale beiträgt, fast ohne Materialkosten oder zusätzliches Gewicht.

Von den Einrichtungsplänen *A* und *B* entspricht nur der erste genau dem oben dargestellten Profil des Bootes. Die Inneneinrichtung nach *B* ist ebenso häufig anzutreffen, wobei der außen am Hauptschott liegende Steuerstand mehr nach europäischer Art mittels Windschutzscheibe oder kleinem Dach geschützt wird. Bei der Anordnung nach dem obigen Profil befindet sich gewöhnlich ein zweiter Steuerplatz innerhalb des Deckshauses. Dieser wird vor allem zum Starten der Motoren und zu Beginn der Fahrt benutzt, weil dort alle Kontrollinstrumente der Motoren vorhanden sind; ferner kann man dort den gleichmäßigen Lauf der anfänglich kalten Motoren am Geräusch besser kontrollieren.

Stets werden im Vorschiff die raumsparenden V-Kojen angeordnet. Kurz dahinter liegen die großzügig ausgestattete Küche sowie eine Toilette mit Dusche. Im Entwurf *A* folgt ein besonders geräumiges Deckshaus, an dessen Vorschott die Innensteuerung liegt. Gegenüber befindet sich eine kleine Bar und nach achtern anschließend der Essplatz für 6 Personen. An Steuerbord wurde ein Sofa angeordnet, das verbreitert werden kann und dadurch ein Doppelbett bildet. In ähnlicher Art kann die Essecke in ein Doppelbett verwandelt werden. Nach achtern schließt sich eine große Plicht von 3,20 m Länge an. Im Entwurf wurde als Essecke eine Dinette für ebenfalls 6 Personen eingerichtet. Gegenüber findet man wiederum ein Sofa mit Liegelänge, welches hier aber durch Hochklappen der Rückenlehne in zwei übereinanderliegende Kojen umgewandelt wird. Rechnet man die Dinette -Kojen hinzu, so erhält man auch mit Einrichtung *B* dieselbe Zahl von Schlafplätzen.

Die Plicht nach *B* konnte ganz bedeutend länger ausgeführt werden, weil der innere Steuerstand wegfiel. Ein interessanter Unterschied ist in der Lage der Motoren zu erkennen. Im Grundriss *A* liegen diese sehr weit achtern nahe dem Spiegel. Sie stehen dort umgekehrt, d. h. mit dem Wendegetriebe nach vorn zeigend, wo sie über ein Winkelgetriebe auf die Propellerwelle arbeiten. Diese Anordnung ist oben in der Seitenansicht erkennbar. Die Motoren könnten auch unter dem Deckshausfußboden eingebaut werden, doch müsste dann in verstärktem Maße für Schallisolierung gesorgt werden.

Die große Länge der offenen Plicht im Grundriss *B* gestattet, beide Motoren nahe dem Vorschott einzubauen, wo sie ohne zu große Neigung direkt auf die Propellerwelle arbeiten. So wurde auch hier das Deckshaus vom unmittelbaren Motorengeräusch freigehalten.

Ungefähre Leistungstabelle

COLUMBLA: Länge ü. a. = 11,70 m, Breite = 3,95 m

Motorleistung	Spitzen-geschwindigkeit	Brennstoff-Verbrauch 3/4-Geschwindigkeit	ökon.Kreuzfahrt
2 X 160 PS Benzin	38 km/h	48 l/h	26 1/h
2 X 220 PS Benzin	44 km/h	66 1/h	36 l/h
2 X 300 PS Benzin	50 km/h	90 l/h	50 1/h
2 X 200 PS Diesel	40 km/h	44 l/h	23 1/h

Man beachte ferner, dass der Fußboden des Deckshauses hier erheblich niedriger liegt, wie durch die Niedergangstreppe am Hauptschott angedeutet wird. Dadurch gewinnt einerseits der Steuermann achtern einen freieren Überblick, andererseits liegen jetzt Küche und Toilette in gleicher Höhe mit dem Essplatz.

Zwei schlanke Motorkreuzer: EXPLORADOR *und* RIVIERA

Beobachtet man mit kritischem Auge die Mehrzahl der serienmäßig hergestellten Motorkreuzer, so bemerkt man bald den Einfluss eines durchaus verständlichen Geschäftsprinzips. Für den Konkurrenzkampf und nach den Prinzipien guter Verkaufstechnik entworfen, leiden sie unter dem Bestreben, möglichst viel Wohnraum und Motorleistung in gegebene Abmessungen hineinzubauen. Die Gedanken vieler Käufer treffen sich auf halbem Wege mit diesem Prinzip, sei es aus rein finanziellen Gründen oder auch wegen der Handhabung mit unzureichender Mannschaft. Dadurch wirken nicht wenige dieser Boote überladen und zu kurz, leiden unter Mangel an freier Decksfläche und sind in den Kabinen überbelegt an Personen. Dass aber nicht alle Eigner so denken, war bereits am 10-m-Motorkreuzer DIANA gezeigt worden, welcher trotz seiner stattlichen Länge nur zwei oder vier Schlafplätze aufwies.

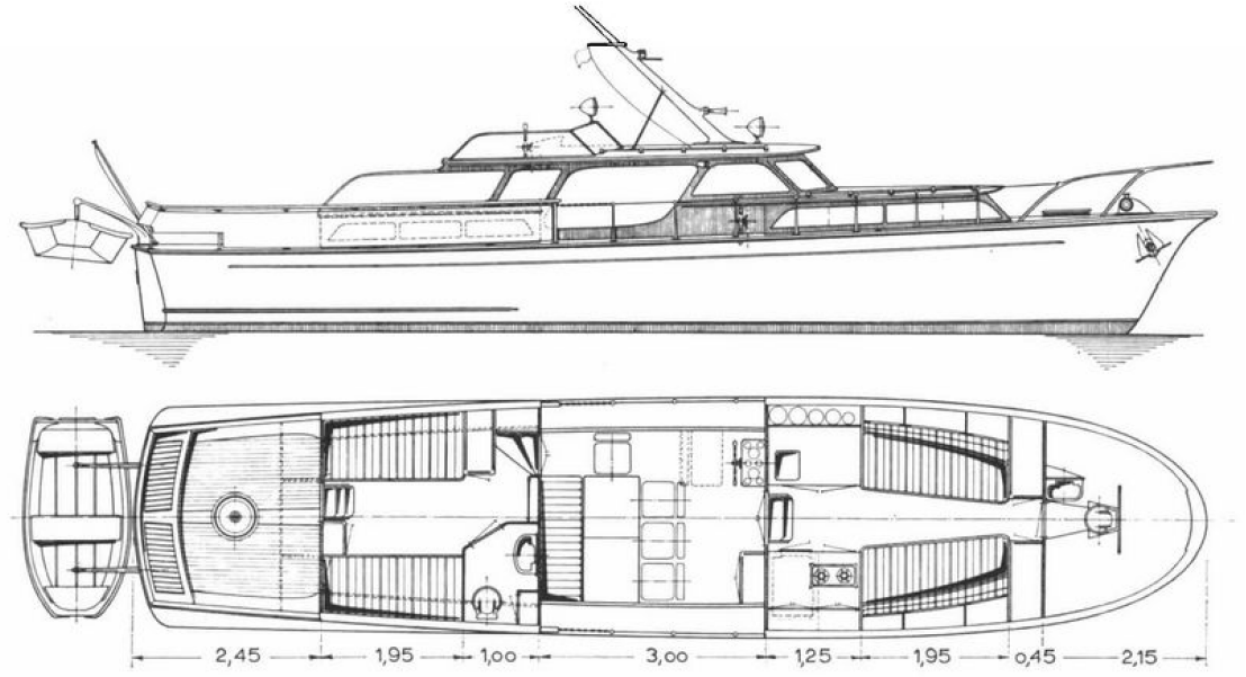


Abb. 75 „Explorador". Dieser schlanke 14-m-Motorkreuzer hat sich im La-Plata-Stromgebiet und bei sommerlichen Fahrten auf dem Südatlantik ausgezeichnet bewährt. Dank der langgestreckten Form des Unterwasserschiffs ist er besonders leichtläufig und erzielt bereits mit geringer Motorleistung eine gute Fahrt. Man beachte die Anlage von Innen- und Außensteuerstand.

Länge ü. a .....14,20 m	*Breite ..... 3,20 m*
Länge WL .....13,00 m	*Tiefgang ..... 0,90 m*
Verdrängung .....7,80 m³	*Seitenhöhe ..... 1,70 m*

Der nunmehr vorliegende Entwurf des Motorkreuzers EXPLORADOR hat sich trotz seiner höheren Kosten einen noch umfassenderen Kreis von Liebhabern erworben. Zwei Gesichtspunkte waren für die Gesamtanlage entscheidend: erstens, das größtmögliche Boot zu schaffen, das noch ohne ständigen Bootsmann gepflegt und bedient werden kann, und zweitens, eine leichtläufige Form herauszuschälen, mit der lange Kreuzfahrten bei größter Wirtschaftlichkeit ausgeführt werden können. Inwiefern der vielfach gebaute EXPLORADOR diese Erwartungen erfüllte, sei an nachfolgendem Erlebnis geschildert. Der Hafen des uruguayischen Badeorts Punta de Este war mit Segel- und Motoryachten geradezu überfüllt, war er doch einer der beliebtesten Anziehungspunkte, der nach einigen hundert Meilen Seefahrt den schönsten Badestrand sowie guten geschützten Liegeplatz für Yachten bot.

Dort lagen zwei Motorkreuzer von annähernd gleicher Raumgröße nebeneinander, die jedoch ganz entgegen gesetzte Prinzipien verkörperten. Es war einer der Motorkreuzer der EXPLORADOR-Serie von 14,20 m Länge über alles und 3,20 m Breite, und ein anderer, nach amerikanischen Plänen erbauter Kreuzer von 11,50 m Länge und 3,65 m Breite. Das längere, schmalere Boot besaß zwei Motoren von je 90 PS Leistung mit Untersetzung 2 : 1 zwischen Motor und Propellerwelle. Der kürzere Kreuzer wurde von zwei Motoren von je 140 PS Leistung ohne Untersetzung angetrieben. Der schlanke Motorkreuzer war rund spantig gebaut und besaß ein scharfes Vorschiff, der kürzere war in der auf Geschwindigkeit zugeschnittenen V-Spantform gebaut und hatte dazu eine völlige Vorschiffsform.

Der Zufall wollte es, dass der Eigner des zweiten Motorkreuzers, ein liebenswürdiger Sportflieger, seine Yacht vom Bootsmann nach Buenos Aires zurückbringen lassen wollte, eine Fahrt von durchschnittlich 22 bis 25 Stunden Dauer, je nach Wind und Wetter. Zur Sicherheit ließ er einen Motorenschlosser unserer Werft aus Buenos Aires kommen. Außerdem bat er uns, seinen Kreuzer unter der navigatorischen Führung und Aufsicht des EXPLORADOR mitreisen zu lassen.

Wir hatten stets eine besondere Vorliebe für Nachtfahrten, und so warfen beide Kreuzer gegen 10 Uhr abends in völliger Dunkelheit die Leinen los. Mit mäßiger Geschwindigkeit und bei leichtem Seegang kreuzten beide Schiffe in erfrischender Nachtfahrt über See in Richtung des La-Plata-Stromes. Noch an Montevido vorbei nach binnen zu erreicht dieser Strom eine Breite von etwa 50 Meilen. Beim Morgengrauen hatte niemand Lust, Kochdienste zu übernehmen, denn über Nacht hatte der Seegang zugenommen und war reichlich störend geworden. Beide Yachten hatten während der Nacht gut und gefahrlos zusammengehalten, und nun bemühten wir uns, die Stärke des Schlingerns im gleichen Seegang zwischen diesen so verschiedenen Booten zu vergleichen. Am mittleren Vormittag machte sich eine Beruhigung der Wetterverhältnisse bemerkbar, unsere Küche wurde in Betrieb genommen, und zur Mittagszeit konnten wir sogar bei Tisch sitzen und unsere Suppe aus halbgefüllten Tellern essen. Zwar sah es manchmal bedrohlich aus, so dass wir rasch die Teller in der Hand balancierten; aber wir vier waren froh, nach durchwachter Nacht eine normale Mahlzeit genießen zu können.

Der kürzere und breitere Motorkreuzer fuhr brav und manierlich in etwa 100 m Abstand neben uns her, unserer Navigation folgend. Doch bemerkten wir keine Anstalten, dass dort an Bord eine Mahlzeit zubereitet wurde. Als dann schließlich bei Einbruch der Dunkelheit das begleitende Boot an seinem Liegeplatz anlangte und wir den Motorenschlosser übernahmen, kamen folgende drei Tatsachen zum Vorschein:

1 . Wir waren heilig beneidet worden, dass wir kochen und bei Tisch essen konnten. Dies war auf dem kürzeren und breiteren Boot wegen heftiger Bewegungen nicht möglich gewesen.
2. Nicht weniger beneidete man uns um unsere laufende Unterhaltung, eine Bemerkung, die wir anfangs nicht verstanden. Die Erklärung jedoch war einfach: auf dem begleitenden Boot waren die Motoren nicht gut eingebaut worden, außerdem mussten sie mit höherer Drehzahl laufen, um mit uns Schritt zu halten. Aus beiden Gründen litt die Besatzung unter dem wesentlich stärkeren Geräusch. Der EXPLORADOR dagegen lief so leise, dass man am Außensteuerstand kaum feststellen konnte, ob die Motoren überhaupt in Gang waren.
3. Unser Verbrauch auf dieser Reise erreichte den sehr niedrigen Wert von 568 Litern Brennstoff; das begleitende Boot dagegen hatte trotz gleicher Geschwindigkeit und Reisedauer erheblich über 1000 Liter verbraucht. Warum? Einerseits litt es unter einem sehr schlechten Propellerwirkungsgrad, da kein Untersetzungsgetriebe vorhanden war, andererseits erzeugte das kürzere, breitere Boot einen größeren Fahrtwiderstand.

Derartige krasse Gegensätze sind häufig zu finden, doch kann man sie nicht oft so deutlich beobachten. Im vorliegenden Falle trafen zu viele Umstände zusammen, die das lange Boot begünstigten und das kurze benachteiligten. Hätte das Wetter eine höhere Geschwindigkeit zugelassen, so wären die Unterschiede nicht ganz so grotesk ausgefallen. Die sogenannte *weiche Stabilität* des Rundspantbootes war auf jeden Fall der *harten Stabilität* des V-Spantbootes überlegen. Die Krängungswinkel mögen im allgemeinen dieselben gewesen sein, doch bewegte sich das Rundspantboot langsam, das V-Spantboot aber rasch und heftig. Es sei ausdrücklich hinzugefügt, dass das letzte durchaus keine extreme oder besonders nachteilige Form besaß. Zwar fand diese Reise vor der Einführung der tiefen V-Spantform statt, doch war bei dem Kreuzer bereits die *non-pounding*, d. h. die nichtaufschlagende Form des Knickspants, angewandt worden. Dass die beiden stärkeren Motoren kein Untersetzungsgetriebe besaßen, war in der Tat ein Unglück, das leider ohne erheblichen Umbau nicht zu beheben war.

Die Gesamtanordnung und Einrichtung des Motorkreuzers EXPLORADOR geht gut aus der Zeichnung hervor. Er besitzt die bevorzugte Zwei-Kabinen-Anordnung, zwischen der in der Mitte das dem allgemeinen Aufenthalt dienende Steuerhaus liegt. Weiter wäre kurz zu erwähnen: in jeder Kabine eine Toilette, ferner eine geräumige Küche direkt am vorderen Niedergang, mit kaltem und heißem Frischwasser und Seewasser sowie mechanisch be-triebenem Kühlschrank. Den beliebtesten Platz auf Fahrt bietet jedoch der Außensteuerstand, da man dort die beste Übersicht und zugleich angenehmen Windschutz genießt. Das Deck ist über die ganze Schiffslänge durch eine Reling gesichert. Das große Steuerhaus zeichnet sich durch die große Öffnung auf jeder Seite aus. Diese Ausführung hat sich vorzüglich bewährt, da die Öffnungen leicht geschlossen werden können, und zwar durch Segeltucheinsätze mit Sichtfenstern. Dort befindet sich auch der Essplatz für 6 bis 7 Personen; auch während der Mahlzeiten sind die großen Öffnungen willkommen, weil man im Gegensatz zu manchen anderen Essplätzen mit diesen eine großzügige Aussicht genießt.

Das Beiboot wird über Heck in Davits gefahren, eine bewährte Anordnung mit vielen Vorteilen. Dort nimmt das Boot keinerlei Decksfläche weg, ist besonders leicht und rasch wegzufieren und wieder in die Davits einzuhängen. Da man in manchen Häfen, auch in Punta de Este, mit dem Heck zur Kaimauer liegt, können die Davits durch Lösen von nur zwei Flügelmuttern mühelos ganz weggenommen werden.

Foto 39 Seetüchtiger 44-Fuß-Sportfisch- Motorkreuzer mit sogenanntem Tuna- Turm. Das Modell „Striker 44" ist 13.40 m lang, 4,80 m breit und bekommt zum Antrieb zwei Cummins-Diesel von je 185 P5 oder zwei GM-Diesel von je 215 P5. Bootskörper und Aufbauten sind Leichtmetall.
Foto: Striker Boats, Florida



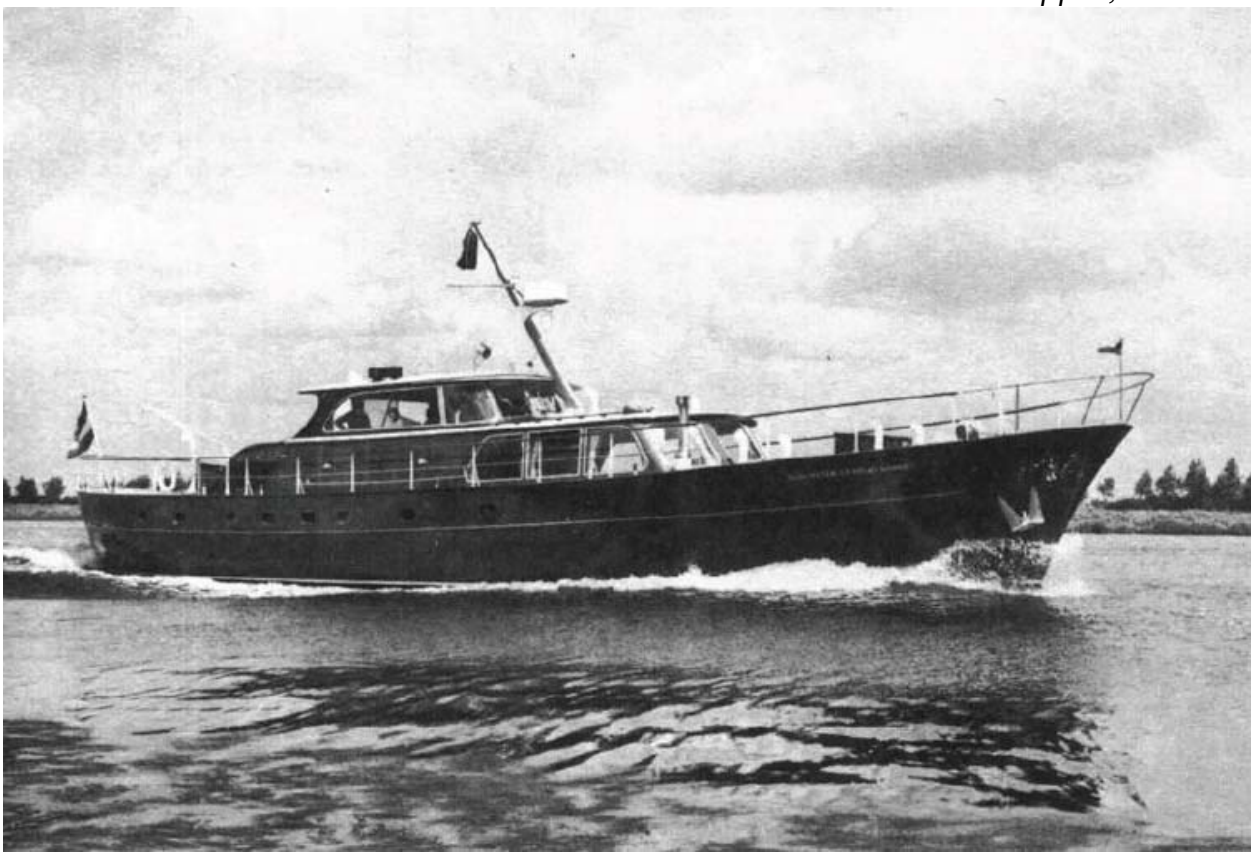
Foto 40 Seetüchtiger 14-m-Motorkreuzer „Explorador". Eine größere Zahl dieser Boote wurde zwischen 1950 und 1960 auf des Verfassers Werft erbaut und bewährte sich eben so gut auf den großen Strömen wie auf sommerlicher Südatlantik-Kreuzfahrt. *Werftfoto Baader*





Foto 41 23,50-m-Motoryacht „Luisa" mit weit ausladendem Vorschiff. Pläne und weitere Details finden sich in Abb. 78. Das Lichtbild zeigt die Yacht kurz nach dem Stapellauf in perfekter Trimmlage. Werftfoto Baader

Foto 42 Motoryacht "Blue Peter of Point Shares". In Stahl von der Amsterdam Shipyard G, de Vries Lentsch Jr. erbaut. Länge 25,00 m, Breite 5,10 m, Geschwindigkeit 23,4 km/h, mit zwei 280-PS-Cummins-Dieselmotoren. Werftfoto, Amsterdam



Die fixe Idee, das Beiboot würde durch Wellenschlag beschädigt werden, hat sich immer wieder als unbegründet bewiesen. Der stärkste sommerliche Sturm und Seegang, Windstärke 8 eingeschlossen, hat dem Boot niemals einen direkten Wellenschlag zugefügt oder es durch einen Brecher übergossen.
In nachstehender Zusammenstellung von Leistung, Geschwindigkeit und Brennstoffverbrauch findet sich erneut die Spalte mit der Bezeichnung *ökonomische Kreuzfahrt.* Diese gilt speziell für Langstreckenfahrt, aber auch im Seegang, wenn die so genannte 3/4- Geschwindigkeit sich nicht mehr empfiehlt.

Tabelle ungefährer Leistungen

EXPLORADOR: Länge ü. a. = 14,20 m, Breite = 3,20 m

Motorleistung	Spitzen-geschwindigkeit	Gesamt-Brennstoffverbrauch 3/4-Geschwindigkeit	ökon.Geschwindigkeit
2 x 100 PS Benzin	32 km/h	32 1/h	18 1/h
2 x 140 PS Benzin	37 km/h	40 1/h	20 1/h
2 x 185 PS Benzin	41 km/h	46 1/h	22 1/h
1 x 100 P5 Diesel	25 km/h	10 1/h	7 l/h
1 x 160 PS Diesel	31 km/h	16 1/h	10 1/h
1 x 250 PS Diesel	36 km/h	25 1/h	15 l/h
2 x 100 PS Diesel	31 km/h	20 l/h	14 l/h

18-m-Motorkreuzer RIVIERA

Der nun folgende Plan zeigt eine Weiterentwicklung des Motorkreuzers vom EXPLORADOR-Typ. Damit wurde ein schlankes Dieselschiff geschaffen, das mehr Einrichtung und ein etwas höheres Maß von Seefähigkeit bietet. Doch wurde Wert darauf gelegt, die bewährten Eigenschaften des um 4 m kürzeren Bootes beizubehalten, seine Leichtläufigkeit und seine flotte Fahrt mit mäßiger Antriebsleistung.
Die Abmessungen des Schnellkreuzers RIVIERA eignen sich sowohl für sportliche, rasche Reisen über größere Küsten- und Seestrecken wie auch für kleine Nachmittagsfahrten mit einer großen Zahl von Gästen. Dabei zeigt die Verbindung von schlanker Form und mäßiger Antriebsleistung noch einen oft übersehenen Vorteil: weniger Vibrationen, weniger Geräusch, bedeutend geringere Wellenbildung.
Bei Motorkreuzern dieser Größe kann die Außensteueranlage durch ein abnehmbares oder auch festes, kleines Dach geschützt werden. Ein derartiges Schutzdach über dem Steuerstand wurde im Plan punktiert angedeutet. Die Vorzüge des oberen Steuerstandes laden zu einer geradezu hundertprozentigen Benutzung ein, so dass die Innensteuerung in manchen Fällen gar nicht mehr eingerichtet wird.
Um alle im Entwurf steckenden Eigenschaffen zur Geltung zu bringen, muss das voll ausgerüstete Schiff im Endzustand leicht gehalten werden. Nur zu oft beobachtet man, wie ursprünglich gut durchdachte Motorkreuzer im Lauf der Jahre überladen werden. Normale Motoren werden gegen stärkere mit höherem Gewicht ausgewechselt, Lichtaggregate und Batteriekapazität werden vergrößert, ebenso der Umfang der Einrichtung. Dadurch ver-

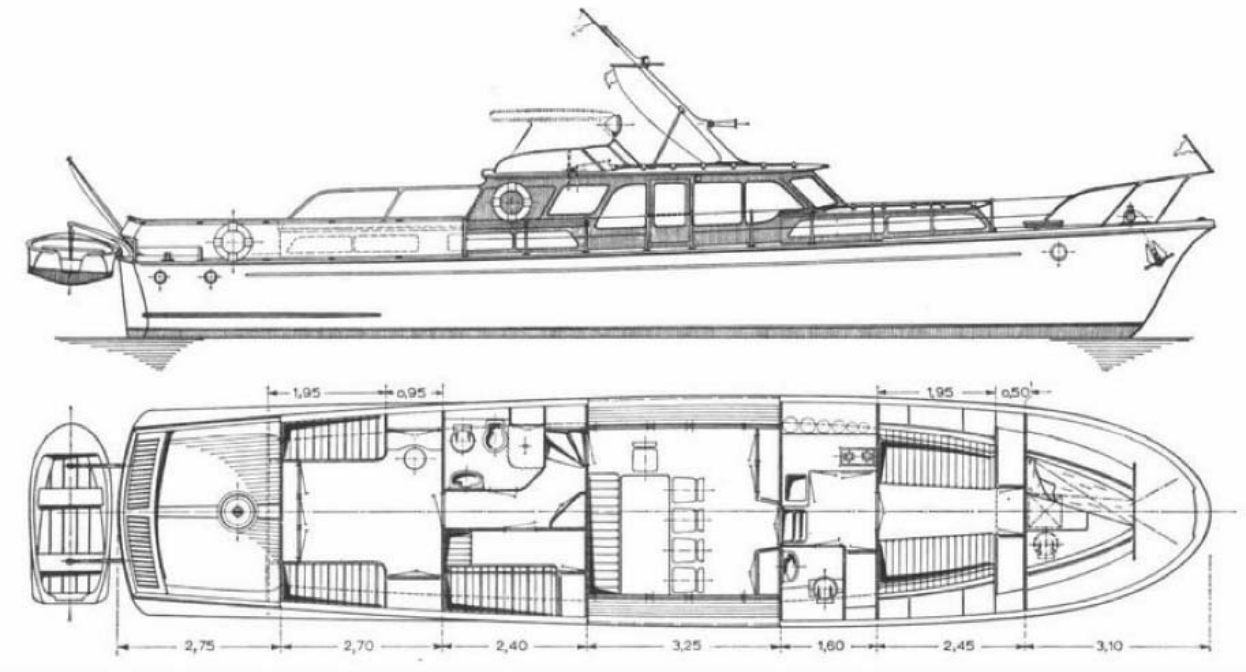


Abb. 76 "Riviera". Eine vergrößerte schnelle Motoryacht, nach den gleichen Prinzipien des "Explorador" entstanden. Wegen der größeren Abmessungen wurde ein ganz geschlossenes Deckshaus ohne Innensteuerung eingerichtet. Der Außensteuerstand wird durch ein losnehmbares oder auch festes Dach geschützt.

Länge ü. a	*18,25 m*	*Breite*	*3,80 m*
Länge WL	*16,75 m*	*Tiefgang*	*1,05 m*
Verdrängung	*14,8 m³*	*Seitenhöhe*	*1,80 m*

wandelt sich Leichtläufigkeit in schwerfällige Fahrt, verbunden mit starker Wellenbildung. Diese Beobachtung gilt für sämtliche Bootsgrüßen, angefangen vom 5-m-Außenbordkreuzer bis zur großen Motoryacht. Langsame Boote leiden nicht so sehr unter einer Überladung wie schnelle. Es liegt gewöhnlich in den Händen der Eigner oder ihrer Berater, den Nachteil des schwerfälligen Bootes zu verhindern.

Leichtbauweise bedeutet keineswegs unzureichende Baustärken oder verminderte Lebensdauer! Sie bedeutet nur: alle Verbände dem Verwendungszweck und den Belastungen entsprechend wählen. In der Größe der Motoryacht RIVIERA verdient deshalb Holzbau meistens noch den Vorzug vor einem Stahlbootskörper; doch auch dieser ist ausführbar, wenn man dem Prinzip des Leichtbaues treu bleibt. Die Ausführung in Glasharz verbietet sich im allgemeinen deshalb, weil die Vorbereitungskosten bis zur Fertigstellung der negativen Form zu hoch ausfallen, sofern nicht wenigstens 8 oder 10 solcher Bootskörper in absehbarer Zeit hergestellt werden. Leichtmetall würde sich vorzüglich eignen, sofern die höheren Kosten getragen werden können.

Das Steuerhaus des Kreuzers RIVIERA ist hier zwar geschlossen, doch liegen die Fenster günstig genug, um guten Ausblick zu gewähren. Am großen Esstisch ist Platz für 8 bis 9 Personen vorhanden. Dementsprechend wurde auch vorn an Backbord eine geräumige Küche eingerichtet, deren zugehöriger Kühlschrank gegenüber an Steuerbord liegt. Davor liegt eine Gästekabine für zwei oder vier Personen, und ganz vorn wurde ein Raum für den Bootsmann vorgesehen. Im Achterschiff befinden sich die geräumige Eignerkabine, ferner eine Zweikojen-Gästekabine und ein reichlich bemessener Toiletteraum einschließlich Dusche.

Nachstehend findet man wiederum die Tabelle mit den wichtigsten Angaben über Leistung, Geschwindigkeit und Verbrauch.

Ungefähre Leistungstabelle

RIVIERA : Länge ü. a. = 18,25 m, Breite = 3,80 m

Motorleistung	Spitzen-geschwindigkeit	Gesamt- Brennstoffverbrauch ¾ Fahrt	ökon. Kreuzfahrt
1 Diesel von 200PS	25 km/h	20 l/h	12 l/h
1 Diesel von 300PS	31 km/h	30 l/h	18 l/h
2 Diesel je 120PS	26 km/h	24 l/h	15 l/h
2 Diesel je 180PS	32 km/h	36 l/h	20 l/h
2 Diesel je 300PS	41 km/h	60 l/h	35 l/h

17-m-Motoryacht "MARIA THERESIA"

Diese 17-m-Motoryacht erscheint in der Reihenfolge absichtlich hinter dem 18-m-Motorkreuzer RIVIERA, weil sie deutlich zeigt, dass Schiffslänge und Raumgröße zwei ganz verschiedene Begriff darstellen. Das umschriebene Volumen der RIVIERA beträgt 120 m^3, wogegen es sich bei der MARIA THERESIA auf 174 m^3 stellt. Das um 1 m kürzere Boot ist also raummäßig um fast 50 Prozent größer, und in einem ähnlichen Verhältnis zueinander stehen die Verdrängungen und schließlich auch die Baukosten.
Ohne Zweifel erfreut sich der Typ der MARIA THERESIA allgemeiner Wertschätzung. Hier liegen zum ersten mal zwei voll nutzbare Kabinenhöhen übereinander, nämlich das Steuerhaus über den Achterkabinen. Bei der gegebenen Länge war es auch vom ästhetischen Standpunkt möglich, das Hauptdeck über die Achterkabinen zu legen und ohne Stufung vom Spiegel bis zum Steven durchlaufen zu lassen. Die große Decksfläche ohne jede Unterbrechung wird natürlich sehr geschätzt. Ebenso gewinnt die Einrichtung im achteren Bereich, deren Seitenwände nach oben bis zum Deck glatt verlaufen.
Es wurde keineswegs versucht, zahlreiche Schlafplätze in diesem raumgroßen Schiffskörper unterzubringen. Als Leitmotiv galt eher der Wunsch nach Geräumigkeit, und so konnte eine sehr große Eignerkabine, ein großer Deckssalon und ein ansehnliches Steuerhaus geschaffen werden. Zur Eignerkabine gehört eine Toilette mit extra Duschraum. Gegenüber befindet sich eine zweite Toilette für die Gäste.
Die Backbord-Gästekabine weist zwei bequeme Schlafkojen auf, aber auch die gegenüberliegende kleinere Gästekabine wurde für zwei Personen eingerichtet. Durch den Fortfall eines nach innen versetzten Kajütenaufbaues können zwei übereinanderliegende Kojen hier ohne Nachteile angeordnet werden.
Die Einrichtung des Vorschiffes erklärt sich fast von selbst. Sie enthält eine geräumige Küche einschließlich Essplatz nach Art einer Dinette, davor das Zweikojen- Mannschafts- Logis mit eigener kleiner Toilette.

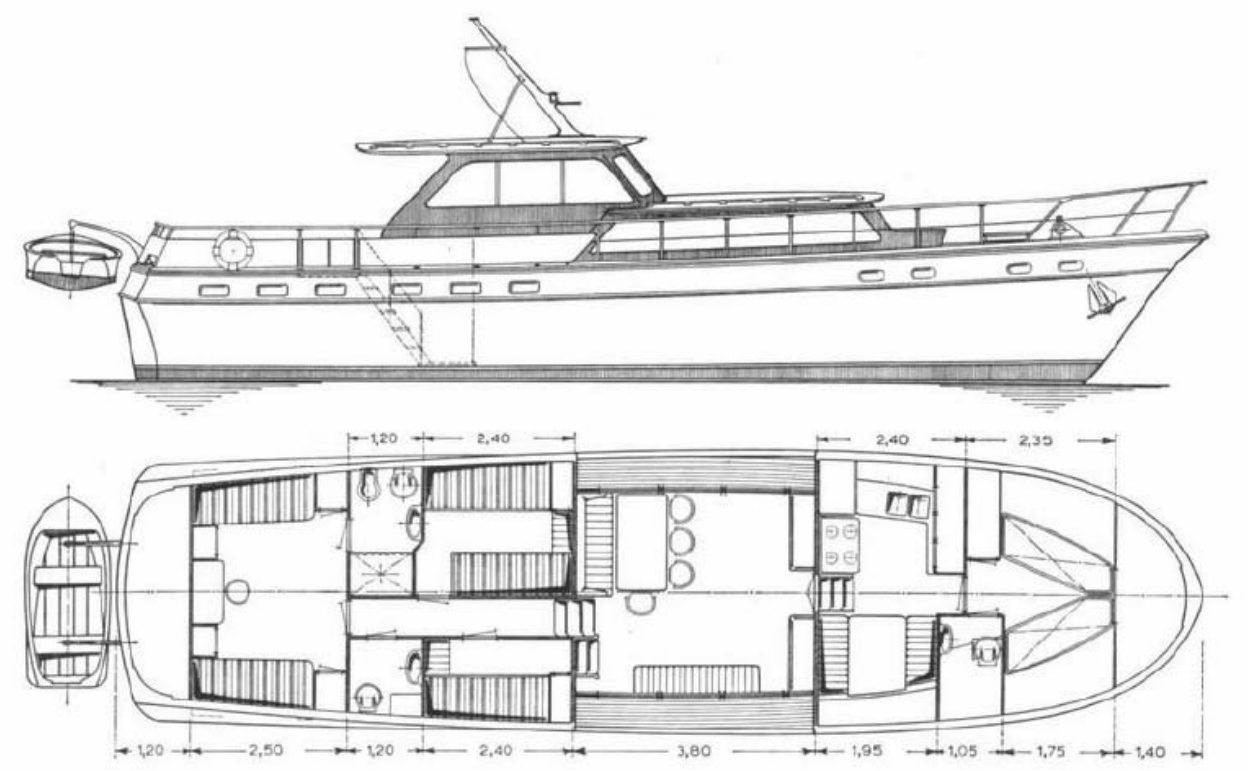


Abb. 77 „Maria Theresia". Mit diesem Entwurf wird zum erstenmal in dieser Folge das durchlaufende Deck gezeigt, womit die Kabinen im achteren Bereich sehr an Geräumigkeit gewinnen. Motoryachten dieser Art haben sich auf sommerlicher Seefahrt gut bewährt. Ab etwa 16 m Länge erfreut, sich dieser Typ zunehmender Beliebtheit, doch ist das durchlaufende Deck bereits ab 14 m Länge ausführbar.

Länge ü.a... .....17,25 m	*Breite .....4,50 m*
Länge WL .....15,00 m	*Tiefgang.....1,20 m*
Verdrängung .....21,00 m³	*Seitenhöhe.....2,40 m*

Während der 18-m-Motorkreuzer RIVIERA auf Geschwindigkeit und wirtschaftliche Fahrt geplant war, betont der Entwurf der MARIA THERESIA mehr die Geräumigkeit und große Anfangsstabilität. Diese Yacht ist deshalb nicht so leichtläufig und wird daher fast immer von einer Zweimotorenanlage betrieben. Man vergleiche die nachfolgende Tabelle mit derjenigen der RIVIERA, um zu erkennen, dass ein Mehr an Raumgröße, Breite und Verdrängung durch erhöhte Motorleistung ausgeglichen werden muss.

Ungefähre Leistungstabelle

Motoryacht "MARIA THERESIA" : Länge ü. a. = 17,25 m, Breite = 4,50 m

Motorleistung	Spitzen-geschwindigkeit	Gesamt-Brennstoffverbrauch 3/4-Fahrt	ökon. Kreuzfahrt
2 Diesel je 150 PS	24 km/h	30 1/h	17 l/h
2 Diesel je 240 PS	28 km/h	48 1/h	26 l/h
2 Diesel je 350 PS	34 km/h	70 1/h	37 l/h

Je größer die Abmessungen der Motoryachten werden, desto mehr handelt es sich um Einzelbauten, deren Entwurf genau den Wünschen und Erfordernissen der jeweiligen Eigner angepasst wird. Die Eigner der LUISA, zwei Brüder, besaßen vorher eine Motoryacht von 18 m Länge und hatten demzufolge recht genaue Vorstellungen von ihren Idealschiff. Daraus ergab sich von Anfang an eine besonders erfreuliche Zusammenarbeit, denn über die ganze Zeit, beginnend mit dem Vorprojekt und abschließend mit der Probefahrt, folgten beide Eigner mit ungewöhnlichem Verständnis allen technischen Vorschlägen und waren auch rasch bereit, über auftretende Probleme ihre Entscheidungen zu treffen. Es ist nicht zu viel gesagt, wenn man erklärt, dass sich der Bau der LUISA über sämtliche Phasen problemlos und geradezu blitzesschnell abwickelte. Für die Bauwerft wie für den Konstrukteur ist es ein nicht sehr häufiger Glücksfall, Auftraggeber zu finden, die sowohl Erfahrungen wie auch Vertrauen mitbringen.
Trotz der Länge ü. a. von 23,50 m und einer Breite von 5,50 m wurde diese große Yacht zur Pflege durch nur einen ständigen Bootsmann bestimmt. Dieses Vorhaben bewährte sich in der Praxis nur deshalb gut, weil auch die Eigner selbst ihren Teil zur Handhabung und Pflege beitrugen. Die gesamte Motoren- und Elektroanlage wurde von einem Meister ihrer Fabrik unter Kontrolle gehalten und versorgt.
Die Größe und Gesamtanordnung der Yacht eignet sich sowohl binnen wie zu ausgedehnten sommerlichen Kreuzfahrten auf See. Das gesondert liegende erhöhte Steuerhaus ist im Gebrauch wesentlich geräumiger, als es auf den ersten Blick in der Zeichnung erscheint. Man findet dort viel Platz zum Studium der Karten, aber auch zum Anbringen der vielen elektronischen Geräte, die außer den klassischen Navigationselementen heute eingebaut werden, vom Echolot über den Funkpeiler bis zum Radiotelefon und gegebenenfalls dem Radargerät. Die Sicht nach vorn und den Seiten ist angemessen, nach achtern etwas beschränkt; doch wurden zu beiden Seiten Türen angeordnet, die beim Rückwärtsmanövrieren nützlich sind. Auch beim Anlegen hält man das Manöver dadurch bis zum letzten Moment unter Kontrolle.
Das nur wenig versenkte vordere Deckshaus wurde als Speisesaal eingerichtet. Kurz davor liegt eine helle und geräumige Küche, die in 2 m Schiffslänge über die ganze Breite reicht. Ganz im Vorschiff befinden sich eine Mannschaftskabine mit eigener Toilette und drei Kojen, die allerdings nur auf größerer Langfahrt voll belegt werden. Nach achtern zu findet man das Deckshaus mit eingebauter Bar sowie Rauch- und Spieltischen. Um das ganze Schiff steht den Eignern und Gästen sehr viel Decksfläche zur Verfügung.
Unter Deck finden sich ganz achtern zwei völlig gleich eingerichtete Eignerkabinen, davor zwei Gästekabinen mit je zwei Betten, getrennt durch zwei wohl bemessene Toiletteräume mit Duschen.
Auch hier wieder wurde das Beiboot über Heck gefahren, was sich ausgezeichnet bewährte. Man beachte auch das eingezeichnete Fallreep, das bei Yachten dieser Dimensionen unentbehrlich ist.
Je größer die Yachten werden, desto umfangreicher wird der Satz von benötigten Bau- und Detailplänen. In kleineren Abmessungen kommt man außer dem Linienriss und der Aufmaßtabelle mit zwei Bauplänen, einem Einrichtungsplan und einigen Detailplänen

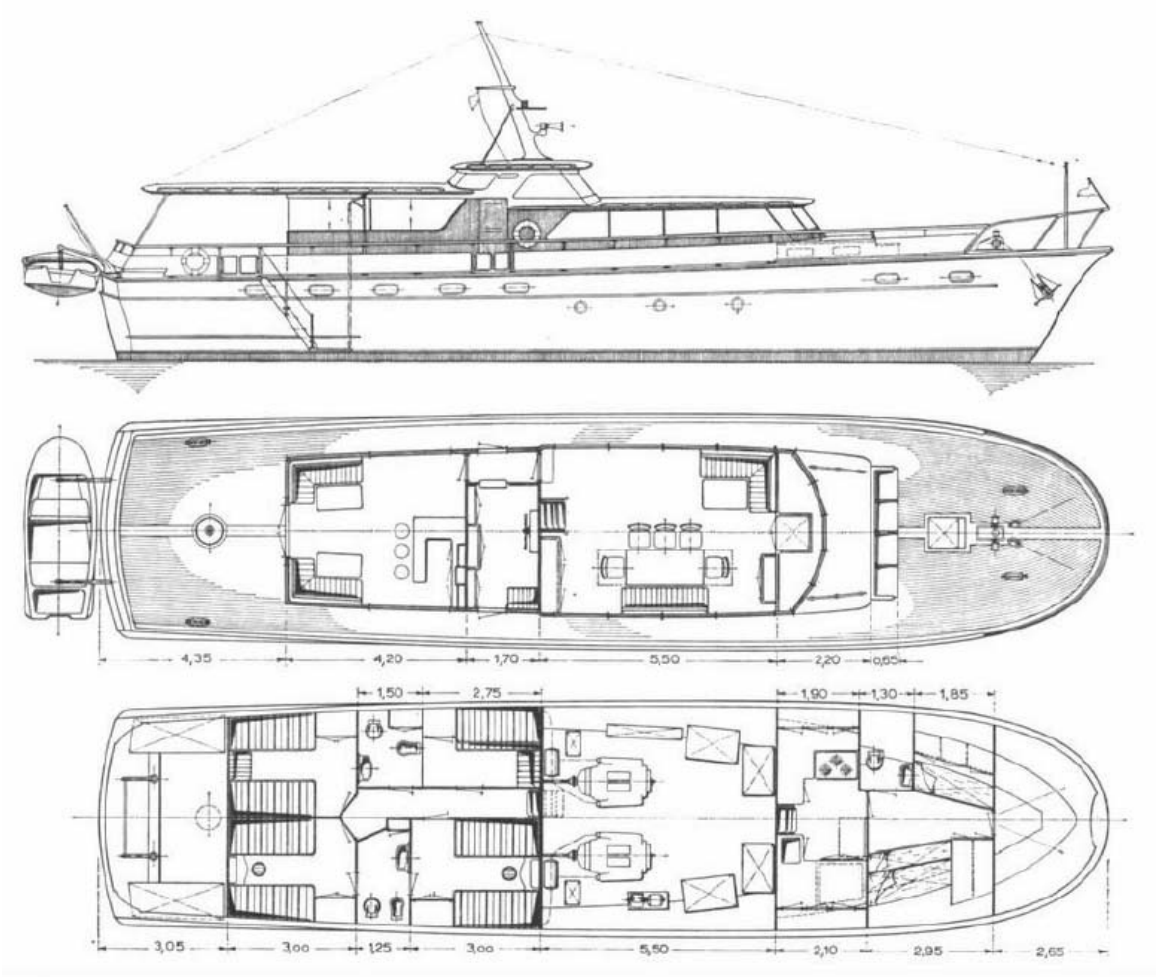


Abb. 78 „Luisa". Diese große Motoryacht eignet sich sowohl zur Fahrt auf ausgedehnten Binnenrevieren wie auf See. Man könnte sie geradezu als Mittelmeertyp bezeichnen, obwohl die „Luisa" auf dem La-Plata-Strom beheimatet ist. In dieser Größe lässt sich eine umfangreiche Einrichtung unterbringen; es sind viele Varianten gegenüber der gezeigten Ausführung möglich.

Länge ü. a.....23,50 m	*Breite ..... 5,50 m*
Länge WL .....21,20 m	*Tiefgang ..... 1,40 m*
Verdrängung .....42,0 m^3	*Seitenhöhe ..... 2,95 m*

aus. Bei diesen recht großen Abmessungen werden es dann 5 oder 6 Baupläne, welche die Einzelheiten der Innenkonstruktion des Rumpfes und der verschiedenen Decks erfassen.
Die gesamte Elektroinstallation einschließlich Lade- und Startanlage umfasst ebenfalls mehrere Zeichenbogen. Schließlich wurde der gesamte Motoreneinbau mit Auspuffanlage, Wellenleitung, Ruderanlage, Tanksystem, Kühlung usw. zeichnerisch vorbereitet. Sogar das elektrische Ankerspill wurde eigens für diese Yacht mit einem Satz von 8 Detailplänen entworfen. Hinzu kommen Dinge wie das Fallreep, die umlaufende Reling, die Davits, der Mast und manche anderen mehr, die eine weitere Zahl von Zeichnungen ausmachten.
Nachstehend eine Gegenüberstellung von Motorleistung und Geschwindigkeit, wobei hinzugefügt sei, dass die Yacht LUISA mit zwei Motoren von je 210 PS Leistung ausgerüstet wurde:

Ungefähre Leistungstabelle

Motoryacht LUISA: Länge ü. a. 23,50 m, Breite 5,50 m

Motorleistung	Spitzen-geschwindigkeit	Gesamt-Brennstoffverbrauch $^3/_4$-Geschwindigkeit	ökon. Kreuzfahrt
2 Diesel je 200 PS	25 km/h	48 l/h	26 1/h
2 Diesel je 310 PS	30 km/h	72 l/h	40 l/h
2 Diesel je 525 PS	39 km/h	120 l/h	65 1/h

30-m-Motoryacht BETALBA

Mit dieser seegehenden Motoryacht namens BETALBA wird die größte Abmessung erreicht, die innerhalb der diesem Buch zugedachten Grenzen liegt. Sie hat eine Länge ü. a. von 30,50 m und eine Breite von 6,05 m. Auch in diesem Falle hatte der Eigner ganz bestimmte Vorstellungen von seinem Schiff, war er doch Seemann von Beruf mit Kapitänspatent, ehe er seine Tätigkeit an Land verlegte. Wie leicht zu verstehen ist, wurde der ganze Bau vom Vorprojekt bis zur Probefahrt für alle Beteiligten zu einem genussreichen Erlebnis, denn wir alle sprachen die gleiche Sprache.
Schon die Formgebung des Hecks lässt erkennen, dass mehr Wert auf gutes Verhalten im Seegang als auf Geschwindigkeit gelegt wurde. Allerdings ist eine Wandlung in Gang, die dem vernünftig ausgebildeten Spiegelheck ein gleichwertiges Seeverhalten zuspricht, wobei ein kleines Plus an Stabilität und Decksfläche gewonnen wird. Es ist ein wahrer Genuss, bei starker von achtern anlaufender See stundenlang zu beobachten, wie die See selbst unter einem zwar wohlgeformten, aber breiten Spiegel hindurchläuft, ohne das Schiff aus dem Kurs zu werfen oder irgendwie zu erschüttern. Deshalb wird auch in der Berufsschifffahrt, vor allem bei Fischereifahrzeugen, immer häufiger ein Spiegelheck gewählt. Die große Decksfäche wird geschätzt und bietet viel nützlichen Arbeitsplatz. Das oft angeführte Querschlagen vollzieht sich wohl nur sehr selten und bei sommerlicher Seefahrt vielleicht niemals. Die BETALBA bekam jedenfalls ein Kanuheck, wie es wohl auch in Zukunft ausgeführt werden wird, sofern eine geforderte höhere Geschwindigkeit es nicht verbietet. Die Wasserlinienlänge von 27 m bedeutet, dass ein Kanuheck bis zu einer Geschwindigkeit von 18,5 km/h bzw. 10 Knoten sehr günstig liegt, aber auch noch bis zu 22 km/h bzw. 12 Knoten ohne merkliche Nachteile angewandt werden kann. Erst bei höheren Geschwindigkeiten, in diesem Falle über 24 km/h oder 13 Knoten, verbietet sich das spitze Kanuheck. Aus diesen Überlegungen heraus ergibt sich von selbst, dass solche Schiffe keine zu hohen Motorleistungen erhalten sollen. Ihr Vorzug liegt im Gegenteil darin, große Strecken über offene See zurücklegen zu können, denn der gemäßigte Brennstoffverbrauch in Verbindung mit einem großen Tankvolumen ergeben einen besonders großen Aktionsradius. Kaum zwei individuell zu erbauende Motoryachten werden jemals die gleiche Einrichtung erhalten, und so soll diejenige der BETALBA hier nur kurz gestreift werden. Das hochliegende, besonders geräumige Steuerhaus gleicht einer richtigen Schiffskommandobrücke. Nach achtern schließt sich ein großer Deckssalon von 6,60 m Länge an. Unter dem Steuerhaus liegend und die volle Schiffsbreite einnehmend, befindet sich der Speisesaal von 4,40 m Länge. Nach vorn zu schließt sich eine große Küche an, weiterhin eine Kabine für Schiffs-

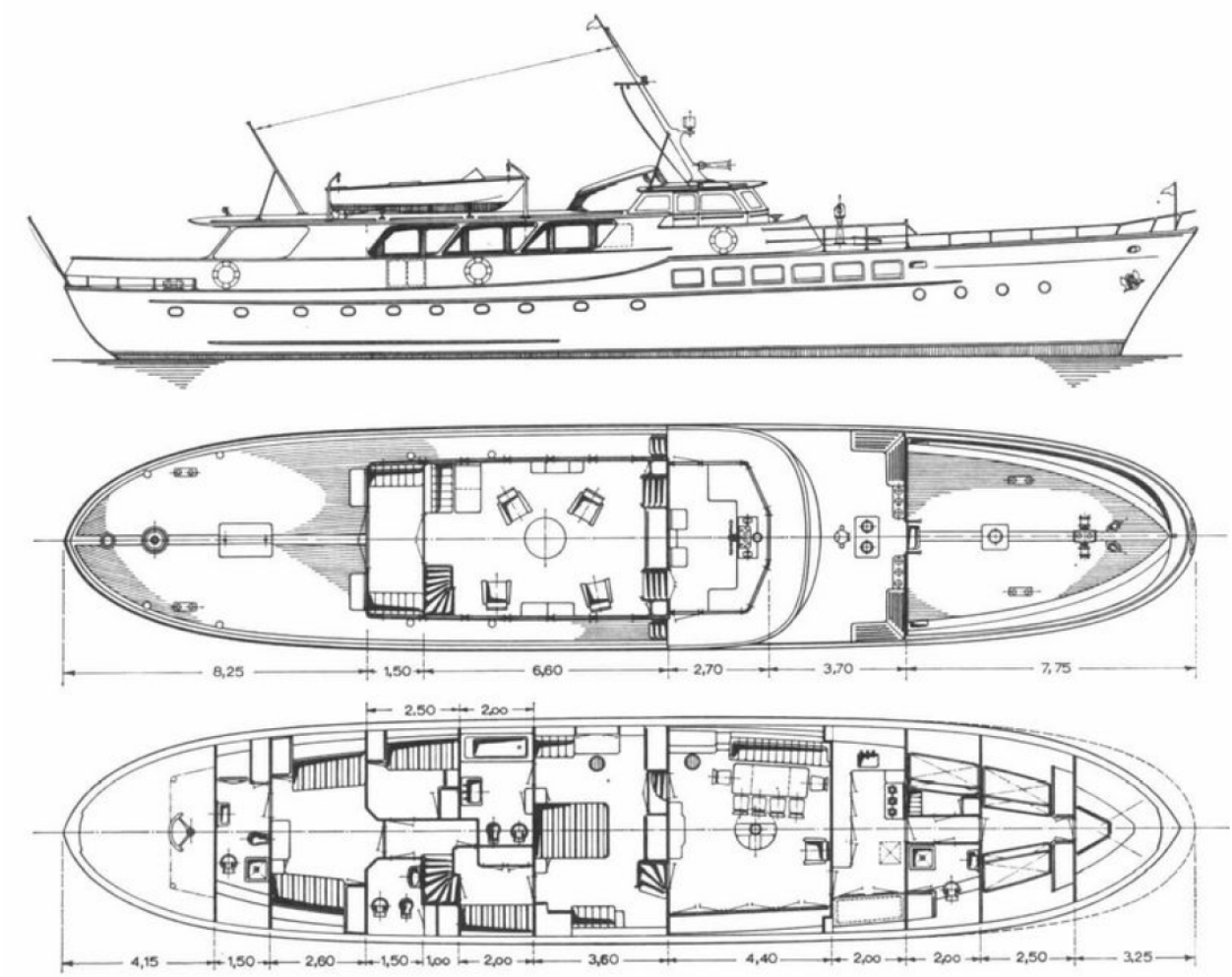


Abb. 79 „Betalba“. Diese große Motoryacht unterscheidet sich in ihrer Rumpfform von allen übrigen Plänen durch ein echtes Kanuheck. In diesem Falle war es angebracht, weil ihr Eigner, selbst ein erfahrener Seemann, eine gemäßigte wirtschaffliche Geschwindigkeit wünschte. Es handelt sich hier um einen Kompositbau mit Vollholz-beplankung auf Stahlspanten. Der Schiffskörper könnte ebensogut ganz in Stahl gebaut werden.

Länge ü. a	*30,50 m*	*Breite*	*6,05 m*
Länge WL	*27,00 m*	*Tiefgang*	*1,90 m*
Verdrängung	*96,0 m^3*	*Seitenhöhe*	*3,50m*

Führer und Maschinisten. Dieser gegenüber liegt die Mannschaftstoilette und weiter vorn das Mannschaftslogis mit vier Kojen.
Im achteren Bereich liegen Eigner- und Gästekabinen. Jene reicht ebenfalls über die ganze Schiffsbreite und ist ungewöhnlich geräumig. Dazu gehört an Backbord eine Eignertoilette mit Wannenbad; für dieses wurde auf besonderen Wunsch auch warmes Seewasser vorgesehen. Weiter achtern befinden sich zwei kleine und eine große Gästekabine sowie zwei Gästetoiletten mit Duschen. Auch der Maschinenraum verdient Erwähnung, hat er doch über seine 4,40 m Länge volle Stehhöhe und reichlich Platz für die gesamte Maschinen- und Elektroanlage.
Nachstehend wird wieder eine Zusammenstellung von Motorleistung und Geschwindigkeit gebracht, wobei an erster Stelle die tatsächlich eingebaute Leistung sowie die erzielte Geschwindigkeit der BETALBA stehen:

Motoryacht BETALBA: Länge ü. a. = 30,50 m, Breite 6,05 m

		Gesamt-Brennstoffverbrauch	
		7/8-	ökon.
Motorleistung	Spitzengeschwindigkeit	Geschwindigkeit	Geschwindigkeit
2 Diesel je 170 PS	21,6 km/h = 11,6 Knoten	76 1/h	40 1/h
2 Diesel je 250 PS	24,0 km/h = 13,0 Knoten	110 l/h	50 l/h

Zwei Motorkreuzer für Langfahrt auf See

Kaum ein Bootchen ist zu klein, um gelegentlich die Nase auf See hinaus stecken zu können. Ist es größer und gewöhnlich dann auch schneller, so wird die sommerliche Seefahrt zu einem wichtigen Teil der Freizeitgestaltung. Für manchen Motorbootfahrer kommt im Leben die Zeit, da er Salzluft und die Weite des Meeres mit mehr Unabhängigkeit genießen möchte. Geschwindigkeit? Sie ist ohne Belang, wenn die See lockt, mit sternenklaren Nächten, mit der Freiheit ungetrübter Horizonte. Aber auch Unwetter und mancher schwere Regen gehören dazu, und so ist die See kein Tummelplatz für Unerfahrene. Manchem gelegentlichen Sommerfahrer auf See wachsen Sehnsucht nach fernen Gestaden, zugleich mit dem Gefühl der Seesicherheit. Man sucht sich Ziele jenseits des Horizonts, die zu erreichen man mehrere Tagereisen aufbringen muss.
Segler unternehmen häufig solche Fahrten, Motorbootfahrer nur selten, und so entstand der Eindruck, als seien allein Segelyachten genügend seetüchtig und unabhängig, um weite Strecken über See zurücklegen zu können. Ein Motorkreuzer, so erklärt man, müsse ja seinen Brennstoff mitführen, während die Segelyacht ihn von der Natur frei geliefert bekommt. Doch auch darin besteht ein Unterschied, denn die Natur ist mitunter tagelang zurückhaltend und beschenkt den Herausforderer mit Nerven zerreibendem Dümpeln im Schwell, ohne Wind, ohne Fahrt. Um wieviel besser wäre dann ein Motorkreuzer. Tausende von Meilen sind auch von Motorkreuzern über die Weiten der Meere zurückgelegt worden. Dies geschah keineswegs erst in jüngster Zeit, seitdem zuverlässige Dieselmotoren die Möglichkeit boten, mit weniger Brennstoff und weniger Gefahr größere Entfernungen zurückzulegen. Nein, Hochsee-Wettfahrten für Motorkreuzer gab es schon lange vor dem Ersten Weltkrieg, und zwar zu den Bermuda-Inseln über mehr als 600 Seemeilen offener See. Und das mit schwachen, unzuverlässigen Benzinmotoren in langen, schmalen Booten, die man heute für absolut untauglich erklären würde. Man stelle sich einen 25-PS-Vier-Zylinder-Benzinmotor des Jahres 1907 vor, mit einem ganz zuverlässigen Triebwerk, aber einer Schmierung, einer Zündung und einem Vergaser, mit denen man keine Nach-mittagsfahrt auf einem ruhigen See riskieren würde. Ein einziger derartiger Motor diente zum Antrieb von seetüchtigen Motorkreuzern von 12 m und sogar 18 m Länge, die sich für drei bis vier Tage und Nächte weit in den Atlantischen Ozean hineinwagten. Ein kurzer Überblick soll nun zeigen, welche Gattung von Motorkreuzern nach heutigen Anschauungen in hohem Maße seetüchtig ist.
Als erstes Bild wird ein Motorkreuzer von 13,70 m Länge gezeigt. Dieser stellt bei weitem

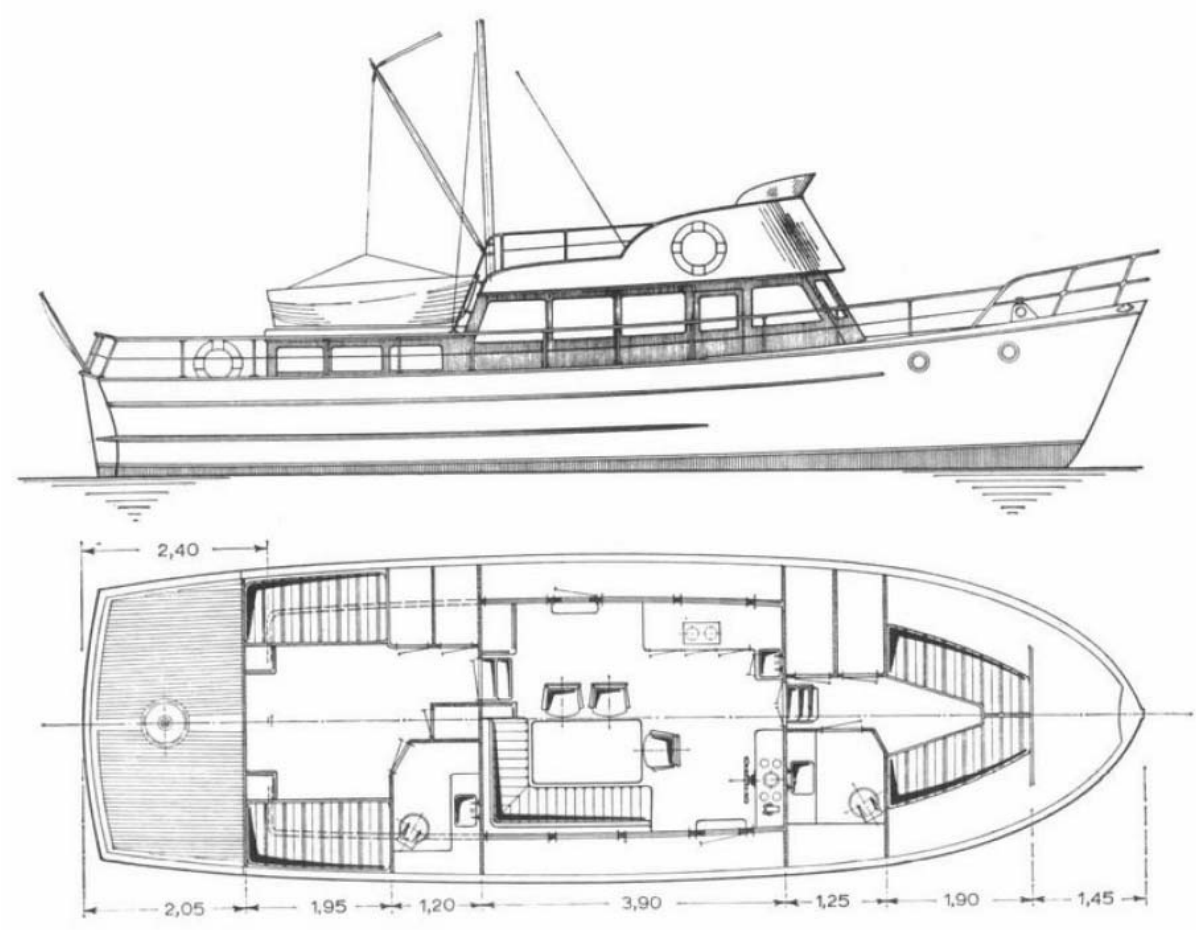


Abb. 80 „Nova Scotia". Ein Hochsee-Motorkreuzertyp, wie er sich besonders an der amerikanischen Ost- und Westküste großer Beliebtheit erfreut. Mit nur geringen Abweichungen werden diese Boote in Längen zwischen 11 und 15 m gebaut. Nachfolgende Abmessungen stellen einen guten Mittelwert dar:

Länge ü. a	*13,70 m*	*Breite*	*4,20 m*
Länge WI	*12,40 m*	*Tiefgang*	*1,20 m*
Verdrängung	*15,0 m^3*	*Seitenhöhe*	*2,00 m*

nicht die kleinsten Abmessungen dar, denen man gute Seefähigkeit zumisst. Näheres über Abmessungen seetüchtiger kleiner Motorkreuzer wird im Kapitel über ozeanische Langfahrt besprochen. Der hier gezeigte Kreuzer NOVA SCOTIA stellt einen typisch amerikanischen Entwurf dar. Große Breite, reichlicher Freibord und Decksprung, großes Deckshaus und darüber liegender offener Steuerstand sind charakteristisch für diese Art von Seekreuzern. Ihre Größenordnung schwankt meistens zwischen 12 und 15 m Länge, doch gibt es denselben Typ bis hinunter zu fast 10 m Länge. Der vorliegende Entwurf NOVA SCOTIA mit einer Länge ü. a. von 13,70 m und einer Breite von 4,20 m entspricht fast genau den Mittelwerten dieser Art von Booten.
Die ausgedehnten Meeresküsten der Vereinigten Staaten ergaben für diese Seekreuzer einen so bedeutenden Kreis von Liebhabern, dass einige Modelle bereits serienmäßig in Glasharz hergestellt werden. Einzelbauten werden in der Mehrzahl aus Vollholz gebaut; auch Stahl und Leichtmetall eignen sich vorzüglich, wobei letzteres zunächst den Eindruck erweckt, etwas stilwidrig zu sein. Sorgt man aber für sicheren Korrosionsschutz, so würde

die Gewichtsersparnis ausgenützt werden, um einen größeren Brennstoffvorrat unterzubringen, also den Aktionsradius zu vergrößern. Dass auch ein Bootskörper in Dünnwand-Stahlbeton (Ferro-Cement) möglich ist, bei dem alle Korrosionsprobleme wegfallen, sei nur am Rande vermerkt.
Die äußere Erscheinung solcher Seekreuzer hat eine fast einheitliche Gestalt angenommen, doch zwei Kernpunkte werden immer wieder aufs Neue diskutiert. Bootsform in Rund- oder V-Spant und Antrieb durch einen oder zwei Motoren.
Die natürlichen Verhältnisse von Wind und Wasser bieten wohl die Rundspantform als die gegebene an. Hinzu kommt, dass der Knick in der Kimm eines V-Spant-Bootskörpers immer als kritisch zu betrachten ist und als schwache Stelle der Statik des Bootskörpers behandelt werden,
d. h. verstärkt werden muss. Durch geeignete konstruktive Maßnahmen wird dafür gesorgt, dass die Unterbrechung der Kraftlinien dort sicher überbrückt wird. Aus solchen Überlegungen heraus wird die runde Spantform vorgezogen; eine gut durchdachte V-Spantform mit passenden Innenverbänden kann sich daneben aber durchaus behaupten.
Ganz andere Gesichtspunkte gelten für die Entscheidung über den Antrieb. Ein einziger Motor, dessen Propeller mittschiffs im Bereich des günstigsten Nachstroms liegt, hat bedeutende Vorteile in Bezug auf Geschwindigkeit, Wirtschaftlichkeit und Aktionsradius. Außerdem wird die Stabilität des Schiffes durch die tiefere Lage des Motors begünstigt. Demgegenüber treten Zweifel auf, was geschehen würde, wenn ein Schaden an Motor, Wellenleitung oder Propeller auftritt. So werden etwa die Hälfte der Boote dieser Art mit Einzelmotor-Antrieb ausgerüstet, die übrigen erhalten zwei Motoren. Folgende Zusammenstellung hebt die wichtigsten Vergleichspunkte hervor:

a) Ein größerer Motor verbraucht weniger Brennstoff als zwei kleinere. Gesamtgewicht, Anschaffungs- und Einbaukosten sind geringer, die Wartung einfacher.
b) Ein großer Mittelpropeller arbeitet erheblich günstiger als zwei kleinere Seitenpropeller. Außerdem liegt der Mittelpropeller an einer sehr geschützten Stelle des Bootes, so dass er kaum jemals in Fahrt beschädigt wird.
c) Bei gleicher Gesamtverdrängung fasst das Einmotorenschiff einen größeren Brennstoff-vorrat. Es erzielt einen Aktionsradius, der bis zu 50 oder gar 100 Prozent größer sein kann als beim Zweischraubenschiff.
d) Zwei bedeutende Vorteile sprechen zugunsten der Zweimotorenanlage: größere Sicherheit fern von fremder Hilfe, bessere Aussichten beim späteren Wiederverkauf.

Edwin Monk, erfahrener Konstrukteur solcher Motorkreuzer, erklärte: „Ich ziehe den Einschraubenantrieb vor, denn der moderne Dieselmotor ist wirklich zuverlässig; außerdem liegt der Propeller viel besser geschützt hinter dem Totholz.“ Das Spiegelheck hat sich allgemein bewährt, doch wird im Heck kein so flacher Boden ausgeführt wie bei schnellen Glattwasserbooten.
Kein wirklich für Hochseefahrt bestimmtes Boot hat weniger als 1000 Meilen Reichweite; in Einzelfällen sind bis zu 4000 Meilen vorgesehen worden, womit man die größten vorkommenden Seestrecken überwinden kann.
Ob und in welchem Umfang es sich empfiehlt, Ballast anzuwenden, hängt sowohl von der Bootsgröße ab wie auch von Anordnung und Gewicht der Motoren und Ausrüstung. Mitunter wird fester Ballast im Kiel untergebracht, oder man geht zur weniger schönen Lösung, nämlich etwas Innenballast in der Bilge so sicher wie möglich zu verstauen. Man kann sehr gut und sicher lange Seereisen auch im ballastlosen Kreuzer zurücklegen, wenn

im Entwurf sorgfältig für gute Stabilitätsbedingungen gesorgt wird. Motorengewicht und Brennstoff bedeuten nutzbringenden Ballast, tote Gewichte sind dagegen fahrthemmender Ballast.
Zusätzliche Einrichtungen zur Schlingerdämpfung haben sich bei diesen Booten hervorragend bewährt. Im Sonderkapitel über Stabilisierung werden solche Vorrichtungen in allen Einzelheiten besprochen.
Grundsätzlich wird bei diesen seetüchtigen Kreuzern nicht danach gestrebt, möglichst viele Schlafplätze unterzubringen, weil dies dem Wohlbefinden bei längerem Bordleben widerspricht. Im Grundriss ist eine der am häufigsten gewählten Anordnungen zu erkennen, und zwar liegen Eignerkabine nebst Toiletteraum achtern, Gästekabine und zweiter Toiletteraum vorn. Mittschiffs wird ein besonders geräumiges Deckshaus eingerichtet, in welchem meistens auch ein Innensteuerstand vorgesehen wird. Doch die darüberliegende Außensteueranlage wird weitaus am meisten benutzt. In den Staaten führt sie den Namen *Chariot bridge*, in Anlehnung an die Ahnlichkeit mit altgeschichtlichen Streitwagen. Die Küche wird entweder im vorderen Bereich des Deckshauses eingerichtet oder kurz davor beim Niedergang nach vorn. Speisetisch mit Sofa vervollständigen die Einrichtung und können leicht in zwei Reserveschlafplätze umgewandelt werden (nicht für lange Seefahrt). Selbstverständlich besitzen alle diese Schiffe eine umlaufende Seereling sowie volle Benutzbarkeit des wohlgeschützten Steuerhausdecks. Das Beiboot wird stets auf dem achteren Kabinendeck gefahren und mittels Baumes zu Wasser gebracht. Folgende Geschwindigkeiten und Motorleistungen werden normalerweise erwartet:

Ungefähre Leistungstabelle

NOVA SCOTIA: Länge ü. a, = 13,70 m, Breite = 4,20 m

	Spitzen-geschwindigkeit		Gesamt-Brennstoffverbrauch	
Motorleistung	km/h	Knoten	7/8 -Fahrt	ökon. Kreuzfahrt
1 Diesel von 60 PS	15,6	8,5	9 l/h	4 l/h
1 Diesel von 100 PS	17,5	9,5	15 l/h	7 1/h
1 Diesel von 160 PS	22,0	12,0	24 l/h	11 l/h
1 Diesel von 250 PS	25,0	13,5	37 l/h	17 1/h
2 Diesel je 100 PS	22,0	12,0	30 l/h	14 l/h
2 Diesel je 150 PS	25,0	13,5	46 l/h	22 l/h

Hier zeigt sich in besonders auffallender Weise, in welchem Maße schwache Motorleistungen wirtschaftlicher sind als starke. Auch heute noch werden in so große Motorkreuzer mitunter verhältnismäßig geringe Motorleistungen von nur 50 oder 60 PS eingebaut, Mit solchen Anlagen lässt sich eine besonders wirtschaftliche Langfahrt erzielen, zugleich der größte Aktionsradius. Sehr starke Motorleistungen stellen sich hier als besonders ungünstig heraus, sofern man Brennstoffverbrauch und Geschwindigkeit als Vergleichsmaßstab anwendet.
Bei Einmotorenanlagen wird mit gewisser Häufigkeit ein Hilfsantrieb vorgesehen, besser gesagt ein Notantrieb. Zahlreiche, teils sehr einfallsreiche Varianten sind auf diesem Gebiet erdacht und versucht worden, vom Kuppeln des Lichtaggregats auf die Propellerwelle,

einem behelfsmäßig anzusetzenden Außenbordmotor, bis zu einem kleinen, als Reserve eingebauten Benzinmotor. Aber schon seit vielen Jahren sind die Motoren so zuverlässig, dass lange Fahrten mit großer Häufigkeit ausgeführt wurden, ohne eine der möglichen Notantriebe jemals in Gebrauch zu nehmen. Nach zwanzigjähriger Nichtbenutzung ist es fraglich, ob ein Reserveantrieb überhaupt in Gang gesetzt werden kann. Ein guter Satz von Reserveteilen, verbunden mit mechanischem Geschick, kann die Mehrzahl der auftretenden Probleme lösen. Für den eventuellen Rest verlässt man sich dann auf die Hilfsbesegelung oder schlimmstenfalls auf einen Notruf mittels Bordsender. Mehrere Einmotoren-Dieselanlagen sind uns bekannt, die zahlreiche Langfahrten ausführten, ohne selbst nach zwanzigjährigem Betrieb jemals einen Ausfall ihres Motors erlitten zu haben. Voraussetzung dafür sind: einwandfreier Motoreneinbau, vernünftige Behandlung, gute Wartung und einige mechanische Kenntnisse vom Motor und seinem Zubehör.

Von ganz anderer Art ist der Entwurf CLIPPER, der sich auf See wie ein Traumschiff verhalten sollte. Anstelle der sonst vorherrschenden Tendenz: kurz, breit und hoch, findet man hier den Gegensatz, nämlich lang, schlank und niedrig. Die ganze Erscheinung des Rumpfes strahlt Seefreundlichkeit aus; er passt so recht in das Wellenbild hinein. Im Vorschiff erreicht man durch den Klipperbug viel Ausladung und ein gutes Maß von Reserveverdrängung. Der breite Spiegel ist zwar eine Konzession an die Neuzeit, doch mit starker Rundung ausgeführt, fügt er sich gut dem Gesamtbild ein.
Innerhalb der großzügigen Abmessungen von 17,70 m Länge ü. a. und 4,50 m Breite lässt sich eine umfangreiche Einrichtung unterbringen sowie ein großer Aktionsradius erreichen, Viele Varianten sind zur Einrichtung denkbar, von denen nur eine im Grundriss gezeigt wird. Die Eignerkabine mit zugehörendem Toiletteraum liegt hier im Achterschiff, drei Gästekabinen im Vorschiff. Fast genau mittschiffs wurde die Küche eingerichtet, dazu an Backbord die Gästetoilette. Im ruhigsten und breitesten Bereich des Schiffes liegt das Steuerhaus, welches sowohl alle nautischen Geräte wie auch den großen Speisetisch für 8 Personen enthält. Nach achtern zu wurde es hier offen gelassen, doch kann es durch Ansetzen von Persenningkleidern zur Achterkabine hin völlig geschlossen werden.
Der erhöht liegende Außensteuerstand hat gegenüber der sonst ähnlichen Anlage auf der NOVA SCOTIA den Vorzug, erheblich weiter achtern zu liegen. Die Stampfbewegungen treten hier nur noch gemildert auf. Seine an sich etwas kleinere Decksfläche reicht jedoch zum Aufenthalt für mehrere Personen aus, ist allseitig geschützt und gesichert. Von vorn bis achtern wird man die reichliche Decksfläche schätzen sowie die umlaufende Seereling von guter Höhe. Das Beiboot wird normalerweise in Davits über Heck gefahren; für Langstreckenfahrt kann es auch auf dem vorderen Kabinendeck festgezurrt werden. Selbstverständlich wirkt sich der Einmotorenantrieb auch hier vorteilhaft aus. Im Plan wurde die Lage des Propellers angedeutet, damit sein Schutz durch den langgestreckten Kiel gut erkennbar wird. Er liegt dort im besten Bereich des Nachstromes, der ihm einen guten Anteil von Gratis-Vorschub erteilt. Selbst für eine Zweimotorenanlage wäre es lohnend, beide Motoren über ein Doppelgetriebe auf eine einzige Mittelwelle zu kuppeln, um den besseren Gesamtgütegrad eines Mittelpropellers auszunutzen. Solche Doppelanlagen mit nur einer Antriebswelle werden wegen ihres guten Wirkungsgrades im Großschiffbau immer häufiger ausgeführt. - Nachstehend einige Angaben über Motorleistungen und Geschwindigkeiten:

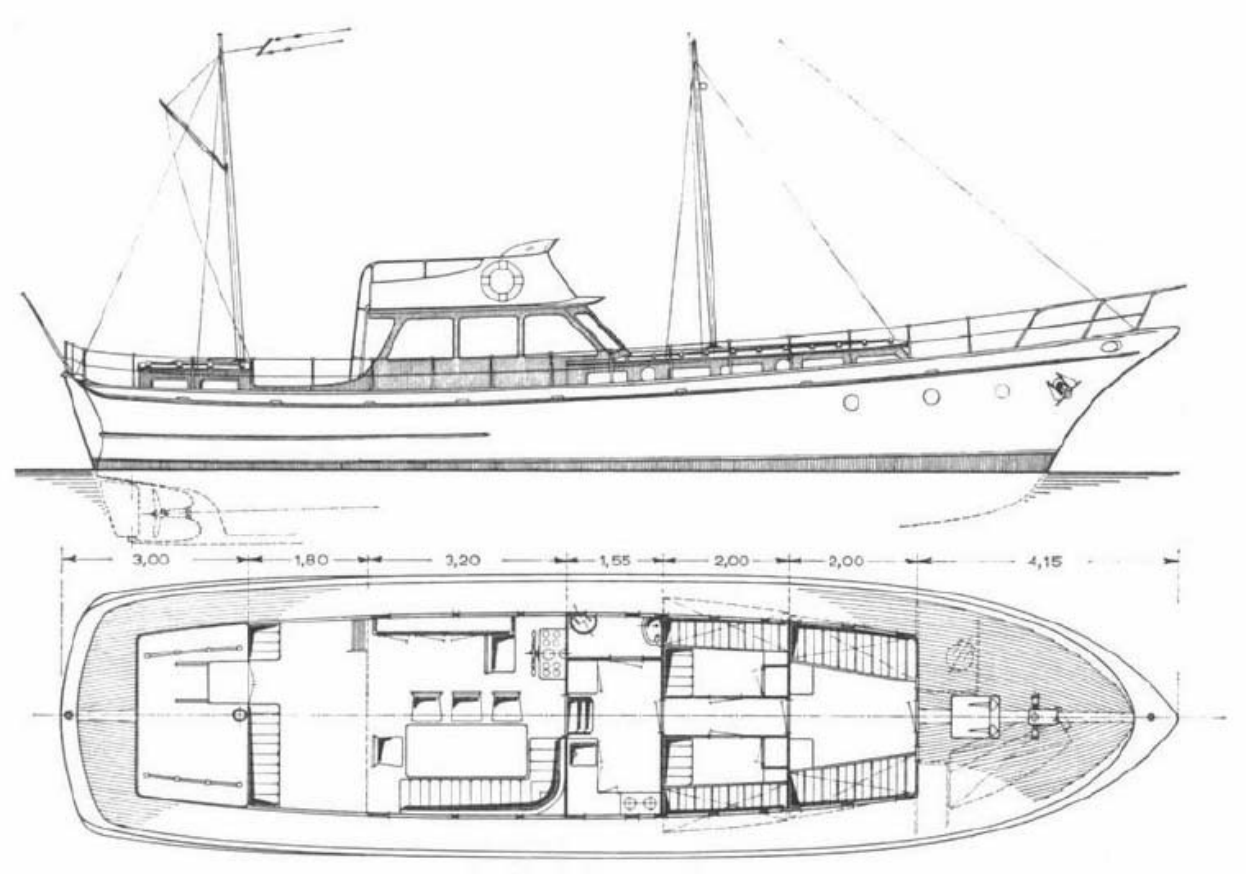


Abb. 81 „Clipper". Mit diesem Entwurf wird ein andersartiger Motorkreuzer für Langfahrt auf See vorgeführt, Die Rumpfform mit ausladendem Klipperbug fügt sich besonders gut ins Bild der Meereswellen ein. Das Deckshaus liegt weit achtern im ruhigsten Bereich der Stampfbewegungen. Man beachte die geschützte Lage des Propellers.

Länge ü. a .....17,70 m	*Breite .....4,50 m*
Länge WL .....15,20 m	*Tiefgang .....1,25 m*
Verdrängung .....18,6 m³	*Seitenhöhe .....1,90 m*

Ungefähre Leistungstabelle

Hochsee-Motoryacht CLIPPER: Lange ü. a. =: 17,70 m, Breite = 4,50 m

	Spitzen-geschwindigkeit		Gesamt- Brennstoffverbrauch	
Motorleistung	Km/h	Knoten	7/8 - Fahrt	Ökon. Kreuzfahrt
1 Diesel von 100PS	19,5	10,5	15 l/h	8 l/h
1 Diesel von 180PS	23,5	12,7	27 l/h	13 l/h
1 Diesel von 280PS	27,5	14,8	42 l/h	20 l/h
2 Diesel je 60PS	19,5	10,5	18 l/h	9 l/h
2 Diesel je 100PS	23,0	12,4	30 l/h	15 l/h
2 Diesel je 150PS	27,0	14,0	45 l/h	22 l/h

Motorsegler

Jede nicht zu kleine Segelyacht besitzt heute einen Hilfsmotor, weil der Wind als einzige Antriebskraft sowohl unregelmäßig wie unzuverlässig ist. Aus ähnlichen Gedanken heraus hat mancher Eigner eines Motorkreuzers an eine Hilfsbesegelung gedacht, besonders wenn sein Schiff durch einen Einzelmotor angetrieben wird.
Notbesegelungen verschiedener Art sind auf Motorkreuzern oft angelegt worden, wo ihnen noch eine zweite Aufgabe zukommt, nämlich als Stützbesegelung das Schlingern zu dämpfen. Zwei Beispiele solcher Stütz- und Notbesegelungen finden sich im Kapitel über Schlingerdämpfungsanlagen zeichnerisch dargestellt.

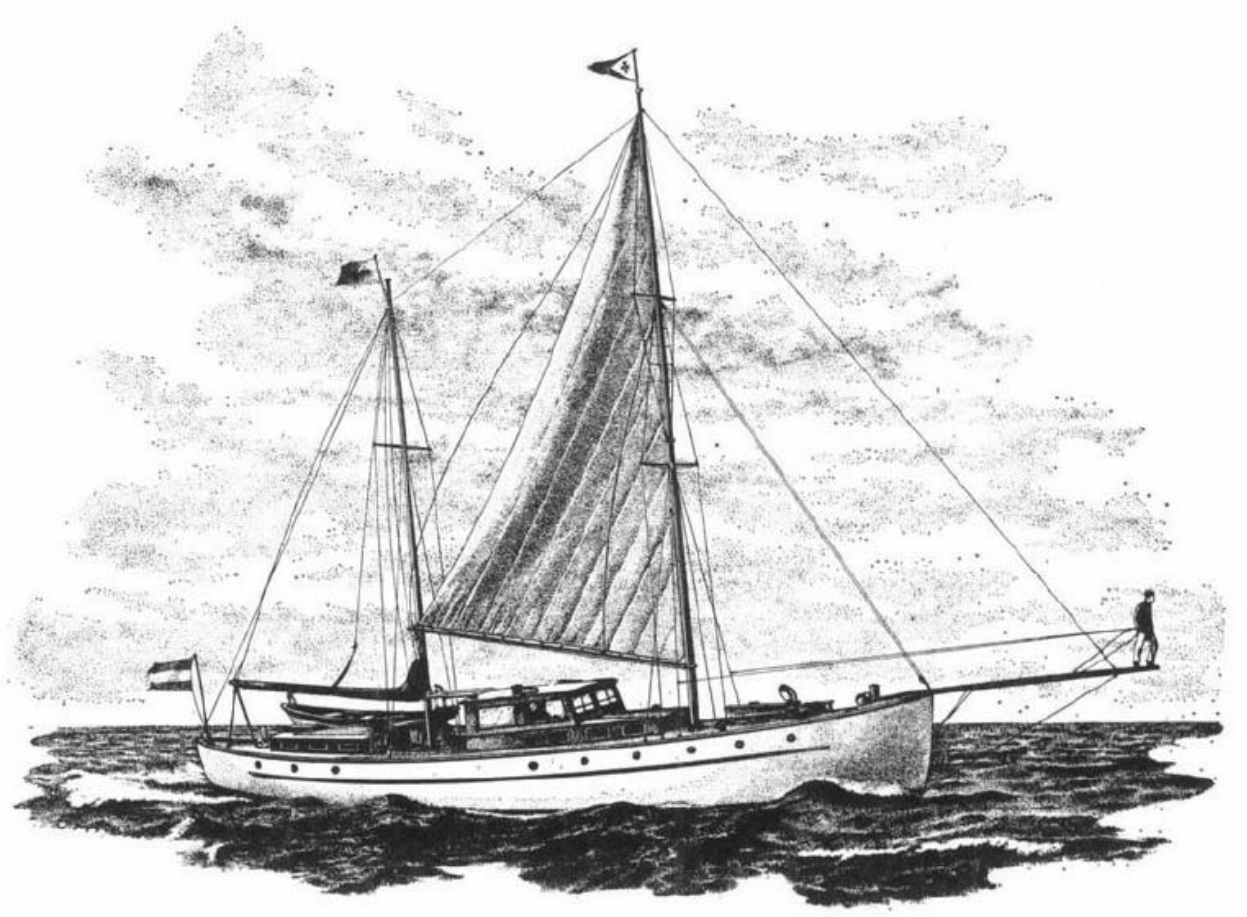


Abb. 82 Motorsegler „Seal" beim Hochsee-Sport fischen. Derartige Boote verbinden hervorragende Seetüchtigkeit mit großer Wirtschaftlichkeit. jeder echte Motorsegler besitzt zwei vollwertige, voneinander unabhängige Antriebssysteme. Die Yacht „Seal" wurde vom amerikanischen Konstrukteur William H. Hand entworfen, der diesen Typ in Längen zwischen 14 und 25 m pflegte. Das hier gesetzte Großsegel der Ketschtakelung dient nicht so sehr dem Antrieb wie zur Dämpfung des Schlingerns. Zeichnung: O. Mikhno

Für den echten Motorsegler gelten indes ganz andere Voraussetzungen. Hier wird keine Notbesegelung gefordert, keine Hilfeleistung bei Motorschaden wird erhofft, sondern ein wirklicher Antrieb durch den Wind wird angestrebt, allein um des Segelns willen. Nach längerer Fahrzeit unter Motor und bei günstiger Brise wird der mechanische Antrieb abgestellt, um dann, vom Winde getrieben, lautlos dahinzusegeln. Man muss dieses befriedigende Gefühl erlebt haben, um es schätzen zu können.
Plant man eine Langfahrt über größere Seestrecken, so gewinnt man mit dem Besitz einer vollständigen Takelage zugleich das beruhigende Gefühl, für alle Notfälle versorgt zu sein. Doch auch der ästhetische Genuss kommt hinzu, den ein richtig betakeltes Schiff ausstrahlt. Man wird damit Herr über zwei entgegengesetzte Kräfte, nämlich über die Naturkraft Wind und über des Menschen Erzeugnis, die Maschine.
Wird eine Segelyacht mit überstarker Maschinenleistung ausgerüstet, so bezeichnet man sie gern als Motorsegler. Fährt ein Motorkreuzer eine Besegelung, so wird er ebenfalls als Motorsegler bezeichnet, obwohl zwischen beiden Schiffsarten kaum irgendwelche Ähnlichkeit besteht. Keine der beiden genannten Extreme stellt einen echten Motorsegler dar, doch gibt es zwischen beiden sämtliche Übergangsstufen.
Verzichtet man auf den Gedanken, eine Segelyacht oder einen Motorkreuzer in einen Motorsegler umwandeln zu wollen, so stellt sich bald von selbst heraus, dass dem Motorsegler eine echte eigene Bootsform zukommt. Ebenso erfordert ein gelungener Entwurf gewisse Proportionen zwischen Länge, Breite, Tiefgang, Ballast und Segelfläche. Einen bekannten Ausspruch leicht umwandeln, könnte man ausrufen: „An der Heckform sollst du sie erkennen!“ Es steckt viel Wahres darin, denn die Heckform sagt ungeheuer viel über jede Schiffsart aus, gleich, ob Segelyacht oder Motorkreuzer, Rennboot oder Hafenbarkasse.
Ursprünglich nannte man solche Boote *Fifty–Fifty,* um zum Ausdruck zu bringen, dass sie wohl zu 50 Prozent gute Segeleigenschaften wie auch zu den restlichen 50 Prozent gute Motorkreuzerqualitäten besäßen. Auch hier kam es bald zur Inflation, und man nannte sie dann 90–90: neunzig Prozent derjenigen Eigenschaften eines guten Seglers und neunzig Prozent derjenigen eines guten Motorkreuzers.
Der Schub eines normalen Propellers wirkt genau voraus in Fahrtrichtung. Die Windkräfte besonders bei der beliebten Fahrt *mit halbem Winde,* wirken aber quer zur Fahrtrichtung. Versucht man, mit einem normalen Motorboot zu segeln, so treibt es ziemlich hilflos querab, weil sein Unterwasserschiff nicht den nötigen Lateralwiderstand besitzt, d.h. Widerstand gegen die seitliche Abdrift. Zur Abhilfe muss man durch einen untergebolzten Kiel für ausreichend Lateralfläche sorgen, ähnlich wie auch ein herablassbares Schwert dieselben Dienste leisten würde. Mit Anwendungen solcher Hilfsmittel können selbst Motorschnellboote zum Segeln gebracht werden, doch eine solche Art von Zwittern kann ebenfalls nicht als Motorsegler bezeichnet werden.
Zu einem echten Motorsegler gehört eine ganze Reihe von Voraussetzungen, damit er sich auf See und im Seegang so bewährt, wie es den in ihm steckenden Möglichkeiten zukommt. Dann kann er fast ebenso gut segeln wie eine Segelyacht, schlingert jedoch ganz bedeutend weniger als ein Motorkreuzer.

1. Wegen der von Wind und Segeln erzeugten Krängung muss für einen vergrößerten Stabilitätsumfang gesorgt werden, wozu tiefliegender Ballast am wirksamsten beiträgt.
2. Gute Segeleigenschaften erfordern einen größeren Tiefgang. Dabei ist auf günstiges Profil der vorderen Anschnittkante zu achten.

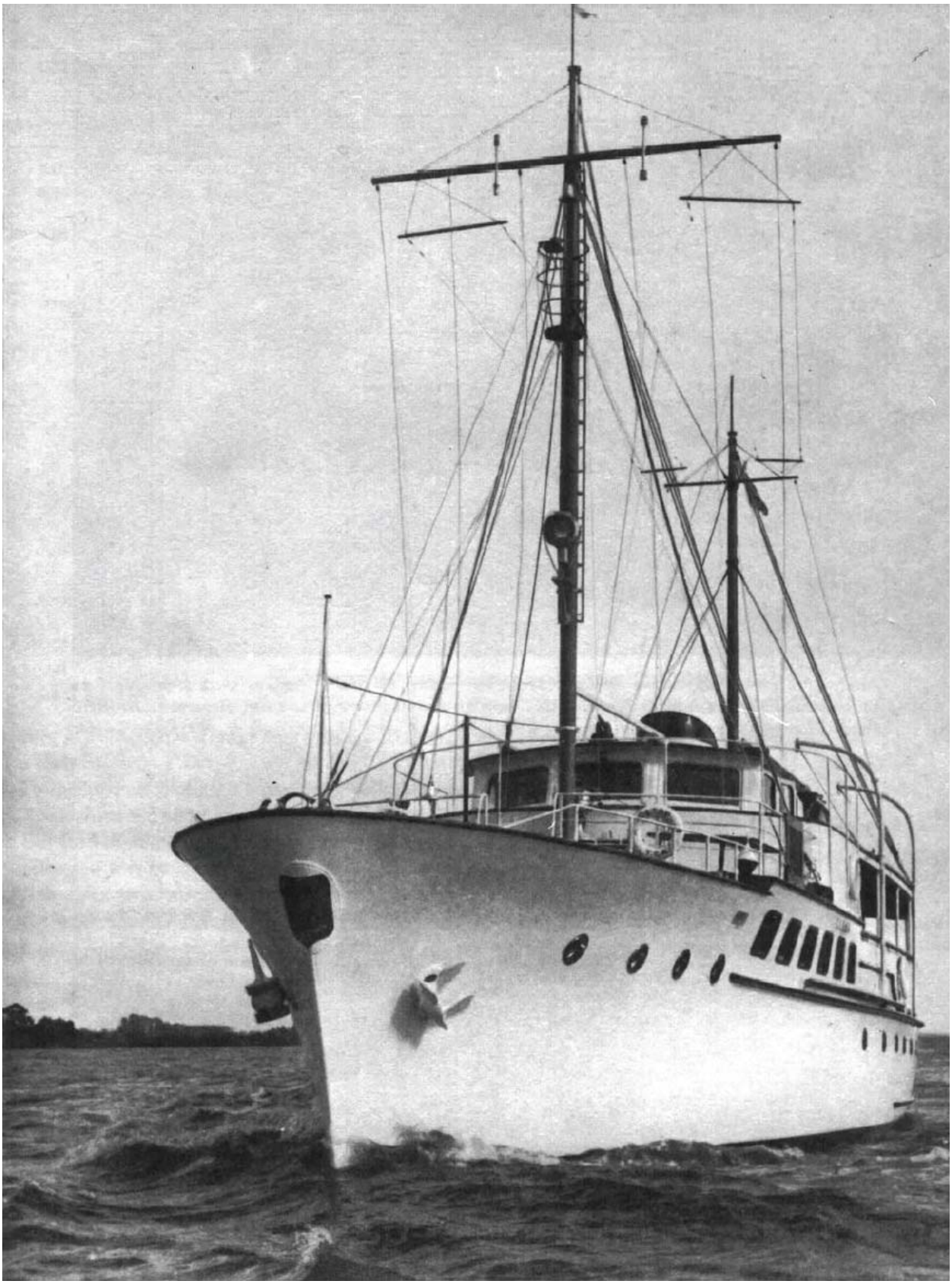


Foto 43 28-m-Motoryacht „Cleop" für südatlantische Hochseefahrt auf des Verfassers Werft erbaut. Motoryachten dieser Größe werden stets als Einzelbauten ausgeführt und an die besonderen Wünsche des Eigners angepasst. Werftfoto Baader

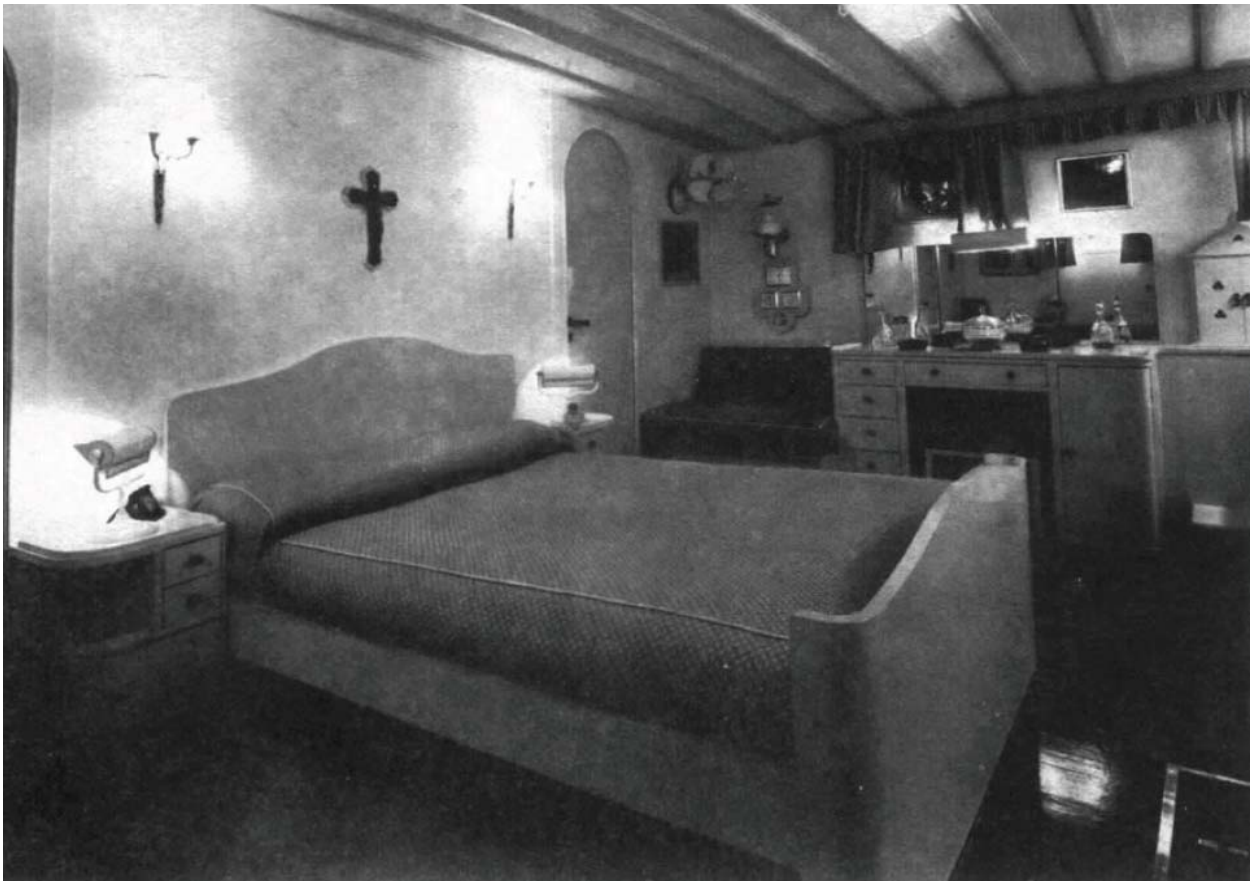


Foto 44 Eigner-Schlafkabine an Bord der Motoryacht „Betalba" Die Tür vorn links führt zu einer Ankleidekabine, weiter hinten rechts zum großen Eigner-Badezimmer. Bauwerft: Astillero Baader, Buenos Aires. Einrichtungsdetails siehe Zeichnung, Abb. 79. Werftfoto Baader

Foto 45 Eine der Gästekabinen an Bord derselben Motoryacht „Betalba". Werftfoto Baader

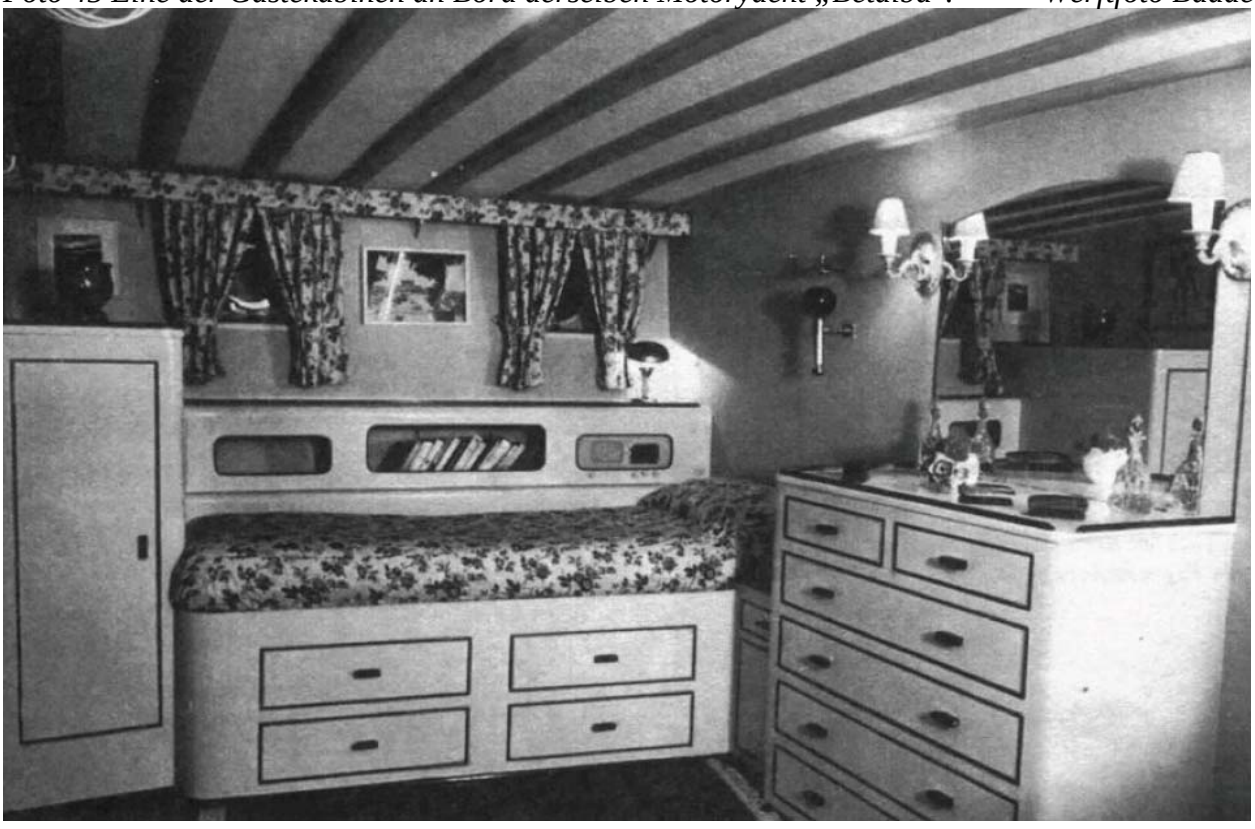
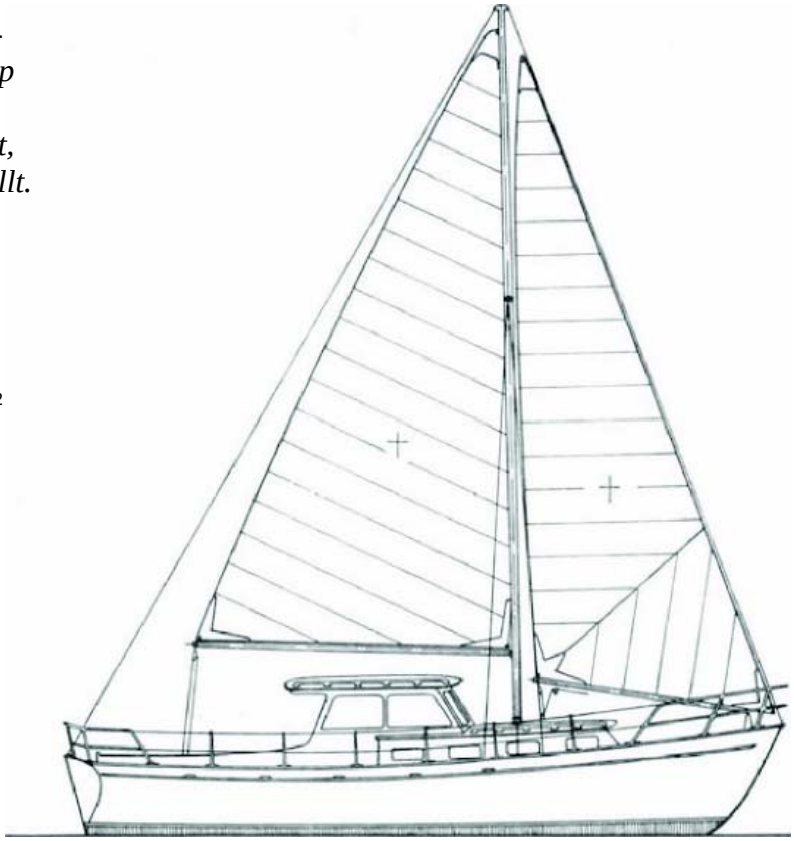


Abb.83 Segelriss des Motorseglers „Bornholm", als Slup getakelt. Der Bootskörper wurde hier mit großer Plicht, ohne Achterkabine dargestellt.



Großsegel , ... 18,0 m^2
Baumfock ..... 13,6 m^2
Am-Wind-Fläche….31,6 m^2
Große Genuafock . .17,0 m^2
Sturmfock.…….…. 6,5 m^2

3. Der Motorsegler verlangt eine größere Ruderfläche, als bei einem reinen Motorkreuzer üblich ist.
4. Propeller von großem Durchmesser sollten vermieden werden, selbst auf Kosten eines Teiles Ihres Wirkungsgrades. Ein großer Propeller ist beim Segeln stark hinderlich.
5. Ein hochbordiger Schiffskörper beeinträchtigt die Wirksamkeit der Besegelung und erhöht den Windwiderstand. Deshalb wird ein gemäßigter Freibord vorgezogen.
6. Ein- oder zweimastige Takelungen sind gleich gut geeignet. Die Masten sollen stets an der segeltechnisch richtigen Stelle aufgestellt werden.
7. Beim Spiegelheck muss für einen leicht fließenden Wasserabfluss gesorgt werden. Spitze Heckformen sind ebenfalls günstig, doch breite Spiegel mit flachem Boden sind ungeeignet.

Im Gegensatz zur Segelyacht wird der Motorsegler soviel wie möglich aufrecht gesegelt. Er entfaltet sich am besten mit halbem Winde oder auf Raumschotkursen. Dagegen eignet er sich weniger gut oder ist geradezu ungeeignet, unter Segel allein hart gegen den Wind anzukreuzen, es sei denn, dass man Tiefgang und Rumpfform besonders darauf abstimmt. Trotzdem kann der Motorsegler auch gegen an segeln, sogar besser als eine Segelyacht, wenn man die Maschine mit geringer Drehzahl mitlaufen lässt. Dann ersetzt der mäßige Propellerschub das fehlende Segelyacht-Unterwasserprofil, und der Motorsegler kann nun ebenso hoch am Winde anliegen wie die reine Segelyacht, ja sogar ein wenig höher. Zugleich wird der sonst störende Widerstand des nichtangetriebenen Propellers ausgeschaltet. Bei Fahrt mit achterlichen Winden wird auf jeder Segelyacht mehr Segelfläche gewünscht. Da Fahrt und Windrichtung zusammenfallen, bleibt zum Antrieb des Bootes nur noch der Unterschied zwischen beiden zum Antrieb übrig. Dann werden auf Segelyachten große

Beisegel gesetzt, nämlich Raumballon und Spinnaker. Nichts steht im Wege, ähnliche Beisegel auch auf Motorseglern anzuwenden. Im Gegenteil, auf langen Seetörns tragen sie viel dazu bei, gute Fahrt zu erzielen. Als größter Motorsegler aller Zeiten sei die als Viermaster getakelte fast 100 m lange Yacht SEA CLOUD genannt. Sie wurde im Jahre 1931 auf der Germaniawerft in Kiel unter dem Namen HUSSAR für amerikanische Rechnung mit folgenden Abmessungen erbaut:

Länge über alles……. 96,30 m	*Breite, größte …….. 14,96 m*
Länge in der WL……. 77,40 m	*Tiefgang, größter ..... 5,13 m*
Segelfläche……3 300 m^2	*Motorleistung ……. 2 700 PS*
Verdrängung……. 3 077 t	*Fahrt unter Motor….14 Knoten*

Sie befand sich viele Jahre lang unter dem Namen SEA CLOUD in amerikanischem Besitz, doch wechselte sie später die Flagge und wurde unter dem Namen ANGELITA Staatsyacht der Dominikanischen Republik. Ihre normale Besatzung umfasste 66 Mann, doch als Staatsyacht wurde noch eine 12 Mann starke Musikkapelle hinzugefügt. Eine Revolution bereitete diesem Spuk in der Karibischen See ein Ende und taufte das Schiff auf den Namen PATRIA (Vaterland) um. Heute besitzt sie eine Motorleistung von 5000 PS und wirkt unter dem Namen ANTARNA im Charterdienst vor Floridas Küsten, mit Heimathafen Miami. Motorsegler solcher ungewöhnlichen Größe sollen hier nicht behandelt werden. Statt

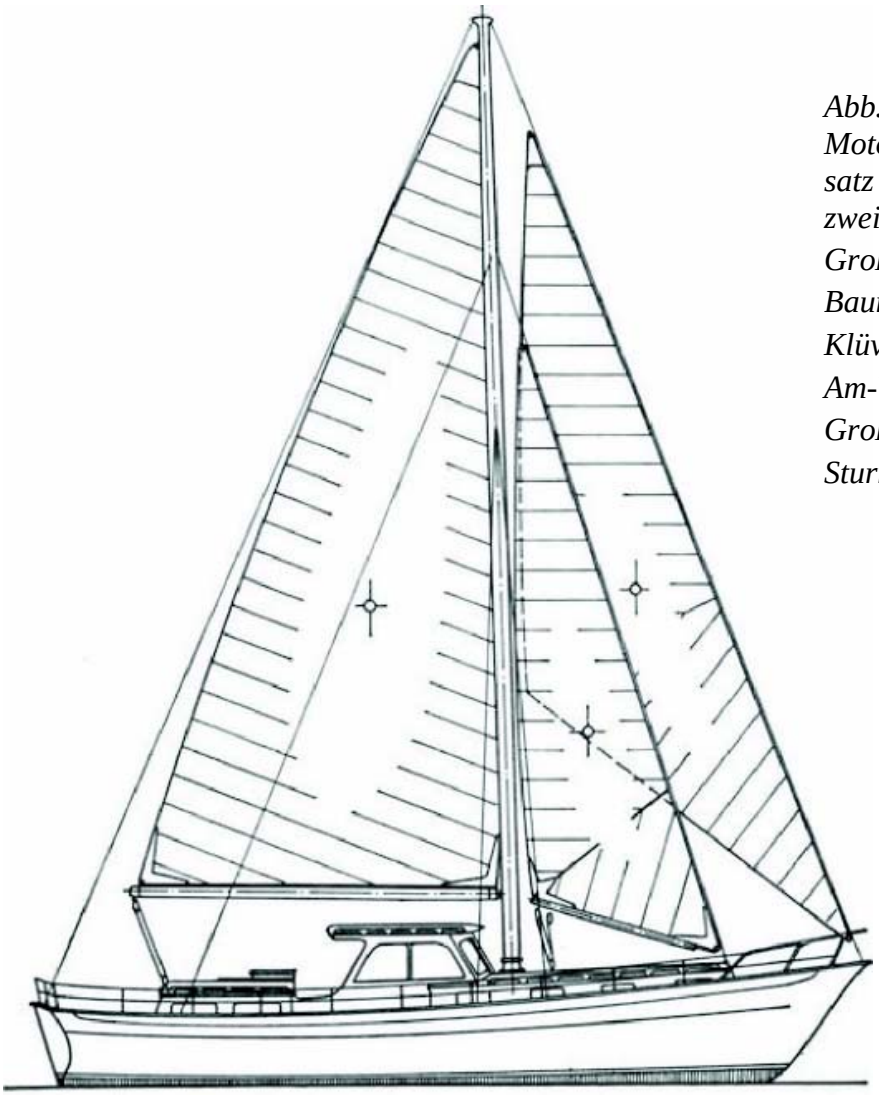


Abb. 84 Kuttertakelung des Motorseglers „Adria". Im Gegensatz zur Sluptakelung werden hier zwei Vorsegel gesetzt.

Großsegel	*8 m^2*
Baumfock	*11,5 m^2*
Klüver	*20,7 m^2*
Am-Wind-Fläche	*68,0 m^2*
Große Genuafock .	*54,0 m^2*
Sturmfock	*.8,6 m^2*

dessen werden drei Motorsegler in den Grössen zwischen 9,60 m und 17,50 m in Zeichnung und kurzer Beschreibung vorgestellt. Keiner dieser drei Motorsegler besitzt eine starke Motorleistung, weil sie dem ganzen Sinn des Motorseglers zuwiderläuft. Sie würde die Aus-bildung eines flachen Spiegelhecks erzwingen, welches sich unter Segel aber nicht bewährt. Alle drei Pläne lassen erkennen, dass es sich hier um den Sondertyp des echten Motorseglers handelt. Vor allem wurde die Form des Schiffskörpers weder von der Segelyacht noch vom Motorkreuzer entlehnt. Wenn auch alle drei Entwürfe untereinander deutliche Ähnlichkeit aufweisen, so sollen. sie keineswegs als einzige Möglichkeit angesehen werden. Auch unter Motorseglern sind vielerlei Varianten möglich.

Motorsegler BORNHOLM *von 9,60 m Länge*

Eine Länge über alles von 9,60 eignet sich bereits ausgezeichnet, um einem Motorsegler alle seine charakteristischen Eigenschaften zu geben: reichliche Stabilität, gute Segeleigenschaften, wohnliche Inneneinrichtung. Allerdings handelt es sich hier wohl um die geringste Länge, bei der eine Achterkabine noch möglich ist, ohne die gesamte Einrichtung zu sehr einzuengen.
Bei diesem wie bei jedem Motorsegler muss an erster Stelle der zulässige Tiefgang bestimmt werden. Wählt man einen Tiefgang von weniger als 1,00 m, so muss ein Schwert eingebaut werden, um überhaupt noch segeln zu können, d. h., um ausreichenden Lateralwiderstand zu schaffen. Die Verbindung von Ballastkiel und Mittelschwert nennt man Kielschwert-Kreuzer. Liegen aber solche Beschränkungen nicht vor, so empfiehlt sich ein Tiefgang von 1,20 m, denn jede Vergrößerung an Tiefgang bringt ein Plus an Segeleigenschaften, gleichzeitig auch eine Zunahme der Stabilität.
Der Segelriss, Abb. 83, zeigt eine einmastige so genannte Sluptakelung, bestehend aus Großsegel und Fock. Die Am-Wind-Segelfläche von 31,6 m² wird von diesem Boot gut getragen, kann aber bei flauen Winden durch Beisegel vergrößert werden. Das Vorsegel wurde als Baumfock ausgebildet, d. h., das Unterliek des Segels fährt an einem Fockbaum. Dadurch wird die Bedienung beim Kreuzen sehr vereinfacht, weil das Segel bei jedem Wenden von selbst übergeht, und zwar ebenso, wie es auch beim Großsegel geschieht. Lässt man beim Gegenankreuzen den Motor ein wenig mitlaufen, so kommt man gut voran und braucht beim jedesmaligen Wenden nicht einmal die Segel zu bedienen. Bei einem Motorsegler wird der Schutz durch ein Steuerhaus angenehm empfunden. Dessen große Fenster sorgen dafür, dass auch beim Segeln ein guter Überblick über das Fahrwasser gewonnen wird. Man beachte, dass der Segelriss die Alternative ohne Achterkabine zeigt, also mit verlängerter Plicht. In diesem Falle ist es möglich, nicht nur die Radsteuerung im Steuerhaus zu benutzen, sondern auch eine aufsteckbare Pinne im achteren Bereich der offenen Plicht. Auf sommerlicher Schönwetterfahrt bietet eine große Plicht viel Annehmlichkeiten; dort könnten auch ohne Umstände zwei Reserveschlafplätze eingerichtet werden. Das Steuerhausdach liefert einen günstigen Festpunkt, um die Plicht mittels Segeltuchpersenning ganz zu schließen. Andererseits hat auch die Achterkabine ihre Vorteile, vor allem die ständig bereiten bequemen Schlafkojen.

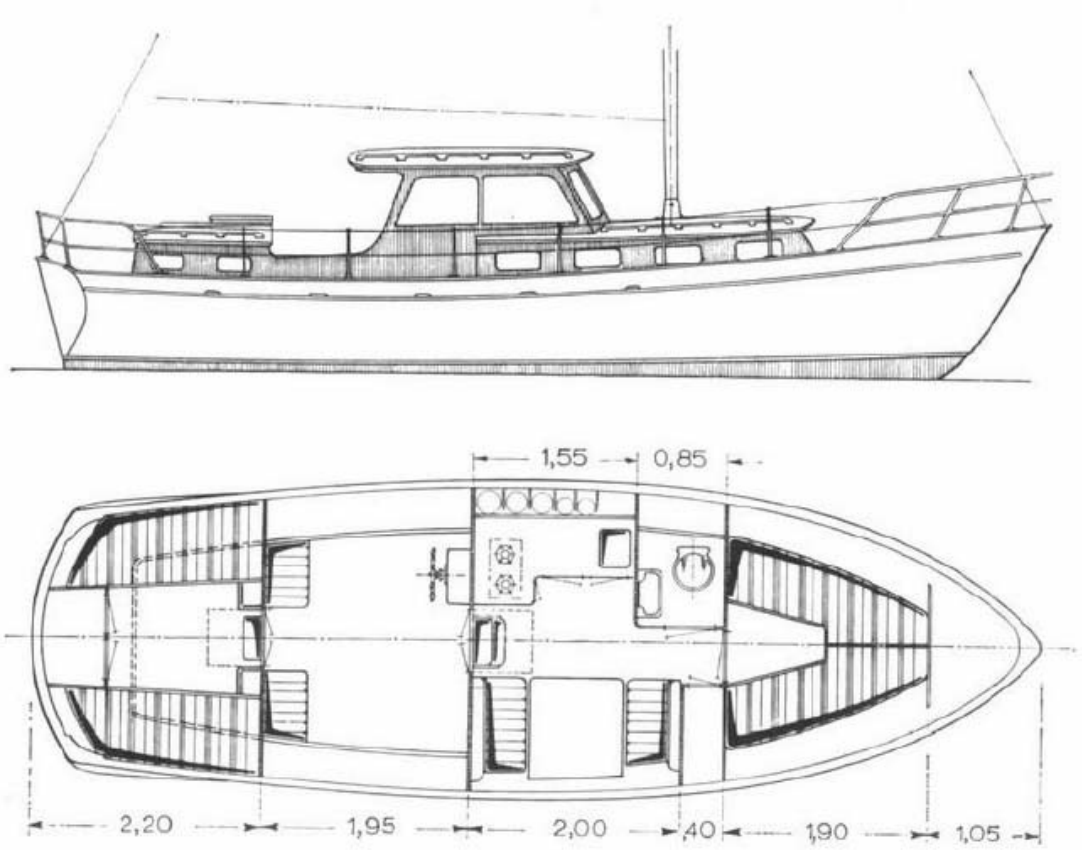


Abb. 85 Motorsegler „Bornholm“ Einrichtungsplan. Im Gegensatz zum vorhergehenden Segelriß enthält das Boot hier eine Achterkabine.

Länge ü.a.	9,60 m	Breite	3,05 m
Länge WL	8,30 m	Tiefgang, mindest	1,00 m
Ballast	1,5 t	Tiefgang, optimal	1,25 m
Verdrängung	6,6 m^3	Seitenhöhe	1,25 m

Wie bei allen Booten, so erlaubt die Raumeinteilung auch hier einige Varianten. Die gezeigte Einrichtung bietet eine ungewöhnlich gute Raumausnutzung, beginnend vorn mit den beiden V-förmigen Kojen. Im mittleren Bereich findet man gleich beim Niedergang an Backbord eine große, gut belüftete Küche, davor den Toiletteraum. An Steuerbord wurde eine Dinette eingerichtet, ein Essplatz für 4 Personen. Durch Hinunterlegen der Tischplatte und Verwendung der Rückenpolster lässt sich in der gewohnten Weise ein Doppelbett herrichten.
Die umlaufende Seereling mit festem Bug- und Heckkorb betont das seemäßige Äußere dieses gar nicht so kleinen Motorseglers. Bei der hier gezeigten Ausführung steht der Mast auf Deck, wobei sein Druck über das Toiletteschott auf den Kiel übertragen wird. Sollte für den Fahrtenbereich des Bootes ein Klappmast notwendig sein, so würde er in einem hohen Maststuhl gelagert werden. Bei hoch liegendem Drehpunkt klappt der Mast genau auf das Steuerhausdach, Er ragt dort zwar noch um 3 m über das Heck hinaus, wird aber von einer zusätzlichen Maststütze getragen.
Ein Motorsegler dieser Wasserlinienlänge hat seine natürliche Grenzgeschwindigkeit im Bereich von 14 km/h = 7,5 Knoten oder eine Langfahrtgeschwindigkeit von etwa 13 km/h = 7 Knoten. Dafür ist eine Motorleistung von rund 30 PS vollkommen ausreichend.

Motorsegler ADRIA von 12,50 m Länge

In der Größe des Motorseglers BORNHOLM bewährt sich gut die normale einmastige Sluptakelung. Bei größeren Bootslängen und zunehmenden Segelflächen entstehen größere Kräfte, so dass man an eine Unterteilung der Segelfläche denkt. Mit den heute verfügbaren Winschen lassen sich zwar noch bedeutend größere Segelflächen gut bedienen, doch hat auch die Unterteilung eine Reihe von Vorzügen aufzuweisen. Dies soll anhand der drei Segelrisse des 12,50 m langen Motorseglers ADRIA erklärt werden. An erster Stelle sei der einmastige Segelriss, Abb. 24, betrachtet. Er unterscheidet sich von der Sluptakelung des kleineren Bootes durch die Anwendung zweier Vorsegel und wird deshalb als Kutter bezeichnet. An Wirksamkeit unter Segel ist kaum ein Unterschied feststellbar, doch von der praktischen Seite her ergeben sich sowohl kleine Vor- wie Nachteile. Es kostet weniger Anstrengung, zwei kleine Vorsegel zu bedienen als ein großes. lm Sturm kann die Baumfock für sich allein gefahren werden, also auch ohne Großsegel. Sie wirkt dann einerseits schlingerdämpfend, andererseits liefert sie noch brauchbaren Vortrieb an der günstigsten Stelle des Bootes.
Das zweite, weiter außen gesetzte Vorsegel heißt Klüver. Dieser ist besonders bei leichten Winden sehr zugkräftig, er kann aber wegen seiner Anordnung nicht an einem Baum gefahren werden. Deshalb muss der Klüver beim Kreuzen jedes Mal eigens bedient werden, denn er geht nicht von selbst über Stag, wie es Baumfock und Großsegel tun. Hat man eine Kreuzstrecke mit kurzen Schlägen zu absolvieren, so wird diese Arbeit recht lästig, besonders wenn man mit kleiner Mannschaft segelt. Sonst aber ist die Bedienung des Klüvers eine durchaus reizvolle und sportliche Betätigung.
Der Übergang zur zweimastigen Takelung bringt eine weitergehende Unterteilung der Segelfläche mit sich. Zu gleicher Zeit verringert sich die Gesamthöhe der Takelung, der Segelschwerpunkt rückt etwas nach unten, und das krängende Moment wird kleiner. Die traditionellen Zweimasttakelungen führen folgende Bezeichnungen.

Yawl: Wenn der achtere oder Besanmast eine verhältnismäßig kleine Segelfläche trägt. Sie ist durchschnittlich gleich einem Drittel der Großsegelfläche.

Ketsch: Der Besanmast trägt eine größere Segelfläche, meist zwischen der Hälfte und Dreiviertel der Großsegelfläche.

Schoner: Bei dieser Takelung wird der achtere Mast zum Großmast und trägt das größte Segel. Der vordere Mast bekommt dann den Namen Fockmast. Die Schonertakelung wird nur noch selten angewandt.

Während die Kuttertakelung für möglichst gute Geschwindigkeiten unter Segel gewählt wird, dient eine zweimastige Takelung dem bequemen Segeln. Deshalb wurde außer der Unterteilung auch noch eine kleinere Gesamtfläche gewählt. Beim Tourensegeln ist der Unterschied an Geschwindigkeit so gering, dass er kaum bemerkbar wird. Segelt allerdings die ADRIA mit Kuttertakelung gegen die Yawl oder Ketschtakelung, so wird das Boot mit Kuttertakelung in jedem Falle gewinnen.

Bei der Yawltakelung entsteht ein ganz bestimmter kritischer Punkt. nämlich die Verstagung des Besanmastes. Da dessen kleiner Großbaum über das Heck des Schiffes hinausragt, kann ein festes Achterstag nicht gefahren werden, es sei denn, dass am Rumpf ein

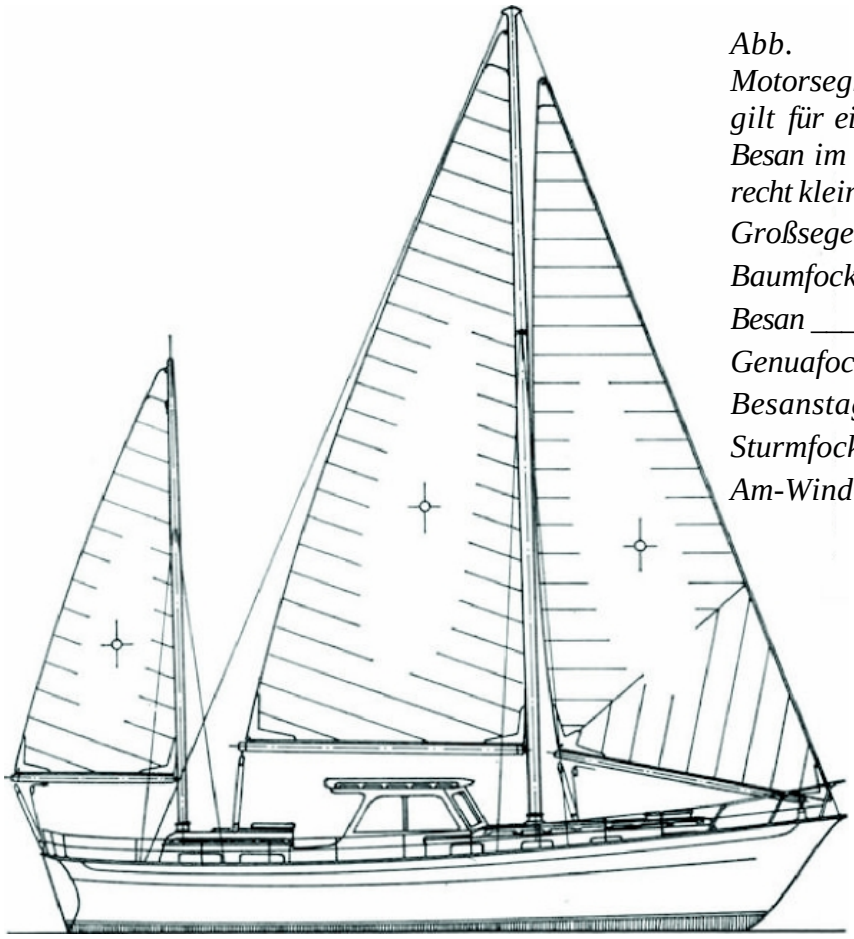


Abb. 86 Yawl-Takelung des Motorseglers „Adria". Diese Bezeichnung gilt für eine zweimastige Takelung, deren Besan im Verhältnis zum Großsegel eine recht kleine Fläche besitzt.

Großsegel_____25,8 m^2
Baumfock_____ 23,1 m^2
Besan _____ 9,1 m^2
Genuafock_____38,0 m^2
Besanstagsegel_____1,5 m^2
Sturmfock_____7,6 m^2
Am-Wind-Fläche_____ 58,0 m^2

Ausleger nach achtern angebracht wird. Stattdessen wird der Mast beim Segeln vor dem Winde durch zwei seitliche, losnehmbare Backstagen abgesichert. Diese brauchen beim Kreuzen nicht bedient zu werden, doch vor dem Winde kann nur das Luvbackstag unter Kraft gefahren werden, weil das Segel selbst an der Leeseite steht. Geht der Baum dann plötzlich und ungewollt zur anderen Seite über, sei es wegen Schralens des Windes oder aus Unaufmerksamkeit am Steuer, so schlägt er hart gegen das stehende Backstag. Dabei geht nicht selten der Baum zu Bruch, manchmal auch das Backstag. Es ist keineswegs erforderlich, hier eine einzige, ziemlich große Baumfock zu fahren, wie sie in der Zeichnung angegeben wurde. Doch erreicht man mit ihr den Vorteil, dass solche drei Segel beim Wenden von selbst übergehen und keine besondere Bedienung verlangen. Bei Rennsegelyachten wird die etwas geringere Wirksamkeit der Yawltakelung dadurch ausgeglichen, dass vier Prozent der Segelfläche nicht mitgerechnet werden. Motorsegler unterliegen aber keinen derartigen Rennvorschriften.

Bei Zweimasttakelungen besteht die Möglichkeit, ein überaus wirksames Raumwind-Beisegel zu fahren, das bei einmastigen Takelungen nicht gesetzt werden kann. Es sieht aus wie ein großes dreieckiges Vorsegel und reicht vom Top des Besanmastes nach vorn zum Deck, wo es aber nicht mittschiffs, sondern seitlich am Schanzkleid angeschlagen wird. Sein Name: Besanstagsegel oder Zwischenstagsegel.

Die Ketschtakelung der Abb. 87 wurde in der Höhe um weitere 10 Prozent niedriger ausgeführt, zugleich wurde die Fläche der Segel weiter verkleinert. Der Besanmast steht nun genügend weit vorne, so dass die Baumnock innenbords bleibt und ein festes Achterstag direkt zum Heck des Bootes geführt werden kann. Beim Rennsegeln erhält diese Takelungsart eine Vergütung von 12 Prozent der Segelfläche. Beim Motorsegler lässt sich der noch

Abb. 87 Ketsch-Takelung des Motorseglers „Adria". In diesem Fall wird die Fläche des Besans gewöhnlich zwischen 1/2 und 3/4 der Großsegelfläche gewählt.

Großsegel _____19,8 m^2

Baumfock _____16,2 m^2

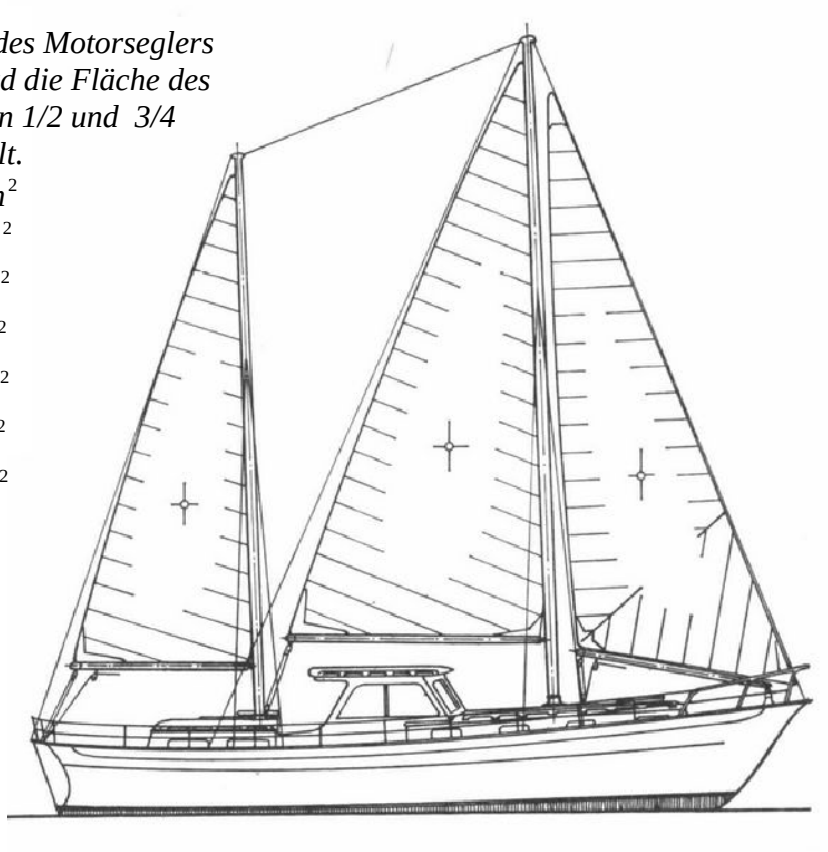
Besan _____12,0 m^2

Genuafock _____32,0 m^2

Besanstagsegel____28,5 m^2

Sturmfock_____7,5 m^2

Am-Wind-Fläche __48,0 m^2



immer mäßige Verlust an Wirksamkeit durch Setzen von beliebig vielen Beisegeln auf einfachste Weise ausgleichen.

Die Unterteilung der Segelfläche bedeutet eine bequemere Handhabung beim Setzen und Bergen, aber auch eine Erleichterung bei plötzlich zunehmender Windstärke. So braucht z. B. nur das Großsegel weggefiert zu werden, um die Segelfläche bedeutend zu verkleinern. Sowohl Yawl- wie Ketschtakelung bleiben unter Vorsegel und Besan voll manövrierfähig.

Die Größe und Verteilung der Segelfläche hat einerseits mit dem Antrieb durch Windkräfte zu tun, andererseits aber auch mit der Stabilität. Je höher der Druckmittelpunkt der Besegelung liegt, desto größer muss zum Ausgleich der Tiefgang des Bootes bestimmt werden. Ferner kommt hinzu, dass selbst eine sehr wirksame Besegelung sich nicht entfalten kann, wenn als Folge mangelnden Tiefgangs eine zu große Abdrift entsteht. Folgende Tabelle übermittelt einen Überblick über die Zusammenhängt beim Entwurf ADRIA mit seinen drei verschiedenen Takelungsarten:

	Kutter	Yawl	Ketch
Gesamtfläche am Wind	68,0 m^2	58,0 m^2	48,0 m^2
Fläche des größten Segels	35,8 m^2	25,8 m^2	19,8 m^2
Größte Masthöhe über WL	16,0 m	14,50 m	12,80 m
Angemessener Tiefgang	1,70 m	1,60 m	1,50 m
Mindest-Tiefgang	1,55 m	1,45 m	1,35 m

Die in jedem Falle zu wählende Takelungsart hängt einerseits von den persönlichen Neigungen des Eigners ab, andererseits von dem zu befahrenden Gebiet. Es gibt keinen zwin-

genden Grund, die größte Segelfläche in der Kuttertakelung unterzubringen oder die kleinste in der Ketschtakelung. Nur spricht hierbei die Überlegung mit, dass der Wunsch nach möglichst großer Geschwindigkeit unter Segel von selbst zur einmastigen Takelung und zum größten Tiefgang führt. Geruhsames Segeln, aber auch ein wenig Seefahrtsromantik begünstigen dagegen die Wahl der zweimastigen Takelungen. Es sei hinzugefügt, dass in jedem Falle Außenballast unter dem Kiel vorgesehen ist. Loser Innenballast ist unbedingt zu verwerfen.
Vergleicht man die Inneneinrichtung des Motorseglers ADRIA mit der kleineren BORNHOLM, so bemerkt man die gleiche Anzahl von Schlafplätzen. Die um fast 3 m größere Länge wurde ausgenutzt, um überall Geräumigkeit zu verteilen. Es wurde viel Schrankraum vorgesehen, eine zweite Toilette, vor allem aber eine große begehbare Decksfläche geschaffen. Die im Achterschiff untergebrachte Kabine genießt völlige Unabhängigkeit, mit eigener Toilette, viel Schrankraum und Bewegungsfreiheit.
Die große mittschiffs angeordnete Plicht wird fast vollständig durch das Steuerhaus geschützt, der verbleibende offene achtere Teil kann bei schlechtem Wetter auf einfachste Weise durch Segelkleider geschlossen werden. Dadurch lassen sich in der Plicht leicht zwei Reserveschlafplätze schaffen. Nach vorn zu schließt sich die Hauptkabine an, mit großem Essplatz an Backbord und großzügig eingerichteter Küche an Steuerbord. Das U-förmige

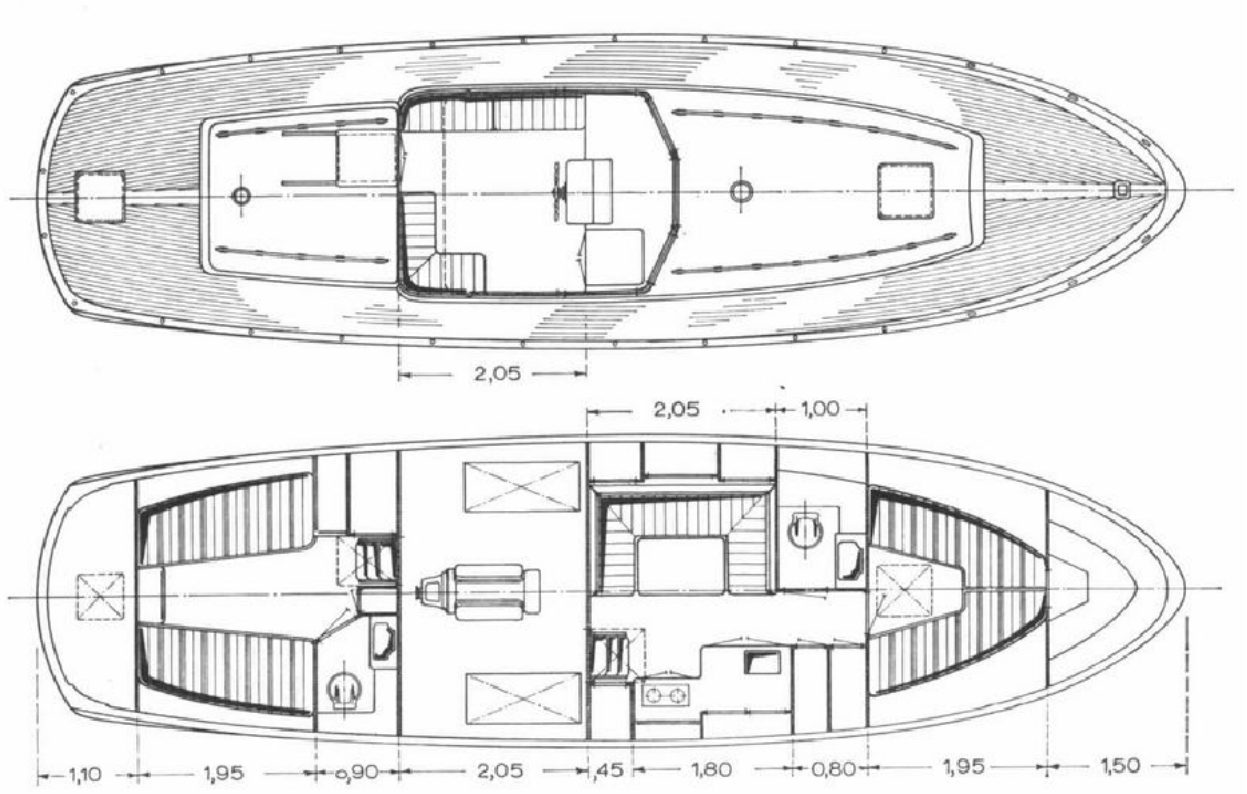


Abb. 88 Moorsegler „Adria". Decksplan und Einrichtung. Die Seitenansicht sowie die Anordnung des Steuerhauses ist in den drei Segelrissen zu erkennen. Man beachte die sehr große begehbare Decksfläche sowie die Geräumigkeit der Einrichtung.

Länge ü. a.	*12,50 m*	*Breite*	*3,40 m*
Länge WL	*10,65 m*	*Tiefgang, mindest*	*1,35 m*
Ballast	*3,5 t*	*Tiefgang, optimal*	*1,70 m*
Verdrängung	*11,8 m³*	*Seitenhöhe*	*1,75 m*

Sofa wird auch hier wieder in ein Doppelbett umgewandelt. Direkt davor befindet sich ein zweiter Toiletteraum, im Vorschiff zwei V-förmig angelegte Gästekojen.
Unter dem Steuerhausboden findet sich reichlich Platz, um gute Zugänglichkeit zum Hauptmotor zu gewahren. Sehr vorteilhaft liegen dort die beiden Brennstofftanks, denn sie fallen ungefähr mit dem Schwerpunkt der WL-Fläche zusammen. Dadurch wird ein Vertrimmen vermieden, das sich sonst zwischen vollen und leeren Tanks einstellen würde. Ein Bootskörper dieser Form und Größe kann eine ständige Kreuzfahrt von 8 Knoten = 14,8 km/h durchhalten. Dafür ist bereits eine Motorleistung von nur 40 PS ausreichend, doch wird man zur Schonung und Leistungsreserve am besten eine Leistung von 60 bis 75 PS wählen.

Motorsegler LAS PALMAS *von 17,50 m Länge*

Mit der stattlichen Länge von 17,50 m über alles wird eine Größe erreicht, die kaum noch Grenzen im Fahrtbereich wie in reichlicher Inneneinrichtung kennt. Ein Schiff dieser Größe wird wohl kaum jemals eine Slup- oder Kuttertakelung erhalten, obwohl eine einmastige Besegelung kein Ding der Unmöglichkeit ist. Bei reinen Segelyachten wurden einmastige Takelungen bis zu Abmessungen von mehr als 40 m Länge ü. a. ausgeführt, allerdings nur für wichtige Rennen von internationaler Bedeutung, bei denen das nationale Prestige auf dem Spiel stand. Fürs Fahrtensegeln im allgemeinen, besonders jedoch für Motorsegler dieser Größe, ist eine Zweimasttakelung vorzuziehen.
Trotz des großen, 4,80 m breiten Schiffskörpers unterscheidet sich die Formgebung in keinem wesentlichen Punkte von derjenigen der beiden vorhergehenden kleineren Motorsegler. Auch hier kann als Variante ein spitzes Heck angewandt werden oder auch ein Klipperbug. Doch im wesentlichen zeigt die Seitenansicht den typischen Motorsegler mit mäßig breitem Spiegel und schlankem Auslauf in der Wasserlinie.
Als wesentlichhen Unterschied zu den kleineren Booten beachte man die Einrichtung zweier Steuerstände: einer liegt geschützt im Inneren des Deckshauses, ein zweiter befindet sich als offener Steuerstand kurz vor dem Besanmast. Wie die Erfahrung lehrt, wird der offene Steuerstand während etwa 90 Prozent der Zeit benutzt. Die freie Übersicht und der Aufenthalt in frischer Luft auf See sind Vorteile, die höchstens durch Kälte oder langandauernden Regen überschattet werden. Der innere Steuerstand bietet nicht genügend Sicht zur Fahrt auf engen Gewässern mit starkem Verkehr, und auch zum Manövrieren wird man den offenen Steuerstand mit Vorliebe benutzen.
Wenn ein Schiff im starken Seegang stampft, so liegt der Bereich geringster Bewegung zwischen $^1/_3$ und $^1/_4$ der Schiffslänge von achtern. Wer für Seekrankheit anfällig ist, wird lieber Regen und Wind am offenen Steuerstand in Kauf nehmen, als ins Deckshaus hinunter zu gehen. Nur an Deck wird der Vorteil frischer Luft voll ausgenützt, und gegen die Wetterunbilden gibt es schützende Bekleidung. Zum Liegen oder Ausruhen für Anfällige gibt es keinen besseren Platz als die beiden Kojen der Eignerkabine, denn sie befinden sich ungefähr im Punkte der geringsten Bewegungen. Aber auch das L-Sofa im Deckshaus kommt ihnen fast gleich.

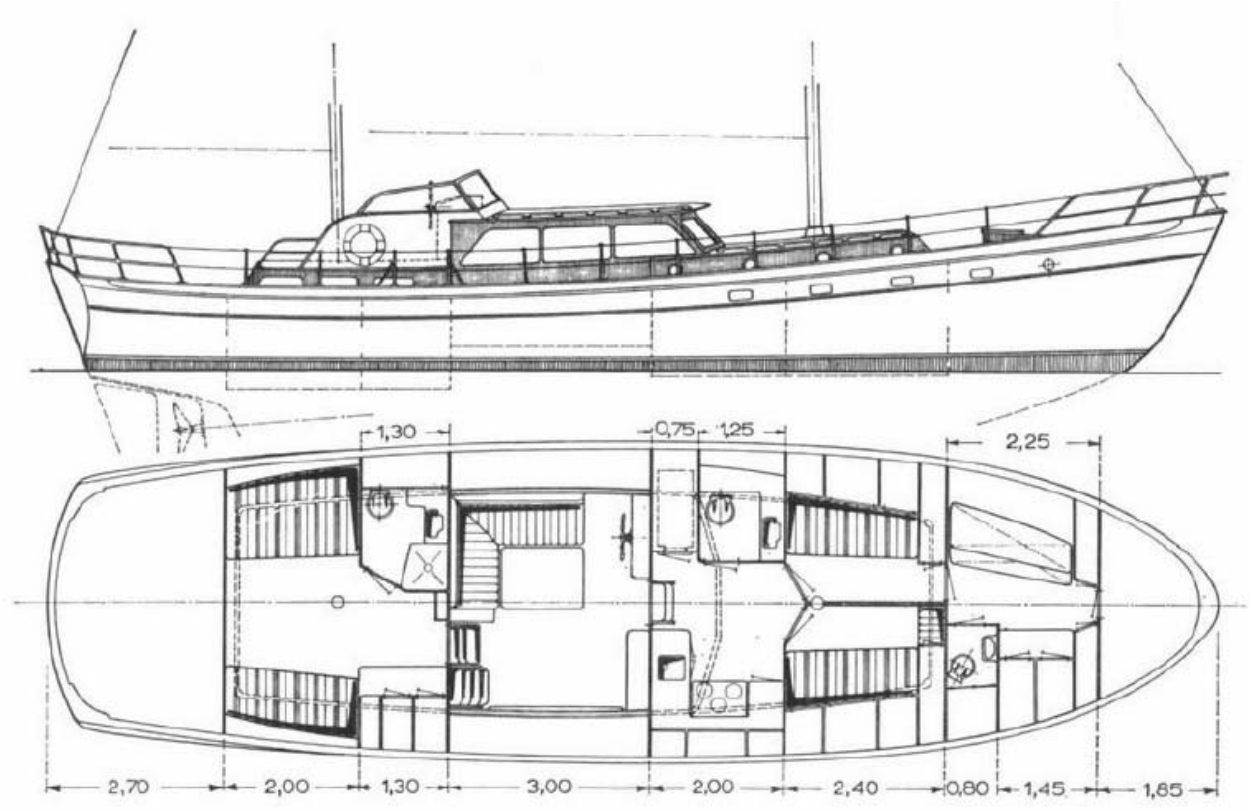


Abb.89 Motorsegler „Las Palmas". Seitenansicht und Einrichtungsplan. In dieser Schiffsgröße lässt sich eine sehr geräumige Inneneinrichtung schaffen. Man beachte die Anlage zweier Steuerstände, einer im Deckshaus, ein zweiter als offene Außensteuerung oberhalb der Achterkabine.

Länge ü. a ..... 17,50 m	*Breite 4,80m*
Länge WL ..... 15,40 m	*Tiefgang, mindest ..... 1,60 m*
Ballast ..... 5,8 t	*Tiefgang, optimal ..... 1,90 m*
Verdrängung 28,5 m3	*Seitenhöhe ..... 2,00 m*

Wie jede Einrichtung, so erlaubt auch die vorliegende eine Reihe von Alternativen, die sich aus den persönlichen Wünschen des Eigners ergeben. Die hier gezeigte Einrichtung hat sich in der Praxis gut bewährt. Das Deckshaus bildet dabei den Haupt-Aufenthaltsraum mit großem Tisch und reichlich Platz für alle Navigationsaufgaben. Die achtern gelegene Eignerkabine fällt durch ihre Geräumigkeit auf, so dass hier an Backbord ein Doppelbett vorgesehen wurde. Viel Schrankraum und eine eigene Toilette mit Dusche vervollständigen die achtere Einrichtung. Nach vorn zu liegt an Steuerbord die große Küche, gegenüber der zugehörige Gefrierschrank sowie die Gästetoilette. Zwei Türen führen zu zwei unabhängigen Gästekabinen, die auch übereinanderliegende Kojen erhalten können. Im Vorschiff befindet sich das Bootsmannslogis mit einer zweiten Koje für eine helfende Hand. Auch hier wurde eine kleine Toilette vorgesehen. Der Segelriss zeigt die hier am besten geeignete Ketschtakelung, deren Begründung bereits beim Vergleich der drei Takelungsarten des Motorseglers ADRIA gebracht wurde. Man erkennt im Segelriss zwei Beisegel, die Erwähnung verdienen. Das bereits genannte Besanstagsegel wurde hier punktiert eingetragen, und zwar reicht es vom Top des Besanmastes nach vorn in die Nähe des Großmastes. Bei halbem Winde sowie bei Backstagsbrise leistet es vorzügliche Dienste. Zugleich schafft es eine wirksame Vergrößerung der Segelfläche, denn seine Fläche macht genau 50 Prozent der vorhandenen Am-Wind-Besegelung aus.

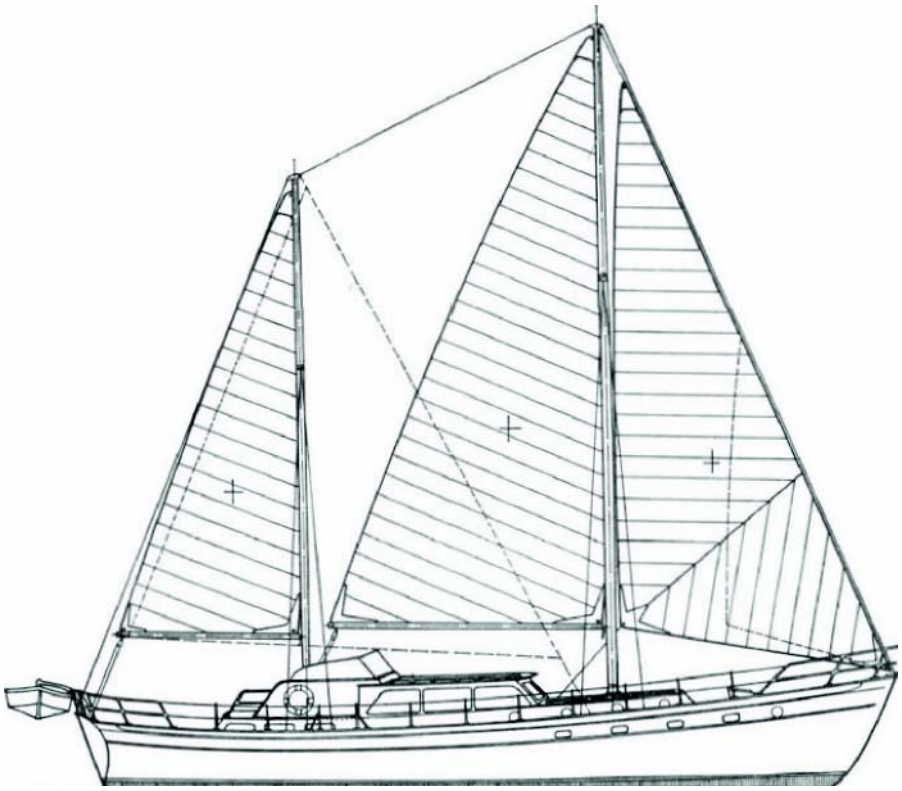


Abb. 90 Ketsch-Takelung des Motorseglers „Las Palmas". Bei dieser großen Länge über Deck konnte auch der Besanmast durch ein festes Achterstag gesichert werden.

Großsegel	*38,5 m^2*	*Besanstagsegel*	*45,5 m^2*
Fock	*34,2 m^2*	*Sturmfock*	*11,2 m^2*
Besan	*18,8 m^2*	*Am-Wind-Fläche*	*91,5 m^2*
Genuafock	*56,0 m^2*		

Das Vorsegeldreieck lässt sich auf verschiedene Weise ausnützen. Hier wurde eine große, nicht am Baum gefahrene Fock gezeigt, doch ist auch eine Baumfock möglich. Man muss bei dieser Größe überlegen, ob die Bequemlichkeit des Baumes seine Gefährlichkeit wettmacht. Liegt man nämlich im Winde, so beginnt der Baum heftig hin und her zu schlagen. Andererseits eignet sich diese Größe gut zur Unterteilung in zwei Vorsegel, wie sie bei der Kuttertakelung erkennbar war. Dann kann man eine kleinere Baumfock und einen größeren Klüver fahren. Bei schwachen Winden besteht hier wie auch bei allen übrigen Takelungen die Möglichkeit, eine große Leichtwetter-Genuafock zu setzen, die fast die Hälfte des Großsegels überlappt.

Am Vorstag wurde eine kleine Sturmfock angedeutet. Sie wird bei wirklichem Sturm zusammen mit dem gerefften Großsegel gefahren. Bei Motorseglern wird im Sturm nicht eigentlich Fahrt angestrebt, sondern eine möglichst ausbalancierte kleine Besegelung zur Dämpfung des Schlingerns.

Es gibt nicht wenige Eigner, die den Typ des Motorseglers wegen des seemännischen Eindrucks der Takelage lieben. Auch die Rumpfform mit ihrem tiefliegenden Außenballast wirkt anziehend und vermittelt ein zusätzliches Gefühl der Sicherheit.

Dass der Motorsegler außerdem auch noch imstande ist, gut zu segeln, wird nur als Beigabe hingenommen. Oft ist es schwer, die nötige Mannschaft zur Segelbedienung überhaupt

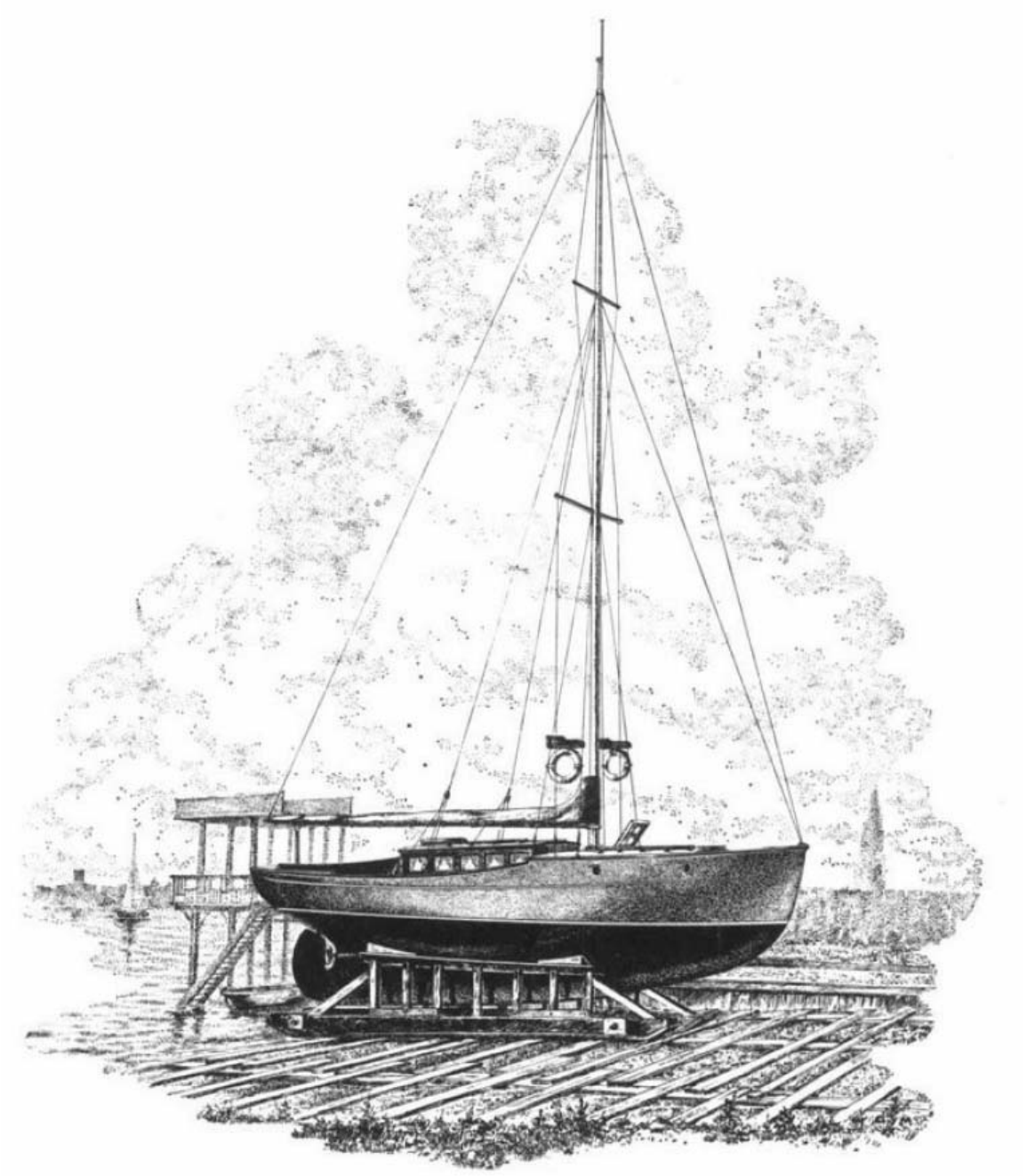


Abb. 91 Der hier auf dem Slip gezeigte Motorsegler besitzt eine Unterwasserform mit starker Anlehnung an die Tourensegelyacht. Auch das große Ruderblatt, die hohe Sluptakelung und der auffallend kleine Propeller bestätigen diesen Ursprung. Diese Art von Motorsegler ist unter Segel günstiger als unter Motor. *Zeichnung: 0. Mikhno*

zusammenzubringen, und so wird immer seltener wirklich gesegelt. An älteren Motorseglern kann man mitunter feststellen, dass gar keine Segel mehr angeschafft wurden, nachdem der ursprüngliche Satz den natürlichen Alterserscheinungen zum Opfer gefallen war.

Der ganze Typ des Motorseglers bildet ein höchst angenehmes, reizvolles und zur Seefahrt verlockendes Schiff, selbst wenn gar keine Segel vorhanden sein sollten. Die Wasserlinienlänge des Motorseglers LAS PALMAS mit 15,40 m erlaubt dem Schiff eine ständige Kreuzfahrt von 91/2 Knoten = 17,6 km/h. Hierfür ist eine Motorleistung von 70 PS ausreichend, doch sollte zwecks Leistungsreserve und langer Lebensdauer am besten ein Motor von 100 bis 120 PS Leistung gewählt werden.

Geschwindigkeiten:

Die Form des echten Motorseglers bedingt einen schlanken Wasserablauf im Heck, auch wenn dieses nach oben zu in einen breiten Spiegel übergeht. Dadurch unterscheidet sich sein Bootskörper wesentlich von der Form des halbgleitenden Motorkreuzers, denn ein breiter, flach aufliegender Spiegel wäre zum Segeln denkbar ungeeignet. Es entsteht daher eine natürliche Begrenzung der Geschwindigkeiten, die den Geschwindigkeitsgrad R = 4,8 nicht gut überschreiten können. Die sich daraus ergebende Fahrt kann unter Motor sehr leicht erreicht werden, bei günstigen Windverhältnissen auch unter Segel. In nachstehender Tabelle wurden die natürlichen Grenzgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von den verschiedenen WL-Längen zusammengestellt. Ferner wurde die Geschwindigkeit der so genannten natürlichen Dauerfahrt hinzugefügt, die bei gutem Winde unter Segel leicht erreicht wird. Sie stellt zugleich die empfehlenswerte, gewissermaßen ideale wirtschaftliche Kreuzfahrt auch unter Motor dar!

Längein der WL	natürliche Grenzgeschwindigkeit R = 4,8		Natürliche Dauerfahrt R = 4,0	
m	km/h	Knoten	km/h	Knoten
6,00	11,75	6,35	9,80	5,30
8,00	13,60	7,35	11,30	6,10
10,00	15,15	8,20	12,65	6,85
12,00	16,60	9,00	13,85	7,50
14,00	18,00	9,70	14,95	8,10
16,00	19,20	10,40	16,00	8,65
18,00	20,40	11,00	17,00	9,20
20,00	21,45	11,60	17,90	9,65

Kleinster Motorsegler, Länge = 5,50 m

Die unterste Größe echter Motorsegler reicht noch bedeutend weiter herunter als dem hier gezeigten 9,60-m- Entwurf BORNHOLM entspricht. Nachfolgende Abmessungen gehören zu einem gegenwärtig serienmäßig in Glasharz hergestellten Motorsegler mit kleiner Unterschlupf-Vorderkabine, die gerade eben zwei Kojen aufweist:

Länge ü. a. .....5,50 m	Großsegel - 7,7 m2
Länge WL .....4,75 m	Fock 5,3 m2
Breite.....2,05 m	Am-Wind-Fläche 13,0 m2
Tiefgang .....0,62 m	Ballastgewicht .... 300 kg
Seitenhöhe……0,95 m	Motorleistung ..... 5 bis 10 PS

Fünf historische Atlantiküberquerungen mit kleinen Motorkreuzern

Als Gottlieb Daimler zwei Jahre nach seiner ersten Vorführung auf dem Neckar, nämlich im Oktober 1888, ein 7 m langes Boot mit einem verbesserten 2-PS-Motor in Hamburg vorführte, erklärte ein skeptischer Werftleiter: „Glauben Sie ja nicht, dass jemals ein Schiff mit so einem Nähmaschinchen die See befahren kann!"
Diese Prophezeiung wurde schon 14 Jahre später widerlegt. Bereits im Jahre 1902 wurde der Atlantik mit einem Motorkreuzer überquert, der zum Antrieb ein ganz ähnliches Nähmaschinchen erhalten hatte. Das war zu einer Zeit, als die Verbrennungsmotoren noch voller Kinderkrankheiten steckten. Das Automobil war ein polterndes, stinkendes Ungeheuer. Das berühmte Modell T von Ford war noch nicht erdacht.

ABIEL ABBOT Low

Als der erfahrene, unerschrockene Captain William Newman anfangs 1902 gefragt wurde, ob er bereit wäre, mit einem kleinen Motorboot von New York über den Atlantik nach England zu fahren, griff er sofort zu. Er wählte für diese Fahrt ein solide gebautes Boot von 11,60 m Länge, dem man ein gutes Maß von Seetüchtigkeit ansah. Zum Antrieb wurde ein Zwei-Zylinder-Petroleummotor von 10 PS Leistung eingebaut, der von der New York Kerosene Engine Co. Stammte. Als Mannschaft nahm er seinen sechzehnjährigen Sohn mit auf die Reise.

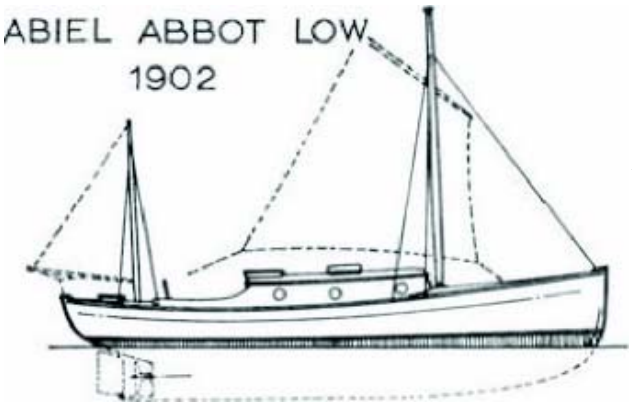


Abb. 92
„Abiel Abbot Low"

Sie hatten keine leichte Überfahrt. Mehrfach lagen sie im Sturm vor Seeanker und legten Ölbeutel mit Fischöl aus, um die See zu besänftigen. Viel schlimmer war jedoch das Missgeschick der zu leicht gebauten Brennstofftanks. Schon bald nach der Abfahrt begannen sie zu lecken, und die armen Seefahrer mussten ständig Lampenpetroleum aus der Bilge wieder in die Tanks zurückpumpen. Kein Wunder, dass sie häufig seekrank wurden.
Der kleine Motor aber funktionierte einwandfrei! Nach 36 Reisetagen ab New York erreichten sie Falmouth in England. Eine kühne Tat, den Atlantik in einem so kleinen Boot und mit einem keineswegs erprobten Petroleummotor zu überqueren. Daß die großartige

Leistung beinahe in Vergessenheit geriet, erscheint geradezu unglaublich. Beides verdient Bewunderung: das wochenlange Funktionieren des Motors und das mutige und geschickte Verhalten der Besatzung.

DETROIT

Captain Thomas Fleming Day, Herausgeber der Yachtzeitschrift „The Rudder", galt im Jahre 1912 schon als ungewöhnlich erfahrener Hochseesegler, hatte er doch bereits den Atlantik mit einer kleinen Segelyacht überquert. So willigte er gern ein, als ihm vorgeschlagen wurde, eine solche Überfahrt mit einem kleinen Motorkreuzer zu wiederholen. Captain Day war für diese Aufgabe bestens qualifiziert, da er die Bermuda-Hochseerennen für Motorkreuzer im Jahre 1907 ins Leben gerufen hatte, an denen er alljährlich auch als Skipper teilnahm.



Abb. 93
„Detroit“

In den zehn Jahren seit der ersten Atlantikfahrt im kleinen Motorboot, der ABIEL ABBOT Low, war der Verbrennungsmotor ein gut Teil zuverlässiger geworden. Für die nunmehr geplante Überfahrt wurde eigens ein Motorkreuzer entworfen, und zwar mit 10,65 m Länge und 3,05 m Breite. Er wurde sehr solide auf der auch heute noch aktiven Werft von Matthews erbaut und mit einem Zwei-Zylinder-Scripps-Benzinmotor ausgerüstet. Der Motor leistete 16 PS bei 600 U/min, wozu er eine Bohrung von 140 mm besaß sowie einen Hub von 152 mm. Auf der Probefahrt wurde mit dem voll ausgerüsteten Boot in glattem Wasser eine Fahrt von 7,8 Knoten gemessen.
Die Reise führte von Detroit über New York zunächst nach Irland, doch dann weiter über England bis Kronstadt in der Nähe von St. Petersburg, heute Leningrad, eine Gesamtstrecke von 6300 Seemeilen. Auch diese Überfahrt war mit manchen Schwierigkeiten verbunden. Vor allem störte das zu niedrig angeordnete Mitteldeck. Es wurde häufig vom Wasser überspült, so dass die Mannschaft ständig Gummistiefel tragen musste. Während der ganzen Reise, so erklärte Captain Day, blieb das Deck keine zwei Stunden lang trocken. Außerdem stellte sich einer der drei Begleiter Captain Days auf See als völlig unbrauchbar heraus. Er war der seelischen Belastung durch die Weite und Einsamkeit des Meeres nicht gewachsen.
Beim Entwurf hatte man auf gutes Benehmen im Seegang gezielt. Unter dem Kiel war tiefliegender Ballast befestigt worden, außerdem bekam das Boot Innenballast, der während der Reise viel Ärger verursachte. Trotz dieser baulichten Maßnahmen war die Anfangsstabilität etwas zu kurz gekommen. Das Boot schlingerte ständig in fast unerträglichem Maße; doch Captain Day erklärte, dass es dadurch weicher im Seegang liegt.

Die eigentliche Atlantikfahrt von New Rochelle bei New York nach Cork in Irland wurde in 22 Tagen ausgeführt. Der kleine Motor bewährte sich ausgezeichnet und lief während der ganzen langen Reise mit größter Regelmäßigkeit.

CAMALOTE

Trotz der stattlichen Größe dieser Motoryacht muss ihre Überführung von Hamburg nach Buenos Aires im Jahre 1922 als bemerkenswerte seemännische und technische Leistung angesehen werden. Die CAMALOTE war mit 29,50 m Länge und 5,75 m Breite auf einer Hamburger Werft als Flussyacht für tropische Gewässer entworfen und erbaut worden, obwohl Buenos Aires nicht gerade in den Tropen liegt. Sie war kein Seeschiff. Viel zu geringer Freibord, sehr hohe Aufbauten, zahlreiche Fässer mit Reservebenzin an Deck festgezurrt, machten die Überfahrt ungemütlich und riskant. Als Antrieb waren zwei Hanomag-Lloyd-Benzinmotoren von je 75 PS Leistung bei 750 U/min eingebaut worden, die sich während der ganzen Reise bestens bewährten.

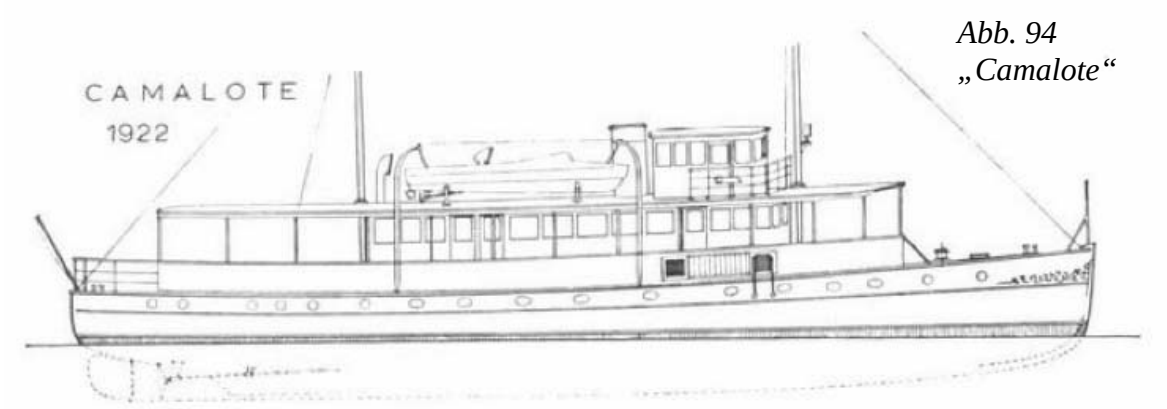


Abb. 94
„Camalote“

Mit der Fahrt der CAMALOTE handelt es sich um die erste Überquerung von Osten nach Westen unter Motor. Da im atlantischen Gebiet Westwinde vorherrschen, leiden die Schiffe bedeutend mehr auf der Ost-West-Reise als umgekehrt. Zudem umfasste sie zwei Ozeane, nämlich den Nord- und den Südatlantik. Doch die geglückte Ablieferung an den Eigner, einen sportlich eingestellten Bankier, trug dazu bei, dass die Yacht später von der Regierung übernommen wurde, um als Staatsyacht repräsentativen Zwecken zu dienen.

ARIELLE

Zur Überfahrt des Motorkreuzers ARIELE sind mehrere Umstande besonderer Erwähnung wert. Es war eine Einhandfahrt, vom Eigner allein ohne jede Begleitung ausgeführt. Es war die erste Überquerung einer Yacht mit Dieselantrieb. Zum erstenmal wurde eine Selbststeueranlage benutzt. Schließlich handelte es sich mit diesem Boot um den am besten geeigneten Motorkreuzer für ozeanische Langfahrt im Vergleich zu den drei Vorgängern. Die ARIELLE war ein Neubau von 13,05 m Länge und 3,40 m Breite. Zum Antrieb war ein langsam laufender Schiffsdieselmotor von 75 PS Leistung bei 720 U/min eingebaut worden, mit dem das Boot bei 600 U/min 7 Knoten lief und 7 Liter Dieselbrennstoff je Stunde verbrauchte. Der Motor allein wog annähernd 2000 kg, außerdem war ein Ballastkiel untergebolzt worden, so dass es in diesem Falle keine Stabilitätsprobleme gab.

Foto 46 Motorsegler „Sargo" auf dem Parana- Strom, zum erstenmal die Segel setzend. Länge ü, a. 17,00 m, Breite = 4,20 m, Tiefgang = 1,80 m. Die Yacht erhielt eine Yawl-Takelung mit einfachem Vorsegel.
Werftfoto Baader





Foto 47 Motorsegler „Fisherman 27". Serienbau der Werft Fairey Marine, Hamble (England). Länge ü. a. = 8,40 m, Breite = 2,68 m, Tiefgang = 0,71 m. Der Bootskörper ist 7schichtig in Agbaholz unter Hitze und Druck verleimt, ein Sonderverfahren der Fairey-Werft.
Foto: Beken and Son

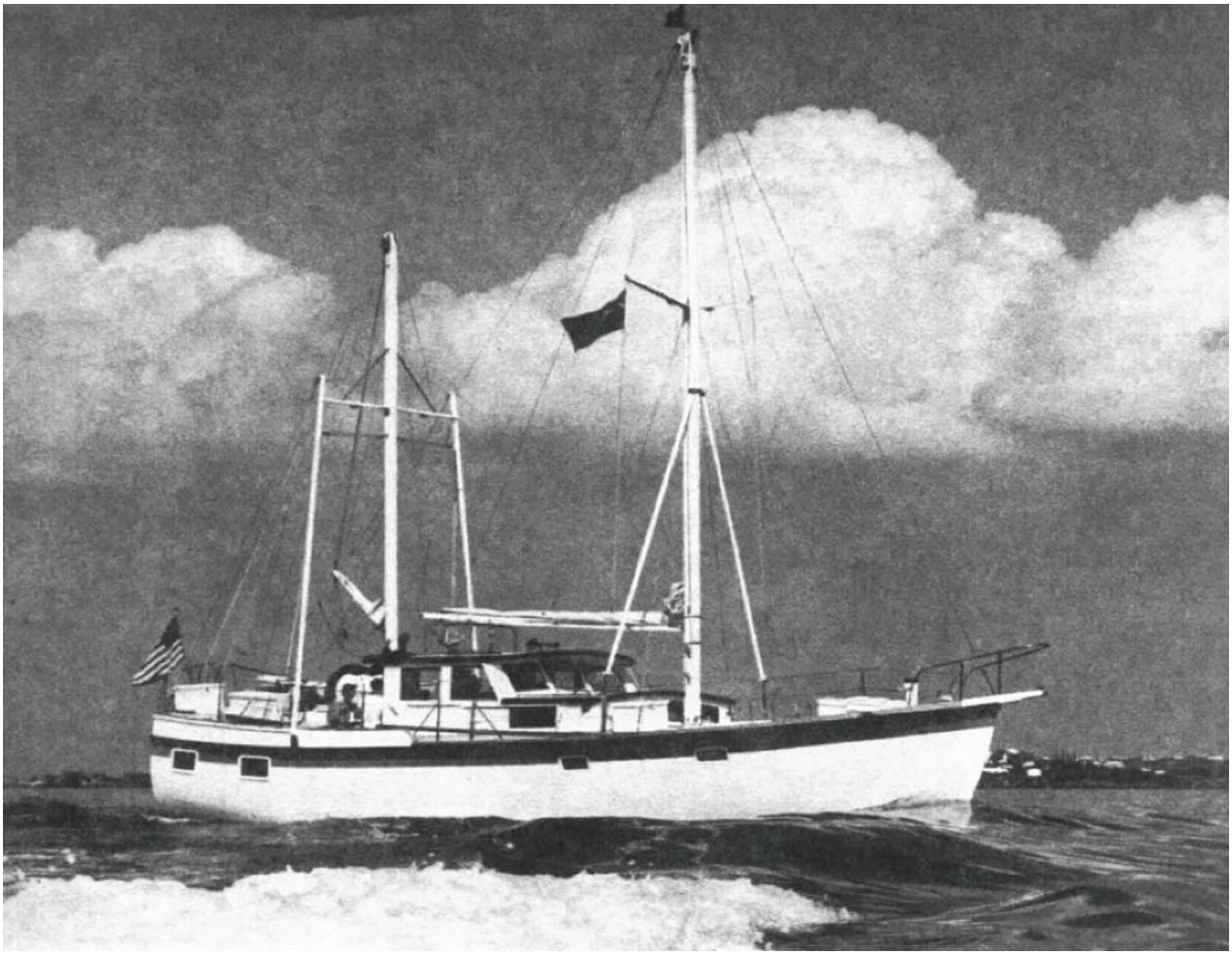


Foto 43 15-m-Langfahrtkreuzer „Passagemaker", Vom Eigner, Capt. Robert Beebe, entworfen und in weit-reichenden ozeanischen Langfahrten erprobt. Am Besanmast erkennt man die beiden aufgedirkten Bäume der zur Schlingerdämpfung dienenden so genannten "Flopper Stopper".
Foto: Robert Beebe

Foto 49 Ein 16-m-Motor-Rettungsboot der amerikanischen Küstenwache auf winterlicher Patrouillenfahrt an der Pazifikküste Oregon.
Foto: U.S. Coast Guard, Official



Sein Eigner und Kapitän, Marin-Marie, war bereits an Alleinfahrten auf See gewöhnt, als er diese Reise im Jahre 1936 unternahm. Drei Jahre vorher hatte er den Atlantik mit seiner Segelyacht WINNIBELLE allein überquert. Anhand dieser Erfahrungen vermied auch er die Ost-West-Überfahrt und schickte seine Yacht per Schiff von Frankreich, wo es gebaut worden war, nach New York, um die so genannte *gute* Überquerung allein auszuführen.

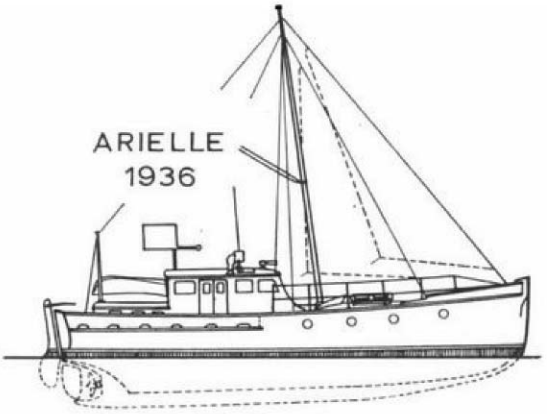


Abb. 95
„Arielle"

In die ARIELLE waren gleich zwei verschiedene Selbststeueranlagen eingebaut worden, nämlich eine Windsteueranlage, die in der Zeichnung erkennbar ist, und eine elektro-mechanische, vom Kompass orientierte Selbststeuerung. Diese funktionierte zu Beginn der Reise recht gut, doch fiel sie dann bald aus. Die Windsteuerung funktionierte einwandfrei, doch folgt das Boot dabei nicht dem vom Kompass her bestimmten Kurs, sondern hält einen einstellbaren Winkel zur Windrichtung ein. Die Windfläche wirkt auf ein angehängtes zweites Ruder, das in der Zeichnung ersichtlich ist. Die Reise von New York nach Ushant in Frankreich, eine Strecke von 3220 Seemeilen, wurde in 19 Tagen ausgeführt. Das ergibt den sehr guten Durchschnitt von 7 Knoten Fahrt.

ECKERÖ

Eine im Jahre 1939 in aller Stille ausgeführte Atlantiküberquerung verdient erwähnt zu werden, weil sie zeigt, was mit Seemannschaft und gutem Menschenverstand möglich ist.

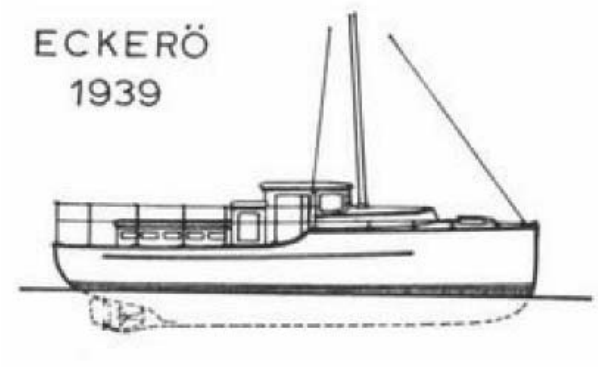


Abb. 96
„Eckerö"

Bereits die Abmessungen der ABIEL ABBOT Low und der DETROIT galten als sehr klein für die Dauer der Reise wie für die Brennstoffzuladung und Unterbringung der Besatzung. Die jetzt zu schildernde Überfahrt wurde mit einem Wochenend-Motorkreuzer von nur 9,50 m Länge und 3,00 m Breite ausgeführt. Es handelt sich um einen normalen, etwas hochbordigen Backdeckkreuzer, dessen Kanuheck sehr demjenigen der ABIEL ABBOT Low ähnelte. Der Eigner Uno Ekblöm hatte ihn vier Jahre vorher selbst entworfen und eigen-

händig erbaut. Zum Antrieb beschaffte er sich einen gebrauchten *Ellwe*-Dieselmotor von 10 PS Leistung. Außerdem wurde eine kleine Hilfsbesegelung, bestehend aus Gaffel-Großsegel und Fock, aufgesetzt.
Heute kann man sich kaum vorstellen, dass eine solche seemännische Leistung nicht bekannt wurde. Hätte nicht Humphrey Barton von ihr gehört, und wäre er nicht ihren Einzelheiten nachgespürt, so wäre sie völlig in Vergessenheit geraten. So aber kann man einen kurzen Auszug in Bartons Buch *Atlantik Adventures* darüber nachlesen. Dies alles ist umso erstaunlicher, als die Reise gegen die vorherrschenden Winde ging, nämlich von Osten nach Westen.
Kurz vor der Abfahrt der ECKERÖ wurde der inzwischen 10 Jahre alt gewordene kleine Dieselmotor vom Werk überholt, und am 3. Mai 1939 verließ Ekblöm gemeinsam mit zwei schwedischen Freunden seinen Heimathafen auf den Alandinseln. Mit seiner schwachen Maschine machte das Boot nur 6 Knoten Fahrt, doch schon am 28. Mai langten sie in Rotterdam an, nach zwei Zwischenstationen in Kopenhagen und Göteborg. Auf der Nordsee trafen sie das schlechteste Wetter der ganzen Reise an.
Über Dover und Southampton ging es nach dem englischen Hafen Falmouth, wo sie bereits am 9. Juni zur großen Atlantikfahrt starteten. Ihr kleines Maschinchen lief mit vorbildlicher Regelmäßigkeit, und am 13. Juli liefen sie glücklich in den Hafen von New York ein, nachdem sie folgende Etappen zurückgelegt hatten:

1. Falmouth (England) nach Fayal (Azoren)	$9^{1/2}$ Tage	1260 Sm
2. Fayal (Azoren) nach Bermuda (St. George)	16 Tage	1 800 Sm
3. Bermuda (St. George) nach New York	$5^{1/2}$ Tage	665 Sm
	31 Tage	3 725 Sm

Daraus ergibt sich eine durchschnittliche Fahrt von 5 Knoten, Gegenwind, viel Zuladung, Wetterverhältnisse, alles mit eingerechnet.
Humphrey Barton, der selbst in kleiner Segelyacht den Atlantik von Falmouth nach New York überquert hatte, schreibt dazu folgende abschließende Worte:
„Ich halte diese für die hervorragendste Hochseefahrt, die jemals mit einem kleinen Motorkreuzer ausgeführt wurde. Alle Ehre gebührt Uno Ekblöm und seinen beiden Begleitern für ihre Seemannschaft und Ausdauer. Doch auch der kleine Dieselmotor darf nicht vergessen werden, lief er doch mit der Regelmäßigkeit eines Uhrwerks.

Ozeanische Langfahrt unter Motor

Die soeben geschilderten frühen ozeanischen Langfahrten unter Motor wurden nie so bekannt wie ähnliche Reisen kleiner Segelyachten. Zahlreiche Bücher wurden über Weltumsegelung und abenteuerliche Fahrten kleiner Segelyachten geschrieben. So wurde ein weitverbreiteter Irrtum genährt, nämlich, dass nur Segelyachten wirklich große Entfernungen zurücklegen können.

Außer dem bekannten Argument, freie Windkraft gegen Brennstoff, wird auch auf den gewiss nicht von der Hand zu weisenden Maßstabs-Effekt hingewiesen. Wenn ein Frachtschiff von 150 m Länge oder ein Fahrgastschiff von 300 m Länge große Distanzen über See zurücklegen kann, so ergibt sich der Fahrtbereich eines 15-m-Motorkreuzers zu einem Zehntel bzw. einem Zwanzigstel dieser Distanzen. Kann ein Frachter von 150 m Länge ohne weiteres eine Entfernung von 5000 Meilen über See zurücklegen, so kommt ein 15 m langer Motorkreuzer eben nur auf 500 Seemeilen, weil es die Maßstabsverhältnisse so bedingen.
Ehe die erstaunlichen Möglichkeiten der Seefahrt mit kleinen Motorkreuzern begründet werden, soll ein kurzer Überblick über die auf See zu erwartenden Verhältnisse sowie der passenden Kreuzgeschwindigkeiten gegeben werden.
Der kleine Motorkreuzer ist in der Wahl seiner Fahrten an solche Strecken gebunden, die ihm erlauben, seinen Brennstoffvorrat am Ende derselben wieder zu ergänzen. Gerade auf diesem Gebiet hat sich im letzten Jahrzehnt vieles geändert. Wurde berufliche Fischerei früher mit Segelfahrzeugen ausgeübt, so trat längst der Dieselmotor an die Stelle der Segel, weil er zuverlässiger ist als der Wind. Außerdem ist das Fischen unter Motor einfacher und einbringlicher als unter Segel. Daher erhält man heute Dieseltreiböl fast überall auf der Welt, sogar auf verhältnismäßig abseits gelegenen Inseln des Pazifiks. Gerade bei der Bearbeitung dieser Zeilen schilderte uns ein Weltumsegler seine Erfahrungen auf diesem Gebiet. Er war von Hamburg durch den Panamakanal in das Gebiet der pazifischen Inselwelt gesegelt und lief dabei zunächst die Galapagosinseln an. Die einmalige Lage dieser Inseln sowie ihre erstaunliche fossilhafte Tierwelt lockt wohl jeden Segler, dort Station zu machen, insbesondere, da sie nach Verlassen des Panamakanals das gegebene nächste Ziel darstellen. Man hatte ihm jedoch vorher geraten, sich ja reichlich mit Wasser und Lebensmitteln zu versorgen und sparsam mit dem Brennstoff des Hilfsmotors umzugehen, denn auf den Galapagos-Inseln gäbe es *überhaupt nichts*! Dazu erklärte er: Wirklich knapp ist dort nur das Wasser, denn es muss bei Regenfällen gesammelt werden. Aber ansonsten gab es alles, jawohl, alles! Nicht nur Lebensmittel, sondern auch Brennstoff für meinen Diesel, fügte er hinzu, wenn auch etwas teuerer als in den Verkehrs-zentren. Von den Galapagos-Inseln zur nächsten Tankmöglichkeit auf den Marquesas sind es 3000 Seemeilen; das ist die gleiche Distanz, die auch für eine direkte Überquerung des Nordatlantiks zu rechnen ist. Diese 3000 Seemeilen werden deshalb den Überlegungen zur ozeanischen Langfahrt unter Motor zugrunde gelegt.
Eigenartigerweise fanden die verschiedenen frühzeitlichen Atlantiküberquerungen unter Motor nur wenige Nachfolger in neuerer Zeit. Sie bewiesen die Ausführbarkeit zu einer Zeit, da man den Motoren kaum Vertrauen schenkte, da die Bootskörper trotz solider Bauweise ziemlich ungeeignet waren und es ferner an vielen Hilfsmitteln mangelte, von umlaufender Seereling bis zur Radiotelefonie, ohne die heute keine Langfahrt ausgeführt werden würde. Selbst die Versorgung mit gesunden Lebensmitteln ist inzwischen einfacher geworden.
Damit wurde die Frage nach der Seetüchtigkeit von Motorkreuzern bereits zum Teil be-antwortet, doch nur zum Teil. Noch immer glaubt der Segler, dass allein der große Tiefgang seiner Yacht, ferner der Ballast von 30 bis 40 Prozent des Gesamtgewichts eine Garantie für eine Seefähigkeit darstellen, die ein Motorkreuzer niemals erreichen könne. Wer hingegen mit Motorkreuzern wirkliche Seefahrt betrieben hat und dazu über ein wohlproportioniertes und gut ausgerüstetes Boot verfügte, kommt von selbst zu einer

ganz anderen Meinung. Beobachtet man in dem mehrfach erwähnten Seehafen Punta del Este die einlaufenden Yachten, so kommen die Segler ermüdet und oft vollkommen durchnässt und hungrig an. Als sportliche Leistung sei dies durchaus anerkannt. Die Besatzung der Motorkreuzer dagegen erscheint ausgeruht, trocken und wohlgenährt. Es sei hervorgehoben und betont, dass ein für ozeanische Langfahrt erbauter Motorkreuzer der Seetüchtigkeit einer für den gleichen Zweck erbauten Segelyacht in nichts nachsteht, ja sie sogar *übertrifft!*

Zugegeben, nur wenige der auf bequeme Einrichtung und flotte Fahrt erbauten Motorkreuzer besitzen eine so weitgehende Seetüchtigkeit. In Händen einer erfahrenen und mit der See vertrauten Mannschaft können auch diese Boote eine erstaunliche Belastung durch schlechtes Wetter auf See vertragen. Dass es besonders unter den älteren Motorkreuzern auch einige wahre *Seelenverkäufer* gibt, braucht nicht besonders unterstrichen zu werden.

Die Bedeutung der Newport-Bermuda-Rennen für Segelyachten ist auch den meisten Motorkreuzerleuten bekannt. Seit dem ersten Rennen des Jahres 1906 wurden bis heute 26 solcher Rennen über 653 Seemeilen offener Seestrecke abgehalten, wozu auch noch die bedeutende Störung durch den Golfstrom zu rechnen ist. Das erste Segelyacht-Bermuda-Rennen wurde übrigens von demselben Thomas Day mit der 11,60 m langen Yacht TAMERLANE gewonnen, der sechs Jahre später den Atlantik mit dem kleinen Motorkreuzer DETROIT überquerte.

Die vor dem Ersten Weltkrieg abgehaltenen Hochseerennen für Motorkreuzer zielten nicht auf Geschwindigkeit, sondern auf Zuverlässigkeit und Seeverhalten. Das erste dieser Rennen fand im Jahre 1907 statt und führte über 665 Seemeilen von New York ebenfalls nach den Bermuda-Inseln. Die Organisation lag in Händen des Motor Boat Club of America, der genaue Vorschriften für Boote und Ausrüstung erlassen hatte und keinen Leichtsinn erlaubte. Jedes Boot musste sich vor dem Rennen dem Regattaausschuss zur Untersuchung stellen, der die *solide Bauweise und seemännische Ausrüstung* prüfte.

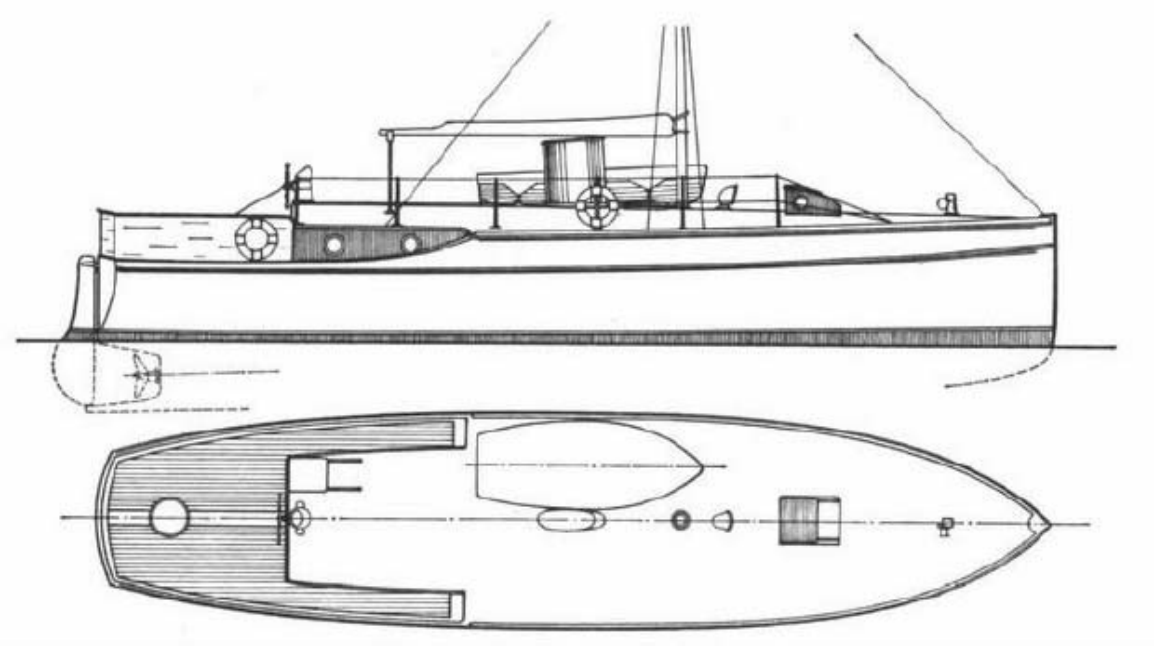


Abb. 97 Seekreuzer "Dream". Gewinner der Hochsee-Motorkreuzerrennen zu den Bermuda-Inseln 1912 und 1913. Das solide, in Holz erbaute Boot war 12,20 m lang, 2,75 m breit und wurde von einem Zwei-Zylinder-Benzinmotor von 16 PS Leistung bei nur 430 U/min angetrieben. Während des Rennens 1912 gerieten die Boote in einen Sturm und lagen stundenlang vor Seeanker. Für die 665 Meilen Hochseefahrt benötigten die Boote drei bis vier Tage.

Die Bermuda-Motorkreuzerrennen wurden Jahr für Jahr, außer 1911, wiederholt. Das kleinste Boot, Sieger der Jahre 1912 und 1913, war nur 12,20 m lang, 2,75 m breit und wurde von einem 16-PS-Benzinmotor angetrieben. Ein so kleines Boot mit derartig geringer Motorleistung konnte nur gewinnen, weil die gefahrenen Zeiten durch Vergütungen korrigiert wurden, die sich aus der Anwendung einer Handikap-Formel ergaben. Zieht man einen Querschnitt durch die Abmessungen der damals für besonders seetüchtig gehaltenen Motorkreuzer, so gelangt man zu folgenden durchschnittlichen Abmessungen: mittlere Länge = 15 m, mittlere Breite = 3,10 m, mittlere Antriebsleistung = 35-PS-Benzinmotor.
Bis zur Mitte der zwanziger Jahre galten auch in Deutschland Klassenvorschriften für seefähige Motorkreuzer, die inzwischen wieder in Vergessenheit geraten sind. Unter der Bezeichnung *Haffklasse* wurden Motorkreuzer von 12,00 bis 12,50 m Länge erfasst, deren Breite nur 2,35 m zu betragen brauchte. Als Antrieb rechnete man mit einem Benzinmotor von 30 PS Leistung bei 800 U/min.
Für größere Seekreuzer gab es die *Ostseeklasse*, bei der eine Länge von 17,00 bis 17,50 m und eine Mindestbreite von 3,00 m vorgeschrieben war. Selbst für diese großen Boote wurde der Antrieb durch einen Benzinmotor von nur 50 PS Leistung bei 700 U/min als angemessen betrachtet.
Derartige schmale *Motorkreuzer* kann man sich heute überhaupt nicht mehr vorstellen, am wenigsten für Küstenfahrt mit 2,35 m Breite und für Seefahrt mit 3,00 m Breite bei 17 m Länge. Es sei jedoch betont, dass die Boote damals im Ganzen sehr niedrig gebaut waren, die Stabilität also ausreichte. In den vorgeschlagenen Antriebsleistungen steckt jedoch ein gesundes Prinzip für wirtschaftliche Langfahrt und große Reichweite, nämlich langsam laufende Motoren von geringer Leistung.
Man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, dass die mit phantasievoller Übertreibung geschriebenen Berichte des Einhandseglers Alain Gerbault keineswegs geeignet waren, die Liebe zur Seefahrt zu wecken. Ihm geschah jedes Missgeschick, nicht weil er Angst vor der See gehabt hätte, sondern weil ihm seemännisches Gefühl und Verständnis fehlten. Gerade zwischen seiner ersten Atlantikfahrt von 1923 und seiner letzten zu Beginn des Zweiten Weltkrieges ist ein Mangel an Begeisterung für Hochseefahrten mit Yachten zu beobachten, und zwar ebenso unter Segel wie unter Motor.
Im Jahre 1967 wurde ein Unternehmen vorbereitet, den Atlantik in hoher Fahrt mit zwei schnellaufenden starken Dieselmotoren zu kreuzen. Es sollte eine Luxusfahrt werden mit allem Komfort, feinsten Speisen und eisgekühlten Getränken für eine Besatzung von 6 Mann. Zu diesem Zweck wurde ein moderner und bewährter Typ von 11-m-Motorkreuzer mit zwei leichten Dieselmotoren von insgesamt 440 PS Leistung ausgerüstet. Mit 3,60 m Breite und geringem Tiefgang war das Boot zwar für flotte Fahrt geeignet, nicht aber für die gewaltige Zuladung. Allein an Brennstoff wurde für die längste Strecke mit einem Vorrat von 7000 Litern gerechnet, nämlich von St. Johns auf Neufundland nach Santa Cruz auf den Azoren, eine Distanz von 1250 Seemeilen.
Jede denkbare nautische Ausrüstung wurde in die BIMINI eingebaut, Radiotelefonie, Selbststeueranlage, automatischer Kursanzeiger, Loran und sogar Radar. Der Eigner, sehr erfahren und erfolgreich auf so genannten Regelmäßigkeits-Wettfahrten, rechnete damit, die 1250 Seemeilen Atlantikstrecke in 5 Tagen zu absolvieren, und zwar mit einer Fahrt von 10,4 Knoten. Für das Boot ergab sich daraus ein Geschwindigkeitsgrad von R = 6, das ist ganz wenig jenseits des größten Widerstandsbuckels. Dabei müßte das überladene

Boot eine mächtige Heckwelle hinter sich herschleppen, wenn es überhaupt friedliches Wetter angetroffen hätte, um in seiner unglücklichen Trimmlage durchzuhalten. Wie zu erwarten, lag das Boot bei der Abfahrt von Chicago etwa 20 cm zu tief im Wasser, obwohl nur ein Teil der Brennstoffmenge geladen war. Die Auspuffrohre befanden sich 15 cm unter der Schwimmwasserlinie!



Abb. 98 Motorkreuzer „Bimini" von 11,00 m Länge und 3,60 m Breite. Ursprünglich von Chris Craft als solides 36-Fuß-Sea-Skiff klinker erbaut, wurde das Boot für die geplante Atlantiküberquerung mit zwei überstarken Diesel-motoren ausgestattet und mit sehr viel Ausrüstung für 6 Personen überladen.

Es kam nicht bis zur Erprobung auf See! Schon nach wenigen Stunden Fahrt und nur 70 Seemeilen von Chicago entfernt geriet das Boot nachts auf dem Michigansee in Brand. Vollgestopft mit Ausrüstung, wie es war, konnte man nicht einmal den Brandherd mit Feuerlöschern erreichen. Die von zu Hilfe eilenden Booten gerettete Besatzung starrte mit entsetzten Augen ins Feuer, das rasch ihre Hoffnungen auffraß, bis die Reste des Schiffes in die Tiefe des großen Binnensees versanken. In 50 Tagen hätten sie in Griechenland ankommen wollen .. .
Ozeanische Langfahrt kann man nicht im Eiltempo betreiben, nicht im überladenen Boot und nicht überbesetzt an Personen. Von der technischen Seite betrachtet, war das ganze Unternehmen absurd, seemännisch gesehen aber ein Leichtsinn.

Langfahrtgeschwindigkeit auf See

Schnelle Fahrt auf See gleicht einem Ungeheuer, das unaufhörlich Brennstoff vergeudet. Bei beschränktem Tankvorrat gilt nur eine Regel: Man gelangt umso weiter, je langsamer man fährt. Deshalb soll jetzt untersucht werden, welche Geschwindigkeiten auf See wirtschaftlich sind und inwiefern diese über große Distanzen durchgehalten werden können. Bereits am vorher geschilderten Beispiel war zu sehen, dass Geschwindigkeit teuer ist und einen übergroßen Vorrat an Brennstoff erfordert. Das Schiff wird überladen, Fahrteigenschaften und Seefähigkeit werden geschädigt, doch sind dies alles Nachteile, die durch eine etwas längere Reisedauer ausgeschaltet werden können.
Ein Vergleich mit ozeanischen Langfahrten unter Segel drängt sich geradezu auf. Zahlreiche Fahrtenberichte stehen zu diesem Thema zur Verfügung, angefangen von sehr klei-

nen Segelyachten bis zu den berühmten schnellen Klippern, den Windhunden der Meere und schnellsten Schiffen vor dem Auftreten der Dampfkraft.
Beim Segeln auf See spricht man nicht gern von Fahrtgeschwindigkeit, sondern vom Etmal. Das ist die Strecke, die in 24 Stunden zurückgelegt wird, und zwar gewöhnlich von 12 Uhr mittags bis zum nächsten Tag 12 Uhr mittags. Dass man Entfernungen nicht in Kilo-metern und Geschwindigkeiten nicht in km/h rechnen kann, ist durch die Geometrie der Erdkugel bedingt. jeder Grad hat 60 Bogenminuten, und eine Bogenminute entlang eines Längengrades gemessen hat die Länge einer Seemeile von 1852 Metern. Durch die an sich sehr praktische Darstellung der Seekarten im Mercatorsystem wechselt der Maßstab beständig. Deshalb wird die Strecke der Seemeile stets am seitlichen Rande abgegriffen, wo ein Längengrad gleich 60 Seemeilen ist.
Kleine Hochseekreuzeryachten segeln bei schönem Wetter Etmale von 100 Seemeilen, bei günstigen Winden 120 bis 130 Seemeilen und erreichen ausnahmsweise auch einmal 150 oder 160 Seemeilen in 24 Stunden. Sie Francis Chichester umsegelte die Welt mit seiner 16 m langen GIPSY MOTH IV im Alleinrennen *gegen die Uhr* und erreichte einen Gesamtdurchschnitt von 131 Seemeilen je Etmal. Einmal gelang ihm ein hervorragender 8-Tage-Durchschnitt von 177 Seemeilen.
Aber auch schnelle Klipper erreichten keine höheren Geschwindigkeiten, obwohl die Mehrzahl derselben mit WL-Längen von 50 bis 60 m gebaut wurden, gegen 8 bis 12 m WL- Länge der soeben erwähnten Segelyachten. Die Etmale der Klipper ergeben Durchschnitte zwischen 110 und 140 Seemeilen. Die berühmte CUTTY SARK umkreiste einmal die halbe Welt von England nach Australien mit dem unübertroffenen Durchschnitt von 191 Seemeilen und kam auf der Rückfahrt nach England noch immer auf 176 Seemeilen. Das durchschnittliche Etmal von 16 Getreideklippern des Jahres 1927 für die ganze Strecke Australien-England kam aber nur auf 112 Seemeilen. Diese Beobachtungen in einer Tabelle zusammengefasst, sollen als Beitrag für die Planung von Langfahrten auf See dienen:

Unter Segel	Etmal	Geschwindigkeiten	
	Seemeilen	Knoten	Km/h
kleine Hochseeyachten, Durchschnitt	100	4,2	7,7
kleine Hochseeyachten, günstige Winde	130	5,4	10,0
kleine Hochseeyachten, ausnahmsweise	160	6,7	12,4
günstigste, GIPSY MOTH IV	177	7,4	13,7
Getreideklipper, Durchschnitt	112	4,7	8,7
beste Reise Curry SARK, nördlich	176	7,0	13,0
beste Reise CUTTY SARK, südlich	191	8,0	14,8

Gut geführte kleine Segelyachten haben in großer Zahl die Welt umsegelt. Für eine sowohl sportliche wie auch inhaltsreiche Reise wird gewöhnlich ein Zeitraum von 3 Jahren angesetzt und eingehalten. Die Durchschnittsfahrt auf See kommt noch nicht einmal auf 4 Knoten, und trotzdem werden innerhalb der genannten 3 Jahre zwischen 50 und 150 Häfen und Inseln angelaufen.
Kleine Motorkreuzer auf ozeanischer Langfahrt können etwas schneller sein, weil sie nicht von Flauten und nur wenig von Gegenwinden gestört werden. Warum aber sollten sie viel schneller sein?

Vorbereitungen zu ozeanischer Langfahrt

Fünfhundert Jahre lang hat sich der Verkehr über die Weltmeere nur mit Segelschiffen abgespielt. In diesen Zeitraum fällt die Entdeckung neuer Kontinente, die Vervollständigung der Erd- und Seekarten, der Ausbau der astronomischen Navigation, aber auch die Verfeinerung im Bau der Schiffe von den völligen plumpen Formen der Karavellen zu den schlanken Linien der Klipper und schließlich der modernen Segelyachten. Kein Wunder, dass alle Seefahrtbücher und Kartenhinweise für Segelschiffe darauf ausgerichtet sind, gute Fahrt mit günstigen Winden zu erzielen. Bevorzugt werden die beständigen Luftströmungen, die Passatwinde, die Monsune; Zonen und Jahreszeiten der Stürme oder der Windstille dagegen werden vermieden.

Man lese nach, was Peter Freuchen in seinem interessanten *Buch der Sieben Meere* dazu berichtet. „Die äquatorialen Kalmen waren für die Männer der alten Segler eine tödliche Gefahr, schlimmer als Stürme und Untiefen. Die letzteren bedeuteten vielleicht den Seemannstod, aber in den Kalmen konnte man buchstäblich bei lebendigem Leibe verfaulen. Lag man unter der heißen Sonne für Tage, ja manchmal Wochen, ohne auch nur die schwächste Brise, so steigerten sich die Qualen des Durstes bis zum Wahnsinn. Die ersten Opfer an Bord der spanischen Karavellen waren die Pferde, die man, wenn sie starben, zu großer Trauer der Caballeros über Bord werfen musste. Als Zeuge der traurigen Geschehnisse blieb ihnen der Name *Rossbreiten* bis auf den heutigen Tag.“

Wie anders verläuft die Seefahrt im seefähigen kleinen Motorkreuzer. Gerade die weiten Kalmenzonen der Weltmeere sind sein natürlicher Lebensraum. Während die Windstille von den Seglern um jeden Preis vermieden wird, bietet sie dem Motorbootsmann eine genussreiche Fahrt.

Der amerikanische Captain Robert Beebe hat über seine ozeanischen Langfahrten mit dem Motorkreuzer PASSAGEMAKER mehrfach berichtet und damit den Anstoß gegeben, dass überall reges Interesse an Langfahrten über große Seestrecken unter Motor geweckt wurde. Sein Motorkreuzer war 15,25 m lang und hatte dazu eine Breite von 4,58 in. Im Kapitel über »Neue Methoden der Schlingerdämpfung« finden sich weitere Einzelheiten darüber. Als dieses Thema schon niedergeschrieben war, erhielten wir von Captain Beebe einige wertvolle Hinweise: „Mit dem Motorkreuzer sind Kalmenzonen ein wahres Vergnügen für die ganze Besatzung. Wir kreuzten den Indischen Ozean zur Zeit des Monsun-Wechsels und genossen an 6 Tagen von insgesamt 14 nahezu Windstille, und auch an den restlichen Tagen herrschte nur eine leichte Brise. Auf der letzten Fahrt nach Bermuda herrschten während drei von den vier Tagen Wind-stille. Von dort nach Horta, Azoren, zwischen Windstille und leichten Winden, und gerade noch am letzten Tage brach ein leichter Nordwest durch, so dass wir vorzogen, unser Schlingerdämpfungsrigg auszubringen.

Südlich vom 6. nördlichen Breitengrad kann man den Atlantik zu jeder Jahreszeit mit leichten Winden und frei von Stürmen überqueren. Das Azoren-Hoch, die subtropischen und äquatorialen Kalmengürtel, Rossbreiten und Doldrums schweben mir vor, ebenso das Pazifische Hochdruckgebiet. Es gibt eine vorzügliche Route von Singapore nach Californien, die über Rabaul und die Canton-Insel führt. Dort kann man ganz sicher mit Kalmen und leichten achterlichen Winden rechnen, begünstigt von mitlaufender Strömung. Dieses Thema müsste weiter entwickelt werden."

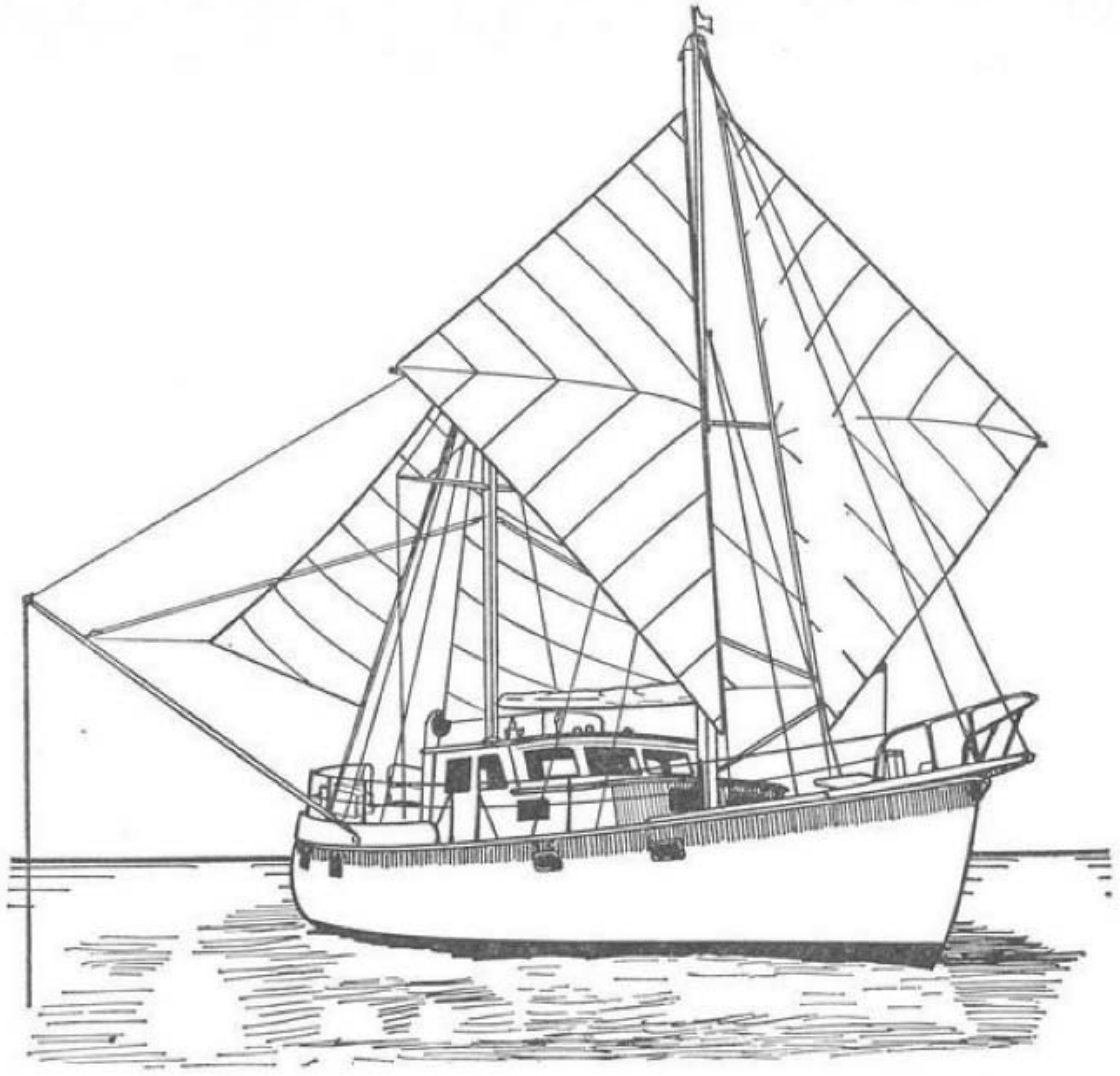


Abb. 99 „Passagemaker". Ein bewährter ozeanischer Langfahrtkreuzer von 15,25 m Länge und 4,58 m Breite. Er ist hier dargestellt unter so genannten Passatsegeln, die bei Langfahrt mit achterlichen Winden gesetzt werden. Zum motorischen Antrieb dient ein Ford-Dieselmotor von 96 PS Leistung.

Zur Durchführung ausgedehnter Fahrten über See gehört eine Portion von Mut und Selbstvertrauen. Nicht minder wichtig ist die umsichtige Planung, die Vorbereitung von Schiff und Ausrüstung, das Studium von Seekarten und Jahreszeiten. Nichts darf dem Zufall überlassen bleiben, auch schlechtem Wetter und mechanischen Schäden muss man gewachsen sein.
Einst wurden wir von einem amerikanischen Freund eingeladen, eine Fahrt mit seinem kleinen Motorkreuzer von Los Angeles zu dem nicht allzu weit entfernten Catalina-Island mitzumachen. Als der Motor auf halber Strecke zu stottern begann und wir fanden, dass an Bord das gleiche Motorenmodell eingebaut war, wie wir es von unserem eigenen Motorkreuzer her genau kannten, baten wir nur um eine Zange und einen Schraubenzieher. »Sorry, kein Werkzeug an Bord«, war seine Antwort und fügte hinzu: »Statt dessen habe ich ja Radiotelefon und kann jederzeit einen Notruf senden." Allerdings ließ er sich nachher doch überreden, auf der Insel wenigstens einen Mindestsatz von Werkzeug zu erwerben. Ob er es auch anwenden konnte, ist allerdings fraglich.
Man braucht heute nicht so weit zu gehen, wie es Marin- Marie tat, der Eigner der Dieselyacht ARIELLE, der den Atlantik im Jahre 1936 unter Motor im Alleingang überquerte. Er verbrachte eine ganze Woche in der Motorenfabrik, wo ein Werkmeister ihm sämtliche denkbaren Reparaturen erklärte, sogar das Auswechseln eines ganzen Zylinders. Diesel-

motoren hatten damals vielfach noch einzeln stehende Zylinder. Ist man gewandt im Umgang mit Werkzeug und Motoren, so genügt es, sich mit der Betriebsanleitung vertraut zu machen, und man wird fast alle vorkommenden Schadensfälle beheben können. Triebwerkschäden wie Bruch der Kurbelwelle, einer Pleuelstange oder eines Kolbens kommen bei vernünftig behandelten Motoren überhaupt nicht vor. Für das betriebliche Zubehör muss ein vollständiger Satz von Reserveteilen mitgeführt werden, ferner der Mann, der versteht, es auszuwechseln. Und das sollte am besten der Eigner und Kapitän selber sein!
Nicht minder wichtig ist eine lückenlose Seemannschaft. Dazu sind Kurse an einer der vielen Segelschulen ein guter Anfang, aber nichts weiter als das, ein guter Anfang. Wie sagt doch Thomas Fleming Day, Kapitän des 10,65-m-Motorkreuzers DETROIT, während der frühen Atlantiküberquerung: „Männer, die auf Motorbooten groß wurden, sind im Falle wirklicher Gefahr nicht zu gebrauchen. Zwar können sie steuern, doch fehlen ihnen die Grundbegriffe der Seemannschaft. Man kann sich nicht einmal auf sie verlassen, wenn ein Festmacher belegt oder ein Anker an Trosse oder Kette angeschlagen werden soll." Erfahrung und Sicherheit gewinnt man nur in langjähriger Ausübung, was nichts mit Alter zu tun hat. Wer schon in der Kindheit mit der See vertraut wurde, als Jüngling die Ziele nach und nach immer weiter steckte, wird als junger Mann einen großen Schatz an Seemannschaft sein eigen nennen. Nicht Alter und Weisheit sind maßgebend, sondern ein methodisches Eindringen in die Geheimnisse der See, was man zweifellos am besten beim Segeln erreicht. Captain Day übertreibt wohl ein wenig mit der nun folgenden Aussage, aber sie wurde ihm durch seine Erfahrungen während der Atlantikfahrt ins Gewissen gelegt: „Die einzigen brauchbaren Seeleute stammen von Segelyachten, besonders wenn sie dort für Hochseerennen trainiert wurden." Geschrieben im Jahre 1912, steckt auch heute noch ein gut Teil von Aktualität darin.

Neun Gebote für ozeanische Langfahrt

1. Jedem Mann an Bord seine eigene ständige Koje sowie ausreichenden Schrankraum.
2. Eine Selbststeueranlage ist von so großem Nutzen, dass man ohne diese keine Langfahrt über See betreiben sollte.
3. Zwei voneinander unabhängige Bootsantriebe sollten vorhanden sein, z. B. Dieselmotor und Hilfsbesegelung.
4. Keine hohe Geschwindigkeit anstreben! Die natürliche Fahrt liegt im Bereich des G-eschwindigkeitsgrades R = 4.
5. Große Reichweite und Reservebrennstoff vorsehen, um unvermuteten Verzögerungen gewachsen zu sein.
6. Eine sehr vollständige seemännische Ausrüstung mitführen, ferner reichlich Werkzeug und Reserveteile.
7. Irgendeine Art von Schlingerdämpfung wird empfohlen, um das Rollen soviel wie möglich herabzusetzen.
8. Eine gute Isolierung gegen Motorengeräusch und Schwitzwasser ist sehr wichtig für das Wohlbefinden auf langer Fahrt.
9. Der Kapitän ist allein verantwortlich! Er muss Seefahrt und Seemannschaft beherrschen, aber auch Schäden am Boot und an mechanischen Anlagen beheben können. Die Mannschaft wird stets behilflich sein und gewöhnlich das Kochen übernehmen.

Ozeanischer Langfahrtkreuzer BORA BORA

Für den so genannten *billigen Motorkreuzer* besteht auf See noch weniger Raum als für die *billige Hochsee-Segelyacht.*
Ausnahmen mag es gelegentlich geben, besonders wenn man ein Auge für Fischkutter hat und dabei noch vom Glück begünstigt wird. Doch sei man vorsichtig, denn auch unter Berufsfahrzeugen gibt es mindere Qualitäten und versteckte Fehler.
Anhand des Entwurfs eines 11-m-Langfahrtkreuzers soll nachgewiesen werden:

1. dass in dieser Größe ausreichend Brennstoff für jede normale ozeanische Langfahrt mitgeführt werden kann,
2. dass sich darin für drei oder vier Personen eine praktische und bequeme Einrichtung schaffen lässt,
3. dass in ein Schiff dieser Größe ausgezeichnete See-Eigenschaften hineingebaut werden können und
4. dass es auch noch kleiner geht! Wenn . .., ja wenn man sorgfältig plant, rechnet und baut.

Selbstverständliche Voraussetzung sind guter Stabilitätsumfang mit dazugehörendem mäßigem Außenballast sowie tief im Schiffskörper konzentrierte Hauptgewichte, vor allem Motor und Brennstoffvorrat. Weiter gehören dazu gute Breite und reichlicher Tiefgang, wobei darauf zu achten ist, dass ein Boot dieser Art zur Bodenreinigung trockenfallen soll und leicht abgestützt werden kann. Dementsprechend müssen Ruderblatt und Schraube geschützt liegen, so dass sie nicht beschädigt werden, falls das Schiff unglücklicherweise einmal auf der Seite liegen sollte.
Ob der Steuerstand im Freien an Deck liegen soll oder im Inneren eines Deckshauses, ist eigentlich gar keine Frage. Wer jemals auf See im Freien gesteuert hat, wird nur im Notfall, also bei Sturm und heftigem Regen, zum gedeckten Steuerstand hinuntergehen. Deshalb besitzt der Entwurf BORA BORA zwei Steuerstände, die in jedem Moment gleichzeitig benutzbar sind. Bei der Inneneinrichtung wurde Wert darauf gelegt, sowohl beide Steuerstände wie auch Kartentisch und Schlafmöglichkeiten in den ruhigsten Bereich des Schiffes zu verlegen. Allerdings kann man nicht alles im letzten Drittel des Schiffes unterbringen. Die weit im Vorschiff angeordnete Koje soll nur ausnahmsweise benutzt werden; am besten verwendet man die Vorpiek nur zum Verstauen der umfangreichen Ausrüstung.

Baumaterial

Grundsätzlich eignet sich jedes der heute üblichen Baumaterialien für den Bootskörper eines solchen Schiffes.

Vollholz Dieses klassische Baumaterial bietet sich an erster Stelle an. Allerdings muss man dafür sorgen, dass der Bootskörper in tropischen Gebieten nicht für längere Zeit an Land steht. Das Holz würde austrocknen, und alle Nähte würden sich öffnen, so dass man große Mühe hat, das Boot wieder schwimmfähig zu machen.

Sperrholz Werden Bootsform und Verbände darauf abgestimmt, so kann man erstklassiges Bootsbausperrholz gut verwenden, ebenso die Schichtverleimung aus dünnem Vollholz. Voraussetzung ist größte Verlässlichkeit auf Handarbeit und Verleimung bei der Bauausführung.

Stahl Für solche Fahrten ist Stahl vielleicht am besten geeignet. Man muss nur einige Isolierung gegen das etwas stärkere Motorengeräusch vorsehen sowie eine weitgehende Isolierung gegen Schwitzwasserbildung, die sehr störend werden kann.

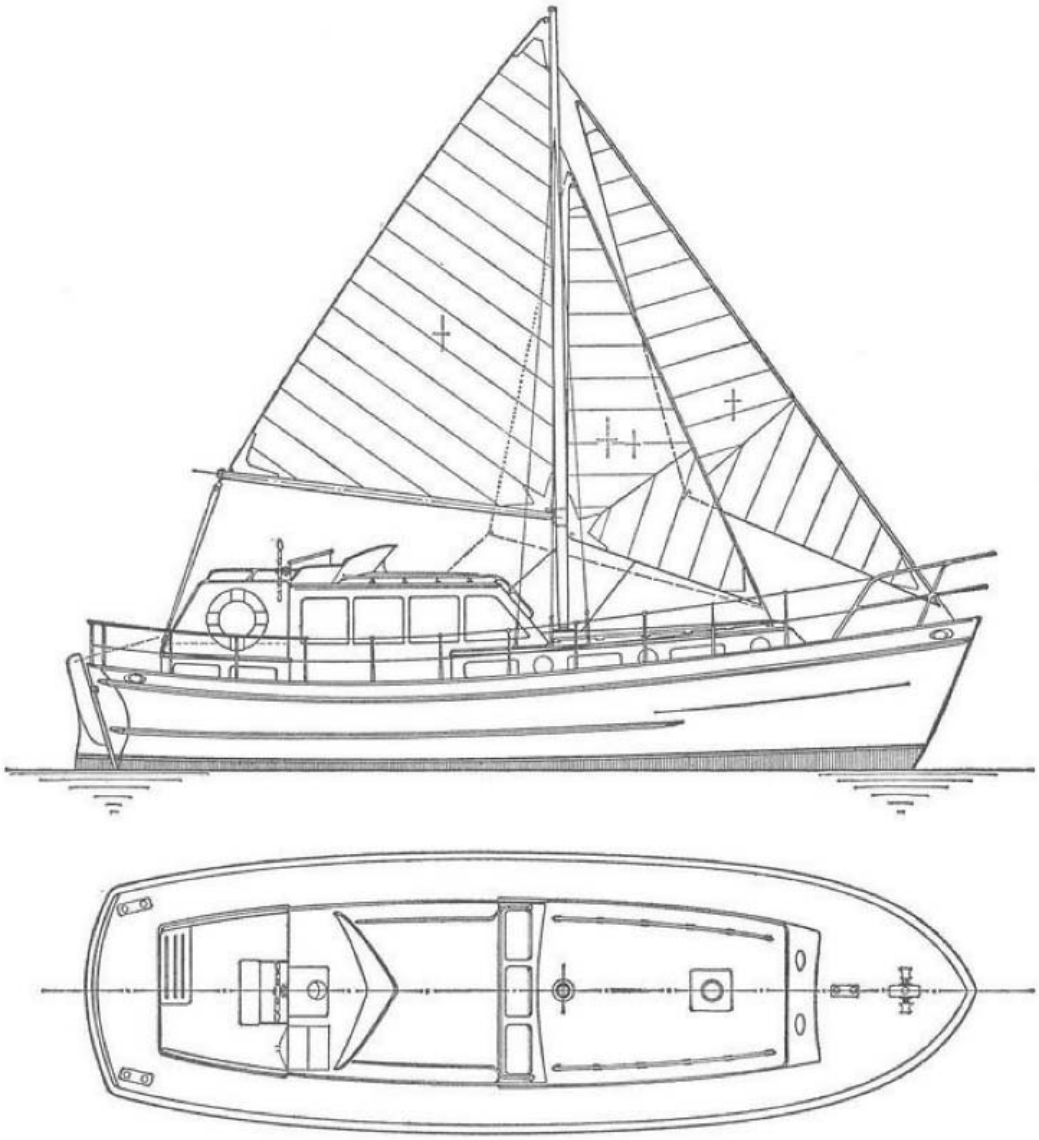


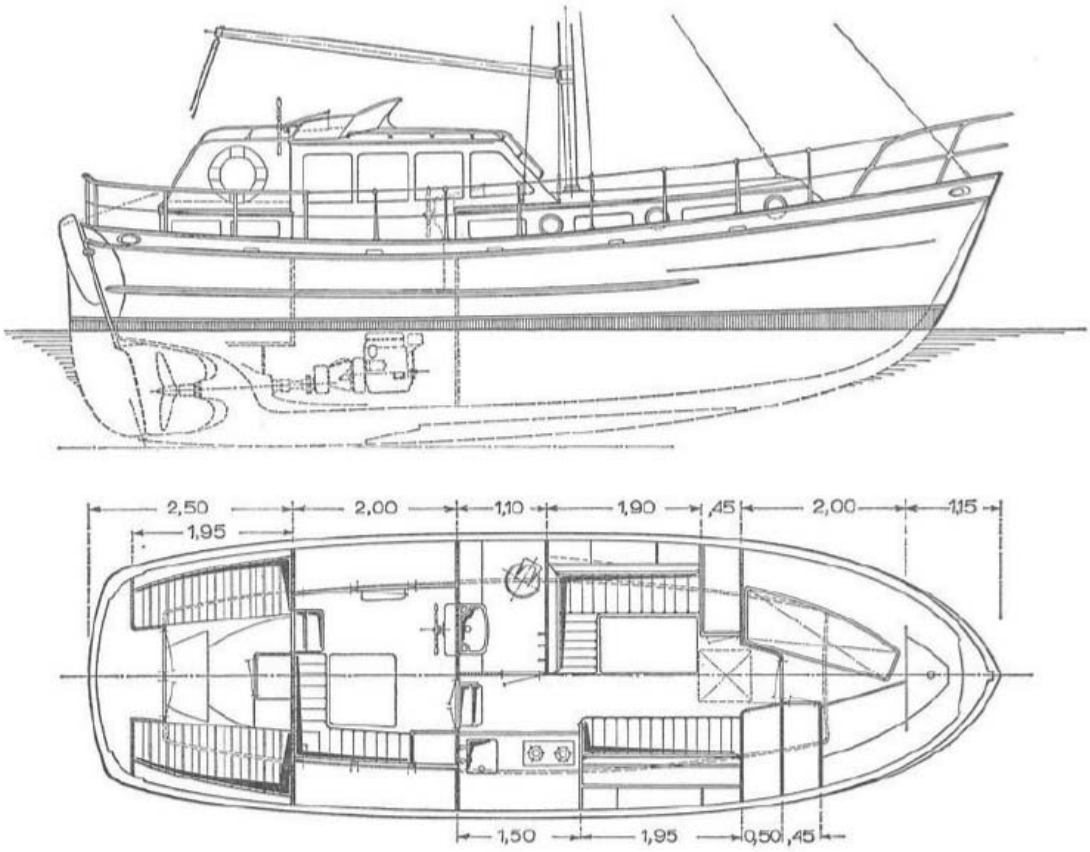
Abb. 100 „Bora Bora". Eire 11-m-Motorkreuzer für ozeanische Langfahrt. Segelriff und Decksansicht. Mit einem derartigen Boot und der zugehörigen Portion von Seemannschaft kann man die ganze Welt umkreisen. Unter Motor allein erreicht die „Bora Bora" einen Aktionsradius von 4000 Seemeilen. Trotz der wirksamen Besegelung ist sie aber wegen des großen Propellers nicht als Motorsegler zu bezeichnen.

Großsegel	*13,0* m^2	*Am-Wind-Fläche*	*25,5* m^2
Fock	*5,5* m^2	*Sturmfock allein*	*8,5* m^2
Klüver	*7,0* m^2	*Genuafock*	*19,0* m^2

Leichtmetall Ein gewichtiges Argument spricht gegen den Bau in Leichtmetall: die Korrosionsprobleme sind schwer vorauszusehen. Im übrigen gilt über Isolierung dasselbe, das zum Stahlbootskörper gesagt wurde.

Glasharz Glasharz eignet sich sehr gut für die Seefahrt, sofern man auf solide Baustärken achtet. Einzelbauten werden sehr teuer, so dass man einen verstärkten Standardbootskörper wählen wird.

Dünnwand-Stahlbeton Auch Ferro- Cement genannt, eignet sich ebenfalls sehr gut, wie an einer ständig wachsenden Zahl von Hochseesegelyachten bewiesen wurde. Hat keine Korrosionsprobleme.



Abb, 101 Seitenansicht und Inneneinrichtung der "Bora Bora". Auf Langfahrt soll die an sich, sehr bequeme Einrichtung nicht überbelegt werden; zwei bis drei Personen wäre vorbildlich, im Höchstfalle vier. Ein Schlechtwetter-Steuerstand befindet sich im geschützten Deckshaus, doch mit Vorliebe wird der achtern an Deck befindliche offene Steuerstand benutzt werden, Die wichtigsten Räume einschließlich Steuerstände, Küche und Achterkabine wurden in den ruhigsten Bereich des Bootes verlegt.

Länge ü, a	*11,10* m	*Tiefgang*	*1,45 m*
Länge WL	*9,95* m	*Seitenhöhe*	*1,80m*
Breite	*3,50* m	*Autonomie*	*4000 Seemeilen*
Verdrängung	*10,0* m		

Die Seitenansicht der BORA BORA könnte den Glauben erwecken, es handle sich um einen Motorsegler. Dem ist aber nicht so, denn die Segeleigenschaften sind deshalb begrenzt, weil ein sehr großer Schraubendurchmesser für wirtschaftliche Fahrt unumgänglich ist. Die hervorstehenden drei Schraubenflügel sind beim reinen Segeln sehr hinderlich. Sollte der Motor einmal gänzlich ausfallen, so kann man mit wenig Arbeit auch gutes Segeln erreichen, wie weiter unten erklärt wird. Die Segel dienen an erster Stelle als Stützbesegelung, um das Rollen des Schiffes zu dämpfen. Bei passendem Winde und mitlaufendem Motor aber tragen sie sehr gut zum Vortrieb bei. Sie leisten dann etwas mehr an Vorschub als durch Seegang und Bewuchs an zusätzlichem Fahrtwiderstand hinzukommt. Eine von vorn bis achtern umlaufende Seereling von guter Höhe ist bei Schiffen dieser Art selbstverständlich.
Jede Berechnung von Brennstoffvorrat und Aktionsradius muss von der Bestimmung der

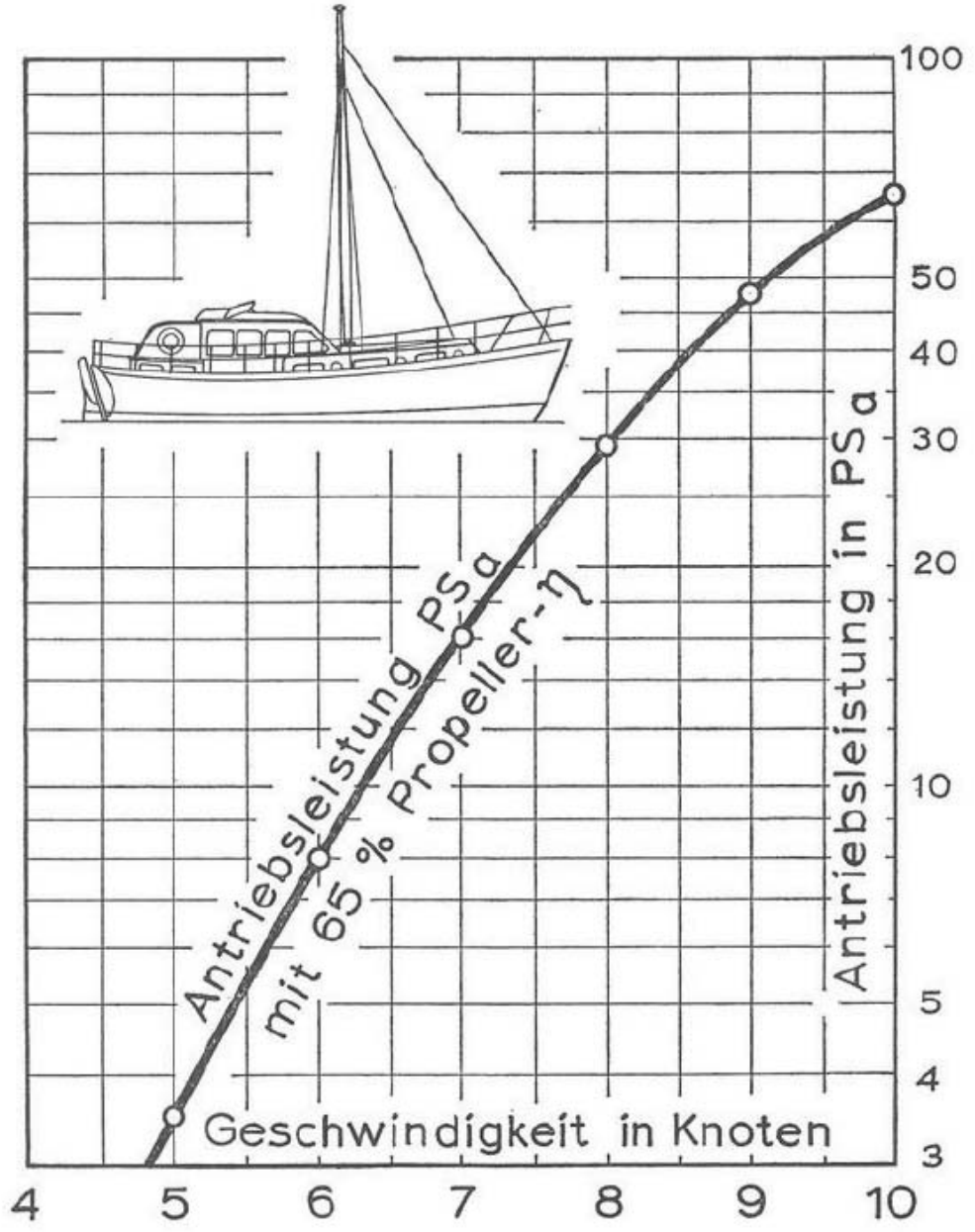


Abb. 102 Benötigte Antriebsleistung der „Bora Bora" für Geschwindigkeiten zwischen 5 und 10 Knoten. Vorausgesetzt wird ein Propellerwirkungsgrad von 65 Prozent.

Geschwindigkeit und Motorleistung ausgehen. Erst dann kann ermittelt werden, ob an Bord genügend Raum zur Unterbringung der Tanks geschaffen werden kann. Das Kurvenblatt der Abb. 102 zeigt in anschaulicher Weise, welche Antriebsleistungen zwischen 4 und 10 Knoten Fahrt benötigt werden. Um diese berechnen zu können, muss der Propellerwirkungsgrad bekannt sein, denn dieser hat einen großen Einfluss sowohl auf die Motorleistung selbst wie auf Brennstoffverbrauch und Aktionsradius. Er wurde zunächst willkürlich mit 65 Prozent eingesetzt.
Mit Überraschung erkennt man, welche geringen Antriebsleistungen für langsame Fahrt benötigt werden und wie steil die Kurve bei wachsenden Geschwindigkeiten ansteigt. Dabei wurde sie in der zeichnerischen Darstellung noch dadurch gemildert, dass eine logarithmisch progressive Einteilung der PS-Skala gewählt wurde.
Eine Fahrt von 5 Knoten = 9 km/h wird bereits mit der minimalen Leistung von 3,5 PS am Propeller erzielt. Für 7 Knoten Fahrt steigt der Bedarf bereits auf 16 PS, und für 10 Knoten werden sogar 65 PS benötigt. Man beachte jedoch, dass im Kurvenblatt die Bezeichnung PS vermerkt ist, nämlich effektive Leistung am Propellerende der Wellenleitung. Es muss also eine etwas höhere Motorleistung eingebaut werden, um die Welle selbst und das Untersetzungsgetriebe anzutreiben, ferner um die Verluste durch Auspuffleitung und die angetriebenen Hilfsapparate (Lichtmaschine, Kühlkompressor, Lenzpumpe usw,) auszugleichen.

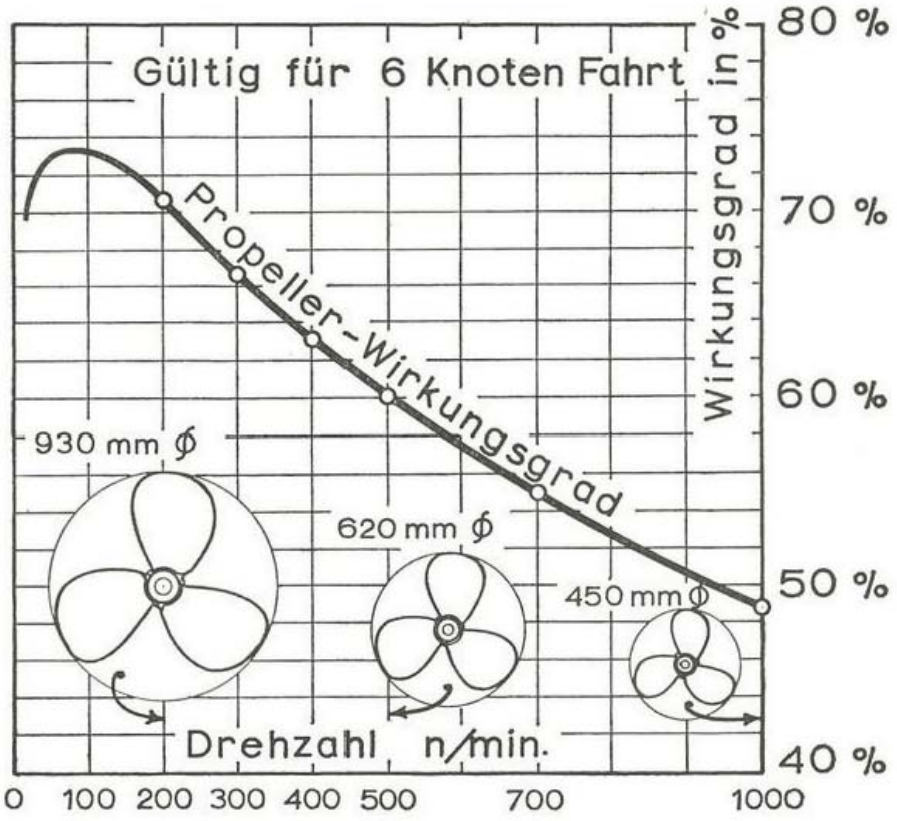


Abb. 103 Dieses Kurvenblatt zeigt die Propellerwirkungsgrade in ihrer Abhängigkeit von der Drehzahl der Welle. Es wurde für eine Fahrt von 6 Knoten der „Bora Bora" berechnet. Um den vorausgesetzten Wirkungsgrad von 65 Prozent zu erreichen, darf die Drehzahl nicht über 350 U/min liegen.

Die Untersuchung der Propellerwirkungsgrade wird im anderen Kurvenblatt, Abb. 103, erläutert. Sie ist von geradezu ausschlaggebender Bedeutung, und ihre Nichtbeachtung oder Vernachlässigung kann ein ganzes Projekt zum Scheitern verurteilen. Der Propeller-wirkungsgrad hängt an erster Stelle von der Drehzahl ab, dann von der zu fahrenden Geschwindigkeit und schließlich von der an den Propeller abgegebenen Antriebsleistung. Folglich müsste für jede Geschwindigkeit ein eigenes Kurvenblatt berechnet werden. Als Übersicht ist jedoch eine Beschränkung auf die wahrscheinlichste Fahrt von 6 Knoten ausreichend, vor allem aber ist sie in hohem Maße aufschlussreich!

In den heutigen Zeiten der leichten Boots-Dieselmotoren mit Drehzahlen von 2000 bis über 4000 U/min erscheint eine Ziffer von 1000 U/min als geradezu auffallend niedrig. Betrachtet man aber das Kurvenblatt, so findet man am rechten Rande, dass mit dieser Drehzahl nur ein Propellerwirkungsgrad von 49 Prozent erreicht wird. Dieser kann auch nicht durch sekundäre Maßnahmen verbessert werden, wie etwa durch Ändern der Flügelzahl, der Flügelform, des Durchmessers oder dergleichen, denn die Kurve wurde bereits für die *besten* Wirkungsgrade ausgearbeitet. Sie gibt somit den *optimalen Wirkungsgrad* für jede Drehzahl an. Da die zur Geschwindigkeit erforderliche Antriebsleistung im vorhergehenden Kurvenblatt zu einem Wirkungsgrad von 65 Prozent errechnet wurde, muss man fast bis auf 300 U/min heruntergehen, ehe dieser *normale* Wirkungsgrad unter den vorliegenden Verhältnissen überhaupt erreicht wird. Wird die Schraubendrehzahl noch weiter herabgesetzt, so kommt man bei 200 U/min auf einen Wirkungsgrad von 70 Prozent und bei 100 U/min sogar auf einen solchen von 73 Prozent. Diese Feststellung mag verlockend klingen! Warum sollte man nicht solche überaus günstigen Wirkungsgrade anwenden, wenn man genau im gleichen Verhältnis Motorleistung und Brennstoff erspart. Leider verlangen derart niedrige Drehzahlen sehr große Propellerdurchmesser, wie ebenfalls im Kurvenblatt ersichtlich ist. Für 200 U/min muss der Propeller einen Durchmesser von 930 mm erhalten, um den errechneten Wirkungsgrad auch wirklich zu erzielen. Bei 500 U/min ergibt sich ein Durchmesser von 620 mm und bei 1000 U/min ein solcher von 450 mm.

Der Tiefgang dieses seegehenden kleinen Motorkreuzers erlaubt tatsächlich, einen Propeller von 930 mm Durchmesser unterzubringen, und in dieser Größe wurde er in die Seitenansicht des Bootes eingetragen. Man erkennt aber auch, dass ein derartiger Propeller beim reinen Segeln hoffnungslos bremsen muss.

Das Ergebnis der bisherigen Berechnungen wurde zur Anfertigung des wichtigsten Diagramms verwandt, Abb. 104. Aus diesem kann man alle Schlüsse über Geschwindigkeit, Reisedauer, Brennstoffverbrauch und -gesamtmenge der BORA BORA ziehen. Die steilste, unten links beginnende Kurve gibt den Verbrauch in kg Dieselbrennstoff je Fahrtstunde an, und zwar zwischen 4 und 10 Knoten Geschwindigkeit. Für eine Fahrt von 5 Knoten wird weniger als 1 kg/h benötigt, bei 6 Knoten bereits mehr als das Doppelte, nämlich etwas über 2 kg/h. Der Verbrauch steigt bei 8 Knoten auf 6,3 kg/h und bei 10 Knoten sogar auf 12,7 kg/h.

Um eine Strecke von 3000 Seemeilen sicher zurücklegen zu können, muss ein Überschuss an Brennstoff mitgeführt werden. Aus dieser Überlegung heraus wurden Verbrauch und Reisedauer für einen Aktionsradius von 4000 Seemeilen errechnet. Die obere Kurve ist dafür besonders aufschlussreich, denn sie gibt gleichzeitig zwei Ergebnisse an: links am Rande unter *A* die gesamte für 4000 Seemeilen benötigte Brennstoffmenge und unter *B* den Verbrauch in kg/Seemeile, also nicht pro Stunde.



Foto 50 Doppelschrauben-Dieselyacht „Mania" in 25,60 in Länge. Erbaut von G. de Fries Lentsch jr., erreicht sie 21,2 km/h mir zwei 160-PS-Gleniffer-Dieselmotoren. Foto. Amsterdam Sheepswerf N. V.



Foto 51 Schnelle 32,80-m-Doppelschrauben-Dieselmehl „Seebär" der Fr. Lürssen Werft, Bremen-Vegesack. Mit zwei Daimler-Benz-Dieseln von je 1350 PS erreicht sie eine Fahrt von 29 Knoten = 54 km/h. Foto: Fr. Lürssen Werft

Foto 52 Doppelschrauben-Dieselyacht „Westlake 11“ Entworfen und erbaut von Abeking & Rasmussen, Lemwerder, nur 35,90 m Länge und 6,80 m Breite Geschwindigkeit. 13,5 Knoten = 25 km mit zwei je 500 PS leistenden Mercedes-Benz-Dieseln. Foto: Schröder- Bild





Foto 33 36-m-Motoryacht „The A and Eagle". Nach Plänen von Phillip Rhodes bei Abeking & Rasmussen, Lernwerder, erbaut. Länge ü. a. = 36,38 m, Breite = 6,68 m, zwei Caterpillar-Dieseln von je 460 PS, Geschwindigkeit 14 Knoten = 26 km/h. Foto: Schröder-Bild

Foto 54 54-m-Motoryacht „Pegasus 11". Erbaut von der Fr. Lürssen Werft, Bremen-Vegesack. Länge ü. a. = 54,70 m, Breite = 8,70 m, Raumgroße - 542 BRT, Antrieb: drei Maybach-Dieselmotoren von je 2000 PS Leistung, Geschwindigkeit 20 Knoten = 37 km/h. Diese ungewöhnlich große Motoryacht fährt eine Besatzung von 21 Mann wund hat Räume für Eigner und 10 Gäste. Sie erhielt eine umfangreiche nautische Ausrüstung sowie Klima- und Heizungsanlage für die gesamte Einrichtung. Foto: Schröder-Bild



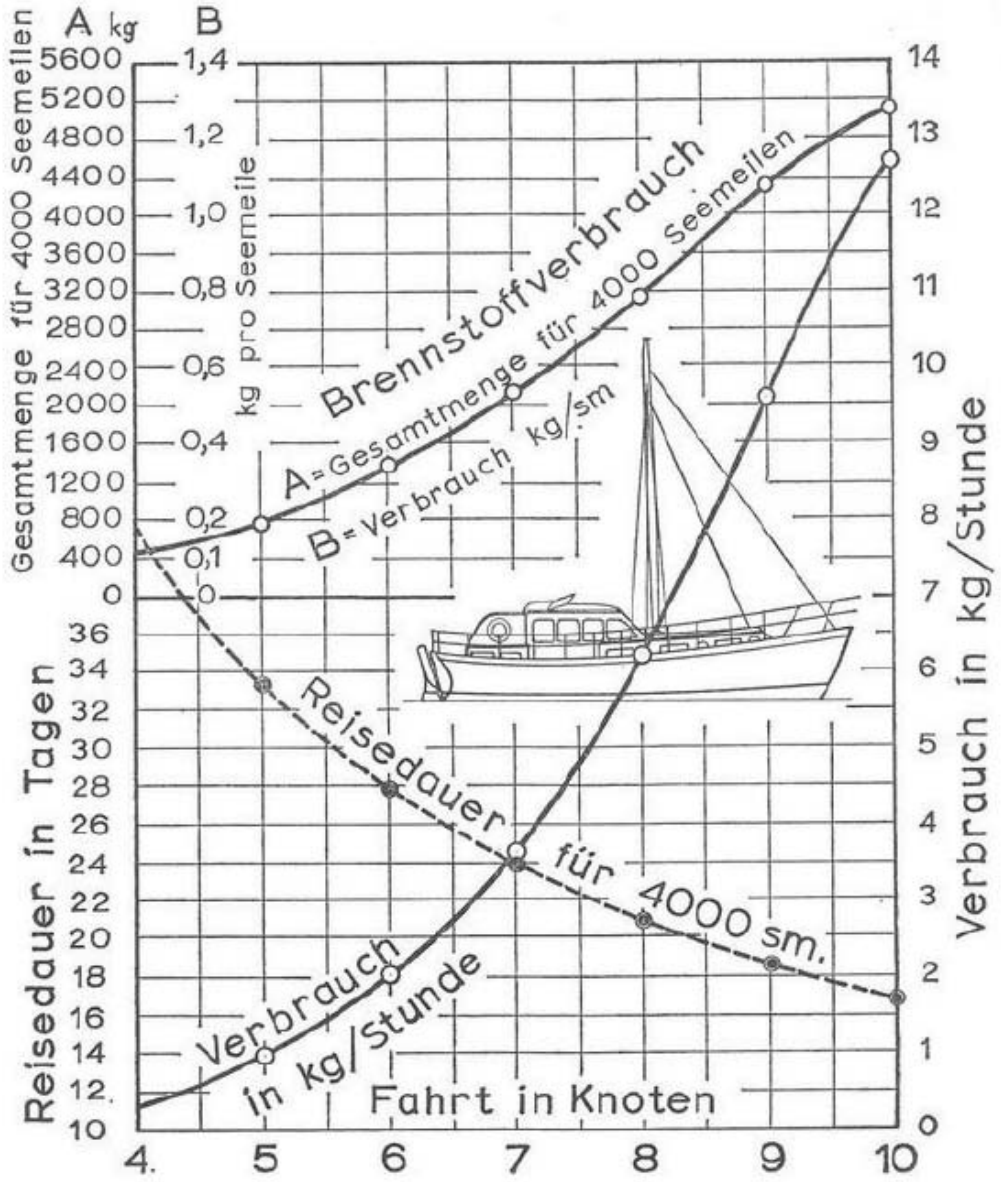


Abb. 104 Brennstoffverbrauch und Reisedauer der „Bora Bora'. Man beachte vor allem die Kurve des Brennstoffverbrauchs, oben, sowie den großen Einfuß der Geschwindigkeit au] den Verbrauch. Die Randein-teilung A ergibt die benötigte Gesamtbrennstoffmenge für eine Strecke von 4000 Seemeilen; B zeigt den Verbrauch in kg pro Seemeile.

Entschließt man sich zu einer Geschwindigkeit von nur 5 Knoten, die bereits größer ist als im Reisedurchschnitt von Segelyachten erzielt wird, so benötigt man nur 800 kg Dieseltreibstoff für die Entfernung von 4000 Seemeilen. Zu einer Fahrt von 6 Knoten steigt der Verbrauch auf 1400 kg, doch bei 10 Knoten würden bereits 5100 kg Brennstoff für die gleiche Distanz benötigt werden. Man sieht, wie unwirtschaftlich das Verlangen nach höheren Geschwindigkeiten im kleinen Boot ist, sofern man *große Distanzen* überwinden will. Man tröste sich damit, dass weder die schnellen Klipper noch größere Segelyachten jemals einen Gesamt-Reisedurchschnitt von auch nur 6 Knoten erzielten; kleine Segelyachten erreichen auf Langfahrt nur einen Durchschnitt von 3 bis $3^1/_2$ Knoten.

Als Abschluss wurde eine gestrichelte Kurve „Reisedauer" hinzugefügt, deren Skala in Tagen abgelesen wird, links, untere Hälfte des Randes. Bei 5 Knoten Fahrt kommt man auf etwas über 33 Tage, bei 6 Knoten sind es knapp 28 Tage. Diese würden sich bei 10 Knoten auf $16^1/_4$ Tage verringern. Allein schon mit 6 Knoten Fahrt würde man die

Rekordgeschwindigkeit von Sir Francis Chichester mit seiner GIPSY MOTH IV übertreffen, denn als Durchschnitt von 225 gesegelten Tagen erzielte sie nur 51/2 Knoten.
Zur Anfertigung dieses abschließenden Kurvenblattes wurde ein Propellerwirkungsgrad von 65 Prozent vorausgesetzt. Der Brennstoffverbrauch gilt nicht etwa für die am Wellenstumpf abgegebene PS_a - Leistung, sondern für die wahre Motorleistung. Außerdem wurde ein Zuschlag gemacht, um die sehr geringe Belastung des Motors zu decken. Ein Umstand muss jedoch besonders hervorgehoben werden: Man darf nicht damit rechnen, große Entfernungen über See genau in der berechneten Zeit zurückzulegen! Wählt man eine vom Wetter begünstigte Route, so entsteht durch Seegang und Wind kaum eine Verzögerung. Es kann sich jedoch überall in der Welt einmal eine außergewöhnliche Wetterlage einstellen, und dies ist der eigentliche Grund für die vorgesehene Reichweite von 4000 Seemeilen.
Entfernungen von 4000 Seemeilen von Tankstelle zu Tankstelle wird man kaum irgendwo in der Welt antreffen.
Während der Liegezeiten in warmen Gewässern, aber auch in Fahrt, bildet sich ein Bewuchs am Schiffsboden, wodurch der Fahrtwiderstand zunimmt. Dieser wird durch Abnahme des Brennstoffgewichtes teilweise ausgeglichen. Die ebenfalls Vortrieb erzeugende Stützbesegelung liefert einen weiteren, sogar sehr reichlichen Beitrag, der den erhöhten Widerstand durch Bewuchs bei weitem übertrifft -- sofern günstige Winde wehen.

Geschwindigkeit ist nicht nur teuer, sie zwingt auch zu einem übergroßen Brennstoffvorrat. Dadurch wird das Schiff mit Tankraum vollgestopft, mit Gewichten überladen und in Fahrteigenschaften geschädigt. Wählt man eine geringere Geschwindigkeit, eine etwas längere Reisedauer, so werden diese Nachteile vermieden.

Weitere Langfahrtprobleme

Motor, Einbau, Kühlschrank, Elektrizität, Probefahrten, Instrumente für Navigation, Rettungsmittel, Ausrüstung

Auswahl des Motors

Es ist nicht einfach, in der heutigen Zeit der schnellaufenden Bootsmotoren eine Drehzahl von 300 U/min mit einer Leistung von 30 bis 35 PS zu beschaffen. Ein kleiner Vier-Zylinder-Bootsdiesel mit 2400 U/min wäre raum- und gewichtsmäßig vorteilhaft. Er würde jedoch eine Untersetzung von 8 : 1 benötigen, die serienmäßig gar nicht hergestellt wird. Einen schnell-laufenden Motor kann man nicht einfach dadurch in einen langsamlaufenden verwandeln, indem man ihn herunterdrosselt. In einem solchen Falle empfiehlt sich ein schwereres Schwungrad, das Einsetzen kleinerer Einspritzdüsen und ein erneutes Anpassen der Kühlwasserregulierung.
Die indirekte Kühlung mit geschlossenem Süßwasserkreislauf hat große Vorteile. Leider hat sich jedoch immer wieder herausgestellt, dass viele Rückkühler (Heat Exchanger) stark unter Korrosion leiden und dadurch frühzeitig zerstört werden.

Am besten wende man sich an eine erfahrene Motorenfirma, die auf den Umbau von Last-wagen- oder Traktormotoren für Fischereizwecke spezialisiert ist oder die Dieselmotoren für Schiffs-Rettungsboote liefert.

Motor-Einbau

Der gesamte Einbau muss mit mehr Sorgfalt ausgeführt werden als bei normalen Motorkreuzern üblich ist. Die Wellenanlage muss absolut korrosionsfest sein, mit zuverlässiger Sicherung der Propellermutter, und dazu unbedingt leichtlaufend. In der Zeichnung wurde eine elastische Aufhängung der Stopfbuchse angedeutet, die sehr zu empfehlen ist. Nicht minder wichtig ist eine zuverlässige Auspuffanlage. Diese muss jede Brandgefahr ausschalten, die Auspuffgase möglichst ungehemmt nach außen ableiten und ein Rücklaufen des Wassers zum Motor unmöglich machen. Eine solche Anlage wird in der Zeichnung dargestellt, doch ist sie jeweilig den örtlichen Verhältnissen anzupassen. Man kann sich manchen Ärger mit Wasser und Schmutz im Brennstoff ersparen, wenn noch vor dem ersten Filter ein so genannter Schmutzabscheider in die Brennstoffleitung eingesetzt wird. Das ist nichts weiter als ein leerer Behälter, in dem sich Wasser, Rost, Sand usw. durch ihre Schwere absetzen, ehe die Filter selbst frühzeitig verstopft werden. Allein über die Ausführung der Tanks und die beste Anlage der Brennstoffleitung und Filter könnte man ein ganzes Buch schreiben. Man sorge dafür, dass Schmutz nicht in den Tanks angesammelt wird, sondern an der tiefsten Stelle leicht abgelassen werden kann.

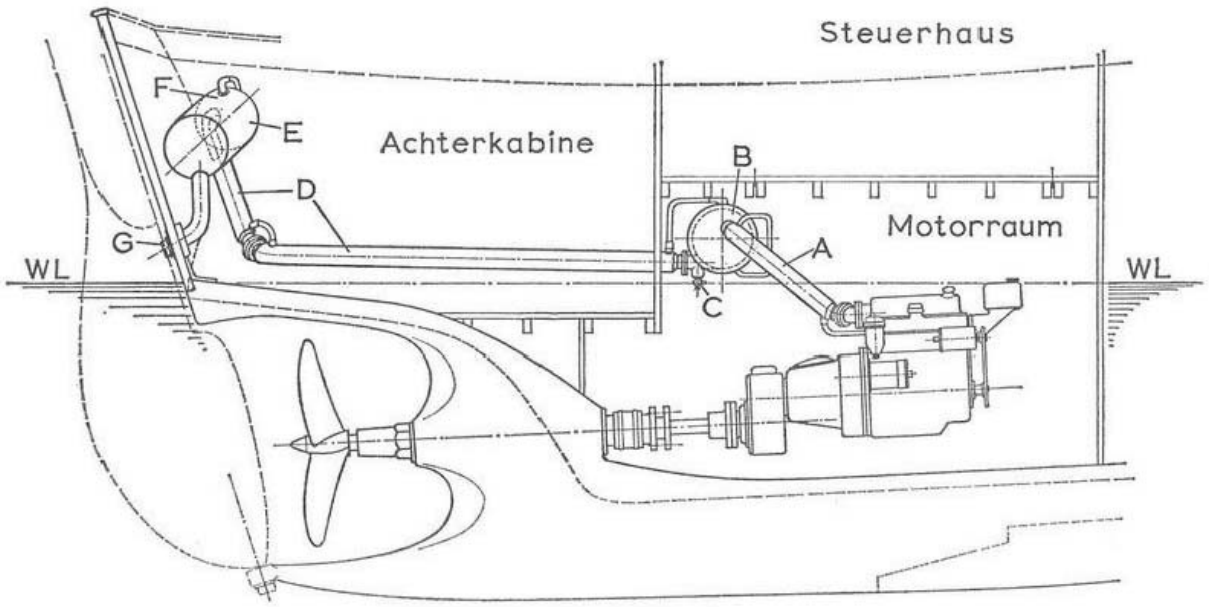


Abb. 105 Motoreinbau mit Details der Wellenanlage und der Auspuffleitung. Mittels starker Untersetzung der Motordrehzahl erreicht man den gewünschten guten Propellerwirkungsgrad. Ruderblatt sowie Welle samt Propeller können leicht ausgebaut werden, ohne das Schiff an Land zu setzen. Die Art der Auspuffanlage macht jeden Wasserrücklauf zum Motor unmöglich. Rohrabschnitte A und D erhalten Wassermantel, ebenso der Auspufftopf B.

A = Auspuffsteigrohr mit Wassermantel
B = Trockener Auspufftopf mit Wassermantel
C = Kondenswassersammler
D = Hauptauspuffrohr mit Wassermantel
E = Nasser Auspufftopf
F = Wassereinspritzung
G = Auspuff nach außenbords

Leerlauf unter Segel

Fällt einmal der Motor für kurze Zeit aus, so wird man das Boot unter Segel in Fahrt halten wollen. Dann taucht die Frage auf, ob der Propeller blockiert werden muss oder mitlaufen soll. Ist die Wellenanlage leichtläufig, so erzeugt ein mitdrehender Propeller bedeutend weniger Widerstand. Man übersehe jedoch nicht, dass der Propeller nicht nur die Welle in Umdrehung versetzt, sondern über das Untersetzungsgetriebe auch das Innere des Wendegetriebes. Dieses muss sich sogar sehr rasch drehen, weil die Untersetzung nun umgekehrt als Übersetzung wirkt.
Am besten beugt man dieser Schwierigkeit vor, indem man von vornherein ein Drucklager auf die Welle setzt. Dann kann man den Flansch am Motor lösen und die Welle frei mitlaufen lassen, ohne dass das Untersetzungsgetriebe als Bremse mitlaufen muss.
Sollte der Motor aber durch Totalschaden ausfallen, so wurde in diesem Falle dafür gesorgt, die Segeleigenschaften durch Ausbauen des Propellers noch weiter zu verbessern. Dafür wird zunächst das Ruderblatt ausgehängt (deswegen das Ruder über Heck) und der Flansch vom inneren Ende der Welle abgezogen. Dann wird ein vorsorglich mitgeführtes, extra angepasstes dünnes Stahlkabel derart in den Propeller eingehängt, dass dieser sicher gehalten wird, sobald die ganze Welle nach achtern ausgestoßen wird. Welle und Propeller werden im Maschinenraum aufbewahrt, und ein kurzer Wellenstumpf wird in die Stopfbuchse eingesetzt, um das Eindringen von Wasser zu verhindern. Dadurch verwandelt sich das Boot in eine zwar nicht schnelle, aber gut ausgeglichene Touren-Segelyacht. Am Spiegel wurden eigens Stufen vorgesehen, um beim Ausbau besser beistehen zu können. Solche Stufen oder Griffe sind in jedem Falle von großem Wert, um vom Wasser ohne Schwierigkeit an Bord steigen zu können.

Kühlschrank

Eine Fahrt in tropischen Gewässern und dazu kein Kühlschrank? Auf Segelyachten wird dieses immer wieder hingenommen, doch an Bord eines Motorkreuzers von der Größe der BORA BORA ist eine Lösung gut möglich, sogar ohne den verlustreichen Umweg über die Elektrizität.
Man kann einen Kühlkompressor ohne weiteres direkt an den Hauptmotor anschließen. Dabei reicht sogar ein sehr kleines Maschinchen aus, um einen großen Kühlschrank nebst Inhalt ständig auf niedriger Temperatur zu halten. Als Gewinn zählt nicht nur die Annehmlichkeit, sondern auch die gesundere Ernährung, weil sich frische Lebensmittel unter Kühlung länger halten. Nur während der Liegezeiten im Hafen müsste ein zweiter Antrieb mittels Elektromotor eingerichtet werden.

Elektrizität und Dieselölverbrauch

Für ozeanische Langfahrt genügt es, eine verhältnismäßig kleine Lichtmaschine vom Motor ständig antreiben zu lassen, um ausreichenden Strom für normalen Bordgebrauch zu erzeugen. Für Innenbeleuchtung, Positionslampen und täglichen kurzen Gebrauch des Senders kommt man mit einer sehr kleinen Lichtmaschine aus, wenn sie ständig mitläuft. Eine 100-Watt-Lichtmaschine reicht nicht nur für den eben genannten Verbrauch aus, son-

denn man kann auch gelegentlich ein Rührei oder einen Kaffee elektrisch zubereiten. Ein elektrisches Kochen dagegen würde eine bedeutend stärkere Ladeanlage erfordern. Lichtmaschine und Kühlkompressor zusammen verbrauchen zum Antrieb eine Motorleistung von weniger als $^1/_2$ PS. Sicherheitshalber soll mit $^3/_4$ PS gerechnet werden, um festzustellen, welcher Mehrverbrauch an Dieselöl auftritt und inwiefern dieser den Aktionsradius einschränkt.
Der spezifische Verbrauch ist mit etwas über 200 g/PS • h zu veranschlagen. Daraus ergeben sich pro Fahrtstunde zusätzliche 150 Gramm Brennstoff oder 3,6 kg Dieselöl pro Tag. Sollte jemals eine sehr lange Strecke 28 Reisetage benötigen, das sind bei 6 Knoten Fahrt 4000 Seemeilen, so kostet die Annehmlichkeit des Kühlschranks und der reichlichen Stromversorgung eine zusätzliche Brennstoffmenge von insgesamt 100 kg. Das sind rund 7 Prozent Zuschlag zum veranschlagten Verbrauch von 1400 kg zum Bootsantrieb.

Probefahrten

Eine solche Reise zu beginnen ohne ausreichende Erprobung des Motors und der gesamten Installation wäre ein unverzeihlicher Leichtsinn. Für eine Werft ist es einfach unmöglich, alle kleinen Mängel und Nachlässigkeiten zu entdecken, die der Zufall oder eine Unaufmerksamkeit mit sich bringen.
Zunächst fordert der Motor selbst eine Einlaufzeit in Fahrt, nicht im Stand, von mindestens 50 Stunden. Danach empfiehlt sich dringend, eine Serie von Progressiv-Probefahrten zu unternehmen, bei denen in tiefem Wasser stufenweise von Drehzahl zu Drehzahl die Geschwindigkeit und der Brennstoffverbrauch gemessen werden. Nach den Ergebnissen fertigt man ein Kurvenblatt an, das im Steuerhaus jederzeit eingesehen werden kann; es enthält für jede Drehzahl die Reisedauer und den Aktionsradius.
Abschließend wird die ganze mechanische Anlage geprüft, und zwar zuerst der einwandfreie Lauf des Motors bzw. das zuverlässige Funktionieren der Einspritzdüsen, Ventile, Wasserkühlung und Auspuffanlage. Man forscht nach, ob die Welle genau zentriert ist und sich äußerst leicht dreht, ob alle Außenbordanschlüsse einwandfrei befestigt sind und durch Seehähne verschlossen werden können. Eine sorgfältige Prüfung der Ruderleitung gehört ebenfalls dazu.
Erst danach kann man mit ruhigem Gewissen auf große Fahrt gehen.

Die Polynesier konnten die unendlichen Weiten des Pazifiks absegeln und sogar ihr Ziel finden, ohne irgendwelche Instrumente außer ihren uns unverständlichen *Seekarten* aus Stäbchen. Dem heutigen Seemann stehen dafür zahlreiche Hilfsmittel zur Verfügung, von denen einige unentbehrlich sind, andere sehr nützlich und wieder andere eine wünschenswerte Ergänzung darstellen.

Für wirkliche Langfahrt auf See sind folgende Geräte absolut unentbehrlich:

1. ein guter magnetischer Schiffskompaß,
2. ein Sextant (und möglichst ein Reservesextant),
3. nautisches Jahrbuch und nautische Tafeln,
4. ein Chronometer oder eine Präzisions-Armbanduhr,
5. ein Empfänger für Zeitzeichen und Wetterbericht.

Astronavigation

Die astronomische Navigation steht selbst unter erfahrenen Küstenseglern noch im Rufe des Geheimnisvollen, des schwierig zu Erlernenden. Mit Funkpeilgerät und Radiotelefonie, so fragt sich mancher angehende Langfahrtmann, könnte man doch gewiss auf das Studium der astronomischen Navigation verzichten.
Dazu sei festgestellt: erstens, dass sie für Langfahrt auf See unbedingt erforderlich ist, zweitens, dass *jedermann* ohne viel Mühe die heute sehr vereinfachten Rechenvorgänge beherrschen lernt, und drittens, dass sie ein Gefühl freudiger Genugtuung vermittelt, nämlich der sicheren Ortsbestimmung auf den Weiten der Meere und schließlich auch der Zugehörigkeit zur Gilde der Langfahrtleute. Allein zwei leichtverständliche Anleitungen in englischer Sprache haben Segler-Frauen als Autorinnen.
Die Wichtigkeit der astronomischen Navigation bestätigt sich sogar in der modernen Groß-Schiffahrt, wo auf See auch heute noch jeden Tag eine astronomische Standortkontrolle durchgeführt wird. Sie ist nach wie vor das einzig sichere Verfahren und keineswegs durch Funkpeilung zu ersetzen. Seitdem es kleine und zuverlässige Empfänger gibt, mit denen man überall in der Welt ein Zeitzeichen empfängt, kann man den teuren Schiffs-Chronometer durch eine zuverlässige Armbanduhr ersetzen.

Empfehlenswert

Folgende Geräte bilden eine wertvolle Ergänzung zur Ausrüstung für ozeanische Langfahrt:

6. eine erprobte Selbststeueranlage,
7. ein Echolot für große und geringe Tiefe,
8. ein einfaches Funkpeilgerät für Hafeneinfahrten.

Die Selbststeueranlage muss robust und zuverlässig sein. Sie ersetzt einen Mann der Besatzung, macht das Wachegehen angenehm und schaltet das ermüdende Steuern nach Kompasskurs auf hoher See völlig aus. Gerade in letzter Zeit sind immer bessere und zugleich preiswertere Anlagen auf den Markt gekommen. Es gilt als Vorzug, wenn die Anlage *überfahren* werden kann; d. h., man kann jederzeit das Steuerrad betätigen, ohne erst die Selbststeuerung abschalten zu müssen.

Wünschenswerte Erweiterungen

9. ein Funksprechgerät mit guter Reichweite,
10. ein Fahrtmesser oder Log.

Befindet sich unter der Besatzung ein Radioamateur, so kann man selbst über weiteste Entfernungen eine Sprechverbindung herstellen. Vom Fahrtmesser sollte nicht nur die Geschwindigkeit angezeigt werden, sondern auch die zurückgelegte Distanz.

An letzter Stelle

11. ein hyperbolisches Funkortungssystem,
12. ein Radargerät.

Unter hyperbolischer Funkortung versteht man eine Art von Radionavigation, die von

besonderen Leitsendern und Nebensendern abhängt. Dazu gehören spezielle Karten, denen ein Hyperbelnetz überdruckt wurde, ferner besondere Empfänger, mit denen die Phasendifferenz zweier solcher Sender festgestellt wird. Die Kette der Decca-Stationen wird viel von Groß- und Kleinschifffahrt in Küstennähe benutzt, doch ist die Reichweite von 200 bis 300 Seemeilen für Hochseefahrt ungenügend.
Eine größere Reichweite hat die Funkortung nach Loran. Mit diesem System kann man Ortungen noch über Entfernungen von 1000 bis 2000 Meilen vom Senderpaar vornehmen. Die meist befahrenen europäischen und nordamerikanischen Küsten besitzen eine genügende Kette von Loran-Stationen. Vorerst wird jedoch der größte Teil der sieben Meere noch nicht vom Loran-System gedeckt. Auch hierbei ist ein Empfang nur durch Sondergeräte möglich.

Es ist wohl selbstverständlich, dass für ausreichende Rettungsmittel gesorgt wird: ein Schlauchboot, Schwimmwesten, Leucht- und Rauchsignale, aber auch wind- und wasserschützende Bekleidung. Nicht minder wichtig ist ein reichlich ausgestatteter Medizinschrank für erste Hilfe sowie die Mindestkenntnisse, um auch von ihm Gebrauch zu machen. Mit Bordwerkzeugen kann man gar nicht reichlich genug versehen sein. Ferner gehören dazu Ersatzteile für den Motor und alle übrigen Bord-Einrichtungen. Man versorge sich außerdem mit all diesem nützlichen Hilfsmaterial wie Holz, Schrauben, Nägeln, Leim, Segeltuchresten, Dichtungsmaterial, Kupferdraht u. a. m. Von der seemännischen Seite: zwei Anker (mindestens), Kettenvorläufer, Kunstfaser- und Stahlkabel, Radar-Reflektor sowie reichlich Festmacher und Fender.

Sind kleinere Abmessungen möglich? (RAROTONGA)

Da in einem Hochsee-Motorkreuzer der Größe BORA BORA die nötige Reichweite für Langfahrt auf See so gut eingebaut werden konnte, liegt der Gedanke nahe, auch kleinere Bootsgrößen auf ihre Möglichkeiten für motorischen Antrieb über große Seestrecken zu untersuchen.
Voraussetzung jeder Berechnung ist die Bestimmung der Wasserlinienlänge. Rechnet man die 10m WL-Länge des 11-m-Langfahrtkreuzers auf eine WL-Länge von 8,00 m um, so verringert sich die Verdrängung bei gleicher Grundform auf 51 Prozent der BORA BORA. Zugleich sinkt der Brennstoffverbrauch maßstäblich auf 67,5 Prozent, doch steht diese vereinfachte Berechnung in Konflikt mit der erhöhten Reibung des Wassers. Man sollte besser mit 75 Prozent Brennstoffverbrauch des 11-m-Kreuzers rechnen. Rein physikalisch betrachtet erkennt man, dass sich die Verhältnisse beim kleineren Boot verschlechtern. Wird zum Antrieb eines Bootes von 8,00 m WL-Länge und 9 m Länge über alles ein luftgekühlter 6 PS leistender Dieselmotor verwandt, so kann ein Alleingänger mit bescheidener Ausrüstung und spartanischer Lebensweise auch in dieser Bootsgröße ozeanische Strecken bis zu 4000 Seemeilen zurücklegen. Denkt man jedoch an kürzere WL- Längen, so bleiben nur noch Segelhilfe oder verkürzte Seestrecken übrig.
Die verringerte Bootslänge bedeutet gleichzeitig eine niedrigere Geschwindigkeit. Will

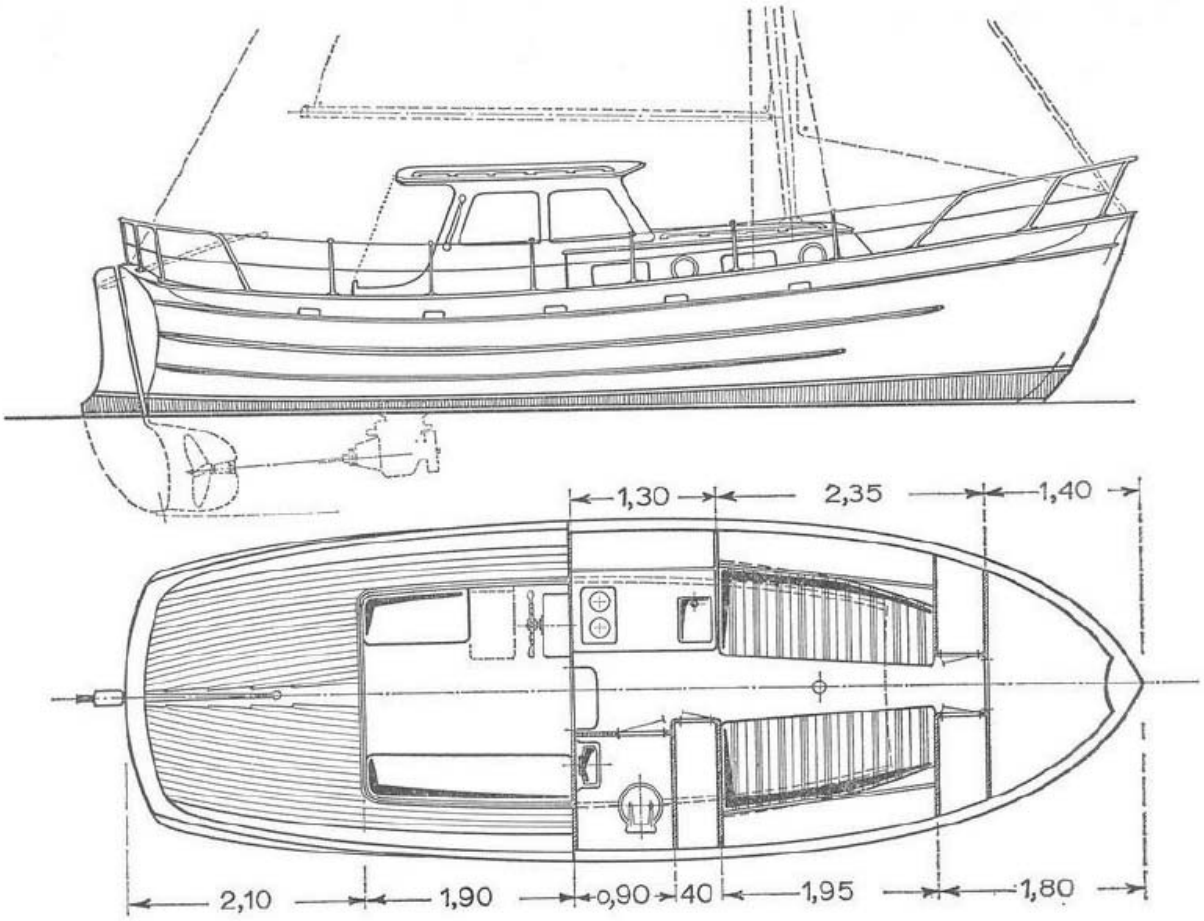


Abb. 106 Kleinster ozeanischer Langfahrtkreuzer „Rarotonga". Wählt man einen langsamlaufenden kleinen Dieselmotor von 6 bis 10 PS Leistung, so kann ein Alleingänger selbst in diesen kleinen Abmessungen ozeanische Distanzen bis zu 4000 Seemeilen unter Motor zurücklegen. Man beachte das wohlgeschützte Steuerhaus, das durch ein Segeltuchkleid achtern geschlossen werden kann. Statt einer großen Plicht wurde ein 2 m langes Achterdeck vorgesehen, weil es wasserdicht ist und darunter viel nützlichen Stauraum bietet.

Länge ü, a ..... 9,10 m	*Breite .....3,00 m*
Länge WI..... 8,00 m	*Tiefgang ..... .0,95 m*
Verdrängung ..... .5,6 m[1]	*Seitenhöhe .....1,45 m*

man die günstigen Antriebsverhältnisse des 11-m-Bootes bei 6 Knoten Fahrt auf das 9-m-Boot übertragen, so muss eine Dauerfahrt von 5,3 Knoten gewählt werden. Dadurch erhöhen sich die 28 Reisetage des größeren Bootes auf 31 Reisetage für das kleinere, um die geplanten 4000 Seemeilen bei gutem Wetter zurückzulegen. Man beachte den Ausdruck bei gutem Wetter! Verzögerungen durch Wind und Seegang wirken sich auf das kleinere Boot etwas ungünstiger aus, aber die Möglichkeit, solche Fahrten auszuführen, muss bei seemännischer Erfahrung und vernünftiger Ausrüstung unbedingt bejaht werden. Der kleine Motorkreuzer für ozeanische Langfahrt hat vor der reinen Segelyacht einen großen Vorteil: bei gleicher Seetüchtigkeit benötigt er für lange Strecken durchschnittlich nur die Hälfte der Zeit. Und noch bedeutsamer: lang anhaltende Flauten, die eine Segelyacht so stark stören, sind ihm überaus willkommen, denn sie bieten ihm eine genußreiche Fahrt.

Bei einer Segelyacht auf ozeanischer Langfahrt kann man die Reisedauer niemals sicher voraussagen, auf einem kleinen Motorkreuzer dagegen wickelt sich die Langfahrt beinahe fahrplanmäßig ab, von einigen Prozenten Störung durch schlechtes Wetter abgesehen. Kann man mit großer Wahrscheinlichkeit voraussagen, wann man zurückkommen wird, so kann man die Aufenthalte an den schönsten Flecken der Welt länger ausdehnen und in Ruhe genießen.

Größere Boote

Je größer die Abmessungen des zur Langfahrt ausgewählten Bootes sind, desto günstiger werden die Fahrtverhältnisse. Steigert man die WL-Länge von 10 auf 14 m, also die Länge ü. a. von 11 auf 15,25 oder 15,50 m, so steigt die wirtschaftliche Reisegeschwindigkeit von 6 Knoten auf 7,1 Knoten. Die größere Breite von etwa 4,50 m kommt der Wohnlichkeit zugute, die Reisedauer von 28 Tagen verringert sich auf $23^1/_2$ Tage. Darüber hinaus genießt das größere Boot noch weitere Vorteile durch die geringere Reibung des Wassers und seine schlankeren Formverhältnisse. Das Brennstoffgewicht lastet mit geringerem prozentualem Einfluss auf der Gesamtverdrängung. Daher kommt man in die Lage, eine etwas höhere relative Geschwindigkeit zu wählen oder aber eine bedeutend umfangreichere Ausrüstung mitzuführen. Ein größerer Frischwasservorrat trägt viel zum Wohlbefinden an Bord bei. Bei größter Sparsamkeit kann man mit 2 Litern pro Kopf und Tag gerade noch auskommen, d, h. Wasser nur für Kochen, Teebereitung, Zähneputzen und Rasieren. Normaler Sparverbrauch liegt allerdings schon bei $3^1/_2$ bis 4 Litern pro Kopf und Tag. Hinzu kommt, dass bei größeren Booten eine Anlage zur Frischwassergewinnung aus Seewasser eingebaut werden kann, was bei der BORA BORA allerdings auch schon möglich wäre.
Weitere Annehmlichkeiten für größere Boote entstehen durch den Einbau automatisch gesteuerter Rolldämpfungsflossen. Auf jeden Fall sollten alle Boote, also auch die kleinsten, irgendeine Art von Schlingerdämpfung anwenden, worüber in einem besonderen Kapitel mehr gesagt wird.

Das unmögliche Schiff HALF SAFE

Im schwimmenden Automobil über den Atlantik

Während des letzten Weltkrieges wurde von den Amerikanern eine schwimmende Version des weit verbreiteten Jeep hergestellt, vor allem um bei Landeoperationen benutzt zu werden. Gewöhnlich wurden sie nahe einer pazifischen Insel von einem Transportschiff ins Wasser gesetzt, und zwar nur bei gutem Wetter. Trotzdem erreichten Hunderte von ihnen nicht einmal das Ufer, denn als Folge des geringen Freibords wurden sie leicht von der Brandungswelle überflutet und sanken. Nur ein Verrückter konnte auf die Idee kommen, ein solches Ding für eine Atlantiküberquerung herzurichten.
Ben Carlin, ein junger sportlicher Australier, war wirklich kein Verrückter. Nachdem die

Idee ihn gepackt hatte, ging er an die Verwirklichung mit der Unbekümmertheit eines Naturkindes. Jeder Fachmann, jeder hätte ihm das Unternehmen als sicheren Selbstmord ausgeredet, hätte ihm schwarz auf weiß bewiesen, dass ein solches Fahrzeug niemals ankommen kann. Carlin, begleitet von seiner jungen Frau Elinor, kam trotzdem an! Allerdings wurde es ein größeres und riskanteres Abenteuer, als er in seiner Sorglosigkeit geahnt hatte. So wie vor allem Alain Gerbaults „furchtbare Erlebnisse mit atlantischen Stürmen und Havarien in der Takelage" der vorhergehenden Generation die Gefahren der Seefahrt übertrieben zeigten, so dass sich bis lange nach dem Zweiten Weltkrieg nur vereinzelte mutige Nachahmer fanden, so soll eine kurze Schilderung des schwimmenden Automobils zeigen, dass unter glücklichen Umständen sogar gebrechliche, ja geradezu unmögliche Fahrzeuge atlantische Stürme überdauern. Vor der Nachahmung wird jedoch gewarnt, denn nur durch sehr viel Glück und Carlins unglaubliches Geschick kam die HALF SAFE gerade eben noch an.

Der Name Halb sicher ist ebenso eine gelinde Übertreibung wie das ganze Vorhaben über-

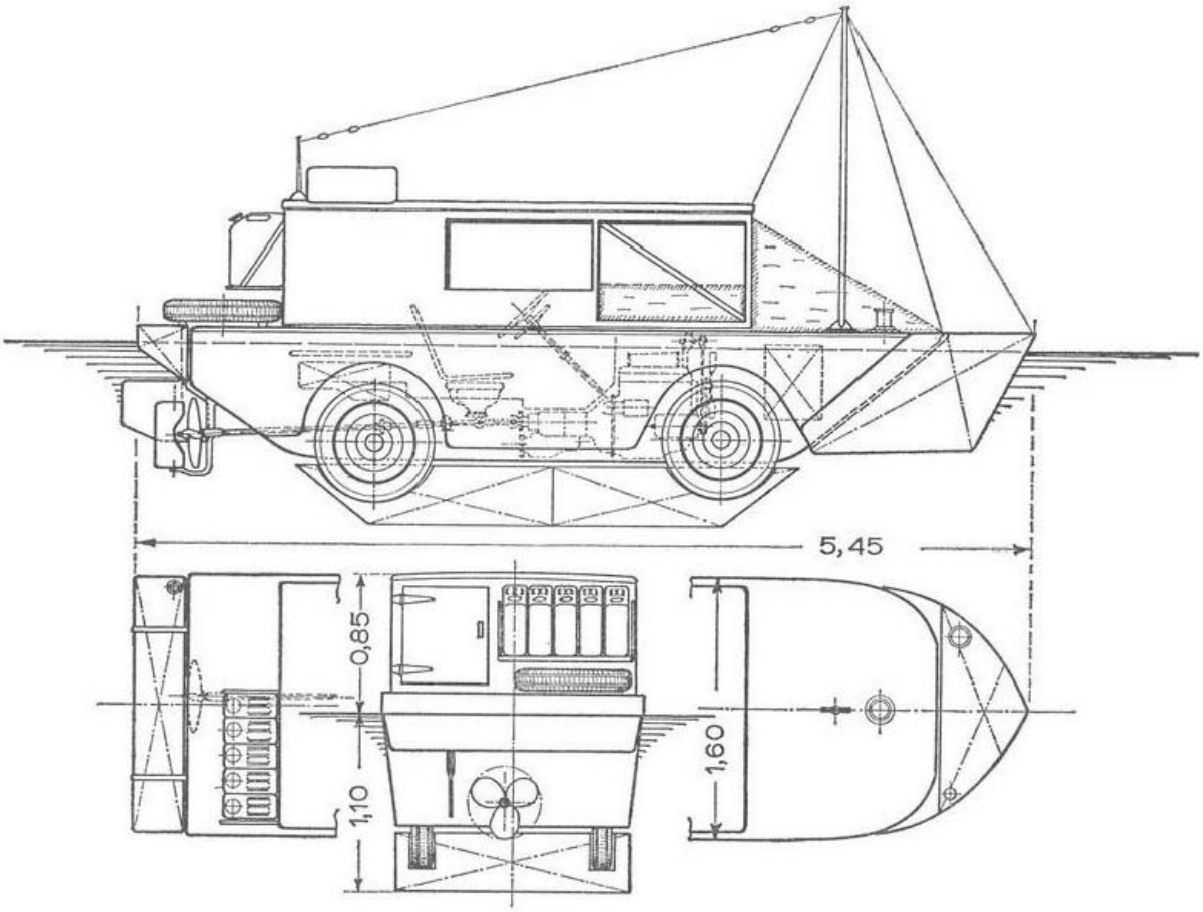


Abb. 107 Der Atlantik wurde sogar von einem amphibischen Landfahrzeug überquert. Obwohl die Aussichten technisch wie seemännisch gesehen verschwindend gering waren, kam das unmögliche Schiff namens „Half Safe" nach 1650 Seemeilen wirklich an.

Ursprüngliche Länge des Jeep .4,55 m	*Freibord, voll ausgerüstet .....….0,15 m*
Fertige Länge der „Half Safe" ...5,45„n	*Vier-Zylinder-Ford-Benzinmotor von 2180^{cm3}*
Breite über alles .....1,60 m	*Nennleistung bei 3600 U/min .....60 PS*
Tiefgang, voll ausgerüstet .....1,10 m.	*Propellerleistung bei 1700 U/min ….. 30 PS*

Fahrt, voll ausgerüstet, höchstens .....….3 Knoten

haupt. Richtiger sollte es heißen *Unsafe,* und die Erlebnisse bewiesen, dass es mit 99 Prozent Wahrscheinlichkeit im Unglück enden musste. Doch Carlin erlebte das unwahrscheinliche *eine Prozent* glücklicher Umstände, trotz Verlust zweier Benzintanks, zweier Seeanker, eines Teils des Trinkwassers, häufig verstopfter Brennstoffleitungen, heißlaufenden Drucklagers, nicht funktionierenden Radiosenders und zahlreicher weiterer Missgeschicke jeder Art. Würden die Seitenwände aus 1,6 mm unverzinktem Stahlblech überhaupt der Korrosion durch Salzwasser sowie dem Wellenschlag standhalten?
In einem amphibischen Jeep von 4,55 m Länge und 1,60 m Breite können zwei Personen notdürftig existieren, vor allem wenn das Fahrzeug mit einem kabinenartigen Aufbau versehen wird. Wo aber sollte die große Benzinmenge für die längste Strecke untergebracht werden? Von Halifax, Nova Scotia nach Flores auf den Azoren sind es 1650 Seemeilen. Der Original-Benzintank hatte ein Fassungsvermögen von 50 Litern. Dazu konnte man im *Vorschiff* noch einen weiteren von 110 Litern Inhalt einbauen, doch dieser Vorrat war einfach lächerlich gering im Vergleich zu den Erfordernissen. So wurde vorn ein als Tank hergerichteter falscher Bug angesetzt, ferner wurde ein ungefähr rechteckiger Kastentank unter den Rädern aufgehängt, und schließlich wurde noch ein zigarrenartiger Tank nachgeschleppt. Nun sah der Brennstoffvorrat wie folgt aus:

Original Jeep-Tank	50 Liter
Vorschiffstank	110 Liter
Falscher Bug	450 Liter
Belly-Tank unterm Boden	1460 Liter
Nachschlepp-Tank Tillie	1280 Liter
Gesamte Brennstoffmenge	3350 Liter

Außerdem fuhr er noch eine eiserne Reserve, bestehend aus fünf Kanistern mit je 20 Litern Inhalt oberhalb des Achterdecks.
Die ersten beiden Nachschlepptanks gingen schon beim ersten Versuch verloren. Der endgültige wurde achtern geballastet, vorn durch einen Hohlraum erleichtert, und mit diesem verbesserten Trimm verhielt Tillie sich ganz manierlich, solange *HALF SAFE* in Fahrt war. Sobald jedoch das Mutterschiff abstoppen musste, sei es um Brennstoff umzufüllen, verstopfte Leitungen zu reinigen oder sonstige Reparaturen auszuführen, verwandelte Tillie sich in tödliche Gefahr! Die erste nicht ganz sanfte Berührung würde das nur 1,6 mm starke Blech durchbohren! Da das plumpe Mutterschiff sehr viel rascher abstoppte als sein schlanker Schlepp, konnte jedes zufällige Stottern oder Stehenbleiben des Motors damit enden, das gebrechliche Schiff auf den Meeresgrund zu versenken.
Die Inneneinrichtung war von spartanischer Bescheidenheit. Eine einzige Querkoje wurde ganz achtern eingebaut. Die beiden Sitze des Jeep wurden beibehalten, doch unter dem einen wurde ein WC eingebaut, das dadurch tief unter der Wasserlinie lag. Allein schon dieser Umstand, ferner die beiden Rohranschlüsse an nur 1,6-mm-Stahlblech stellten ein riskantes Experiment dar.
Wenn sie vor Seeanker lagen, was häufig vorkam, schlief Carlin notdürftig auf den beiden Sitzen, indem der Zwischenraum provisorisch abgedeckt wurde. Frau Elinore war in ihrer Koje mit einer Liegelänge von 1,50 m auch nicht viel besser dran.
Die Kursstabilität auf See war so miserabel, dass man das Rad keinen Moment sich selbst

überlassen konnte. Mit Belly-Tank und Tillie voll beladen wurden bei glattem Wasser 3 Knoten Fahrt erzielt, bei etwas Seegang dagegen nur $2^1/_4$ Knoten. So wurde einmal ein bestes Etmal von 72 Seemeilen bei ganz glattem Wasser erzielt, nämlich eine Fahrt von 3 Knoten für volle 24 Stunden.
Das Geräusch des arbeitenden Propellers sowie des Wassers, das ständig gegen die dünnen Seitenwände schlug, dazu das unaufhörliche Rollen und Stampfen, veranlassten die zwar ständig seekranke, aber unerschrockene Frau Elinor zu erklären: Ich fühle mich wie in eine Waschmaschine gesteckt, nur werde ich statt sauber immer schmutziger und schmutziger. Der unter dem Boden gefahrene Belly-Tank besaß einen geringen Auftriebsüberschuss, solange er mit Benzin geladen war. Beim Umtanken wurde Benzin abgesaugt, zugleich strömte von unten Seewasser hinein. Schließlich wirkte der voll Seewasser gefahrene Tank als Stabilitätsverbesserer. Doch dies währte nicht lange. Carlin wurde immer häufiger durch polternde Geräusche unter dem Jeepboden beunruhigt, so dass dieser Tank schließlich abgetrennt und versenkt wurde. Leider wurde HALF SAFE dadurch nicht schneller. Erst später, als kurz vor Madeira auch noch der nachgeschleppte Tillie verlorenging, wurde eine Fahrt von $3^1/_2$ Knoten erreicht.
Die erste der Azoreninseln, Flores, erreichten sie nach 31 abenteuerlichen Tagen, abgemagert, schwer übermüdet und mit vielen Schäden an Schiff und Motor. Unterwegs war zweimal der Zylinderdeckel abgeschraubt worden, um die Brennkammern von Ölkohle zu reinigen. Insgesamt waren 2440 Liter Benzin verbraucht worden, 600 Liter hatten sie noch als Überschuss, und 300 Liter waren unterwegs verlorengegangen.
Auf der 550-Meilen-Strecke San Miguel-Madeira erlebten sie dann einen so schweren Sturm, dass niemand ihrer Bekannten von den Azoren ein Überleben für möglich gehalten hätte. Während $7^1/_2$ Tagen lagen sie beigedreht. Statt der auf 9 bis 10 Tage geschätzten Zeit brauchten sie für diese kurze Strecke 23 Tage. Sie spürten, wie die Seitenwände dem Wellenschlag nachgaben. Oft wurden sie völlig vom Seewasser eingedeckt, aber niemals von großen Brechern überrollt; das war ihr Glück!
Den Motor ließ Carlin langsam mitlaufen, um das Vorschiff gegen die See halten zu können. Als einmal eine größere Wassermenge durch ein Ventilationsrohr den Motor überschüttete, blieb dieser stehen. In höchster Eile wurden Zündkabel und Verteiler getrocknet, um erneut zu starten. Einige Stunden später, um 3 Uhr morgens, blieb der Motor erneut stehen, weil eine Dichtung an der Benzinpumpe geplatzt war. Der patente Carlin fertigte rasch eine neue Dichtung an. Aber sollte er den Motor gleich wieder starten, mit soviel Benzingasen im Motorraum? Oder sollte das Schiff quertreiben und überrollt werden ...? Also, er drückte auf den Starterknopf, und peng, eine Benzinexplosion folgte! Rasch griffen sie die notwendigsten Dinge und wollten sich schon ins Schlauchboot retten, als sie mit Erstaunen feststellten, dass es nur eine kurze, trockene Explosion war, der kein Brand folgte.
Sie kamen wirklich an, obwohl die erstaunliche HALF SAFE während des Orkans oft überschüttet wurde und trotz der vielen Abenteuer und Schäden, die sie erlitten hatten. Offenbar war das Benehmen des fast völlig untergetauchten Bootskörpers mit einem Baumstamm oder einer Flasche vergleichbar, die ja ebenfalls jeden Sturm überstehen. Carlin nannte es die *Theorie des U-Bootes*.
Gute Schwimmer, die sie beide waren, hatten sie nicht einmal Rettungswesten an Bord mitgeführt.
. .

in den letzten zehn Jahren hat der Reiz schneller Fahrt über offene Seestrecken immer weitere Kreise in seinen Bann gezogen und damit eine geradezu fieberhafte Entwicklung eingeleitet. Erstaunliche See- und Küstenrennen führten zu einem überraschenden Fortschritt im Bau seefähiger Rennboote, woraus mancherlei Lehren zu allgemeinem Nutzen abgeleitet werden können. Sehr groß ist der Anreiz, durch schnelle Fahrt auf See die lang anhaltenden Schönwetterperioden genussreich auszukosten, den sommerlich-kurzen Schlechtwetterperioden aber auszuweichen oder ihnen davonzulaufen.

Langsame Kreuzfahrt mit Motorbooten unterscheidet sich von den Hochseefahrten der Segelyachten nur durch ihre größere, nicht vom Winde abhängende Regelmäßigkeit. Sobald jedoch die übertriebene Antriebskraft starker Motoren angewandt wird, um auf See schnell zu fahren, scheiden sich die Parallelen. Windstärke 3 bedeutet für den Segler eine geruhsame, angenehme Segelbrise; erst Windstärke 4 erteilt ihm die erträumte flotte Fahrt unter Segel. Bei Windstärke 6 fängt es an, ungemütlich zu werden. Man segelt nass, das Boot krängt stark und stampft mehr, als von den meisten Seglern noch als angenehm empfunden wird. Will man Rennfahrten mit Motorbooten auf See damit vergleichen, so muss man die Skala um volle 2 Windstärken zurückschrauben? Windstärke Null ist für hohe Fahrt unter Motor ideal, Windstärke 4 dagegen bringt so tolle Sprünge hinzu, dass nur noch sportgestählte menschliche Körper den gewaltigen Anforderungen gewachsen sind. Jede nicht allzu kleine Welle wirkt auf Küsten-Rennboote wie eine Sprungschanze. Selbst windstille Tage sind auf See keine Garantie für schnelle Fahrt, denn eine zurückgebliebene Dünung erzeugt genau dieselben Effekte. Wie man in Abb. 108 so gut erkennen kann, wird das Boot als Folge der hohen Fahrt regelrecht in die Luft geschleudert. Dabei kommen die Propeller oft sogar vollständig aus dem Wasser, so dass die Motoren im Leerlauf überdrehen. Kurz danach schlägt das Boot wieder mit großer Heftigkeit aufs Wasser und wird dabei in eine Wolke von Spritzern und Schaum gehüllt. Zur Milderung dieses für Men-

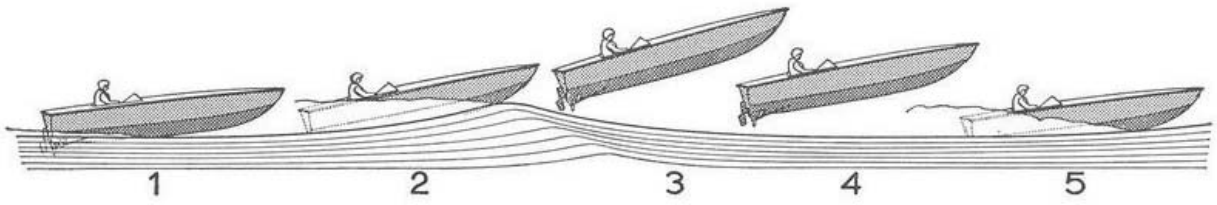


Abb. 108 Gleitboote in hoher Fahrt werden schon von verhältnismäßig kleinen Wellen in die Höhe geschleudert. Die Darstellung entspricht etwa Windstärke 4.
1. Das Boot in normaler schneller Fahrt.
2. Das Vorschiff trifft auf einen Wellenberg.
3. Das Boot wird mit Macht in die Höhe geschleudert. 4. Das Boot schießt mit erhöhtem Bug dahin.
5. Beim Aufschlagen soll das Heck als erstes wieder das Wasser berühren.

sehen und Material gleich gefährlichen Aufschlagens wurde die tiefe V-Spantform erdacht, ohne welche Seerennboote gar nicht denkbar sind.
In allen Wassersportzeitschriften wird das hochspringende Rennboot immer wieder im Bild vorgeführt, weil es auf den Beschauer einen mächtigen Eindruck macht. Man beachte aber einmal nicht das Boot, nicht das steile Ansteigen und die frei schlagenden Propeller, sondern den dahinter erkennbaren Seeraum. Oft kann man an der Kräuselung des Wassers, noch ohne weiße Schaumköpfe, Windstärke 3 erkennen. Oder vereinzelte weit auseinander liegende Schaumköpfe oder *Schäfchen* deuten an, dass vielleicht Windstärke 4 erreicht wurde. Der Sprung der Boote scheint geradezu im Widerspruch zur Umgebung stattzufinden. Die Glätte des Meeres wirkt aber täuschend aufs Auge, nicht nur im Lichtbild, sondern auch vom Ufer aufs Meer schauend. Wellen als solche sind nämlich erst erkennbar, wenn sich richtige Schaumköpfe ausbilden, und das wird erst ab Windstärke 5 deutlich. Es ist dies die höchste Windstärke, bei der eine seegehende Segelyacht noch ungerefft, d. h. mit voller Tuchfläche segelt. So genannte Offshore-Motorbootrennen sind aber bei diesem als gemäßigt zu bezeichnenden Seegang nicht mehr durchführbar. Nachstehende Tabelle gibt durchschnittliche Zahlen für Wellenhöhen und Windgeschwindigkeiten, wobei die Beschreibung der See den Grundlagen entspricht, die vom Internationalen Meteorologischen Komitee aufgestellt wurden.

Windstärke	mittlere Wind-geschwindigkeit Knoten	durchschnittliche Wellenhöhe	Wellenlänge
1	2	-	-
2	5	0,15 m	2,00 m
3	9	0,40 m	6,00 m
4	13	0,75 m	10,00m
5	18	1,50m	16,00 in
6	24	2,20 m	25,00 m
7	30	3,00 m	32,00 m
8	37	4,00 m	42,00 in
9	44	5,00 m	55,00 m
10	52	6,50 m	70,00 m

Wellenlänge und Wellenhöhe wurden für eine Wirkung des Windes von 5 Stunden Dauer angegeben. Bei längerer Dauer nehmen beide noch zu.

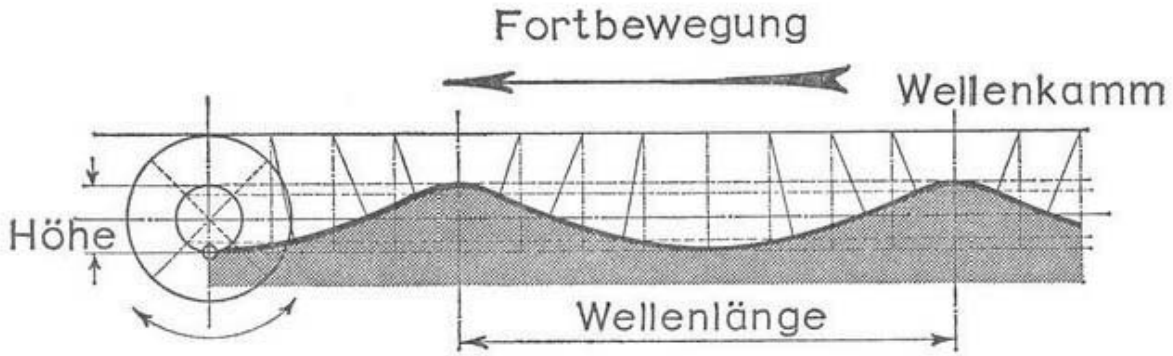


Abb. 109 Klassische Darstellung der Wellenform als so genannte Trochoide, eine verkürzte Zykloide, Der Umfang des Rollkreises ist gleich der Wellenlänge. Ein Punkt auf dem zweiten kleineren Kreis, dessen Durchmesser die Wellenhöhe darstellt, beschreibt beim Abrollen das Profil der Welle.

Windstärke
1 Leichte Kräuselung.
2 Kleine kurze Wellen erkennbar, keine Schaumköpfe.
3 Wellenlänge zunehmend, vereinzelte glasig wirkende Schaumköpfe.
4 Erst hier richtige Wellenbildung, weiße Schaumköpfe erscheinen.
5 Mäßige Größe der Wellen, zahlreiche weiße Schaumköpfe.
6 Größere Wellen bilden sich aus, überall weiße Schaumköpfe, beginnende Spritzer.
7 Seegang wird höher, von den Brechern ausgehende weiße Schaumstreifen überall sichtbar.
8 Seegang ziemlich hoch und mit langen Wellen. Wellenköpfe beginnen zu brechen, stärkere Schaumstreifen erkennbar.
9 Hoher Seegang, häufige Brecher. Schaumstreifen bedecken das Meer.
10 Sehr starker hoher Seegang mit überhängenden Wellenkämmen. Schwere See rollt dahin, die ganze See wirkt weißlich vor Schaum, die Sicht wird erschwert.

Wenn man die bisherige Geschichte der sportlichen Seefahrt nur etwas vorausprojiziert, so liegt der Tag bereits nahe, an dem das erste Transatlantikrennen für Motorboote veranstaltet werden wird. Doch eine kurze Überlegung weist bereits auf äußerst spannende technische Konflikte hin:

a) Geschwindigkeit steht im Widerspruch zu großer Distanz.
b) Geschwindigkeit steht aber auch im Widerspruch zum wahrscheinlich anzutreffenden Seegang.
c) Geschwindigkeit gefährdet die konstruktiven Verbände des Bootes sowie die mechanischen Installationen.

Werden Größe, Motorleistung oder Baukosten nicht beschränkt, so dürfte das leichteste Boot von großer Länge und mäßiger Motorleistung die besten Gewinnaussichten haben. Heutige Küsten- und Seerennen werden nur über verhältnismäßig kurze Entfernungen abgehalten, die in den meisten Fällen zwischen 150 und 200 Seemeilen betragen. Bei dem bedeutenden 500-Meilen-Bahamarennen wird unterwegs zum Nachfüllen von Brennstoff gestoppt. Für die kürzeste Atlantikfahrt muss man aber mit Entfernungen von weit über 1000 Seemeilen rechnen. Das ist die keineswegs wetterfreundliche Strecke von Horta auf den Azoren nach St. Johns in Neufundland. Von den Azoren kann man aber auch einen südlicheren und mehr einladenden Kurs wählen, sei es nach Bermuda oder den Westindischen Inseln. Dorthin muß man jedoch Distanzen im Bereich der 2000 Seemeilen in Rechnung ziehen. Wegen der sehr großen mitzuführenden Brennstoffmenge ist ein Vergleich mit den bisher entwickelten Booten der Offshorerennen nicht möglich, auch wenn man die mit ihnen gewonnenen Erfahrungen soweit wie möglich berücksichtigt. Da das längste Boot in jedem Falle die größten Gewinnaussichten hätte, kann ein solches Rennen ohne vernünftige Längenbeschränkung der Boote nicht auf eine gerechte Grundlage gestellt werden. Richtiger noch wäre es, nicht allein die Geschwindigkeit zu belohnen, sondern auch die Wirtschaftlichkeit (denn das Verhalten im Seegang belohnt sich von selbst). Zu diesem Zweck müsste eine Ausgleichsformel geschaffen werden, deren Aufbau solche Faktoren wie Bootsgröße, Motorleistung und Brennstoffverbrauch mit einschließt.

Liegt eine vernünftige Grundlage vor, wird ferner eine verlockende, möglichst sturmfreie Route gewählt, so könnte ein aufregender Wettkampf um die technisch und seemännisch beste Lösung entbrennen ... sofern die Boote nicht zu teuer werden und sich genügend mutige finanzkräftige Teilnehmer zu diesem neuzeitlichen Abenteuer verlocken lassen.
Der Ausdruck Motorbootrennen erweckt den Eindruck, als ob auf jeden Fall hohe Geschwindigkeiten gefahren werden müssten. Auf offener See wird es nur in seltenen Fällen gelingen, *schnelle* Rennen über größere Entfernungen durchzuführen. Müssen aber Hochseerennen unbedingt schnell sein? Bereits im Jahre 1907 wurde das erste *langsame* Rennen über große Seestrecken mit Erfolg veranstaltet.
Die damaligen Bermudarennen sind Beispiele für typische *langsame* oder ökonomische Wettfahrten. Sie wurden mit Motorkreuzern von der Art des langen, schmalen Verdrängungsbootes durchgeführt, mit Längen zwischen 12 und 18 m. Trotzdem überschritt die höchste überhaupt angewandte Motorleistung nicht die 65 PS. Es sei hinzugefügt, dass beiden damaligen Rennen eine Ausgleichsformel angewandt wurde. Nach dieser bekamen die teilnehmenden Boote eine individuelle Zeitvergütung, die im wesentlichen von der WL- Länge und der Motorleistung ausgehend errechnet wurde.

Neuzeitliche See- und Küstenrennen

Seit dem Jahre des ersten Motorbootrennens, 1903, gewannen Wettbewerbe um höchste Geschwindigkeiten auf dem Wasser eine ständig zunehmende Verbreitung. Mit sehr kleinen Booten und sehr leichten Hochleistungsmotoren wurde Erstaunliches erreicht, sowohl im Rennen wie bei Rekordversuchen einzelner Boote. Sie fanden jedoch alle unter einer ganz bestimmten Voraussetzung statt: *glattes Wasser!*
Über fünfzig Jahre später, nämlich erst im Jahre 1956, beginnt die Geschichte schneller Motorbootrennen über *offene Seestrecken.* In jenem Jahre fand das erste Rennen Miami-Nassau statt. Die Rennstrecke führte von Miami im Staate Florida auf dem amerikanischen Festlande über 165 Seemeilen zur Stadt Nassau auf der Bahama-Insel New Providence. Es ist gerade dort, wo sich der Golfstrom durch seine engste Stelle quält. In den ersten drei Jahren suchte man tastend nach dem am besten geeigneten Bootstyp. Das große Runabout mit sehr starker Motorleistung oder der Rennkreuzer von noch größeren Abmessungen, alles wurde versucht und bewährte sich mehr oder weniger, je nach dem herrschenden Wetter. Schließlich erschien im Jahre 1960 zum ersten mal ein Boot in der von Raymond Hunt entworfenen tiefen V-Spantform und bewirkte dadurch eine Umwälzung auf dem gesamten Gebiet der See-Motorbootrennen.
Als nur ein Jahr später, nämlich 1961, in Europa das erste Seerennen vor Englands Süd-küste stattfand, wurde es von einem Boot gewonnen, das ebenfalls von Ray Hunt in der tiefen V-Spantform entworfen war.
Mit dem englischen Cowes-Torquay-Rennen fand dieser Sport seinen Eingang in Europa. Während der ersten Jahre wurde das Rennen über 156 Seemeilen gefahren, doch in letzter Zeit wurde es auf 198 Seemeilen ausgedehnt, indem Start und Ziel nach Cowas auf der Insel Wight verlegt wurden. In der Zwischenzeit wurden solche Seerennen zur festen Ein-

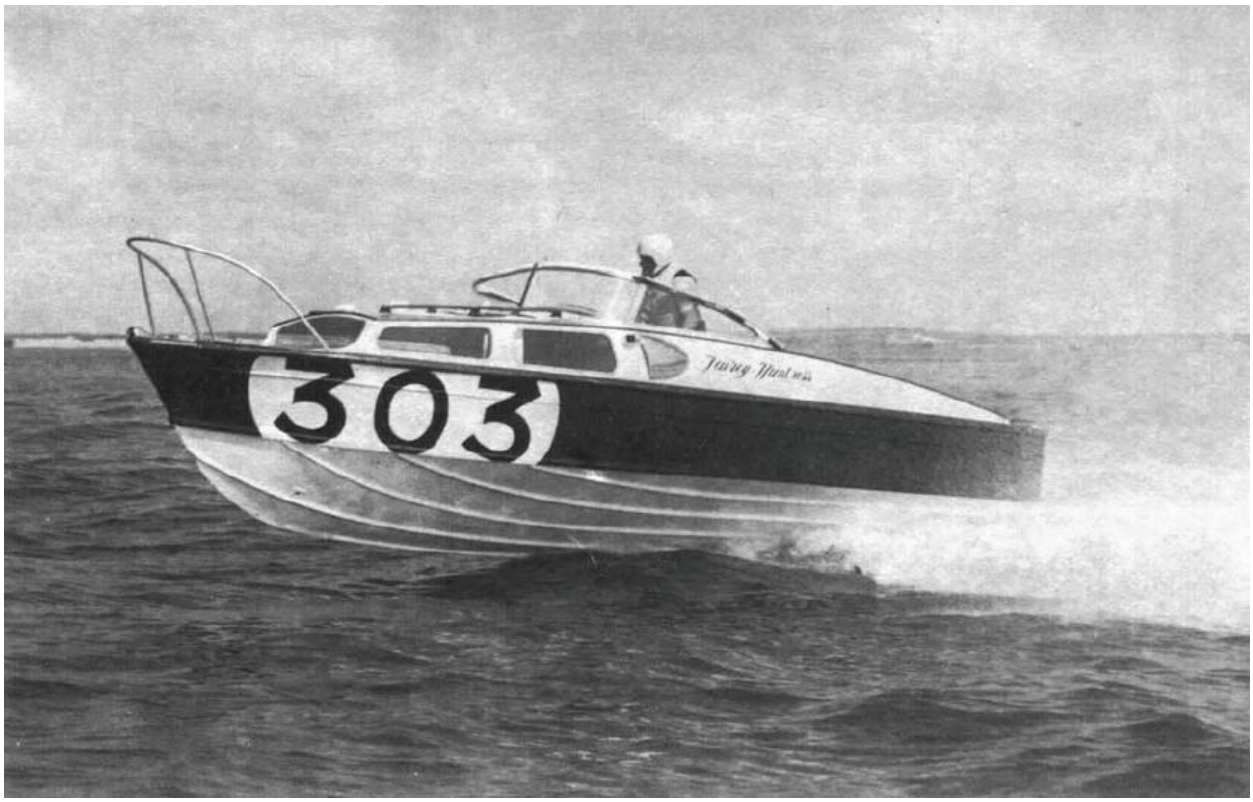


Foto 55 Kleiner seefähiger Sportkreuzer „Fairey Huntress 23". Dieses Boot von 7,00 m Länge und 2,60 m Breite wird serienmäßig mit einem 135-P5-Perlons-Diesel ausgerüstet. Das Boot hat sich bei englischen Küstenrennen nach Leistungs-lndex bestens bewährt. Bauwerft: Fairey Marine, Hamble (England), *Foto: Beben and Son*

Foto. 56 Amerikanisches Offshore-Rennboot der "Formula"-Serie. In Glasharz hergestellt von Thunderbird Products Corp, Miami, Die Bootsform im tiefen V-Spant ist ein Wynne-Walters-Entwurf, der viele Erfolge in Seerennen erzielte. *Foto: Thunderbird, USA*

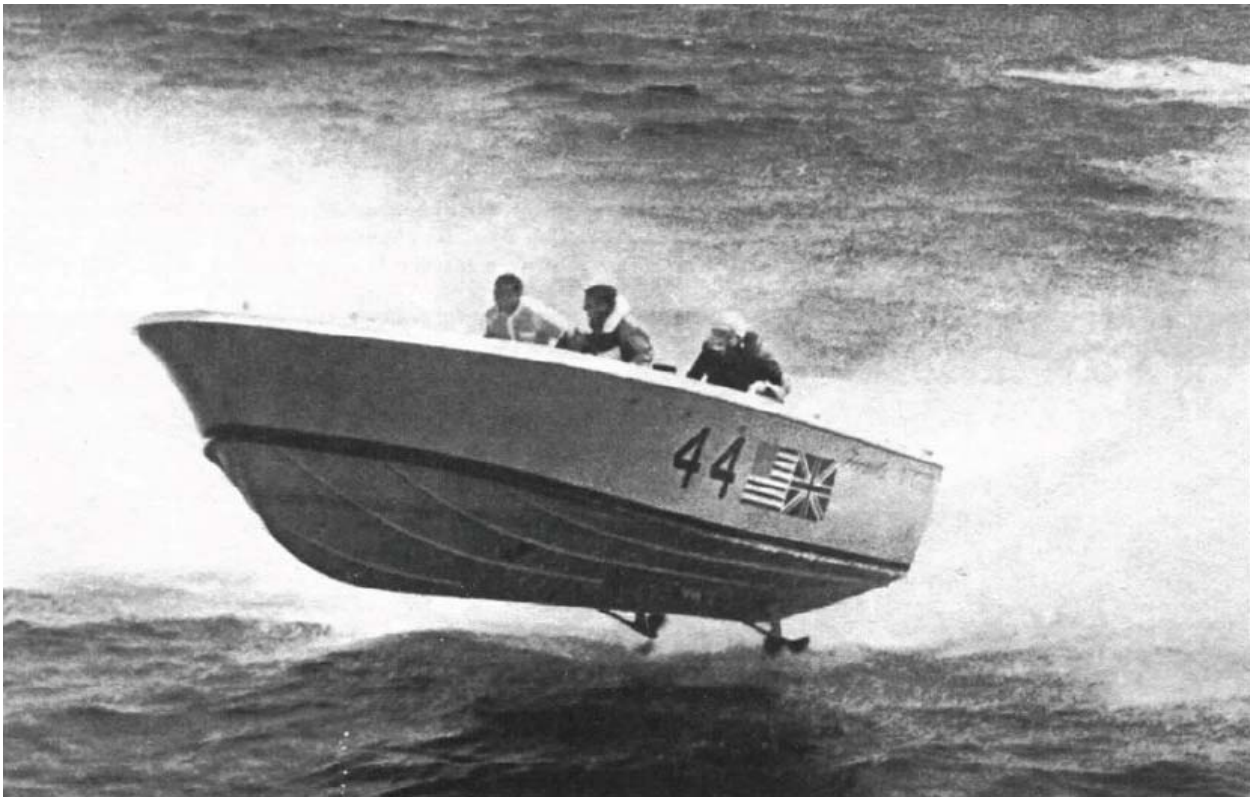




Foto 57 „Ghost Rider" gewann das Cowes-Torquay-Rennen 1966. Das Boot wurde nach Wynne-Walters-Plänen von W. A. Souter & Son in Cowes (Insel Wight) mehrschichtig in Holz verleimt erbaut. Foto: Beken and Son



Foto 58 Modernes Offshore-Rennboot, angetrieben von vier Mercury-Außenbordmotoren mit insgesamt 500 PS Leistung. Es hat einen Cary-Glasharz-Bootskörper von 9,71 m Länge.
Foto: Kiekhaefer Mercury

Foto 59 „The Cigarette". Mit diesem Boot gewann der amerikanische Rennfahrer Don Aronow die Offshore-Weltmeisterschaft des Jahres 1969. Das Boot ist ebenfalls ein Cary-Glasharz-Bau, jedoch angetrieben von zwei 475-PS-Mercruiser-2-Antriebsmotoren. Foto: Kiekhaefer Mercury



richtung in zahlreichen Seeräumen, sowohl im Mittelmeer und im schwedischen Bereich der Ostsee wie auch an der amerikanischen Pazifikküste und in Südamerika. Die wachsende Popularität solcher Rennen trug dazu bei, dass die *Union Internationale Motonautique im* Jahre 1965 ein Punktsystem einführte, um für jedes Jahr einen Weltmeister in Offshorerennen zu ermitteln. Jedes Mitgliedland des internationalen Verbandes kann zwei solcher Rennen organisieren und zur Anerkennung vorschlagen. Bedingung für die Bewertung ist nur, dass die See- und Küstenrennen über eine Distanz von mindestens 150 Seemeilen führen, wobei keine Stoppstellen eingefügt werden dürfen, aber auch kein Nachtanken von Brennstoff erlaubt ist.
Die nun folgende Zusammenstellung der wichtigsten Daten aus dem Cowes-Torquay-Rennen sagt mehr als Worte über die Entwicklung im Seerennwesen. Auffallend ist die zahlenmäßig sehr große Beteiligung von Dieselmotoren. Durch das höhere Gewicht der Motoren sind diese Boote zwar etwas benachteiligt, doch wird dieser Umstand ganz offensichtlich durch die größere Ausdauer und das zugelassene größere Hubvolumen der Motoren wettgemacht.

Cowes-Torquay-Rennen

Jahr	Sieger	Länge ü. a. m	Gesamt-leistung PS	Durchschnitts-geschwindigkeit	
				Knoten	km/h
1961	THUNDERBOLT	7,65	600	22,0	40,7
1962	TRAMONTANA 1	13,10	2300	32,0	59,0
1963	A'SPERANZELLA	9,15	800	35,5	65,5
1964	SURFRIDER	9,45	760	42,5	78,0
1965	BRAVE MOPPIE	11,00	11o0	34,5	63,5
1966	GHOST RIDER	8,50	1000	35,5	65,5
1967	SURFURY	11,00	1100	46,0	84,5
1968	TELSTAR	7,70	600	33,0	61,0
1969	THE CIGARETTE	9,75	950	57,7	105,0

Fortsetzung der Tabelle

Jahr	Gemeldete Boote			Gestartet	Gültig an-gekommen	Ausfälle
	Benzin	Diesel	Total			%
1961	23	13	36	27	9	67
1962	37	10	47	41	15	63
1963	40	14	54	50	28	44
1964	34	14	58	45	39	13
1965	36	24	60	50	27	46
1966	27	19	46	39	18	54
1967	42	20	62	58	39	33
1968	48	18	66	54	18	67
1969	46	29	75	53	41	23

Die Zahl der Ausfälle ist durchschnittlich sehr groß, und zwar ist sie in bedeutendem Maße vom Wetter abhängig. Schönwetterrennen mit glattem Wasser gab es in den Jahren 1964,

1967 und 1969. Das sind die Jahre der geringsten Ausfälle und höchsten Geschwindigkeiten. Vergleicht man dazu die Schlechtwetterjahre 1965 und 1968, so fällt auf, dass das erste von einem sehr großen Boot mit Dieselantrieb gewonnen wurde, das letzte jedoch von einem sehr kleinen Boot mit Antrieb durch Benzinmotoren. Gerade der Sieg des Bootes TELSTAR ist überraschend, denn dieses verhältnismäßig kleine Boot gewann das Rennen unter den bisher härtesten Wetterbedingungen! Hervorragende Eigenschaften im Seegang trugen gewiss dazu bei, vor allem aber die geschickte Taktik des Fahrers, der mehrfach etwas längere Distanzen abfuhr, um das dort glattere Wasser auszunutzen.
Nicht alle Ausfälle werden durch Schäden als Folge des Seegangs hervorgerufen. Selbst sehr sorgfältig gebaute Boote mit zuverlässigen Installationen mussten mitunter aus trivialen Gründen aufgeben. So kam es vor, dass der Brennstoffvorrat kurz vor dem Ziel zu Ende ging oder dass eine Wettfahrtregel nicht korrekt eingehalten wurde.
Lässt man die aus dem Rahmen fallende große TRAMONTANA 1 des Jahres 1962 weg, so ergibt sich für die Abmessungen der siegenden Boote folgender Durchschnitt: Länge über alles = 9,20 m, Antriebsleistung je Boot = 850 PS. Mit einem solchen Normal-Renner in tiefer
V-Spantform sollte bei Windstille und glattem Wasser ein Renndurchschnitt über größere Strecken von rund 120 km/h erzielt werden. Herrscht eine leichte Brise von Windstärke 2, so sollte noch eine Geschwindigkeit von 90 km/h durchgehalten werden. Bei Windstärke 3 kann man schätzungsweise eine Geschwindigkeit von 70 km/h erzielen. Windstärke 4 stellt die Grenze für das Austragen solcher Rennen dar (sie herrschte beim Rennen des Jahres 1968). Dabei sollte noch eine Durchschnittsfahrt von 60 km/h möglich sein.

Das erste 500-Meilen-Bahamasrennen

Es soll hier kurz erwähnt werden, weil es das längste aller nunmehr regelmäßig durchgeführten Motorbootrennen über offene Seestrecken darstellt, führt es doch über eine Distanz von 445 Seemeilen (512 statute Meilen).
Als dieses Rennen im Mai 1967 zum erstenmal gestartet wurde, herrschte ein ziemlich harter Seegang. Da der Kurs zwischen den Bahamas-Inseln ausgelegt worden war, wirkte dieser allerdings nur streckenweise störend. Doch man höre: Von 61 gestarteten Booten erreichten nur 16 das Ziel! Ein Boot wurde durch Feuer vernichtet, zwei Boote sanken auf den Meeresgrund, 42 weitere Boote mussten aufgeben, meistens als Folge mechanischer Schäden an den Installationen wie auch an den Bootskörpern. Unter den ankommenden Booten befand sich sogar ein typisch amerikanisches Hausboot mit niedrigem Rumpf und hohen Aufbauten. Allerdings hatte der Rumpf die bei Hausbooten sonst nicht übliche tiefe V-Spantform erhalten. Außerdem wurde das Boot vorsichtig genug gefahren und kam dadurch nur auf einen Durchschnitt von 26 km/h. Der Sieger erzielte den wahrhaftig erstaunlichen Fahrtdurchschnitt von 74 km/h, und die sechs nachfolgenden Boote kamen alle auf Durchschnitte von 60 km/h oder darüber. Die motorischen Antriebe der ersten sechs Boote hatten folgende Charakteristik:

siegendes Boot	2 Motoren mit Z-Antrieb
zweiter und dritter	je 3 Außenbordmotoren
vierter bis sechster	je 2 Einbaumotoren

Das erste Rennen „Rund um Großbritannien“

Als für das Jahr 1969 ein derartiges Rennen über insgesamt 1405 Seemeilen angekündigt wurde, erweckte es in den Kreisen der Motorbootsportler der ganzen Welt lebhaftes Interesse. Welche Lehren würde ein solches Rennen aufdecken? Welche Gattung von Booten würde sich im Durchschnitt auf den 10 Etappen dieses langen Rennens am besten bewähren? Der Phantasie war viel Raum gelassen worden, denn auch Gummischlauchboote konnten teilnehmen. Ursprünglich war sogar ein Rennboot aus Dünnwand-Stahlbeton als Teilnehmer angekündigt, und zwar sollte es einen sehr modernen Leichtgewichts-Dampfantrieb erhalten. Leider wurde es um dieses Projekt bald wieder still, doch liegen Überraschungen solcher Art sehr im Bereich des Möglichen.

Von den 10 Teilstrecken waren nur zwei unter 100 Seemeilen lang; die Mehrzahl führte über Distanzen zwischen 150 und 185 Seemeilen. Am Start erschienen 41 von den 50 gemeldeten Booten, eine auf abenteuerliche Geschwindigkeit abgestimmte Ansammlung von Booten höchst abwechslungsreicher Konzeption. Diese reichte vom großen Gummischlauchboot mit Außenbord-Antrieb bis zum 17 m langen südarabischen Marineschnellboot. Von den 41 gestarteten Rennbooten erreichten 24 das Ziel. Ein so hoher Prozentsatz beweist, dass die Lehren der vorangegangenen Cowes-Torquay-Rennen bestens angewandt wurden. Vor allem handelte es sich hier ja um mehr als nur ein Rennen; es waren insgesamt zehn, von denen drei Viertel über Distanzen ähnlicher Länge gefahren wurden. Allerdings herrschte über den größten Teil des Rennens gutes Wetter. Nur zwei der zehn Teilstrecken, beide an der Nordostküste gelegen, wurden durch stärkeren Seegang gestört. Unter den ersten 12 Booten, die das Rennen erfolgreich beendeten, befand sich nur ein einziges über 10 m langes Boot, nämlich ein in Leichtmetall erbautes Rennboot von 12,20 m Länge, angetrieben von zwei 350-PS-Dieselmotoren. Die übrigen 11 Boote waren zwischen 7,50 und 8,50 m lang. Davon waren 7 Bootskörper schichtverleimt in Holz erbaut, die restlichen 4 aus Glasharz.

Das siegende Boot wurde von 3 Außenbordmotoren mit je 125 PS Leistung angetrieben, das zweite von 2 Einbau-Benzinmotoren mit je 450 PS Leistung. Bereits als drittes erschien ein Dieselboot mit zwei Motoren von nur je 164 P5 Leistung. Unter den vorgenannten ersten 12 Booten im Ziel befanden sich nicht weniger als sieben mit Dieselantrieb. Nachstehende Unterteilung gibt Aufschluss über die verschiedenen Antriebsarten sowie über die bis zum Ziel durchhaltenden Boote:

	gemeldet	gestartet	am Ziel
Boote mit Dieselantrieb	27	24	15
Boote mit BenzinEinbaumotoren	18	13	7
Boote mit Außenbordmotoren	5	4	2
Insgesamt	50	41	24

Bei dieser Langstrecken-Rennserie hatte man großes Vertrauen in das Durchstehvermögen der Dieselmotoren gelegt, und im Endergebnis erkennt man, dass dieser Gedanke vollkommen gerechtfertigt war. Nach dem Sieger mit Außenbordmotoren und dem zweiten mit Einbau-Benzinmotoren folgten im Ziel nicht weniger als 5 Boote mit Dieselantrieb. Erst als achtes folgte wieder ein Boot mit leichten Benzinmotoren.

Eine Riesensumme von Erfahrungen wurde bei allen diesen sowie den früheren Offshore-Motorbootrennen gewonnen. Abschließend werden diejenigen Schäden aufgeführt, die am häufigsten zum Aufgeben der Boote im Rennen führten-

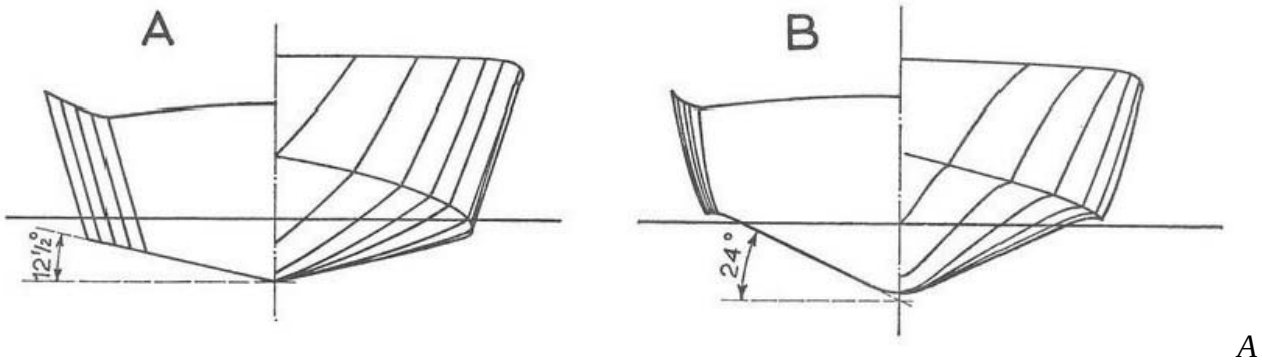
Brennstoffsystem: Als bedeutendster Einzelfaktor stellten sich aufgeplatzte Nähte der Brennstofftanks heraus. Flache Tanks mit scharfen Ecken waren dabei besonders gefährdet, zylindrische Tanks bewährten sich am besten. hinzu kamen Schäden durch unzureichende Befestigung der Tanks, Defekte an Brennstoffleitungen sowie deren Förderpumpen und Filter.
Bootskörper: Strukturelle Schäden treten immer wieder auf, jedoch seit Einführung der tiefen V-Spantform in geringeren Maße. Hervorragend bewährten sich schichtverleimte Holzboote, doch können auch in Glasharz und Leichtmetall alle Schwierigkeiten überwunden werden. Immer wieder rang sich die Überzeugung durch, dass wirklich zuverlässig gebaute Boote mehr aushalten als ihre Besatzung.
Mechanische Fehler: Häufig stellte sich die Motorbefestigung als unzureichend heraus, Auspuffanschlüsse wurden abgerissen, doch traten auch Schäden an den Motoren selbst sowie an Z-Antrieben und Winkelgetrieben auf.
Elektrosystem: An erster Stelle wurden loskommende Batterien festgestellt. Bei Benzin-motoren kam Nasswerden oder Ausfall des Zündsystems hinzu, gelegentlich auch ein Versagen beim Starten.
Ruderanlage: Schäden traten sowohl in den Ruderleitungen auf wie auch an den Rudern selbst.
Trimmklappen: Gelegentlich versagte die Betätigung dieser für guten Trimm im Rennen so wichtigen Klappen.
Ballastsystem: Oft wird zur Dämpfung des Springens Wasserballast im Vorschiff gefahren, der je nach der Wellenbildung abwechselnd entleert und wieder gefüllt wird. Dabei versagt nicht selten die Vorrichtung zum Wiederauffüllen.

Bei der Aufzählung wurde im allgemeinem die Reihenfolge der Häufigkeit eingehalten. Eine Ausnahme wurde nur mit dem zahlenmäßigen Anteil der Schäden an Bootskörpern selbst gemacht, denn diese sollten an letzter Stelle stehen. Leider sind solche Havarien meistens auffallend und bedeuten nicht selten den Totalverlust durch Absinken, weshalb sie oben bereits an zweiter Stelle aufgeführt wurden.

Boote für See- und Küstenrennen

Der tiefere Sinn im Abhalten von Rennen über Strecken mit Seegang liegt in der Entwicklung geeigneter Boote, die dem Seegang gewachsen sind. Es hätte keinen Reiz, solche Rennen bei vollkommen glattem Wasser durchzuführen. Ganz im Gegenteil, solche Rennen sind schon abgesagt worden, wenn zu ruhiges Wetter herrschte und zu glattes Wasser den Sinn des Rennens verfälschen würde.
Welche Bootsgrößen haben sich bewährt? Welche Formen stellten sich als geeignet heraus,

den großen Beanspruchungen im Seegang standzuhalten? Dies zu untersuchen ist eines der interessantesten Kapitel in der technischen Entwicklung des Motorbootsports. Wollte man das Hochschleudern des Bootes ausschalten, so müsste dieses durch die Wellen hindurchgetrieben werden. Ob ein solches Vorhaben mit einer messerscharfen Form, verbunden mit größerer Massenträgheit, gelingen würde, bleibt dahingestellt. Auf jeden Fall würde eine plötzliche starke Widerstandszunahme entstehen, die äußerlich an einem Sprühregen von Wasser erkennbar wäre und das ganze Boot überdecken würde. - Eine weitere Möglichkeit bestände darin, einen fast vollständigen aerodynamischen Auftrieb zu erreichen, vielleicht durch angesetzte Flügelstummel, so dass das Boot nur eben leicht die Wellenkämme berühren würde ...
Jede Bootsform bedeutet eine Kompromisslösung, wie sie nirgends so deutlich wie hier zu erkennen ist. Je schärfer der Boden gekielt wird, desto mehr werden die Aufschlagskräfte abgeschwächt, und desto weniger wird das Boot von der Welle in die Höhe geschossen. Diesen positiven Eigenschaften stehen aber ebenso viele negative gegenüber: der Fahrtwiderstand wird größer, die Geschwindigkeit geringer, und beim Auftreffen wird das Boot heftiger von Spritzwasser überschüttet und zugleich die Fahrt stärker abgebremst.



A

bb. 110 Zwei Spantformen für gutes Verhalten im Seegang. Unter A die am David-Taylor-Modell-Basin entwickelte Form für schnelle Boote mit 12½ Grad Aufkimmung. Spantenriss B zeigt eine moderne Abwandlung der tiefen V-Spantform nach Raymond Hunt mit 24 Grad Aufkimmung.

Obige zwei Spantenrisse *A* und *B* erläutern die verschiedenen gegensätzlichen Tendenzen. Der links wiedergegebene Spantenriss wurde nicht allein auf Geschwindigkeit entworfen, sondern auch auf verbessertes Verhalten im Seegang. Man erkennt dieses an der Aufkimmung von 12½ Grad. Die Form als solche wurde bereits früher vorgeführt; sie entstand im David-Taylor-Modell-Basin und zeichnete sich durch besonders geringen Fahrtwiderstand aus.
Rechts unter *B* wird eine Weiterentwicklung der ursprünglich von Raymond Hunt erdachten tiefen V-Spantform gezeigt. Gegenüber der Originalform wurde die Kielpartie abgerundet, ferner wurde die Kimm als Spritzabwehrleiste ausgebildet. Man beachte ferner, dass die Kimmkante in Ruhelage über der Schwimmwasserlinie bleibt, im Gegensatz zum Spantenriss *A*. Die starke Aufkimmung von 24 Grad gilt heute als gesunder Mittelwert für Küstenrennboote und hat sich bisher im praktischen Rennbetrieb bewährt. Nur 12 Grad anzuwenden käme zwar der Glattwasserfahrt zugute, würden aber das Springen und die Aufschlagskräfte im Wellengang erheblich vergrößern.
Als das Cowes-Torquay-Rennen des Jahres 1963 vom italienischen Boot A'SPERANZIELLA gewonnen wurde, erweckte eine neuartige Abwandlung der Form allgemeine Beachtung.

Statt der bisher dominierenden tiefen V-Spantform, die mit einem schnurgeraden, von vorn bis achtern durchlaufenden Keil verglichen werden kann, brachte der italienische Konstrukteur Renato Levi den Begriff der *Deltaform* ins Gesichtsfeld. Von der Seite gesehen, entsteht bei dieser ein fast dreieckiges Profil, vorn in einer Spitze endend; aber auch der Grundriss erhält eine vergleichbare dreieckige Form mit der Spitze vorn. An Stelle des weitausladenden Vorschiffs wurde die Deltaform allseitig beschnitten, gewissermaßen um den Kräften des Wassers jede Angriffsfläche zu entziehen.
Der Spantenriss *C* in Abb. 111 lässt den Unterschied im Vorschiff deutlich erkennen. Darüber hinaus fällt aber auch eine bedeutend stärkere Abrundung der gesamten Querschnittsform ins Auge. Eine scharfkantige Kimm ist kaum noch erkennbar, ja, sie wurde beim Bau sogar vollständig vermieden. Die Beplankung wurde vom Kiel zum Deck durchlaufend

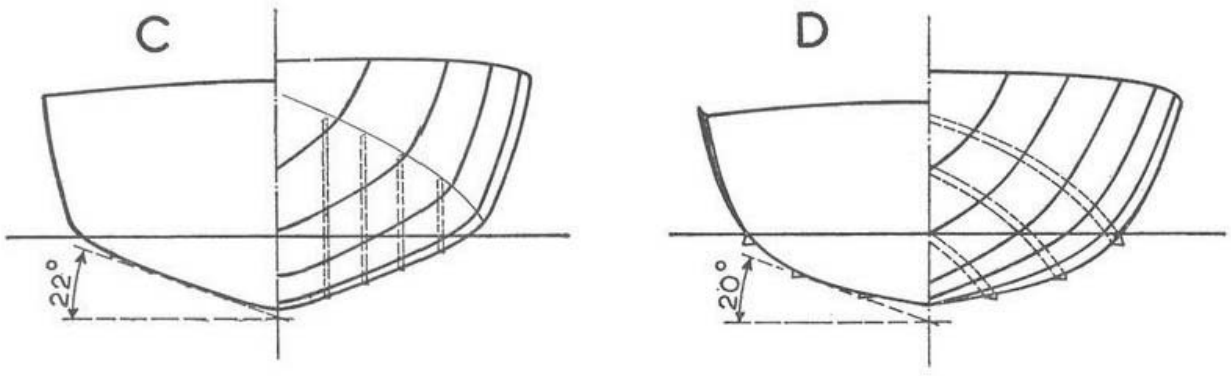
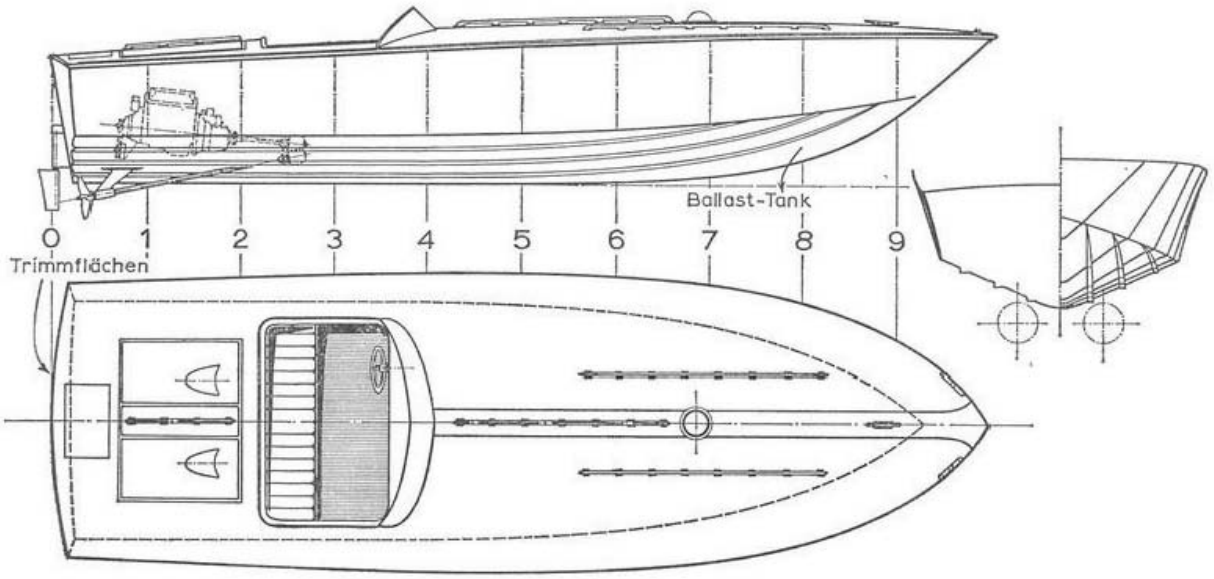


Abb. 111 Die von Renato Levi entwickelte so genannte Deltaform. Wie unter C gezeigt, besitzt sie eine gerundete Spant form und etwa 22 Grad Aufkimmung. Es gibt aber auch vollkommen runde Spantformen für Rennboote nach D. Durch untergesetzte Stützleisten werden scharfe Trennkanten für den Abriss des Wassers geschaffen. An derartigen runden Formen kann ein Aufkimmungswinkel kaum noch bestimmt werden.

ausgeführt und schuf durch Ausschalten des schwächenden Kimmknicks eine höhere strukturelle Festigkeit ohne zusätzliches Baugewicht. Die unbedeutende Kimmkante, nur noch als Spritzabweiser dienend, nicht aber zum Tragen oder Stabilisieren, wurde einfach nachträglich auf die fast runde Form aufgeschraubt und geleimt. Renato Levi hat diese Form mit Erfolg weiterentwickelt, ja mit unwesentlichen Abwandlungen sogar auf normale Motorkreuzer angewandt, um deren Verhalten im Seegang zu verbessern.

Im Spantenriss *D* erkennt man nun eine erstaunliche Weiterentwicklung: wahre Rundspantform für Rennboote! Wozu wird eine Kimm überhaupt gebraucht, wenn sich die Boote in Fahrt so weit herausheben, dass nur noch eine keilförmige Partie am Heck mit dem Wasser in Berührung steht? Aufgeleimte Bodenleisten dienen nicht allein zur Milderung der Stöße und zum Abweisen des Spritzwassers, sondern auch der Führung des Wassers nach Art einer Miniaturkimmkante.
In den Vereinigten Staaten wurde die tiefe V-Spantform für schnelle Fahrt im Seegang in einer solchen Art weiterentwickelt, dass geradezu ein Normaltyp von Rennboot entstand. Mit mehr oder weniger großen Abwandlungen wird dieser von einer Reihe von Spezialwerften und Konstrukteuren gepflegt, in jedem Falle von der tiefen V-Spantform ausgehend. Wie das amerikanische Offshore-Normalboot aussieht, wird in Abb. 112 gezeigt. Die Abmessungen entstanden als Durchschnitt zwischen mehreren erfolgreichen Renn-



Abb, 112 Modernes amerikanisches Offshore-Rennboot, dargestellt als Durchschnitt mehrerer bewährter Boote. Die beiden *Motoren liegen weit im Heck, kurz* davor die *Fahrerplicht. Im Vorschiff wird zeitweilig Trimmballast gefahren, Zwei Trimmklappen am Spiegel sorgen für weiteres Anpassen an die Fahrtverhältnisse. Der Typ entstand aus den Formideen Raymond Hunts, gepaart mit den Erfahrungen Richard Bertrams und seiner Mitarbeiter. Nachstehend die Durchschnitts-Abmessungen:*

Länge ü.a..... 9,15 m Zwei 500-PS-Benzinmotoren
Breite ..... 2,90 m Aufkimmung 24 Grad

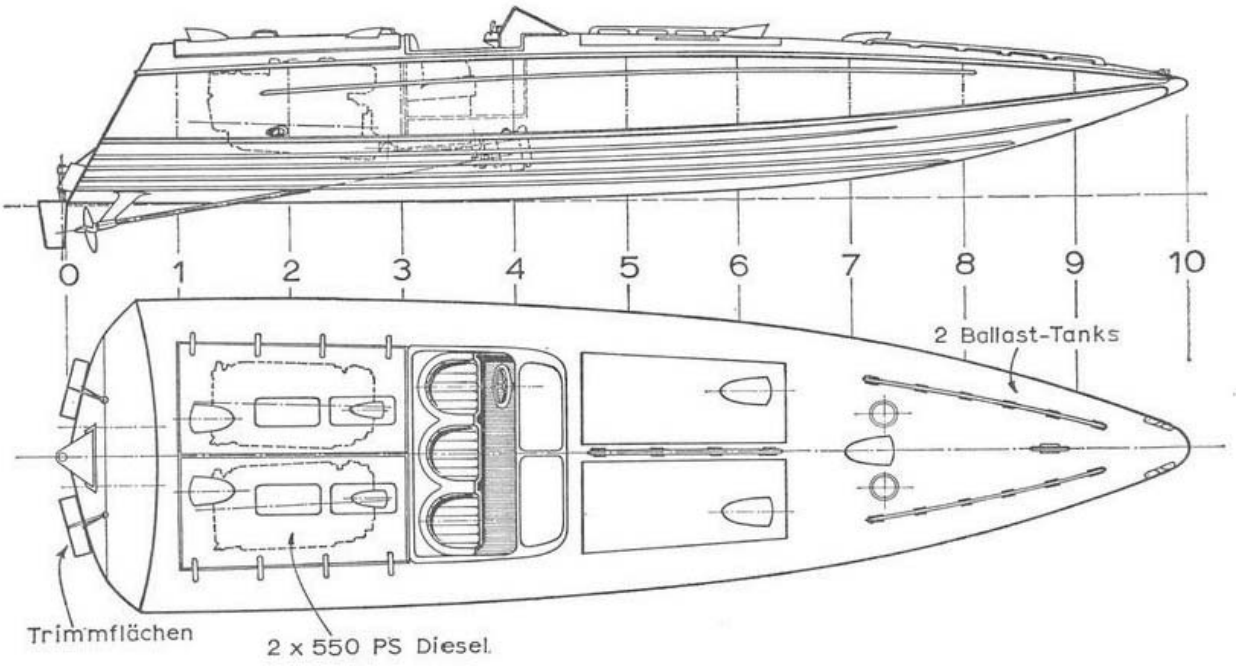
booten. Mit einer Länge ü. a. von 9,15 m und einer Breite von 2,90 m stellt die Zeichnung das so genannte 30-Fuß-Boot dar.

Beim Springen des Bootes sind zwei Punkte besonders zu beachten: das Boot muss möglichst mit der achteren Partie zuerst aufschlagen, um nicht zu plötzlich Fahrt zu verlieren und eventuell aus dem Kurs zu scheren; ferner sollen die Fahrer ihren Platz soweit wie möglich achtern finden, weil die zermürbenden Beschleunigungen und Verzögerungen dort weniger heftig auftreten.

Beides wird im Entwurf des amerikanischen Bootes bestens vereinigt. Alle Gewichte liegen weit im Heck, vor allem die beiden Motoren, die trotz leichtester Ausführung stetes das größte Einzelgewicht darstellen. Sie arbeiten nach vorn über ein Winkelgetriebe, von wo aus zwei normale Schraubenwellen nach achtern führen und zwei Propeller antreiben. Bei Rennbooten dieser Art hat ein einziger Mittelpropeller ebenfalls Vorteile gegenüber der Verwendung von zwei Seitenpropellern. Er liegt nämlich tiefer im Wasser und behält beim Springen einen besseren Griff im Wasser. Seitenpropeller liegen schon früher frei in der Luft und erlauben den Motoren das unkontrollierte Durchdrehen. Auch erreicht der größere Mittelpropeller einen besseren Wirkungsgrad. So wird gelegentlich ein Sondergetriebe angewandt, bei dem zwei Motoren auf eine gemeinsame Welle arbeiten. Das Hauptproblem dabei ist nicht der Leistungsverlust innerhalb des Getriebes (eher schon die bedeutenden Kosten), sondern die stärkere Neigung der Propellerwelle. Im allgemeinen halten sich Vor- und Nachteile die Waage.

Beim Vorschiff steht in der Zeichnung eine Bemerkung: Ballast-Tank. Ballast in Rennbooten? wird man sich fragen. Doch hat seine Anwendung eine sehr gewichtige Begründung. Jedes Boot findet im Rennen ständig wechselnde Bedingungen des Zusammentreffens mit

dem Seegang. Nicht nur, dass Wellenhöhe und -länge auf den einzelnen Abschnitten der Bahn verschieden auszufallen pflegen, sondern auch der Einfluss der Fahrtrichtung kommt hinzu: gegen an, mitlaufend oder quer zu den Wellen. Es ist streckenweise günstig, mit hoch herausragendem Bug zu fahren, an anderen Stellen wiederum wäre es besser, den Bug flacher zu trimmen. Wasser steht in beliebiger Menge als Trimmballast zur Verfügung, und so wird während der Fahrt entweder Wasser in die vorderen Tanks gepumpt, oder man lässt es ausfließen, so wie es den Umständen am besten entspricht. Dabei wird zum Auffüllen keineswegs eine Pumpe benötigt, denn allein der Staudruck auf einen kleinen Einlass-Rohrstutzen unter dem Boden des Hecks reicht aus, das Wasser nach vorn und in die Tanks hineinzudrücken.
Eine weitere Trimmvorrichtung ist am Heck erkennbar. Kein Rennboot für offene Seestrecken fährt heute mehr ohne Trimmflächen oder Trimmklappen am Heck. Sie bewirken eine Trimmänderung in Fahrt, indem das Heck durch Verstellen der Klappen mehr oder weniger angehoben wird. Mit ihnen kann man sogar dem rhythmischen Stampfen des Bootes vorbeugen, auch Galoppieren genannt. Die Trimmklappen werden gewöhnlich elektromechanisch oder hydraulisch betätigt. Weiteres lese man im Kapitel über Trimmklappen nach.
Als Durchschnittsboot wurde eine Aufkimmung des Bodens von 24 Grad eingezeichnet, ferner erkennt man im Spantenriss die typischen drei Bodenleisten. Für den Antrieb werden zurzeit gewöhnlich 2 Benzinmotoren von je 500 bis 600 PS Leistung verwandt, die aus starken Automobilmotoren entwickelt wurden. Durch Aufladung, durch Verfeinerungen an Ventilen, Nockenwelle, Zündung, Auspuff usw. wird bei letzteren eine bedeutende Steigerung der Leistung erreicht.
Als nächstes Boot wird in Abb. 1.13 ein bekannter Vertreter der von Renato Levi ent-



Abt. 113 Diesel-Rennboot "Merry-Go-Round". Entworfen von Renato Levi in typischer Deltaform. Angetrieben von zwei je 550 PS leistenden Cummins-Dieselmotoren, erreichte es die Rekordgeschwindigkeit von 96,88 km/h.

Länge ü.a.……..11,20m Breite……..3,15 m

wickelten so genannten Deltaform gezeigt, und zwar das bekannte Boot MERRY-GO-ROUND. Dieses ist in doppelter Beziehung interessant, denn es stellt einerseits einen bewährten Vertreter der Deltaform dar, andererseits war es sowohl mit schwereren Dieselmotoren wie mit sehr leichten Benzinmotoren erfolgreich.
Mit größter Konsequenz wurde dabei das Prinzip verfolgt, am Bootskörper alles wegzulassen, was nicht unbedingt zum Tragen der Gewichte benötigt wird. Dazu gehört, dass das Heck selbst am breitesten ausgeführt wird, denn alle Gewichte sind nur auf ihm konzentriert. Sogar die nicht unbedingt benötigte achtere Decksfläche wurde durch die schräge Stellung des Spiegels weggeschnitten.
Betrachtet man die Form im Profil, so fällt die Delta- oder Pfeilform deutlich auf. Aber auch der Grundriss sieht einem spitzen Dreieck täuschend ähnlich. Vergleicht man die Deltaform mit dem Grundriss des amerikanischen Bootes, so springt der Unterschied stark ins Auge. Der Bootskörper selbst ist etwas länger und breiter als beim amerikanischen Modell, was aber auf den Einbau der beiden starken Dieselmotoren zurückzuführen ist. Diese wurden gewählt, um einen Diesel-Geschwindigkeitsrekord aufzustellen. Zwei Cummins-Dieselmotoren in Acht-Zylinder-V-Form mit Turboaufladung und besonderer Leichtausführung wurden auf je 550 PS Leistung hochgetrieben, ein ganz erstaunlicher technischer Erfolg für das Dieselverfahren. Das Boot erreichte mit diesen Motoren im März 1966 die Rekordgeschwindigkeit von 96,88 km/h.
Später wurden in denselben Bootskörper zwei leichte Daytona-Benzinmotoren eingebaut, die insgesamt 1200 PS leisteten. Mit diesen nahm es unter dem Namen THUNDERFISCH III am Cowes-Torquay-Rennen des Jahres 1967 teil. Leider mit unglücklichem Ausgang für das Boot. Es geriet während des Rennens in Brand und wurde durch Feuer vollkommen zerstört.
Ein allgemein gültiges Prinzip hat sich bei diesen Küsten-Rennbooten herausgeschält, was auch an der Zeichnung der MERRY-GO-ROUND erkennbar ist:

a) Die Motoren liegen weit im Heck und arbeiten über ein Winkelgetriebe auf die Propeller.
b) Kurz vor den Motoren wird die Plicht für Steuermann und Beifahrer eingerichtet.
c) Die tiefe V-Spantform wird mit nur geringen Varianten allgemein angewandt, die Aufkimmung beträgt gewöhnlich 24 Grad.
d) Die Trimmlage in Fahrt ist wesentlich beeinflussbar, und zwar durch Trimmklappen am Heck und Wasserballast im Vorschiff.
e) Die Mehrzahl der Boote wird in Holz mehrschichtig verleimt hergestellt, doch Glasharz bewährte sich ebenso gut.

Zweifellos liegt in diesen springenden Booten mit überstarker Motorleistung ein hoch spezialisiertes Sondergebiet des modernen Bootsbaues. Die Boote werden ohne Rücksicht auf Kosten nur für einen einzigen Zweck gebaut, nämlich Rennen zu gewinnen. So erregt es beim nachdenklichen Kritiker geradezu Verwunderung, dass der Bau in Holz, das Baumaterial aus der biblischen Zeit, sich auch auf diesem Sondergebiet behauptet hat. In der Tat besitzt es einige Vorzüge, die mit keinem anderen Baumaterial erreicht werden. Gegenüber dem glasharzverstärkten Kunstharzboot ist es leichter im Gewicht; ferner kann jede Bootsform fast willkürlich ausgeführt werden, ohne dass erst ein Modellkörper und von diesem eine Hohlform angefertigt werden müsste. Dem Leichtmetall gegenüber hat es sich als zuverlässiger herausgestellt, insbesondere da es mehrfach vorkam, dass ge-

schweißte Nähte am Leichtmetallboot aufplatzten und große Wassermengen eindrangen. Auch kann in Metall nicht jede geplante Form so einfach hergestellt werden wie in dünner Holz-Mehrschichtverleimung. Weiterhin hat Holz die schätzenswerte Eigenschaft, sowohl Geräusch wie Vibrationen zu dämpfen.
Im Grunde genommen hängt es nur von der Entwicklung des Küstenrennsportes ab, ob Leichtmetall neben Holz und Glasharz größere Verbreitung erlangen wird oder ob weitere Bootsbaumaterialien mit noch besseren Eigenschaften eines Tages das jetzige Material verdrängen werden. Ob Holz, Glasharz oder Leichtmetall, die Herstellung solcher hochbeanspruchten Bootskörper gelingt nur, wenn Erfahrung, meisterhafte Handwerkskunst und gut entwickelte Technik Hand in Hand arbeiten. Die Beanspruchungen sind um ein Vielfaches größer als im normalen Bootsbau und müssen als solche bei jeder Verleimung, bei jeder Schweißnaht, bei jeder Glasverstärkung und Harzfüllung mit peinlichster Genauigkeit beachtet werden.

Rekordgeschwindigkeiten mit Dieselmotoren

1965	BRAVE MOPPIE, USA Richard Bertram	Vollholz mit zwei 550-PS-Cummins-Diesel	92,78 km/h
1966	MERRY-GO-ROUND, England Sir Max Altken	formverleimtes Sperrholz zwei 550-PS-Cummins-Diesel	96,88 km/h
1967	LET's DANCE, Schweden Pia Boghamar	Leichtmetallboot zwei 325-PS-Daytona-Diesel	98,36 km/h
1967	MAGNUM, USA Don Aronow	Sperrholzplatten ein 325-PS-Daytona-Diesel	103,75 km/h

Motorrennboote für glattes Wasser

Geschwindigkeiten, Wettkämpfe im Rennen wirken immer verlockend auf technische Pioniere, auf tatendurstige Sportsleute, auf das Publikum im allgemeinem und auf die Reklamefachleute der Fabriken im besonderen. Kaum waren 16 Jahre vergangen, seitdem Gottlieb Daimler mit seinem Nähmaschinchen den Neckar befuhr, als ein Rennboot des Jahres 1902 bereits die *unfaßbare* Geschwindigkeit von mehr als 30 km/h erreichte. Der 44-PS-Mercedes-Motor dieses Bootes stammte ebenfalls von Daimler, dessen erster 2-PS-Motor eine Fahrt von 7 km/h erzielt hatte.
Weitere 12 Jahre später, Jahre voller Tatendrang und Entwicklung im Bau stärkerer Motoren und schnellerer Bootskörper, wurde vor Monaco die auch heute noch imponierende Geschwindigkeit von 80 km/h erzielt. Es war im Jahre 1914, und sowohl die V-Spantform wie die Stufe im Boden des Rennbootes hatten sich inzwischen eingeführt. Hinzu kommt der gewaltige Fortschritt im Motorenbau, so dass die kaum vorstellbare Leistung von 440 PS in ein Boot eingebaut werden konnte.
Lag der Schwerpunkt in der Entwicklung von Rennbooten vor dem Ersten Weltkrieg in Europa, so verlegte er sich nach Kriegsende in die Vereinigten Staaten. Dort wurde an-

geblich bereits im Jahre 1919 die atemberaubende Geschwindigkeit von 115 km/h erreicht, und zwar mit einem Boot von 8,50 m Länge und einer Antriebsleistung von 570 PS. Derartige Angaben von Leistungen und Geschwindigkeiten können heute allerdings nicht mehr überprüft werden, obwohl sie durchaus wahrscheinlich klingen. In der zugehörigen Tabelle werden diejenigen älteren Geschwindigkeiten aufgeführt, die relativ sicher nachgewiesen werden konnten. Die neueren Zahlen entstammen größtenteils den offiziellen Mitteilungen internationaler Organisationen.

Rekordgeschwindigkeiten von Motorrennbooten mit Propellerantrieb

				km/h
lange, schmale	1903	NAPIER	England	31,5
Verdrängungsboote	1904	TREFLE Ä QUATRE	Frankreich	42,7
	1905	DUBONET	Frankreich	52,0
	1908	DIXIE 11	USA	58,1
	1909	Duc	Frankreich	66,0
	1910	URSULA	England	69,0
	1912	DESPUJOLS	Frankreich	80,0
Stufenboote	1913	MAPLE LEAF V	England	90,9
	1920	Miss AMERICA 1	USA	98,9
	1923	Miss AMERICA II	USA	129,7
	1928	Miss AMERICA VII	USA	149,3
	1930	Miss ENGLAND II	England	158,8
	1931	Miss ENGLAND II	England	177,4
	1932	Miss ENGLAND III	England	192,7
	1932	Miss AMERICA X	USA	200,9
	1937	BLUEBIRD	England	208,4
	1938	BLUEBIRD	England	210,7
	1939	BLUEBIRD II	England	228,1
	1949	My SWEETIE	USA	230,0
Zweipunktboote	1950	SLO-MO-SHUN IV	USA	258,0
	1952	SLO-MO-SHUN IV	USA	287,3
	1957	Miss SUPERTEST II	Canada	296,9
	1957	HAWAII KAI III	USA	314,3
	1962	Miss U.S. 1	USA	322,5

Es ist nicht mehr genau bekannt, wann das erste Stufenrennboot in Erscheinung trat. Die Stufe als solche, siehe Abb. 114, war schon erdacht worden, lange bevor es Motoren gab, die ein Stufenboot erfolgreich antreiben könnten. Sie wird in einem Thornycroft- Patent des Jahres 1877 erwähnt, geht aber auf noch frühere Urheber zurück. Aus dem Jahre 1908 ist das französische Rennboot RAPIER III bekannt, das mit 120 PS Motorleistung eine Geschwindigkeit von 59 km/h erreicht haben soll. Sein Bootskörper war 8 m lang und besaß eine Stufe im Boden.
Die Idee der Stufe, also der Längsunterbrechung des Bodens, war durchaus richtig. Man versuchte zu erreichen, dass der hinter der Stufe liegende Teil des Bootes nicht mit dem

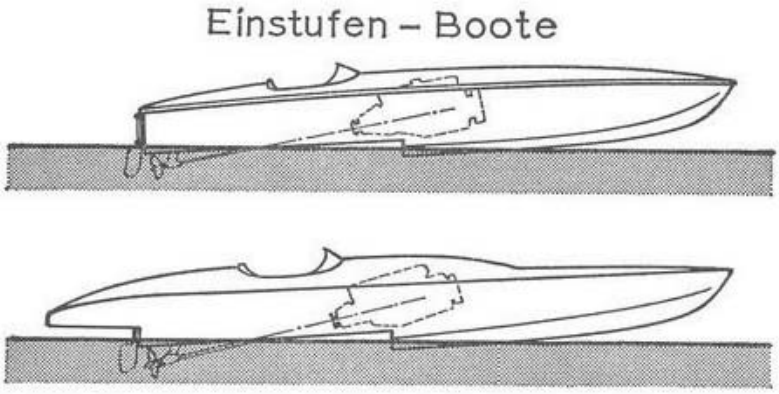


Abb. 114 Zwei Profile des klassischen Einstufen-Rennbootes. Selbst wenn achtern über Wasser eine Verlängerung angesetzt wird, unteres Bild, gilt die Form auch weiterhin als Einstufenboot.

Wasser in Berührung kommt, um dadurch einen Teil der Reibung auszuschalten. Selbstverständlich sollte das Heck wieder aufliegen, um dem Boot in Fahrt die nötige Quer- und Längsstabilität zu geben. Eine Stufe wurde jedoch erst vorteilhaft, als die Geschwindigkeiten so weit gestiegen waren, dass die Boote mit genügendem dynamischem Auftrieb an der Wasseroberfläche dahin gleiten konnten. Der Übergang vom langen, schmalen Rennboot in Verdrängerform zum kurzen, breiten Gleitboot vollzog sich um 1912. Er fiel naturgemäß mit der stetigen Entwicklung leistungsstarker Motoren zusammen, denn um gleiten zu können, müssen hohe Leistung und geringes Gewicht zusammentreffen. Außer dem normalen Einstufenboot wurden zahlreiche andere Unterbrechungen des Bodens versucht; insbesondere wurde eine größere Zahl von Mehrstufenbooten erbaut, die

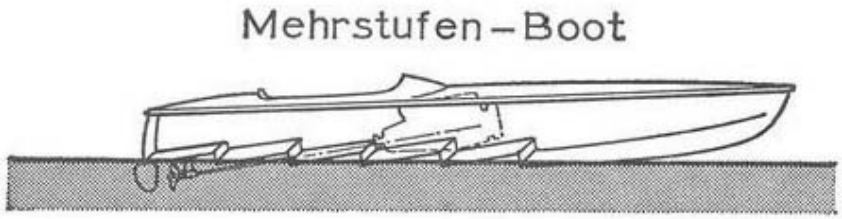


Abb. 115
Ein älteres Mehrstufenboot.

recht erfolgreich waren. Eine moderne Version des Mehrstufenbootes machte noch im Jahre 1949 Geschichte, indem es die Rekordgeschwindigkeit von 230 km/h erzielte. Doch damit hatte das Boot mit mehreren Querstufen endgültig die Grenzen seiner Möglichkeiten erreicht, vor allem, weil eine neue Bodenform mit überragenden Vorteilen erschienen war: das so genannte Zweipunktboot.
Angesichts der immer höher gestiegenen Geschwindigkeiten wurde allmählich so viel dyna-

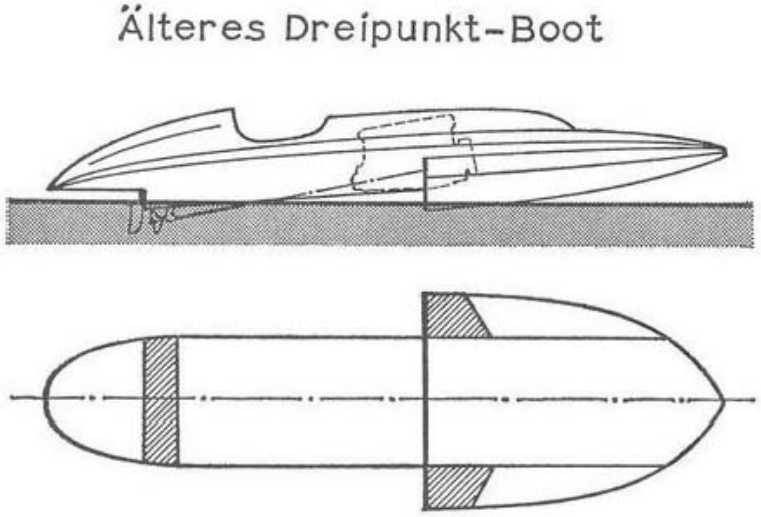


Abb. 116 Schematische Darstellung des älteren Dreipunktbootes. Man beachte im Grundriss die drei tragenden Flächen, die für gute Auflage und sicheren Lauf sorgen.

mischer Auftrieb erzeugt, daß nicht mehr die ganze Stufenbreite zum Tragen des Gewichts des Bootes benötigt wurde. Es genügte, auf jeder Seite zwei Stützflächen zu belassen, und ein bedeutender Anteil des Reibungswiderstandes wurde ausgeschaltet. So entstand zunächst das Dreipunktboot, wie es in Abb. 116 dargestellt wird. Da beide Stützflächen weit auseinander lagen, da ferner eine sichere Auflagefläche am Heck bestand, besaßen diese Boote in hoher Fahrt eine stabile Lage auf dem Wasser.

Je nach der Lastverteilung wurde ein größerer oder kleinerer Anteil des Gesamtgewichts auf die drei Flächen Übertragen. Ob man wohl die Reibung am Spiegel ganz ausschalten könnte? Dies schien zunächst unmöglich, denn bei einer solchen Trimmlage musste der Propeller ja teilweise aus dem Wasser herausragen. Da kam die Erleuchtung: Soll er getrost herausragen! Taucht nur der halbe Durchmesser ein, so arbeitet er als Oberflächenpropeller, was bereits in den zwanziger Jahren am Seeschlitten von Albert Hickmann vorexerziert worden war. Es genügt, den Durchmesser entsprechend zu vergrößern, damit der Pro-

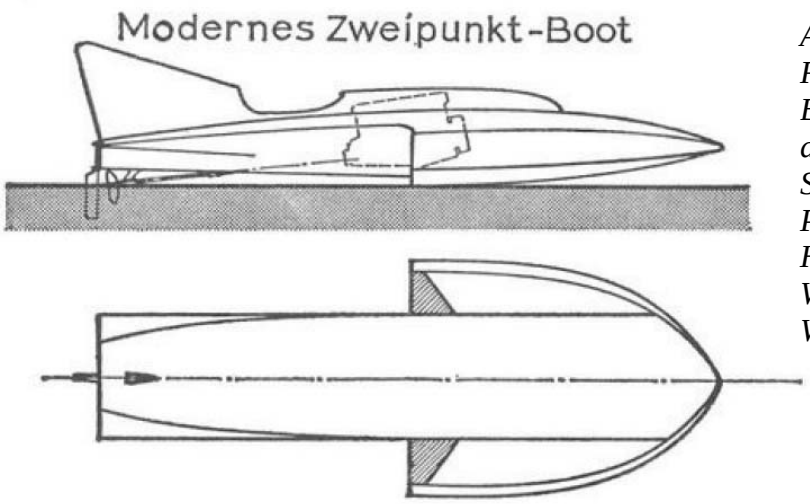


Abb. 117 Das moderne Zweipunkt-Rennboot. Das gesamte Bootsgewicht wird nur noch von den beiden schmalen seitlichem Stützflächen getragen. Der Propeller taucht nur noch zur Hälfte seines Durchmessers, die Welle läufl frei oberhalb der Wasserfläche,

peller wieder die gleiche Leistung aufs Wasser überträgt. Man erspart dann nicht nur die Reibungsfläche am achteren Bootskörper, sondern, was noch wichtiger ist, auch die Propellerwelle und ihr tragender Wellenbock werden nicht mehr durchs Wasser geschleift. Nur die Nabe des Wellenbockes berührt noch die Wasserfläche und sorgt für einen der Längsstabilität dienenden Kontakt, der zugleich auch die Tauchtiefe des Propellers reguliert. Damit war das Zweipunktboot geboren.

Beim Zweipunktboot muss für sorgfältiges Ausbalancieren aller Kräfte gesorgt werden, und zwar nicht nur der Gewichtsverteilung, sondern auch der aus Antrieb und Widerstand herrührenden Schubkräfte. Gutes Ausbalancieren aller Längskräfte war die Voraussetzung für ein Gelingen dieses Experimentes. Es gelang so vorzüglich, dass diese Form längst das Feld beherrscht und auch heute noch bei den großen Booten der unbeschränkten Klasse allgemein angewandt wird.

Aber nicht alle Glattwasser-Rennboote besitzen Stufen. Im Gegenteil, die Zahl der Rennboote ohne Bodenunterbrechung wird laufend größer. Das alte normale Knickspant- oder V-Boden-Boot kommt wieder zu Ehren, so wie es in Abb. 118 gezeigt wird. Nur die Spantform hat sich je nach Klasse und Rennen mehr oder weniger radikal gewandelt. Es gibt Rennklassen, bei denen Unterbrechungen durch eine Stufe nicht erlaubt sind und die trotzdem sehr hohe Geschwindigkeiten erreichen und ausgezeichneten Sport bieten. Keiner der erwähnten Rennkreuzer für Küsten- und Seerennen besaß eine Stufe. Auch die be-

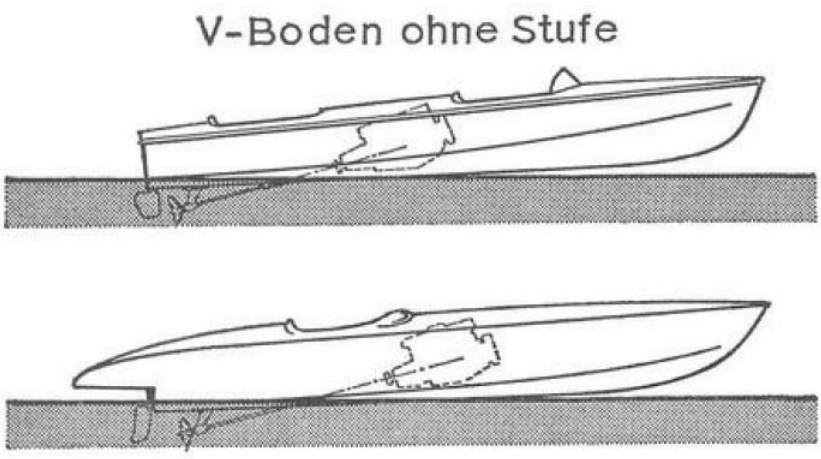


Abb. 118 Zwei V-Boden-Boote ohne Stufe. Die klassische Form des Autobootes lebt als Runabout oder Inbord-Sportboot fort. Der Boden zeigt von vorn bis achtern keinerlei Unterbrechung.

liebte und aktive amerikanische SK-Klasse gehört zu den Rennbooten ohne Stufe. Diese Bezeichnung gilt als Abkürzung für Ski-Klasse, da die Boote besonders zur Ausübung des Wasserskisports geeignet sein sollen. Ohne jede Stufe und von auffrisierten Automotoren angetrieben, wurden mit diesen Booten Geschwindigkeiten von über 200 km/h erzielt. Das Zweipunktboot ist überaus empfindlich gegen den geringsten Seegang. Deshalb werden die Rennen mit den keilförmigen, stufenlosen Booten des tiefen V-Spants immer beliebter. Das gilt sowohl für Boote mit Einbaumotoren wie mit Außenbordmotoren. Hierbei wird der Kontakt mit der Wasserfläche nur durch ein sehr kleines Dreieck im achteren Bereich des Bodens aufrechterhalten.

Wendepunkt im Rennbootsbau

Die Jahre 1949 und 1950 brachten den Übergang zum schnellsten Typ des heutigen Glattwasser-Rennbootes, dem modernen Zweipunkt-Stufenboot. Im Jahre 1949 hatte der Altmeister der amerikanischen Rennbootkonstrukteure, John Hacker, mit seinem Mehrstufenboot My SWEETIE überraschende Erfolge, denn das Boot gewann nahezu alle bedeutenden Rennen der unbeschränkten Klasse. Man wurde unsicher. Waren diese Erfolge auf die eigenartige Anordnung der Stufen zurückzuführen, oder war die ungewohnte Lage des Propellers dafür zuständig? Dieser lag nämlich fast mittschiffs und besaß nur eine sehr kurze umkleidete Propellerwelle. In der My SWEETIE fanden sich die denkbar besten Eigenschaften vereinigt: Es war ein äußerst schnelles Rennboot, erreichte es doch schon damals 230 km/h. Es fiel auf durch seinen ungewöhnlich sicheren, gradlinigen Lauf, konnte andererseits mit so erstaunlicher Geschwindigkeit scharfe Kurven fahren, dass den Zuschauern der Atem stockte. Es gewann den Ruf, in hoher Fahrt *auf dem Teller zu wenden.* Viele Fachleute sahen in diesem Boot den Vorläufer der Zukunft und erwarteten vor allem, dass man die Propeller nunmehr mittschiffs anordnen würde. Doch das darauffolgende Jahr brachte überraschende und geradezu entgegen gesetzte Erfahrungen. Die Idee des Zweipunktbootes stammte ursprünglich von George Crouch aus dem

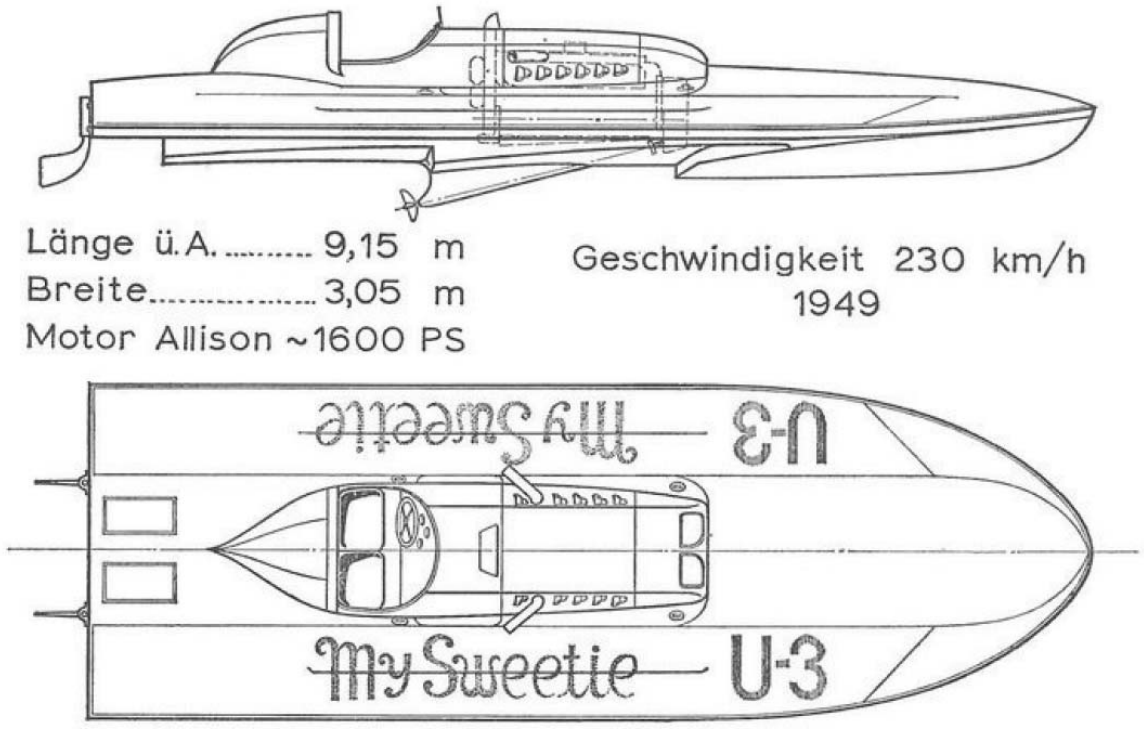


Abb. 119 Rennboot „My Sweetie" der unbeschränkten Klasse. Mit diesem letzten Mehrstufenboot wurde noch im Jahre 1949 eine Rekordgeschwindigkeit von 230 km/h erreicht. Man beachte die ungewöhnliche Lage des Propellers, fast auf halber Bootslänge.

Jahre 1916. Die damaligen Boote waren jedoch noch zu langsam und zu schwer, um durch Anwenden dieses Prinzips Vorteile zu gewinnen. Das erste erfolgreiche Boot wurde im Jahre 1936 von Konstrukteur Arno Apel entworfen und gebaut. Doch noch viele Jahre vergingen, bis stärkere und leichtere Motoren die kalifornischen Rennbootsbauer auf die Idee des *prop-riders* brachten. Diese Bezeichnung soll zum Ausdruck bringen, dass das Boot *auf dem Propeller reitet*.
Im entfernten Norden der amerikanischen Westküste, Seattle, war in aller Stille eine Großausführung des propellerreitenden Zweipunktbootes gebaut worden, und am 26. Juni 1950 stellte dieses Boot namens SLO-MO-SHUN IV einen neuen Weltrekord auf: 258 km/h. Das waren fast 30 km/h mehr, als das Wunderboot My SWEETIE im Jahre zuvor erreicht hatte. Der Erfolg wirkte um so überzeugender, als beide Boote mit denselben Allison-Motoren von 1710 Kubikzoll = 28 Liter Zylinderinhalt ausgerüstet worden waren. Es handelte sich um Restbestände von Kriegsmotoren, in 12-Zylinder-V-Form, deren Leistungen je nach Rennausstattung zwischen 1350 und 1800 oder gar 2000 PS geschätzt wurden. Der aufsehenerregende Neubau war von Ted Jones entworfen worden, einem Ingenieur der Boeing-Flugzeugwerke. Ihm kam die Beherrschung der Aerodynamik zugute, verbunden mit Erfahrungen im Leichtbau, der bei der Herstellung von Flugzeugen aufs höchste verfeinert wurde. So trafen die besten Voraussetzungen zusammen, die auch rasch zum Erfolg führten.
Sowohl die Zeichnung der erstgenannten MY SWEETIE wie die nunmehr folgende der SLO-MO-SHUN zeigen Form und Gesamtanordnung der Boote mit großer Genauigkeit. Trotz aller Unterschiede tritt ein gemeinsames Prinzip hervor: Nicht der Bootskörper als

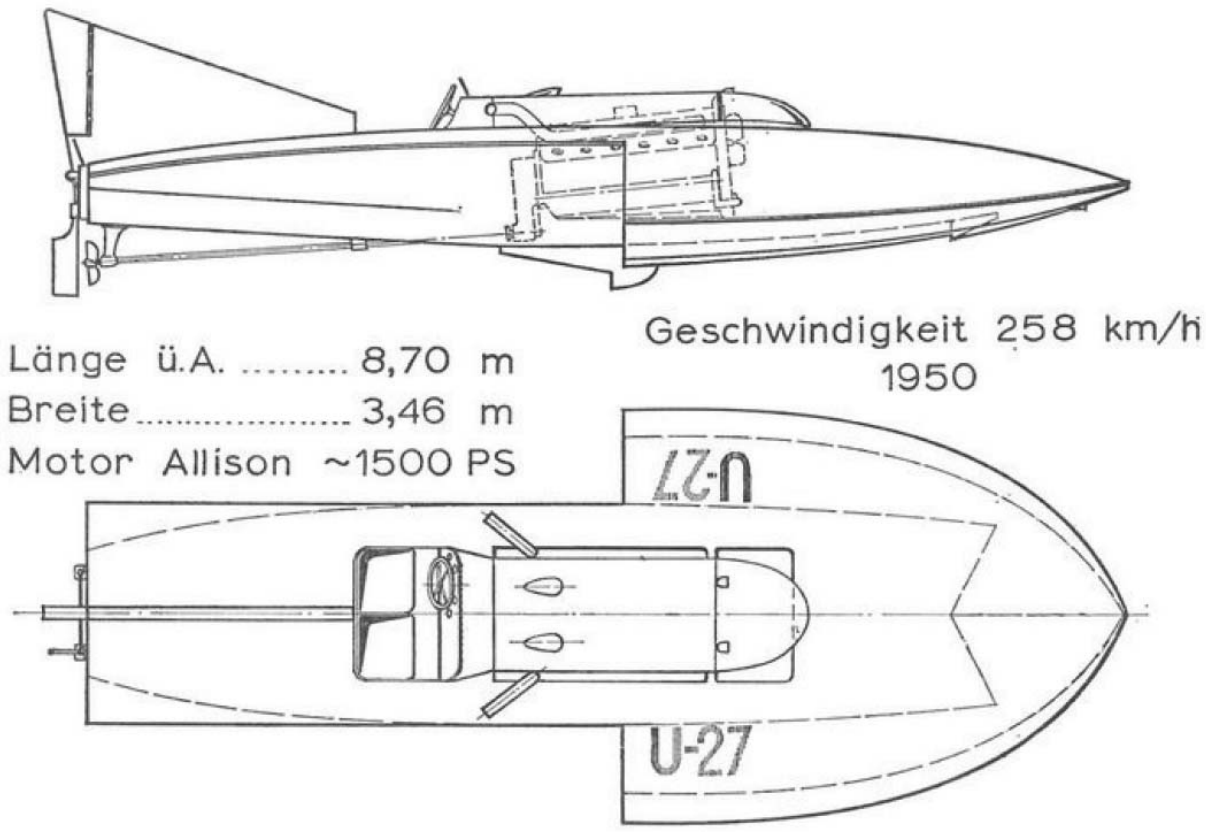


Abb. 120 Rennboot „Slo-Mo-Shun IV". Bereits ein klassischer Vertreter des Zweipunktbootes vom Typ prop-rider mit nur halbgetauchtem Propeller. Er stellte die Geschwindigkeitsrekorde der Jahre 1950 und 1952 auf, und zwar mit 258 und 287 km/h. Bis auf den heutigen Tag wurden die Boote der unbeschränkten Rennklasse nach dem gleichen Prinzip erbaut.

Foto 60 Das Rennboot „ Delta Synthesis" zeigt in seiner Spurdeutlich die rhythmischen, allerdings hier nur kleinen Sprünge. Antrieb: zwei Daytona- Motoren von je 500 PS. Entwurf: Renato Levi



Foto 61 Heckansicht einer Rennbootes in tiefer V-Spantform. Die von Renato Levi entworfene „Barbarina“ wird von vier 400-PS-BPM-Rennmotoren angetrieben. Man beachte die Trimmklappen sowie den Kühlwassereintritt durch Muscheln am Ruder. Foto: Renato Levi



Foto 62 „Surfuri" gewann das Cowes-Torquay-Rennen 1967. Angetrieben von zwei Daytana- Motoren mit insgesamt 1050 PS. Auch dieses Boot wurde nach Plänen Renato Levi von W. A. Souter & Son, Cowes, mehrschichtig in Holz verleimt erbaut. Foto: Beken and Son





Foto 63 "Miss Bardahl". Erfolgreiches Rennboot der unbeschränkten Klasse in der bewährten Normalanordnung: Motor vorn, Fahrer achtern. Foto: Bardahl International



Foto 64 Eine neuere „Miss Bardahl" in umgekehrter Anordnung: Motor achtern, Fahrer vorn. Bootskörper: 9,15 m lang, 3,80 m breit. Antrieb ein 2200-PS- Rolls-Royce-Benzinmotor. Diese Anordnung lag offenbar nicht so sicher auf dem Wasser, das Boot verunglückte.
Foto: Bardahl International
Foto 65 Das zur Zeit schnellste Dragrennboot der Welt namens „Mr. Ed" erzielte über die Viertelmeile eine Geschwindigkeit von 190 m.p.h. = 306 km/h. Das 6 m lange Charger-Boot wird von einem 7-Liter (426-cb-Zoll)-Chrysler-Motor mit Aufladegebläse angetrieben.
Foto: Squire, Arcadia (Californien



solcher ist ausschlaggebend, sondern allein Motor, Fahrer und Antrieb. Um diese drei Gegebenheiten wurde nun sowenig wie möglich Boot herumgebaut. In beiden Fällen ragt der Motor aus dem Bootskörper heraus und wird von einer Haube überdeckt. Die Propellerwelle der My SWEETIE ist äußerst kurz, die der SLO-MO-SHUN IV bleibt sogar gänzlich frei von der Berührung mit dem Wasser. In beiden Fällen lagert der Motor ganz wenig vor der Schiffsmitte, wobei Fahrer und Bordmechaniker kurz dahinter in einer winzig kleinen Steuerplicht Platz finden. Diese prinzipielle Anordnung hat sich bis heute als die beste für Stufenrennboote und glattes Wasser bewährt. In rauhem Wasser, bei den springenden Küstenrennbooten allerdings muss der Motor notwendigerweise im Heck liegen. Bis eines Tages eine andere Alternative entdeckt wird .. .
Die auffallend sichere Lage der My SWEETIE wurde durch geschickte Anordnung der drei Stufen und eine auf diese abgestimmte Konzentrierung der Gewichte erzielt. Ein Fahrttrimm von ähnlicher Ruhe und Sicherheit wurde trotz noch höherer Geschwindigkeit bei der SLO-MO-SHUN IV durch Anwendung aerodynamischer Kräfte erreicht, mit denen der Konstrukteur ja gut vertraut war. Man beachte die nach unten gerichtete Rundung des Vordecks. Sie dient dazu, den nach oben gerichteten Luftdruck unter dem Boden auszugleichen, damit das Boot nicht durch Luftauftrieb aus der Bahn geworfen wird. Bei beiden Booten wurden die Ruder in solcher Weise am Heck befestigt, dass die starken Ruderschäfte nicht durchs Wasser geschleift werden, sondern nur die dünnen Ruderblätter, und zwar zwei bei der My SWEETIE und eins bei der SLO-MO-SHUN IV. Die achtere Luft-Stabilisierungsfläche besaß zwar vorsichtshalber eine Ruderklappe, doch wurde diese nicht zum Steuern benutzt. Die vollständig ausgerüstete SLO-MO-SHUN IV kam auf ein Gesamtgewicht einschließlich Motor von kaum 2000 kg; ein Triumph der vom Flugzeug hergeleiteten Leichtbauweise.
Auch heute noch werden in Boote der unbeschränkten Rennklasse solche Zwölf-Zylinder-Allison-Motoren und sehr ähnliche Rolls-Royce-Motoren eingebaut, deren Leistung durchschnittlich bei 1800 PS liegt. Mit solchen Motoren lassen sich wirklich hohe Geschwindigkeiten nur erreichen, wenn die Motorendrehzahl nach oben übersetzt wird, beträgt sie doch im Motor bei größter Kolbengeschwindigkeit höchstens 3200 U/min. Das ist für die über 200 km/h liegenden Geschwindigkeiten viel zu wenig und würde bei weitem zu große, ungünstige Propeller von höchst merkwürdigen Dimensionen erfordern, ferner zu schwere Wellenleitungen mit großem Durchmesser.
Um einen optimalen Wirkungsgrad zu erreichen, wird die Wellendrehzahl durch ein Getriebe auf rund 10 000 U/min hinauf übersetzt. Im selben Verhältnis verringert sich das durch die Welle zu übertragende Drehmoment. Die menschliche Vorstellungsgabe reicht nicht aus, um 10.000 U/min oder 160 Umdrehungen in der Sekunde (!) zu erfassen. So erscheint es auch als ein technisches Wunder, dass eine Leistung von mindestens 1600 PS mittels einer Welle aus Monel-Metall von nur 37 mm Durchmesser übertragen werden kann. Vielleicht hat das Jahr 1966 als Folge mehrerer Unfälle einen weiteren Wendepunkt im Bau von Rennbooten für höchste Geschwindigkeit eingeleitet. Beim Rennen der unbeschränkten Klasse um den Präsidenten-Pokal wurden drei Boote dieser modernen hochgezüchteten Renner vollkommen zerstört, und alle drei Fahrer verloren dabei ihr Leben. Während Miss BARDAHL außer Kontrolle geriet und sich in der Luft überschlug, passierte etwas später im Rennen ein Zusammenstoss zwischen Miss BUDWEISER und NOTRE DAME. Da solche Unfälle bei Geschwindigkeiten zwischen 260 und 280 km/h geschehen, waren selbst die aufmerksamsten Beobachter nicht in der Lage, den genauen Hergang zu rekon-

struieren. Man hatte den Eindruck, dass außer Miss BARDAHl auch NOTRE DAME durch aerodynamischen Auftrieb angehoben wurde und der Fahrer dadurch die Kontrolle über das Boot verlor. Sie vollführte in der Luft eine heftige Wendung und stürzte genau auf die anbrausende Miss BUDWEISER, und zwar gerade in dem kritischen Moment, als beide Boote bei höchster Motorleistung um einen knappen Vorsprung kämpften.
Gewiss werden auch in Zukunft höchste Geschwindigkeiten auf dem Wasser gefahren werden. John Cobbs tödlicher Unfall hielt Donald Campbell nicht davon ab, immer weiter hinaufkletternde Rekordfahrten zu unternehmen, bis schließlich auch ihn das Schicksal traf. „Falls es passieren sollte", so hatte er kurz vorher erklärt, „so soll es wenigstens bei verdammt hoher Geschwindigkeit geschehen."
In den letzten 20 Jahren gab es in der unbegrenzten Rennbootklasse sechs tödliche Unfälle. Das Tragische des Jahres 1966 ist, dass die Hälfte dieser Unfälle am selben Tage, und zwar innerhalb von drei Stunden geschah.

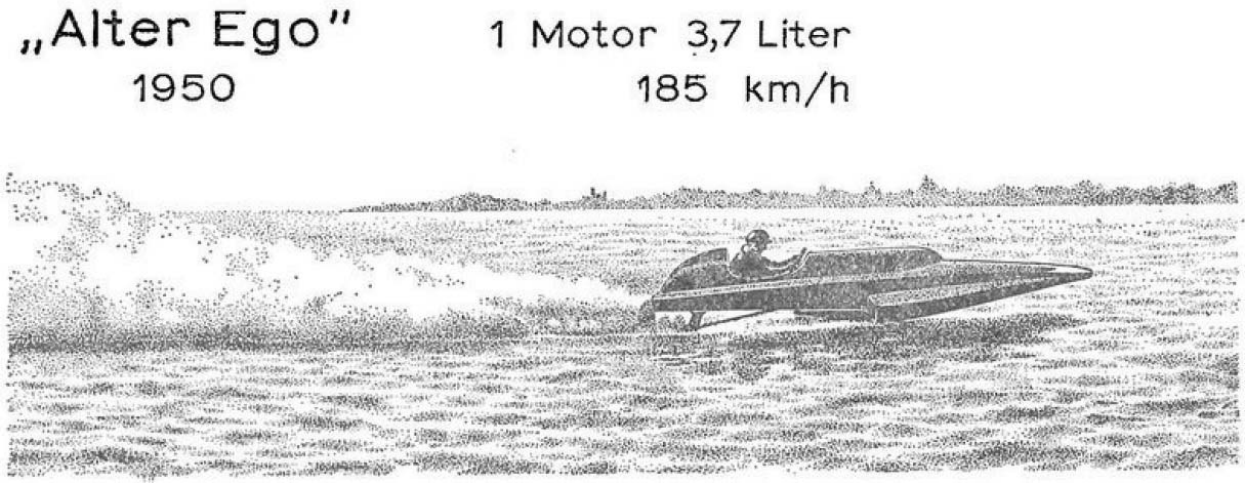


Abb. 121 Als das kleine Zweipunkt-Rennboot Alter Ego" um 1950 nach Europa kam, um in Italien an Motorbootrennen teilzunehmen, erregte es durch seine Erfolge großes Aufsehen. Zum erstenmal sah man in Europa das neue Prinzip vor Augen. Zeichnung: 0. Mikhno

Einer der erfahrensten Männer im Bau von Rennbooten und Rekordbooten für höchste Geschwindigkeit ist Les Staudacher. Aus seiner Werkstatt stammt die Mehrzahl der amerikanischen Boote der unbeschränkten Klasse, angefangen von der geliebten MY SWEETY über viele Zweipunktboote mit halbgetauchten Propellern bis zum Düsen-Versuchsboot Miss STARS AND STRIPES II. Auch er geriet bei Unfällen in höchster Fahrt zweimal in Gefahr, kam jedoch stets mit dem Leben davon. Seine Erfahrungen sind ebenso von menschlichem wie technischem Interesse, und zwar drückte er sich wie folgt aus: „Bis zu einer Fahrt von 300 km/h ist Rennbootfahren ein Vergnügen. Passiert etwas, so kann man noch ohne Schwierigkeiten aus dem Boot herauskommen. Bei 320 km/h werde ich nachdenklich, und darüber wird es riskant! Während einer Probefahrt beobachtete ich, wie der Geschwindigkeitsanzeiger die 400 km/h überschritt, wie die 450 km/h erreicht wurden, und ein innerer Zwang trieb mich, zu versuchen, auf 480 km/h (300 miles/h) zu kommen. Plötzlich traten alarmierende Störungen auf, das Boot geriet außer Kontrolle, weil das Ruderblatt abgebrochen war. Bei dieser hohen Fahrt konnte ich nicht aus dem Boot herauskommen, doch 300 m vor dem Ufer gelang es mir schließlich. Dann aber wurde ich, an der Wasseroberfläche dahinschießend, noch bis 50 m tief in den Ufersumpf hineingeschleudert."

Es ist durchaus wahrscheinlich, dass die Zukunft der Unbeschränkten eine ganz andere Richtung einschlagen wird, sobald die z. Z. geltende Vorschrift für ein Mindestgewicht von 5000 Pounds 2270 kg herabgesetzt oder aufgehoben wird. Mit kleineren, leichteren Booten könnten ähnliche Geschwindigkeiten erreicht werden, ohne die riesengroßen Flugzeugmotoren aus dem letzten Weltkrieg anwenden zu müssen.
Die im Vergleich zu diesen 28-Liter-Motoren sehr kleinen 8-Zylinder-Automobilmotoren von 7 Liter Zylinderinhalt können für Rennzwecke so hoch getrieben werden, dass sie fast 1000 PS Leistung bei über 7000 U/min hergeben, es ist leicht einzusehen, dass sie eine hervorragende Antriebseinheit für sehr hohe Geschwindigkeit darstellen.

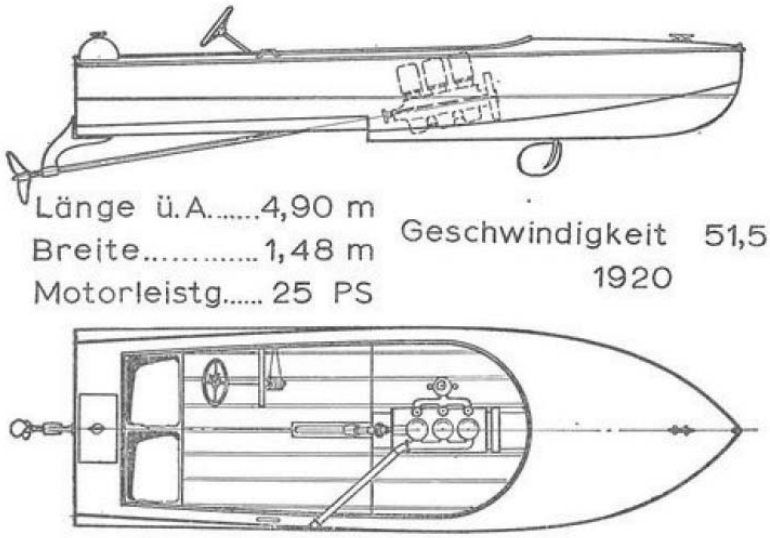


Abb.122 „Margret III" Ein oft nachgebautes populäres Rennboot aus dem Jahre 1920. Mit einem Drei-Zylinder-Benzinmotor

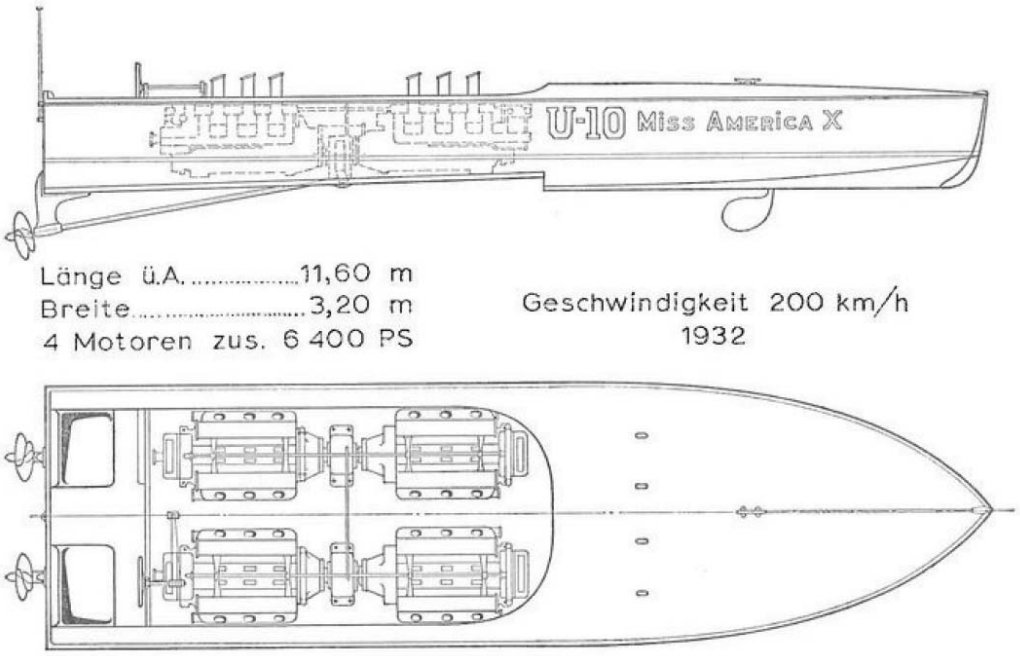


Abb..123 „Miss America X". Rekordboot des Jahres 1932, wurde von vier Packard-Motoren mit insgesamt 6400 PS Leistung angetrieben und überschritt zum erstenmal die 200-km-Grenze.

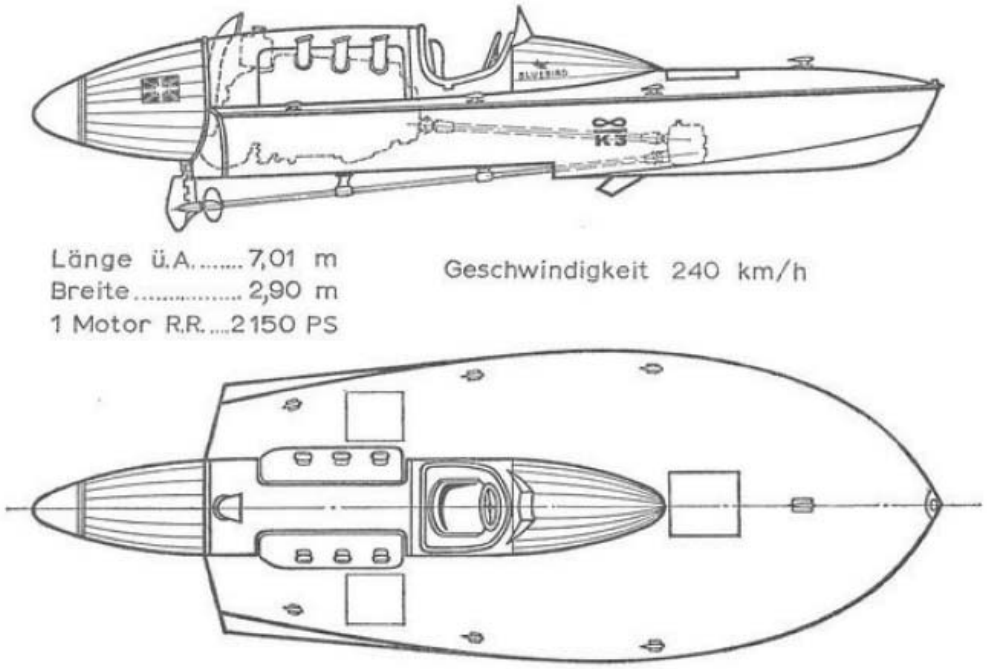


Abb. 124 „Bluebird". Die Geschwindigkeit der „Miss America X" von 1932 wurde bereits fünf Jahre später mit nur einem Drittel der Motorleistung erreicht und sogar übertroffen. Mit ihrem einzigen Motor von 2150 PS erzielte die „Bluebird" schließlich im Jahre 1939 einen neuen Rekord von 228 km/h, und eine inoffizielle Höchstgeschwindigkeit von 240 km/h.

SK-Rennboote und Dragrennen

Neue Tendenzen im Motorbootrennsport

Das Erlebnis hoher Geschwindigkeit auf dem Wasser lockt viele Sportler an, die weder gewillt noch finanziell in der Lage sind, sich an die komplizierten und riskanten Rennmaschinen der unbeschränkten Klasse zu wenden. Das gute, alte Autoboot, später Runabout genannt, hat eine so erstaunliche Entwicklung durchgemacht, dass man in seiner Rennausführung Geschwindigkeiten bis zu 200 km/h und mehr erzielt hat. So wurde es zu einem wirklichen Sportgerät für Motorbootrennen.
Es begann zunächst in den mittfünfziger Jahren mit dem SK-Boot; der Ausdruck ist eine Abkürzung für Ski-Racing-Runabout. Es stellt also die moderne Version eines Autobootes für Wasserski und Motorbootrennen dar. Für diese blühende amerikanische Klasse gilt als Vorschrift eine Mindestlänge von 4,88 m, eine Breite von nicht weniger als 1,90 m und ein Gewicht des fahrfertig ausgerüsteten Bootes von mindestens 682 kg. Die zugelassene Motorenleistung wird nur durch das Hubvolumen beschränkt, das bis zu 6,55 Liter = 400 Kubikzoll betragen darf.
Aus diesen Vorschriften heraus hat sich ein überaus gut aussehender Bootstyp entwickelt. Der Motor wird achtern im Heck eingebaut und treibt die Welle über ein Winkelgetriebe. Zur Korrektur der Trimmlage werden außen am Spiegel Trimmflächen angebracht, von den Beteiligten auch Antikavitationsplatten genannt. Laut Klassenregeln dürfen diese während der Fahrt in ihrer Stellung nicht verändert werden. Fast stets werden die großen

amerikanischen Acht-Zylinder-Automobilmotoren eingebaut, deren Leistung durch mühevolle Kleinarbeit möglichst weit in die Höhe getrieben wird. Doch sind weder Aufladegebläse noch Sonderbrennstoffe erlaubt.
Trotz der bedeutenden Geschwindigkeiten im Bereich der 200 km/h gelten SK-Boote noch als unkomplizierte und sichere Boote. Im Vergleich zu Stufen- und Zweipunkt-Rennbooten sind sie es wirklich. Deshalb bemühten sich einige begeisterte Rennsportler im kalifornischen Süden, neue Arten des Rennsports für diese beliebten Boote zu schaffen. Bootsrennen über kurze oder lange Strecken gelten als normale Ereignisse auf dem Gebiet schneller Boote, ebenso Rekordversuche für Höchstgeschwindigkeit oder Dauerrennen über 6 Stunden oder mehr. Dass es den SK-Sportbegeisterten gelang, darüber hinaus noch eine ganz andere Art des Rennsports auf dem Wasser einzuführen, klingt geradezu als unwahrscheinlich. Nun, dieses Unwahrscheinliche sind die sich immer weiter ausbreitenden amerikanischen Dragrennen.
Waren alle übrigen sportlichen Wettbewerbe auf Geschwindigkeit ausgerichtet, so zielte man mit der Einführung der Dragrennen auf etwas anderes, nämlich höchste Beschleunigung. Ähnlich den bereits bestehenden Automobil-Dragrennen fand man heraus, dass sich für Beschleunigungsfahrten eine Strecke von einer Viertelmeile am besten eignet, nämlich 1320 Fuss = 402 m Länge. Das Wort *Drag* bedeutet eigentlich soviel wie Sichdahinschleppen, auch Nachschleppen oder Widerstand, und soll wohl andeuten, dass solche Beschleunigungsrennen nahezu vom Stillstand aus beginnen. Diese Abwandlung des Rennsports fand so viel Anklang, dass sie inzwischen längst über die ursprüngliche SK-Klasse hinauswuchs.
Beim Dragrennen kommt es in erster Linie auf Beschleunigung an und erst an zweiter Stelle auf Geschwindigkeit. Jedes Rennen wird nur zwischen je zwei Booten auf ganz schmaler Bahn ausgetragen. Dabei scheidet ein Boot aus, das andere wird gegen einen neuen Konkurrenten wieder ins Rennen geschickt. Natürlich konnte der Reiz der Geschwindigkeit nicht fehlen, im Gegenteil, er brachte noch ein weiteres Argument in das Bestreben nach höchster Leistung. Gewöhnlich ist nämlich das absolut schnellste Boot ein schlechter Beschleuniger, umgekehrt kommt das rasch beschleunigende Boot im Endeffekt nicht auf hohe Geschwindigkeit. Alles läuft darauf hinaus, ein optimales Zusammen-

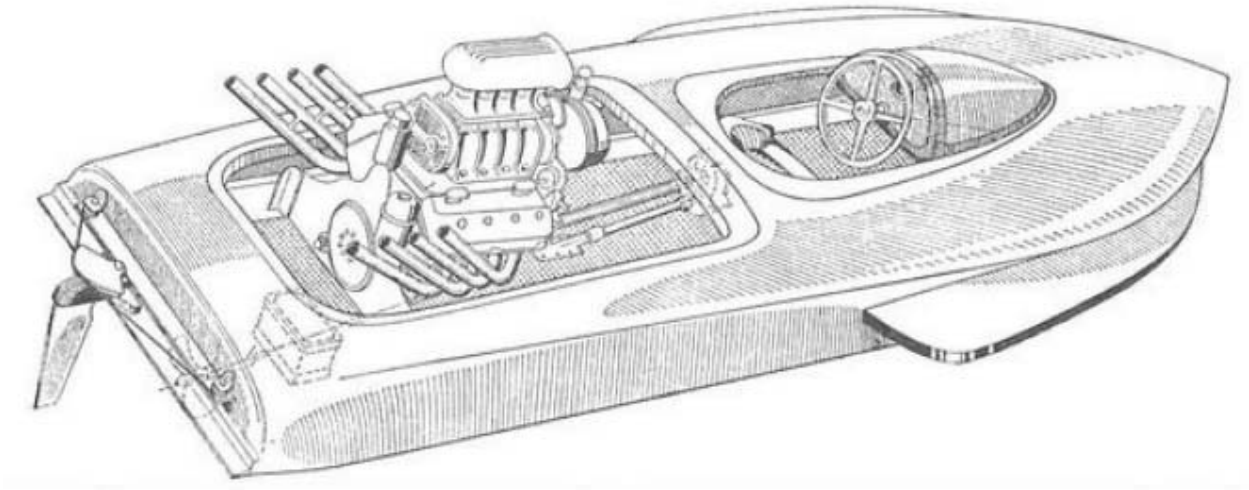


Abb. 125 Für Beschleunigungsrennen hat sich die hier gezeigte Anordnung entwickelt: Steuerplicht vorn, Motor ziemlich weit achtern und auf höchste Leistung frisiert. Man erkennt das auf den Zylinderblock montierte Aufladegebläse. Das hier gezeigte Boot „Banzai" ist 5,80 m lang und 2,44 m breit und erzielte mit einem 7-Liter-Chrysler-Motor eine Geschwindigkeit von mehr als 250 km/h.

wirken zwischen Motorendrehmoment und Propellerabmessungen zu finden, wobei gleichzeitig nach geringstem Bootsgewicht gestrebt wird. Ein größerer Propellerdurchmesser mit großer Fläche und mäßiger Steigung eignet sich bestens zur Beschleunigung; ein kleinerer Propellerdurchmesser und mehr Steigung wird für Spitzengeschwindigkeiten benötigt.
Um die Rennen interessanter zu gestalten, wurde das letzte Zehntel der Strecke, d. h. die letzten 40,2 m, mit einem Präzisions-Zeitnahmesystem ausgestattet, bei welchem ein elektronisches Auge den Durchgang der Boote erfasst. Man vergleicht also nicht nur die größere oder geringere Beschleunigung der beiden im Rennen liebenden Boote, sondern auch die im letzten Zehntel erzielte Endgeschwindigkeit.
Die neue Art des Dragrennsportes fand einen so überraschenden Anklang, dass an großer Renntagen bis zu 350 Boote zusammenkamen, deren Wettkämpfe von 8000 zahlenden Zuschauern und 25 000 Zaungästen verfolgt wurden. Bald allerdings stellte sich heraus, dass eine so große Zahl teilnehmender Boote ermüdend wirkt. So wird neuerdings darauf gehalten, eine Teilnehmerzahl von ungefähr 100 Booten nicht zu überschreiten, damit sich ein interessanter Renntag auch organisatorisch unbeschwert abwickeln lässt. Gegenwärtig werden 16 Bootsklassen für Dragrennen gepflegt. Im Prinzip gibt es zwei Grundklassen für Einbaumotoren und zwei Grundklassen für Außenbordmotoren. jede dieser vier Grundklassen erlaubt von der Motorenseite her vier Abwandlungen, wie sich aus nachstehender Tabelle entnehmen lässt. Diese enthält außerdem die zur Zeit der Niederschrift erreichten Höchstgeschwindigkeiten jeder einzelnen der 16 Klassen.

Einbaumotor in Bootskörper mit Stufe:
mit Gebläse und Spezialbrennstoff ..... 278 km/h
ohne Gebläse, mit Spezialbrennstoff ..... 254 km/h
mit Gebläse und Normalbenzin ..... 214 km/h
ohne Gebläse, mit Normalbenzin ..... 198 km/h

Einbaumotor in Booten mit glattem Boden:
mit Gebläse und Spezialbrennstoff ..... 221 km/h
ohne Gebläse, mit Spezialbrennstoff ..... 213 km/h
mit Gebläse und Normalbenzin ..... 191 km/h
ohne Gebläse, mit Normalbenzin ..... 169 km/h

Außenbordmotor in Bootskörper mit Stufe:
ein Motor mit Spezialbrennstoff ..... 164 km/h
ein Motor mit Normalbenzin ..... 153 km/h
zwei Motoren mit Spezialbrennstoff ..... 191 km/h
zwei Motoren mit Normalbenzin ..... 188 km/h

Außenbordmotor in Booten mit glattem Boden:
ein Motor mit Spezialbrennstoff ..... 139 km/h
ein Motor mit Normalbenzin ..... 137 km/h
zwei Motoren mit Spezialbrennstoff ..... - km/h
zwei Motoren mit Normalbenzin ..... 132 km/h

Die eigenartige Bewertung der Dragrennen bringt es mit sich, dass diese keineswegs von den schnellsten Booten gewonnen werden. Man erkennt den Vorgang am besten durch die

Schilderung eines Renntages. Zunächst werden die gemeldeten Boote in Geschwindigkeits-klassen eingeteilt, die jeweils von 5 zu 5 m.p.h. (statute- Meilen), also von 8 zu 8 km/h gestuft sind. So gehen zum ersten Start die Boote der Geschwindigkeitsgruppe zwischen 60,0 und 64,99 m.p.h. Die nachfolgende Serie von Rennen erfasst die Boote der Gruppe zwischen 65,0 und 69,99 m.p.h. Jedes noch unbekannte neue Boot wird vor dem Rennen dreimal über die Viertelmeile geschickt, um seine Endgeschwindigkeit mit der elektronischen Einrichtung zu messen. Nach dem Ergebnis wird es in die passende Geschwindigkeitsgruppe eingestuft. Erst danach werden die Boote paarweise in den Kampf geschickt. Start und Endspurt gehen wie folgt vor sich:
Zwei aufgerufene Boote erscheinen hinter der Startlinie mit eingekuppelten Motoren im Langsamlauf. Wer den rascheren Langsamlauf hat, muss den Fuß vom Gaspedal nehmen; sein Gegner gibt dann gerade so viel Gas, damit sich beide Boote Kopf an Kopf der Startlinie nähern. Dieses Annähern soll mit einer Geschwindigkeit zwischen 7 und 10 m.p.h. = 11 bis 16 km/h geschehen. Erreichen sie die Startlinie im vorbestimmten Schneckentempo, so bekommen sie das Startsignal, andernfalls werden sie zurückgerufen. Bei gelungenem Start schießt jedes der beiden Boote in der ihm zugewiesenen schmalen Bahn auf die Ziellinie los. Wer zuerst ankommt, könnte der Sieger sein, wenn ... Hier schaltet sich nämlich die elektronische Messanlage ein, um die wahre Geschwindigkeit im letzten Zehntel der Strecke zu ermitteln. Ein zu schneller Sieger (ja, das gibt es auch), der nämlich die 5-Meilen-Grenze seiner Klasse überschritten hat, wird ausgeschieden und muss in die nächst höhere Klasse umsteigen. In den meisten Fällen stellt sich jedoch ein einwandfreier Sieger heraus, was aber noch nicht viel bedeutet. Nur der Verlierer kann jetzt nach Hause fahren. Der Gewinner hat ein neues Paarrennen mit dem Sieger des nachfolgenden Paarlaufes auszufahren, und in dieser Form gehen die Auswahlrennen weiter, bis sich endlich der Tagesgewinner jeder Klasse herausgeschält hat.
Dass solche Paarrennen aufregenden Sport bieten, ergibt sich allein schon aus den Zeiten: vom Startsignal bis zum Durchlaufen der Ziellinie brauchen die Boote der schnellsten Klassen nur rund 8 Sekunden! Bei mittelschnellen Klassen hat das ganze Rennen eine Dauer von 10 bis 12 Sekunden. Dann ist das Rennen für den Verlierer vorbei, der Sieger kann es ein oder mehrere Male wiederholen.

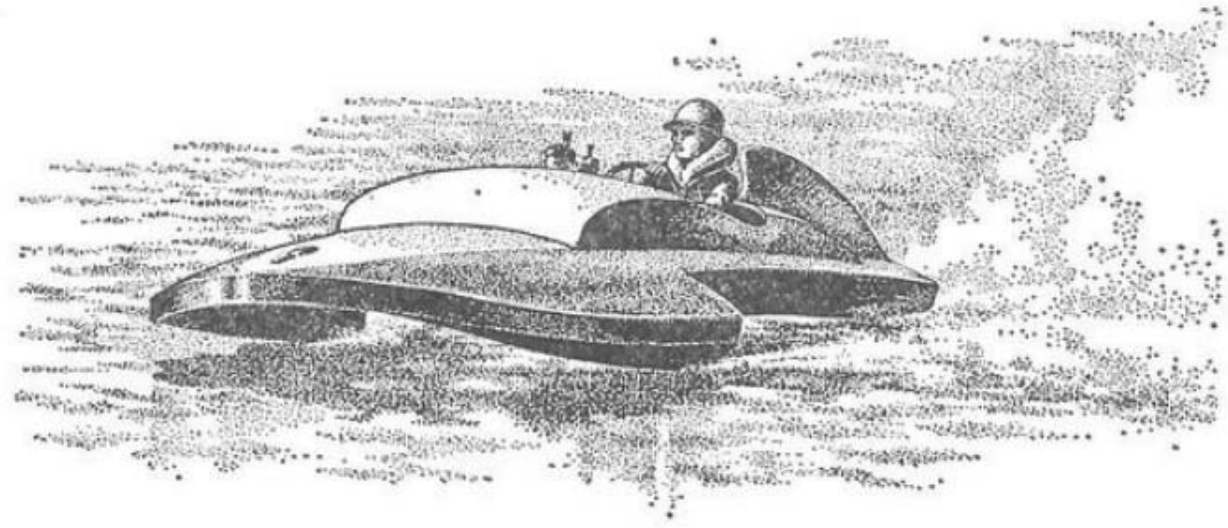


Abb. 126 Rennboote mit stufenartigen Unterbrechungen im Boden, wie z. B. das Zweipunktboot, werden auch als Hydroplan bezeichnet, in amerikanischen Rennvorschriften als Hydro abgekürzt. Zeichnung: 0. Mikhno

Düsenantrieb für Rekordboote

Als vor 30 Jahren die ersten Flugzeuge mit Düsenantrieb auftraten, hatte niemand Zeit, sich Gedanken über die zukünftige Verwendung solcher Strahltriebwerke zu Sportzwecken zu machen. Nachdem sich die damaligen Lebensumstände normalisiert hatten und sogar Strahltriebwerke aus Restbeständen billig erhältlich waren, lag der Gedanke nahe, sie auf Rennbooten zu versuchen. Von vornherein schieden Erprobungen mit kleineren Booten und mittleren Geschwindigkeiten aus, denn leistungs- und gewichtsmäßig eigneten sich diese Triebwerke nur für große Boote und sehr hohe Geschwindigkeiten, nämlich jenseits der mit Kolbenmotoren erreichten Grenzen.
Als erster unternahm Sir Malcolm Campbell um 1947 den Versuch, mittels Düsenantrieb im Boot neue Höchstgeschwindigkeiten zu erzielen. Er verwandte dafür zunächst die ältere BLULBIRD, Abb. 124, mit der er bereits im Jahre 1939 einen Rekord von 141,7 m.p.h. = 228 km/h aufgestellt hatte. Kolbenmotor und Propellerantrieb wurden ausgebaut und durch Düsenantrieb ersetzt, mit der Absicht, den damaligen Rekord mit dem gleichen Boot zu übertreffen. Allerdings zeigte das Boot einen wesentlichen Unterschied im Fahrverhalten. Da der Schub des Strahltriebwerks über Wasser liegt, entsteht ein Kippmoment, das vorher nicht existierte. Beginnend mit etwa 190 km/h wurde der Lauf der BLUEBIRD unstabil, das Boot begann zu galoppieren, und die Fahrt wurde riskant. Der logische Schluss war, ein Rekordboot eigens um das Strahltriebwerk herum zu entwerfen. Der erste Spezialentwurf für Düsenantrieb wurde für den Sportsmann John Cobb ausgearbeitet. Dabei verzichtete man von vornherein auf jede Ähnlichkeit mit einem Bootskörper. Die 1952 erbaute CRUSADER bestand aus einem zylindrischen Mittelstück, dessen Hauptteil durch das Strahltriebwerk selbst gebildet wurde. An dessen vorderes Ende wurde eine Art Flugzeugkanzel angesetzt, aerodynamisch geformt und als Steuerplicht eingerichtet. Darunter befand sich eine Kufe, die in hoher Fahrt als Leitfläche das Wasser nur knapp berühren sollte. Zwei weitere Leitflächen befanden sich unter den beiden hinteren Schwimmkörpern, auf jeder Seite einer und durch kräftige Querstreben mit dem Triebwerk verbunden. Letztere sollten das Hauptgewicht des Wasserfahrzeuges tragen. Der Eigner des Bootes, John Cobb, war mit 53 Jahren Inhaber zahlreicher Rekorde. Als ungewöhnlich erfolgreicher Rennfahrer war es ihm als erstem gelungen, im Rennwagen die 400-Meilen-Grenze (640 km/h) zu überschreiten, und zwar im Jahre 1947. Das neue Fahrgestell, denn Boot kann man es kaum nennen, war von Reid Railton entworfen worden, der auch alle bisherigen Rennwagen für Cobb konstruiert hatte. Er wurde dabei vom technischen Leiter der Vosper-Werft beraten, wo auch das Boot erbaut wurde. Als Triebwerk konnte ein De-Havilland Ghost- Jet eingebaut werden, welches einen statischen Schub von 5000 pound = 2270 kg entwickelte. Damals stand der Rekord mit Propellerbooten auf 286 km/h.
Im September 1952 wurden mit der CRUSADER die ersten Rekordversuche unternommen. Dazu hatte man die geschützte Wasserfläche des fjordartigen Loch Ness in Schottland gewählt, berühmt wegen eines angeblichen Ungeheuers. Nach mehrtägigem Warten wegen unruhiger Wasseroberfläche unternahm John Cobb den ersten Rekordlauf. Dabei erzielte er die unerhörte Geschwindigkeit von 207 m.p.h. = 332 km/h, verwandte also 17,4 Sekunden zum Durchlaufen der Rennstrecke. Doch kaum eine Sekunde nach Passieren der Ziellinie tauchte die Nase des Bootes tief ins Wasser. Das ganze Boot verschwand in

einem Schauer von Spritzwasser, gemischt mit Dampf, verursacht vom heißen Düsentriebwerk. Die CRUSADER wurde vollkommen zerstört, ihr mutiger Fahrer John Cobb verlor das Leben.
Trotzdem wurde die Idee, schnelle Boote mit Strahltriebwerken auszurüsten, nicht aufgegeben. Malcolm Campbells Sohn Donald unternahm bereits im Jahre 1955 Geschwindigkeitsfahrten mit dem Düsenboot BLUEBIRD. Auch dieses war eng um das Strahltriebwerk herum entworfen worden und ähnelte der CRUSADER in mancher Beziehung. Um einem ähnlichen Vorfall vorzubeugen, wurden die beiden seitlichen Stützflächen weit nach vorn verlegt, eine dritte schmale Leitfläche kam unter dem Triebwerk im Heck zum Tragen. Es wurde somit das echte, an sich stabile Drei-Punkt-Prinzip angewandt. Das Vorverlegen der beiden seitlichen Tragflächen war ein unbedingt logischer Schritt, denn der über Wasser erzeugte Schub bildet ein Moment aus, welches das Vorschiff niederzudrücken strebt. Mit dieser verbesserten Anordnung konnte Donald Campbell bereits im Jahre 1955 die 200-m.p.h.-Grenze (320 km/h) überschreiten.

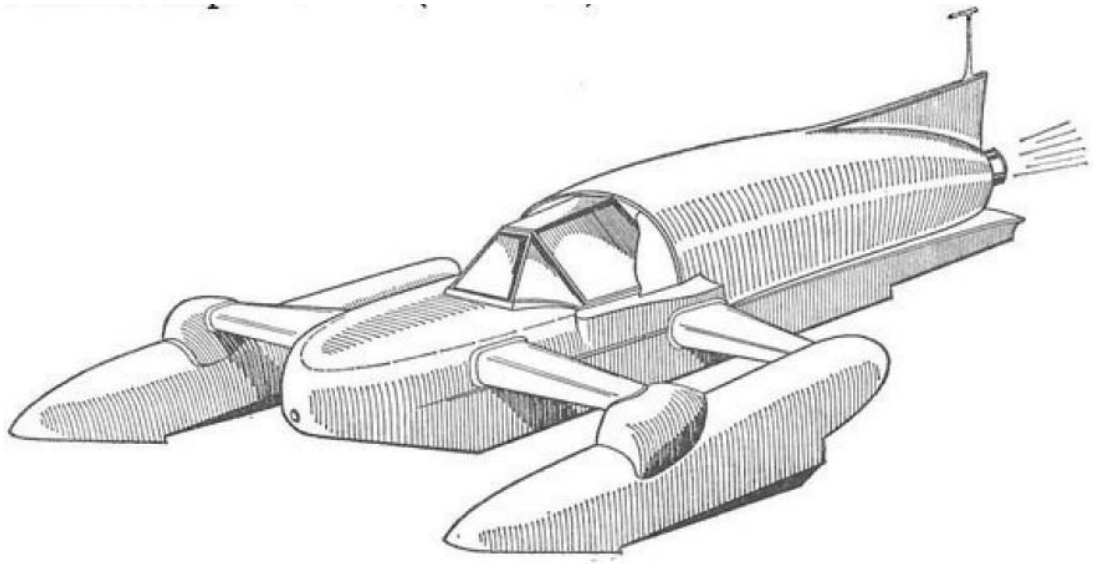


Abb. 127 Düsen-Rennboot „Bluebird". Mit diesem wurden zwischen den Jahren 1955 und 1964 zahlreiche Rekorde aufgestellt, die von 325 km/h bis auf 444 km/h anstiegen. Im Laufe der Jahre wurden an diesem Boot zahlreiche Änderungen vorgenommen, wobei die Bezeichnungen von „Bluebird 1" bis „Bluebird IV" die größeren Schritte kennzeichnen. Bei einem weiteren Rekordversuch 1967 mit fast 500 km/h stieg das Boot in die Luft und stürzte danach ins Wasser. Dabei wurde es vollkommen zerstört, Donald Cambell verlor das Leben.

In den folgenden 12 Jahren wurden ständig Änderungen an der BLUEBIRD vorgenommen.
Das ursprüngliche Strahltriebwerk entwickelte einen statischen Schub von 4000 pound = *1820* kg, wurde aber später gegen ein 8000-pound-Triebwerk (3640-kg-Schub) ausgewechselt. In der perspektivischen Zeichnung erkennt man auch eine erst zuletzt angesetzte Schwanzflosse. Die BLUEBIRD hatte eine Länge ü. a. von 8,05 m und eine größte Breite von 3,14 m. Das Gesamtgewicht im Rennen betrug etwa 2270 kg. Man beachte das Verhältnis zwischen Bootsgewicht und Schub des Strahltriebwerks!
Mit dem höheren Schub des neuen Triebwerks war es ohne weiteres möglich, die BLUBIRD in jede beliebige Richtung zu schießen, auch senkrecht in die Luft! Eine Trimmänderung von nur wenigen Graden könnte das Boot von der Oberfläche des Wassers abheben. Deshalb wurden besondere Maßnahmen getroffen, um einen aerodynamischen Auftrieb am Bootskörper soweit wie möglich zu verhindern.

Donald Campbells letzter Rekordversuch fand Anfang Januar 1967 auf dem Coniston-See in England statt. Der Beginn war vielversprechend, denn beim ersten Lauf erzielte er eine Geschwindigkeit von 297 m.p.h. = 477 km/h. Beim zweiten Lauf überschritt das Boot offensichtlich die 300-Meilen-Grenze, doch dabei geschah, was technische Voraussicht zu vermeiden versucht hatte: das Boot wurde für Bruchteile von Sekunden in die Luft gehoben oder vielmehr geschossen, verlor seine Fahrtstabilität und stürzte in Höchstgeschwindigkeit tief ins Wasser hinein. Auch dieses Boot wurde vollkommen zerstört, Donald Campbell verlor dabei ebenfalls das Leben.
Man fragt sich, ob es überhaupt einen Sinn hat, unter ständig drohender Lebensgefahr weitere Rekordversuche mit strahlgetriebenen Rennbooten zu unternehmen. Nur durch peinlich genaues aerodynamisches Ausbalancieren ist es überhaupt möglich, einen solchen Apparat noch mit dem Wasser in leichter Berührung zu halten. Vorerst scheinen die Versuche mit Düsenbooten weiterzugehen, doch werden immer größere Vorsichtsmassnahmen eingeschaltet!
Nach dem Unfall Les Staudachers im Jahre 1963 wurde das amerikanische Düsenboot Miss STARS AND STRIPES wiederhergestellt. Neue Probefahrten, so wurde beabsichtigt, sollten vorerst *unbemannt* ausgeführt werden, um Stabilität und Fahrtsicherheit zu prüfen. Solche durch Fernsteuerung kontrollierten Versuchsfahrten, so hofft man, sollen Geschwindigkeiten bis zu 550 km/h erreichen.
Der augenblicklich gültige Rekord für Düsenboote wird vom amerikanischen Rennboot HUSTLER gehalten. Dieses wurde in geradezu klassischer Rennbootsform erbaut, ohne irgendwelche abstehenden Stütz- oder Gleitflächen. Es erhielt eine verhältnismüßig schlanke Form, wie sich aus den Hauptabmessungen ersehen lässt. Länge = 8,92 m, Breite = 2,44 m. Das Boot bekam kleine Kontrollflächen, die sowohl der Steuerung wie der Stabilisierung des Trimms dienten; außerdem sollten sie das gefürchtete Fliegen verhindern. Seit seiner erfolgreichen Rekordfahrt vom Juni 1967, geführt von Lee Taylor, wurden bis zur Niederschrift dieser Zeilen keine weiteren Rekordversuche bekannt.

Rekordgeschwindigkeiten von Motorrennbooten mit Düsen- bzw. Reaktionsantrieb

			km/h	m.p.h.
1955	BLUEBIRD	England		202,1
1955	BLUTBIRD II	England	348,0	216,2
1956	BLUEBIRD II	England	363,1	225,4
1957	BLUEBIRD III	England	384,7	239,0
1958	BLUEBIRD III	England	400,2	249,0
1959	BLUEBIRD III	England	419,0	260,4
*1*964	BLUEBIRD IV	England	444,7	276,0
1967	HUSTLER	USA	459,0	285,2

Die letzte Spalte gibt die Geschwindigkeit in Statute-Meilen von 1609 m an = m.p.h.

Die technischen Überlegungen standen inzwischen nicht still. Neuerdings denkt man wieder an profilierte Ausleger, denen man nicht etwa einen Querschnitt gibt, um das aerodynamische Anheben zu verhindern, sondern man hoff im Gegenteil, eine ganz bestimmte aerodynamische Schwebelage zu erreichen. Ein umgekehrtes Flugzeug-Flügelprofil anwendend,

soll automatisch verhindert werden, dass das Fahrzeug den Zustand des unkontrollierten Freifluges erreicht. Stattdessen wird ein so genannter Bodeneffekt-Schwebezustand angestrebt, wobei das Boot kurz oberhalb der Wasserfläche, jedoch ohne direkte Berührung und ohne Wasserwiderstand dahin schießen soll. Vom Flugzeug würde es sich nur noch dadurch unterscheiden, dass es nicht in die Höhe steigen kann! Es wird zwar propellerlos über die Luft angetrieben, es wird auch von der Luft getragen, doch durch den Bodeneffekt bleibt es nach wie vor an die Oberfläche des Wassers gefesselt.

Raketenantrieb, der nächste Schritt?

Es besteht ein wesentlicher physikalischer Unterschied zwischen dem Strahltriebwerk und dem Raketenantrieb. Das Strahltriebwerk wird mit normalen flüssigen Brennstoffen gespeist, deren Verbrennungsvorgang in bekannter Weise durch Sauerstoffzufuhr aus der Luft aufrechterhalten wird. Raketentriebwerke funktionieren sowohl mit festen wie mit flüssigen Brennstoffen, deren chemische Reaktion oder Verbrennung jedoch unabhängig von irgendwelcher Zufuhr von Luftsauerstoff abläuft. Aus diesem Grunde kommen für Raumfahrten außerhalb der Erdatmosphäre nur Raketenantriebe in Frage.
Auf den Salzflächen von Bonneville, in der Nähe von Salt Lake City im Staate Utah, wurden bereits unglaubliche Geschwindigkeiten mit Raketenantrieb über Land erzielt. Walt Arfons, Raketentriebwerkspezialist, hatte mit seinem Rekordwagen eine Geschwindigkeit von *520* m.p.h. = 830 km/h erzielt und erklärte danach: Nunmehr soll der Versuch gemacht werden, auch den Geschwindigkeitsrekord auf dem Wasser zu brechen. Sein Landfahrzeug war mit 25 Raketen von je 450 kg Schub ausgerüstet. Diese schafften es, vom stehenden Start und nach nur 14 Sekunden Laufzeit den Wagen auf vorgenannte kaum fassbare Geschwindigkeit zu treiben. Für das geplante Rennboot will Arfons 5 zweistufige Raketen von je 3100 kg Schub verwenden. Sie sollen nicht gleichzeitig, sondern stufenweise abgefeuert werden, wobei jede Rakete eine Lebensdauer von 48 Sekunden erreicht. Man kann sich eine Vorstellung von den Kosten machen, wenn man die Probefahrten seines Rennwagens WINGFOOT zum Vergleich heranzieht. Dieser wurde von 15 *kleinen* Raketen von nur je 450 kg Schub angetrieben. Da jede Rakete 675 Dollar kostete, kamen die Kosten für einen einzigen Probelauf auf über 10 000 Dollar. Dies allein stellt schon einen Rekord dar, nämlich in kürzester Zeit die größte Geldsumme beim Sport zu verbrennen.
Mit wachsender Geschwindigkeit wird auch das Risiko für das Leben des Fahrers größer. Ja, es ist schlechthin unwahrscheinlich, dass der Fahrer überhaupt mit dem Leben davonkommt. Rekordversuche in Booten mit Raketenantrieb sollten niemals begonnen werden! Und wenn, dann steht der Gewinn an technischer Erkenntnis in keinem Verhältnis zur Lebensgefahr, die hier den höchsten Grad erreicht, der jemals bei sportlichen Unternehmen in Rechnung zu setzen war.
Abschließend sei erwähnt, dass die höchste Geschwindigkeit im Wagen mit einem Düsentriebwerk von 15 000 pound = 6800 kg Schub erzielt wurde: 614 m.p.h. = 988 km/h. Das sind noch rund *20* Prozent mehr Geschwindigkeit als mit Raketenantrieb.

Höchste Geschwindigkeit mit Außenbordmotoren

Mancher Leser wird sich noch an die Zeit erinnern, da Außenbordmotoren von 20 PS Leistung für reichlich groß und unhandlich angesehen wurden. Gestartet wurden sie durch einen Schnurzug, den man nach jedem missglückten Versuch wieder in die Rille am Schwungrad wickeln musste. Niemand ahnte damals, dass man 30 Jahre später mit Außenbordmotoren die heutigen geradezu aufregenden Geschwindigkeiten erreichen könnte. Sogar die 200-km/h-Grenze wurde bereits überschritten.
Die Zahl der Klassen für Außenbord-Rennboote ist reichlich groß. Sie umfasst nach den neuen Vorschriften, die ab 1. Januar 1970 gelten:

9 Rennklassen nach Motorengröße gestuft,
10 Sportklassen mit Mindst-Bootsgrößen,
3 Schlauchbootklassen.

Bisher gab es außerdem noch die 11 Größen umfassende Kategorie der Tourenboote sowie 3 Rennbootklassen für Stockmotoren, d. h. Motoren, die serienmäßig hergestellt werden und ohne Auffrisieren ins Rennen gehen. In nachfolgender, abgekürzter Liste werden einige der wichtigsten bisher betriebenen Klassen aufgeführt sowie die zugehörigen derzeitigen Rekordgeschwindigkeiten.

Motor-Hubvolumen		Rennklasse	Rekord-geschwindigkeit	Sportboote (Utility)	Rekord-geschwindigkeit
bis	175 ccm	OJ	105 km/h	JU	65 km/h
bis	250 ccm	OA	135 km/h	AU	66 km/h
bis	350 ccm	OB	146 km/h	BU	88 km/h
bis	500 ccm	OC	168 km/h	CU	115 km/h
bis	700 ccm	OD	172 km/h	DU	96 km/h
bis	1000 ccm	OF	178 km/h	FU	114 km/h
mit Kompressor		OX	186 km/h	-	- km/h
bis	1500 ccm	OI	211 km/h	IU	104 km/h

Man erkennt sofort, dass in den Rennklassen eine scharfe Konkurrenz herrscht. Bei den Sportbooten wurden offensichtlich einige der nach Hubvolumen gestuften Klassen vernachlässigt. Dagegen besteht in den drei Klassen der Stockboote eine so starke Konkurrenz, dass die Unterschiede zwischen ihren derzeitigen Rekordgeschwindigkeiten nicht bedeutend sind.

Klasse BS: Motor bis 350 ccm = 113 km/h,
Klasse CS: Motor bis 500 ccm = 152 km/h,
Klasse DS: Motor bis 700 ccm = 136 km/h.

Die Außenbordboote der Rennklassen unterliegen nur den jeweiligen Beschränkungen des Motor-Hubvolumens. Im übrigen sind sowohl die Abmessungen wie die Formen der Boots-



Abb. 128 Außenbord-Rennboot aus der Zeit um 1950. Inzwischen fand man eine bessere Gewichtsverteilung, verbunden mit verringertem Luftwiderstand, indem der Fahrer fast liegend weit ins Vorschiff versetzt wurde. Zeichnung: 0. Mikhno

körper freigestellt. Die Motoren dürfen ebenfalls großzügig auf- und umfrisiert werden, auch ist jede Art von Sonder-Rennbrennstoffen zugelassen.
Bei den so genannten Sportbootklassen bestehen dagegen eine Reihe von Grenzbestimmungen für die Bootskörper, ferner genaue Vorschriften für die Motoren, damit die überzüchteten Motoren der Rennklassen hier ausgeschaltet bleiben. Die Formulierung ab 1970 fordert folgendes:

Die Motoren müssen von einer anerkannten Fabrik serienmäßig hergestellt und zum Verkauf gebracht werden. Es müssen mindestens 150 Motoren von jedem Modell hergestellt worden sein. Sie müssen Langsamlauf besitzen sowie Vorwärtsgang, Leerlauf und Rückwärtsgang. Änderungen dürfen nur innerhalb enger Grenzen vorgenommen werden: die Auswahl des Propellers ist frei, ebenso die Art der Zündkerzen. Die Regulierung von Vergaser und Zündung darf verändert werden, außerdem sind noch einige weitere nebensächliche Änderungen gestattet. Es dürfen nur handelsübliche Brennstoffe (ohne Sonderzusätze) verwandt werden.

Wahre Rekordgeschwindigkeiten können nur mit einigen Erfolgsaussichten angestrebt werden, wenn bei der Vorbereitung von Boot und Motor sehr weitgehende technische Kenntnisse mitwirken, die sich mit Intuition und Sportgeist paaren. Wenn man von einigen zurückgebliebenen Klassen absieht, so wurde heute allgemein ein sehr hoher Grad von Spezialisierung erreicht. Man erkennt ihn am besten in nachstehender Schilderung, auf welche Weise die unerhörte Rekordgeschwindigkeit von 211 km/h mit nur einem Außenbordmotor erzielt wurde.
Das Rekordboot STARFLITE IV war in genauester Anpassung an Gewicht und Größe des Motors und des Fahrers von Hubert Entrop entworfen worden. Es hatte nur dem einzigen Zweck zu dienen, mit einem Vier-Zylinder-V-Form-Evinrude-Motor einen neuen Weltrekord in der Klasse 01 aufzustellen, in die der Motor genau hineinpasste. Er hatte ein Hubvolumen von 1470 ccm und blieb damit noch gut unterhalb der Begrenzung von 1500 ccm. Als Rennfahrer wurde der trotz seiner Jugend besonders erfahrene Gerry Walin gewählt, ein 26jähriger Student mit nur 50 kg Körpergewicht. Er hatte bereits mehrere Außenbordrekorde aufgestellt, von denen derjenige des Jahres 1964 in der Klasse OF auch heute noch steht. Vor allem war er bereit, diese ungewöhnliche und riskante Probe zu übernehmen.

Das 5,20-m-Boot war derart entworfen worden, dass der Fahrer schräg auf dem Rücken liegend darin Platz finden sollte, mit den Füßen nach vorn, den Kopf achtern leicht erhoben, um gerade noch zwischen den Knien einen Blick auf die Fahrbahn werfen zu können. Das Boot wurde ohne Rücksicht auf Kosten in sorgfältigster, dem Flugzeugbau entlehnter Kleinarbeit in Portland an der amerikanischen Westküste erbaut. Sowohl die Gewichtsverteilung wie der aerodynamische Trimm konnten durch besondere Vorrichtungen verändert werden. Schließlich gelang es, das Boot so erstaunlich auszubalancieren, dass es in voller Fahrt vom Wasser gänzlich unberührt gerade eben dicht über der Oberfläche dahin schoss, so als wäre es allein vom Spritzwasser des Außenbord-Unterteils getragen. Noch vor Zuwasserbringen des Bootes musste der Pilot samt Fahrerliege an Bord gehoben und dort festgeschnallt werden, wo er vollkommen eingekapselt und fast unbeweglich seinen Kurs abfuhr. Er steuerte im Liegen mittels zweier Handgriffe, von denen einer gleichzeitig als Gashebel diente.

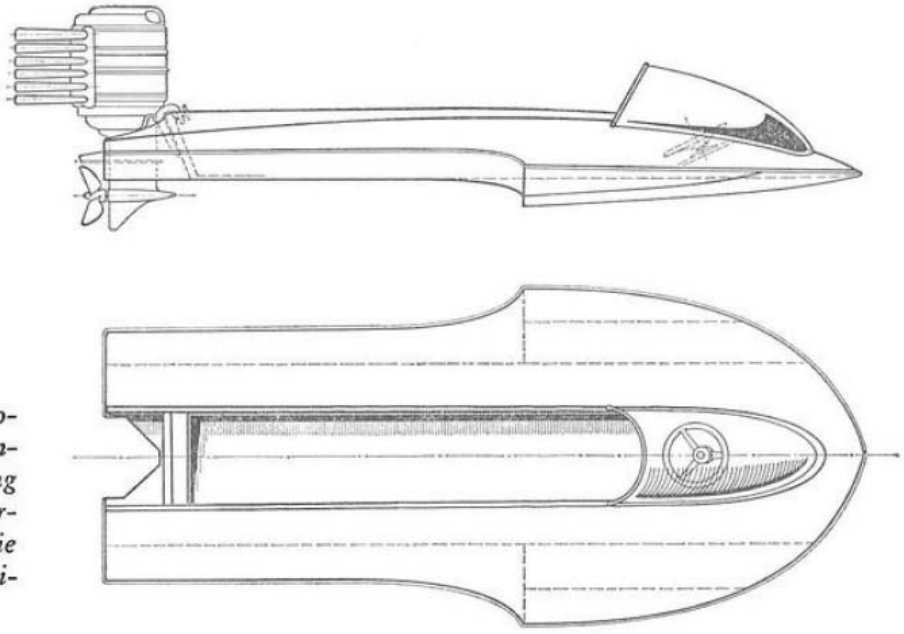


Abb. 129 Aussehen des modernen Außenbord-Rennbootes. Durch Entlastung der achteren Stützfläche erreicht das Boot auch hier die Eigenschaften des Zweipunkt-Gleitbootes.

Natürlich war der Motor kein Serienmotor. Er war mit allen technisch verfügbaren Mitteln für Rennzwecke hochgetrieben worden, einschließlich erhöhter Verdichtung zusammen mit Brennstoffeinspritzpumpe und verbessertem Zündsystem. Der Sonderbrennstoff bestand aus einer Alkoholmischung mit Zusatz von Castoröl. Das ins Wasser ragende, sehr schlanke Unterteil war bereits früher zu Rennzwecken benutzt worden, ebenso der Rennpropeller italienischer Herkunft. Die Rohrstutzen des freien Auspuffs waren in Durchmesser und Länge derart auf die Geschwindigkeit der Auspuffgase abgestimmt worden, dass der Auspuffdruck durch die entstehenden Schwingungen der Gase gewissermaßen abgesaugt wurde und dadurch zu einer besseren Frischluftfüllung der Zylinder beitrug. Das Ergebnis dieser kolossalen Mühen und Kosten. 130,9 m.p.h. = 211 km/h.

Spezialbrennstoffe für Rennzwecke

Noch bis zum Jahre 1930 wurden große amerikanische Automobilmotoren mit einem unwahrscheinlich niedrigen Kompressionsverhältnis hergestellt, nämlich etwa 4,5 : 1. Deutsche Motorenfabriken waren längst führend im Entwurf schnell laufender Motoren mit höherer Verdichtung, angeregt durch die nach Literinhalt der Motoren abgestufte Besteuerung der Kraftwagen. Um aus kleinen Motoren hohe Leistungen zu gewinnen, muss sowohl eine erhöhte Drehzahl wie ein gesteigertes Verdichtungsverhältnis gewählt werden. Heute werden im Kraftwagen wie im Boot Verdichtungen im Verhältnis von 8 : 1 bis 10 : 1 gewählt, aber auch noch höhere sind anzutreffen. Solche hohen Verdichtungen sind nur anwendbar, wenn so genannte klopffeste Brennstoffe, auch Superbenzin genannt, zur Verfügung stehen, deren Oktanzahlen (ROZ) mindestens zwischen 95 und 102 liegen. Flugzeug-Benzingemische erreichen noch höhere Oktanzahlen.

Da man am Wasser nicht überall hochwertige Brennstoffe erhalten kann, sind hohe Ver-dichtungen beim normalen Benzin-Bootsmotor gar nicht erwünscht. Heutige Standardbenzine sind für Verdichtungen bis zum Verhältnis 8 : 1 ausreichend. Für Rennzwecke wählt man aber Verdichtungen noch erheblich über 10 : 1. Diese können mit hochwertigem Benzin betrieben werden, doch mit Sondermischungen wird die Motorleistung noch weiter gesteigert.

In der Mitte der dreißiger Jahre wurde von Shell folgendes Alkohol-Brennstoffgemisch für Rennzwecke entwickelt, das keinerlei Benzin enthielt:

86,0 Prozent Methylalkohol,
4,4 Prozent Nitrobenzol,
8,8 Prozent Azeton,
0,8 Prozent Schwefeläther.

Es sei vorausgeschickt, dass Methylalkohol einen bedeutend niedrigeren Heizwert hat als jedes normale Benzin. Warum soll man für Hochleistungsmotoren einen Brennstoff mit niedrigem Kaloriengehalt verwenden? Weil er klopffest ist und die sehr vorteilhaften Verdichtungen bis zum Verhältnis von 15 : 1 verträgt. Sein geringerer Heizwert wird auf einfachste Weise durch Zufuhr größerer Brennstoffmengen ausgeglichen.

Die Anwendung von Nitrobrennstoffen, Nitromethan, hat überall dort Fortschritte gemacht, wo für Rennen Sondergemische zugelassen sind. Vom chemischen Standpunkt liegt der Vorteil der Nitrogemische darin, dass sie bis über 50 Gewichtsprozent reinen Sauerstoff enthalten, Allein schon ein Gemisch von 20 Prozent Nitromethan mit 80 Prozent Methylalkohol bringt eine Leistungssteigerung im Bereich der 12 Prozent. Stärkere Nitromischungen sind nicht nur möglich, sondern es ist schon gelungen, mit reinem Nitromethan zu fahren. Dabei wird es jedoch immer schwieriger, den Motor überhaupt zu starten. Der große Gehalt der Nitromischungen an Sauerstoff bewirkt in der Brennkammer einen ähnlichen Effekt wie die Aufladung mittels Verdichter, nämlich erhöhte Zufuhr von Sauerstoff. Deshalb bezeichnet man Nitrobrennstoffe auch als Thermal-Auflader.

Es ist keineswegs einfach, durch Anwendung von Nitrobrennstoffen höhere Motorleistungen zu erzielen. Sorgfältige Bemessung des Brennstoff-Luftgemisches ist von größter Bedeutung. Bereits die Verwendung von Alkoholen zwingt zu einer vergrößerten Brennstoff-

zufuhr, um den niedrigeren Kaloriengehalt auszugleichen. Diese Zufuhr muss bei Verwendung von Nitrobrennstoff noch weiter vergrößert werden. Man muss ferner den Zündzeitpunkt vorausstellen und so genannte *kalte Kerzen* verwenden. Diese sind häufig zu reinigen und haben nur eine kurze Lebensdauer. Der Azetonzusatz der vorgenannten Shellmischung war dazu bestimmt, die Kerzen so gut wie möglich rein zu halten. Da Nitromethan stark säurehaltig ist und Metalle angreift, müssen die Vergaser nach jedem Gebrauch mit wirksamen Lösungsmitteln ausgewaschen werden. Tanks und Brennstoffleitungen fertigt man am besten aus säurebeständigen Kunststoffen.

Heute werden Rennbrennstoffe verwandt, die 65 bis 90 Prozent Nitromethan enthalten, und das ist ein sehr teures Produkt. Eine 90prozentige Mischung kostet mindestens das Zwanzigfache von erstklassigem, klopffestem Benzin.

Alkoholgemische haben die Tendenz, Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen. Eigenartigerweise ist dies keineswegs ein Nachteil, eher sogar ein Vorteil, da hierdurch im Motor eine Art thermischer Kühlung entsteht. Zu demselben Zweck wurde mitunter sogar Wasser direkt dem Brennstoff zugesetzt. Größte Reinlichkeit und Vorsicht sind bei der Handhabung einzuhalten, denn manche Gemische und Zusätze sind sowohl giftig wie explosiv. Hinzu kommt, dass sofort nach dem Rennen alle mit dem Brennstoff in Berührung gewesenen Teile ausgewaschen werden müssen, also Vergaser, Brennstoffpumpe, Leitungen und sogar der Brennstofftank.

Man lasse sich nicht verführen, einen normalen Motor nur zum Probieren mit einem Sonder-Renngemisch zu betreiben. Man wird erstens keine höhere Leistung erzielen und zweitens vielen weiteren Ärger erleben.



Foto 66 Ein Außenbord-Kennkatamaran von Dieter Schulze, Attnang. Das 5,85 m lange Boot mit 2,20 m Breite, angetrieben von einem 115-PS-Johnson-Außenbordmotor, erreichte eine Geschwindigkeit von 120 km/h. Dieter-Schulze-Boote gewannen zahlreiche Weltmeisterschaften, meist mit König-Motoren. Foto: Dieter Schulze, Attnang



Foto 67 Den absoluten Geschwindigkeitsrekord für Rennboote mit Außenbordmotor hält „Starflite IV" mit 211 km/h. Antrieb: ein Vier-Zylinder-V-Form-Evinrude-Motor von 1470 ccm. . Foto: Evinrude Motors

Foto 68 Das Sechsstundenrennen auf der Seine vor Paris, 1968, wurde von diesem Molinari-Katamaran-Rennboot gewonnen. Die Katamaran-Bodenform zeichnet sich durch stabilen Lauf aus. Zum Antrieb verwandte Molinari einen 125-PS-Sechs-Zylinder-Mercury-Außenbordmotor. Foto: Kiekhaefer Mercury





Foto 69 10-m-Motorkreuzer „Super Diana". In Glasharz über formverleimtem Holzkern erbaut. Der Boden ist über dreiviertel seiner Länge rundspantig, geht zum Heck aber in eine scharfe Kimm über, eine für Halbgleiter besonders geeignete Form. Foto Baader



Foto 70 10,30-m-Doppelkabinenkreuzer „Adler IV". In Vollmahagoni von Storebro Bruks nach Plänen von W. H. Wilke erbaut. Ein Boot dieser Serie gewann die Sternfahrt Pavillon d'Or 1968. Mit 2 Volvo-Penta–Diesel-motoren erreicht das Boot eine Geschwindigkeit von 1,9 Knoten = 33 km/h. Foto. Holmstedt, Stockholm



Foto 71 Zwei 12-m-Motor-kreuzer Typ „Riomar". Diese Art von Motorkreuzern erfreut sich im La-Plata-Gebiet sowie im Parana-Delta großer Beliebtheit. Mit je einem 65-PS-Dieselmotor erreichten sie eine Fahrt von 20 km/h, mit 110 PS fast 24 km/h, Werftfoto Baader

Benzin- oder Dieselmotor?

Neunundneunzig Prozent aller kleinen, mechanisch angetriebenen Schiffe verwenden als Kraftmaschine den Dieselmotor oder den Benzinmotor. Die klassische Dampfmaschine zum Antrieb kleiner Boote ist nur noch äußerst selten auf sehr alten Gebrauchsfahrzeugen oder aber als Hobby anzutreffen. Es fehlt jedoch nicht an Initiativen, eine moderne Form des Dampfantriebs für Motorboote zu entwickeln, mit Schnelldampferzeuger und Turbine oder Kolben-Dampfmotor.
Auch die Gasturbine findet in wachsendem Maße Eingang, besonders zum Antrieb von Marineschnellbooten, da dort hohe Leistung auf kleinem Raum verlangt wird. Kosten und Wirtschaftlichkeit sind dabei von sekundärer Bedeutung. Auf dem sportlichen Sektor wird vorerst noch die überwiegende Mehrzahl der Boote von normalen Verbrennungsmotoren angetrieben. Hierbei ist zu entscheiden, ob der Benzin- oder der Dieselmotor den besseren Antrieb ergibt.
Warum soll man überhaupt wählen? Ist nicht der Dieselmotor erheblich wirtschaftlicher im Brennstoffverbrauch, außerdem bedeutend weniger feuergefährlich? Leider ist der Dieselmotor in der Anschaffung wesentlich teurer, in den Abmessungen größer und im Gewicht schwerer, so dass sich für kleine, schnelle Boote der bewährte Benzinmotor von selbst anbietet. Erst bei Bootslängen von 10 bis 12 m aufwärts wird der Dieselmotor zur Regel, anwendbar ist er aber bereits in Booten kleinster Abmessungen. In den Vereinigten Staaten werden selbst Motoryachten bis zu 20 m Länge noch heute wahlweise mit Benzinmotoren

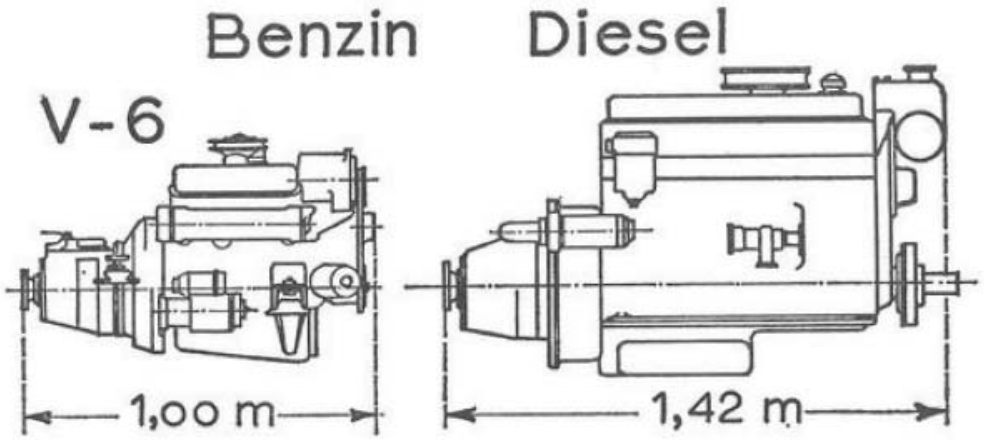


Abb. 130 In den folgenden drei Abbildungen werden sechs verschiedene Bootsmotoren von je 120 PS Leistung dargestellt. Links ein Sechs-Zylinder- Benzinmotor in V-Form, rechts ein Sechs- Zylinder- Dieselmotor

	Benzin	*Diesel*
Drehzahl	*4000*	*2800 U/min*
Zylinderzahl	*V-6*	*6 Zylinder*
Hubvolumen	*3,2*	*5,8 Liter*
Gewicht	*240*	*580 kg*

angeboten, denn diese besitzen ebenfalls eine Reihe von Vorzügen, wie weiter unten gezeigt werden wird.
Nimmt man heutige Motorenlisten zur Hand und vergleicht sie mit ähnlichen aus der Zeit vor 10 Jahren oder gar solchen aus den dreißiger Jahren, so fällt sofort die eindrucksvolle Entwicklung des Fahrzeug-Dieselmotors ins Auge. Die Zahl der Modelle schnell laufender Dieselmotoren nimmt ständig zu, der Leistungsbereich wird umfassender, die Gewichte geringer. Schon der erste Daimler-Benzinmotor des Jahres 1886 war imstande, ein kleines Boot von nur 6 m Länge anzutreiben. Doch vor 1930 gab es keinen kleinen Dieselmotor, der sich zum Antrieb eines so kleinen Bootes überhaupt geeignet hätte. Er wäre als Folge des Gewichtes und der Erschütterungen einfach durch den Boden gefallen. Wie gesagt, dies alles hat sich seit Beginn der dreißiger Jahre geändert.
Durch nichts lässt sich der Fortschritt in der Entwicklung der Dieselmotoren augenfälliger aufzeigen als durch die in den letzten Jahren erreichten Rekordgeschwindigkeiten mit Dieselbooten. Über 100 km/h in einem Diesel-Rennboot zu erreichen hätten viele Fachleute noch vor 10 Jahren für unmöglich gehalten.
Jede Bootsart und Größe, jeder Verwendungszweck, ja auch das zu befahrende Revier beeinflussen die Entscheidung über den zu wählenden Motor. In kleinen skandinavischen Fischerhäfen wird man überall Dieseltreibstoff erhalten, aber kein Benzin. Umgekehrt gibt es sowohl in den Vereinigten Staaten wie in Südamerika ausgedehnte Stromgebiete, wo man überall Benzin erhalten kann, nicht aber Dieseltreibstoff. In einer kurzen Zusammenstellung werden nachstehend die Vor- und Nachteile der beiden Motorengattungen einander gegenübergestellt.

Vorteile des Benzinmotors Bei gleicher Leistung wiegt er im Durchschnitt nur halb soviel wie ein leichter, schnell laufender Dieselmotor. Der Benzinmotor hat einen ruhigen Lauf, sein Geräusch ist geringer, und Vibrationen sind im allgemeinen kaum vorhanden. Die größeren Boots-Benzinmotoren stammen fast alle vom Motorenblock eines normalen Automobilmotors. Dadurch ergibt sich ein günstiger Anschaffungspreis, außerdem findet man leichter Ersatzteile und erfahrene Reparaturwerkstätten.
Nachteile des Benzinmotors Einzig und allein sein Brennstoff! Dieser ist feuergefährlich und sehr explosiv, außerdem teurer im Einkauf. Der Verbrauch an Brennstoff liegt mengenmäßig höher, in Litern durchschnittlich um etwa 40 Prozent. Zuverlässigkeit im Betrieb, Empfindlichkeit gegen Seewasser, gegen nachlässige Pflege und Schmutz im Brennstoff unterscheiden sich nicht wesentlich vom Dieselmotor.

Vorteile des Dieselmotors Einzig und allein sein Brennstoff, doch nunmehr im entgegengesetzten Sinne: er ist weniger feuergefährlich, nicht explosiv, billiger im Einkauf. Sein Verbrauch ist mengenmäßig geringer, was dem Benzin gegenüber eine Ersparnis von fast 30 Prozent (in Litern) bedeutet.
Nachteile des Dieselmotors Sein Gewicht ist durchschnittlich doppelt so hoch wie dasjenige des Benzinmotors. Seine Abmessungen sind größer, vor allein in der Höhe, was bei kleineren Booten sehr stört. Er entwickelt mehr Geräusch und Vibrationen; der Geruch des Treibstoffes sowie der Auspuffgase wird oft als stärker belästigend empfunden. Zuverlässigkeit im Betrieb, Empfindlichkeit gegen Seewasser, nachlässige Pflege und Schmutz im Brennstoff unterscheiden sich nicht wesentlich vom Benzinmotor.

Die Wirtschaftlichkeit von Dieselmotoren in Sportbooten wird nicht selten anhand unzureichender Voraussetzungen beurteilt. Die Ersparnis in den Kosten des Brennstoffs allein bildet keine ausreichende Grundlage für eine Rentabilitätsrechnung. Da für den Dieselmotor ein bedeutend höherer Anschaffungspreis aufzuwenden ist, muss die Anzahl der jährlichen Betriebsstunden berücksichtigt werden. Erst dann kann man errechnen, in welchem Zeitraum der höhere Anschaffungspreis durch die Ersparnis an Brennstoffkosten ausgeglichen wird. Sportliche Motorboote und Motorkreuzer erreichen fast niemals 300 Betriebsstunden im Jahr. Bei sehr vielen Booten kommen die Motoren nur auf etwa 100 jährliche Laufstunden, und auch diese nur unter Teillast, d. h. mit verringertem Brennstoffverbrauch.

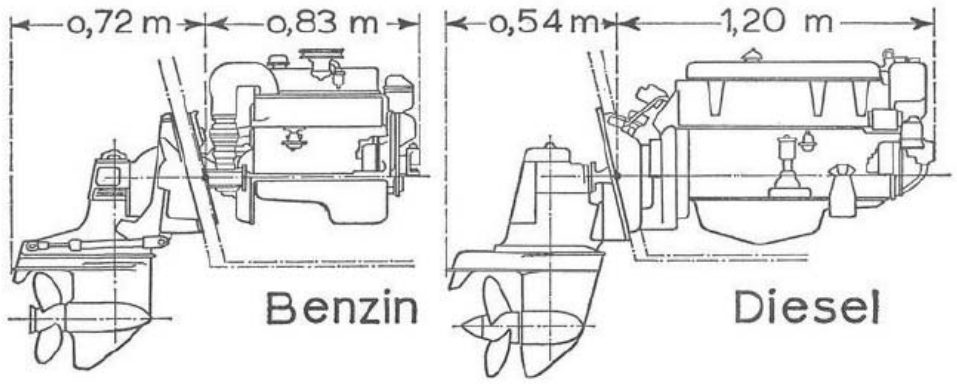


Abb. 131 Zwei Bootsmotoren mit Z-Antrieb, ebenfalls von 120 PS Leistung.

	Benzin	*Diesel*
Drehzahl	*4300*	*4200 U/min*
Zylinderzahl	*4*	*6 Zylinder*
Hubvolumen	*2,5*	*3,2 Liter*
Gewicht	*270*	*360 kg*

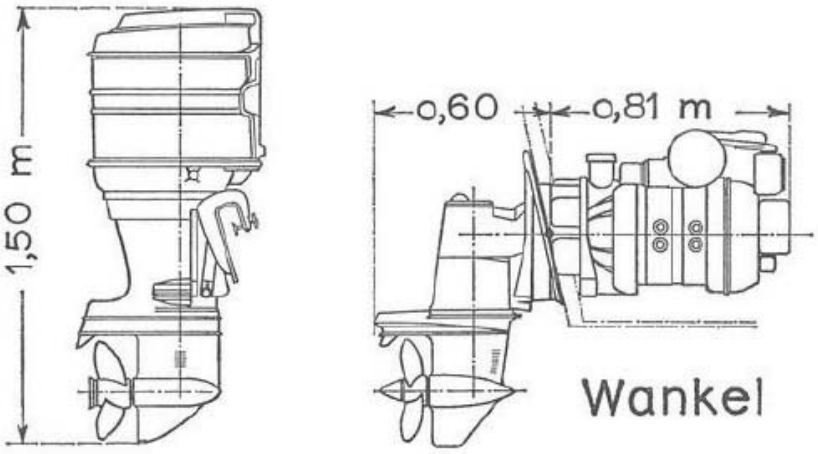


Abb. 132 Die leichtesten Benzinmotoren. Links ein Außenbordmotor, rechts ein Zweischeiben-Kreiskolbenmotor NSU- Wankel

	Außenbord	*Wankel*
Drehzahl	*5000*	*5800 U/min*
Zylinderzahl	*6*	*2 Scheiben*
Hubvolumen	*1,6*	*1 Liter*
Gewicht	*115*	*220 kg*

Die Motorenfabriken geben den Brennstoffverbrauch aus technischen Gründen in Gramm je PS und Stunde an, der Verkauf von Benzin und Dieselöl erfolgt dagegen normalerweise in Litern. Um die Berechnung von Brennstoffverbrauch, Kosten, Tankinhalt und Aktionsradius zu vereinfachen, wird nachstehend eine Tabelle mit Durchschnittswerten gebracht. Es sei jedoch vorausgeschickt, dass weder Benzin noch Dieseltreibstoff ein festliegendes, einheitliches spezifisches Gewicht haben, wodurch sich kleine Abweichungen ergeben. Erheblich größere Unterschiede bestehen im spezifischen Brennstoffverbrauch der Motoren, ja, dieser wechselt von Motor zu Motor, von Marke zu Marke. Darüber hinaus hängt der wirkliche Verbrauch vom inneren Zustand des Motors ab und schließlich von der Belastung des Motors im Betrieb. Die Tabelle wurde mit Durchschnittswerten aufgestellt, und zwar für Motoren in gutem Betriebszustand. Man sollte deshalb von Fall zu Fall einen kleineren oder größeren Sicherheits- oder Reservefaktor hinzuschlagen.

Benzin (spezifisches Gewicht - 0,75)	Verbrauch pro PS-Stunde
kleinere Motoren um 10 PS	245 Gramm = 0,33 Liter,
größere Motoren über 50 P5	220 Gramm = 0,29 Liter,
große Motoren über 150 PS	210 Gramm = 0,28 Liter.

Dieseltreibstoff (spezifisches Gewicht = 0,85)	Verbrauch pro PS-Stunde
kleinere Motoren um 10 PS	200 Gramm = 0,24 Liter,
größere Motoren über 50 PS	180 Gramm = 0,21 Liter,
große Motoren über 200 PS	170 Gramm = 0,20 Liter.

Außenbordmotoren	Verbrauch pro PS-Stunde
kleinere und ältere Motoren	0,8 -1,0 Liter,
Durchschnittsverbrauch	0,5-0,6 Liter,
sehr gute größere Motoren	0,45 Liter.

Beispiel für 100 PS Motorleistung	Gesamtverbrauch je Stunde
Benzinmotor, voll belastet	29 Liter,
Dieselmotor, voll belastet	21 Liter,
Außenbordmotor, voll belastet	45 Liter.

Kreuzfahrt mit $^{3}/_{4}$-Geschwindigkeit	Gesamtverbrauch je Stunde
derselbe Benzinmotor, teilbelastet	17 Liter,
derselbe Dieselmotor, teilbelastet	12 Liter,
derselbe Außenbordmotor, teilbelastet	28 Liter.

Hiermit sind alle wichtigen Grundlagen zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit gegeben. In jedem Falle müssen die Anschaffungskosten des Motors und der örtlich geltende Brenn-stoffpreis festgestellt werden. Kann man die jährlichen Fahrstunden gut abschätzen, so gelangt man zu einem brauchbaren Überschlag der Wirtschaftlichkeit beider Motorenarten. Bei sportlichen Booten ist die Wirtschaftlichkeit allein nicht entscheidend. Oft kommen zwingende Gründe hinzu, dem einen oder anderen Motorentyp den Vorzug zu geben. So verbietet sich die Anwendung des Dieselmotors bei leichten, flinken Sportbooten heute noch von selbst. Dagegen sollte man ihm überall dort den Vorzug geben, wo er ohne Nachteile eingebaut werden kann. Und das sind alle nicht zu kleinen Motorkreuzer sowie nahezu sämtliche Gebrauchsfahrzeuge.

Schnellläufer oder langsam laufende Motoren?

In den skandinavischen Fischerbootshäfen trifft man gelegentlich noch die alten, langsam laufenden Ein-Zylinder-Glühkopfmotoren. Mit ihrem großen Schwungrad und den gewichtigen umlaufenden Massen können sie erstaunlich langsam laufen und erwecken dadurch den Eindruck solider gebändigter Kraft. Mancher Fahrensmann hat die Fischer schon um ihre *guten, alten Motoren* beneidet. So soll nun verglichen werden, ob der heutige schnell laufende Motor wirklich einen schlechten Tausch darstellt.
Hohe Drehzahlen des Motors bedeuten: geringes Gewicht, kleine Raumgröße, niedriger Anschaffungspreis, alles Punkte, die in den meisten Fällen sehr geschätzt werden. Hinzu kommt ferner, dass die Vibrationen geringer zu sein pflegen, oft auch das Geräusch. Ebenso wird der Einbau vereinfacht, und schließlich gewinnt man ein Plus an Geschwindigkeit, weil kein unnötiges Gewicht im Boot mitgeschleppt wird. Ein leichteres Boot zeichnet sich allgemein durch bessere Fahreigenschaften aus.
Gegen den Schnellläufer sprach in den Anfangszeiten die Befürchtung einer geringeren Lebensdauer. Für diese besteht heute keine Begründung mehr. Multipliziert man Anschaffungskosten mit Lebensdauer, so ergibt sich mindestens Kostengleichheit, wahrscheinlich sogar ein Vorteil zugunsten des Schnellläufers. Vor allem aus Gründen der inneren, vom Verbrennungsprozess ausgelösten Korrosion ist die Lebensdauer des langsam laufenden Motors nicht unbedingt um so viel größer, wie seine Anschaffungskosten höher sind. An zweiter Stelle besteht ein Zusammenhang zwischen Drehzahl und Propellerwirkungsgrad. Langsame bis mittelschnelle Boote erfordern ziemlich niedrige Drehzahlen, sehr schnelle Boote dagegen hohe Drehzahlen. Der schnell laufende Motor lässt sich an eine langsame Propellerdrehzahl durch Anbau eines Untersetzungsgetriebes anpassen; gewöhnlich kann man sogar über das günstigste Untersetzungsverhältnis selbst entscheiden. Ein schnell laufender Bootsmotor ohne passende Auswahl zwischen mehreren Untersetzungsverhältnissen ist heute nicht denkbar. Längst wurde vergessen, dass solche direkt an den Motor angeflanschten Untersetzungsgetriebe erst in den dreißiger Jahren zögernd auf den Markt kamen, und zwar anfänglich nur für Benzin-Bootsmotoren. Dieselmotoren erreichten damals noch keine Drehzahlen, die im Verhältnis zu ihrem Gewicht als zu hoch empfunden wurden.

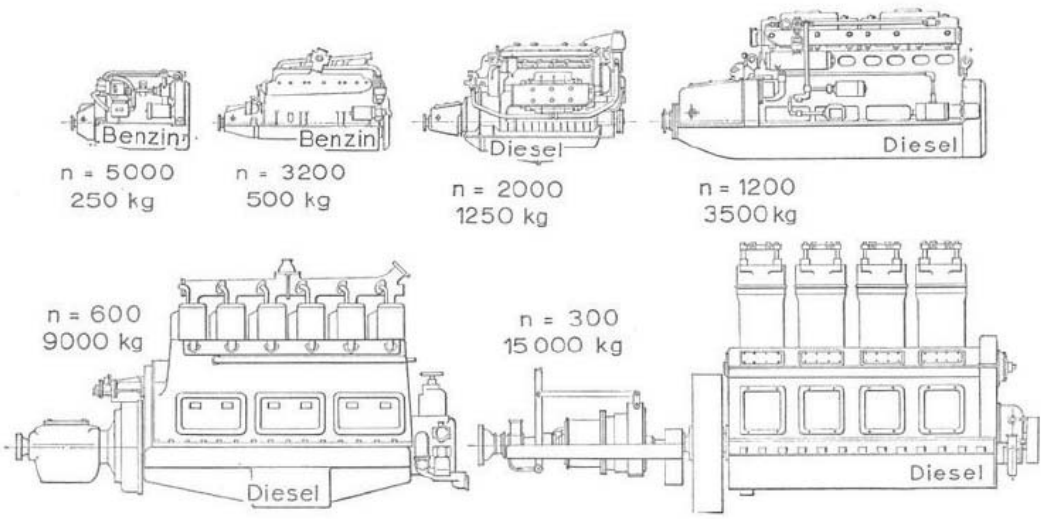


Abb. 133 Sechs Boots- Sand Schiffsmotoren mit je 200 PS Leistung bei sehr verschiedenen Drehzahlen. Links oben ein leichter Benzin-Schnellläufer, rechts unten ein schwerer, langsam laufender Schiffsdiesel älterer Bauart.

Für kleine bis mittelgroße sportliche Motorboote und Motorkreuzer wird man allein schon aus Gründen des Gewichts einen schnell laufenden Motor mit passendem Untersetzungsverhältnis wählen. Selbst für sehr große und langsame Motoryachten werden die Vorzüge des Schnellläufers immer mehr geschätzt. Sogar auf Handelsschiffen werden oft mehrere schnell laufende Motoren über ein gemeinsames Getriebe auf eine einzige Welle gekuppelt, wobei die Drehzahl auf ein günstigeres Maß untersetzt wird als bei einem direkt antreibenden Langsamläufer möglich ist.
Schnellläufigkeit lässt sich nicht allein durch die Drehzahl ausdrücken. Sie wird durch einen anderen Umstand gekennzeichnet, nämlich die *mittlere Kolbengeschwindigkeit,* die jedoch für jedermann leicht zu errechnen ist, nämlich:

$$V_k = \frac{H \times n}{30}$$

V_k = mittlere Kolbengeschwindigkeit in m/sek

H = Kolbenhub in mm

n = Umdrehungen/Minute.

Bei serienmäßig hergestellten Benzin-Bootsmotoren für normalen Gebrauch findet man heute mittlere Kolbengeschwindigkeiten bis zu 14 m/sek, bei Dieselmotoren bis zu 11 m/sek. Bei ausgesprochenen Renn-Benzinmotoren werden Kolbengeschwindigkeiten his zu 20 m/sek nicht nur erreicht, sondern ausnahmsweise noch beträchtlich überschritten. Von der Motorenseite her wurde demnach gefunden, dass der leichte, schnell laufende Motor in vielen Fällen den Vorzug verdient. Sein Untersetzungsverhältnis muss jedoch vom Propeller her bestimmt werden. Dabei wird in erster Linie der beste Propellerwirkungsgrad angestrebt, und danach wird untersucht, ob unter dem Boden auch Raum für den Durchmesser des zugehörigen Propellers vorhanden ist. Langsame Boote erfordern dabei stets niedrige Drehzahlen, schnelle Boote erlauben recht hohe Drehzahlen, und bei Rennbooten ist es oft vorteilhaft, die Drehzahl nach oben zu übersetzen.

Eine einfache Formel zur Bestimmung der günstigsten Drehzahl kann allein deswegen nicht aufgestellt werden, weil bester Wirkungsgrad oft einen so großen Propellerdurchmesser verlangt, wie er unter dem Boden des Bootes einfach nicht untergebracht werden kann. Im Kapitel über die Auswahl des Propellers werden jedoch genügend Angaben gemacht, um auch hierfür eine Antwort zu finden, ohne sich in das komplizierte Gebiet der Propellerberechnung vertiefen zu müssen.

Brems- PS, DIN- PS und SAE- PS

Die Leistung eines Motors wird durch eine Angabe in Pferdestärken ausgedrückt, die ursprünglich, von James Watt definiert wurden. Zu diesem Zweck maß er tatsächlich die Arbeitsleistung eines kräftigen Pferdes und fand sie zu 33000 Fuß-Pfund pro Minute. Bei der späteren Umrechnung auf das metrische System ergab sich die unrunde Zahl von 76,04 kgm/sek, so dass eine Abrundung beschlossen wurde und das metrische PS auf 75 kgm/sek festgesetzt wurde.
Wenn man glaubt, dass ein Dampf-PS oder ein DIN-PS stärker ist als ein amerikanisches HP oder eine im englischen Maßsystem bestimmte BHP-Leistung, so ist das ein Irrtum. Ein metrisches PS ist immer gleich 75 kgm/sek. Allerdings gibt es eine ganze Reihe von Definitionen über den Zustand oder die Ausrüstung eines Motors während der Leistungs-messung, und diese Voraussetzungen enthalten recht bedeutende Unterschiede. Man vergesse aber nicht, dass im englischen wie im amerikanischen Raum 1 HP um rund 1,4 Prozent stärker ist als das PS im metrischen System.
Leider wird eine an sich klare Ausdrucksweise von den Werbeabteilungen gern rosa ge-

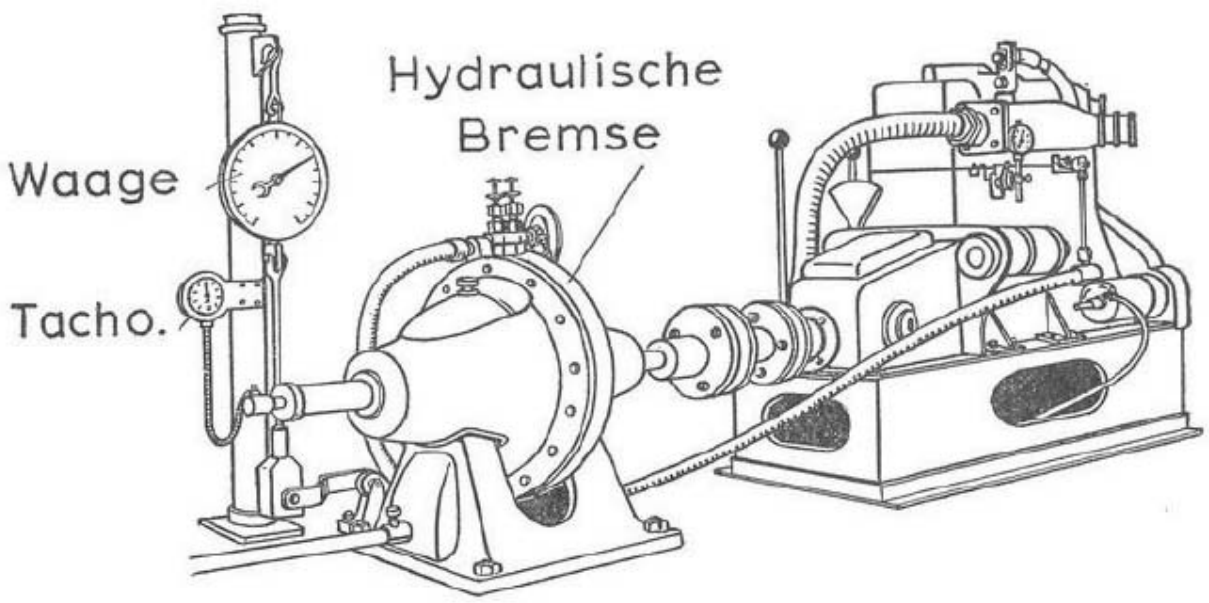


Abb. 134 Dynamometer in Form einer hydraulischen Bremse mit angeschlossenem Bootsmotor. Durch Regulierung der Bremse wird dieser von langsamer bis höchster Drehzahl voll belastet, um das jeweils erzielte Drehmoment zu messen. Durch pendelnde Lagerung des Bremsgehäuses geschieht die Messung verlustfrei und mit großer Genauigkeit.

färbt, indem nicht selten solche Ausdrücke angewandt werden, die den Anschein einer höheren Leistung erwecken, ohne von der Wahrheit abzuweichen. Kennt man die Unterschiede der Definition, so ist es ein leichtes, sich genau zu orientieren. Hat ein neues Motorenmodell den Zustand der Reife erreicht, so kommt es auf den Prüfstand. Dort wird die wahre Motorleistung durch Messung festgestellt und mit der vorher errechneten verglichen. Zu diesem Zweck wird der Motor an eine hydraulische Bremse angeschlossen, deren Hauptzweck darin besteht, den Motor bei jeder gewünschten Drehzahl voll zu belasten. Das Gehäuse der hydraulischen Bremse ist drehbar gelagert, und so braucht nur die Reaktionskraft des Abbremsens am Gehäuse gemessen zu werden, um mit absoluter Genauigkeit das vom Motor gelieferte Drehmoment zu erhalten. Verbindet man dieses mit der Motordrehzahl, so wird die effektiv an die Bremse abgegebene Motorleistung sehr genau festgestellt, und zwar in einwandfreier und nicht missdeutender Form.
Das eben genannte Drehmoment findet im Fahrzeugbau eine nützliche Anwendung. Es dient vor allem zur Berechnung der Materialstärken in der Kraftübertragung, d. h. in Kupplung, Getriebe, den zugehörigen Kardangelenken, Wellen und Radantrieben. Wegen der andersartigen Propellercharakteristik ist das Drehmoment beim Bootsbetrieb ohne Bedeutung und sollte in den Bremsdiagrammen gar nicht aufgeführt werden. Es kann jederzeit errechnet werden, denn es ist eine einfache Funktion aus Drehzahl und Leistung, nämlich Drehmoment M = 716,2 - PS/U/min.
Nur am Rande sei bemerkt, dass neuerdings angestrebt wird, den Ausdruck PS für Leistung durch das Kilowatt zu ersetzen, wonach 1 PS = 0,736 Kilowatt wäre oder umgekehrt 1 Kilowatt = 1,36 PS.
Leider ist mit dem Probelauf an der Bremse das Problem der genauen Bestimmung der Motorleistung noch lange nicht gelöst. Ein Motorblock wird nämlich zunächst ohne sein später anzubauendes Bootswendegetriebe gemessen. Er kann aber auch in einer Form geprüft werden, die man als *nackt* bezeichnet. Dabei enthält er nur sein inneres Triebwerk und das Allernötigste an Vergaser, Zündung oder Einspritzung, damit der Motorenblock funktionieren kann. Würde man die Leistung des nackten Motors als PS-Angabe für den später fertig ausgerüsteten Bootsmotor verwenden, so müsste man dieses, milde gesagt, als Irreführung bezeichnen. Der Bootsmotor erhält nämlich noch eine ganze Anzahl von Hilfselementen, deren Leistungsverbrauch von der Bremsleistung des nackten Motors abgezogen werden muss.
Zwischen einem nackten Motor und dem vollständig ausgerüsteten Bootsmotor fehlen *mindestens* folgende parasitären Verbraucher:

Kühlwasserpumpe	Ladegenerator
Bootswendegetriebe	Auspuffleitung.

Ferner können am Prüfstand weitere Zusatzteile fehlen, wie z. B.

Brennstoffpumpe	Auspuffsammelrohr
Luftansaugfilter	Wasser-Rückkühler.

Ohne diese erhält man eine so genannte Brutto-Prüfstandsleistung. Die Nettoleistung als Bootsmotor liegt dann ganz erheblich niedriger, bei größeren Leistungen um rund 15 Prozent, bei kleineren um 20 und mehr Prozent.

Ein sehr großer Anteil aller Bootsmotoren wird in den Vereinigten Staaten hergestellt, die auch über den größten Verbraucherkreis an Bootsmotoren verfügen. Dort werden meistens die reklametechnisch vorteilhaften Normen der S.A.E. (Society of Automotive Engineers) zur Bestimmung der Leistung angewandt. Bei diesen handelt es sich wirklich *um nackte Motoren!* Es gibt aber auch S.A.E.- Normen für voll ausgerüstete Motoren, die jedoch im Bootsmotorengeschäft nicht angewandt wurden.

Steuer-PS-Leistung In den Anfangszeiten des Automobils wurde die Motorleistung als Grundlage zur Besteuerung der Wagen angewandt. Da man aber unmöglich jeden Motor auf den Prüfstand bringen konnte, wurden in den verschiedenen Ländern vereinfachte Formeln zur Bestimmung der so genannten Steuer-PS eingeführt. Noch in den fünfziger Jahren gab es in England den 10-PS-Fordwagen oder den 8-PS-Morris, wobei die genannte Ziffer nicht Motorleistung, sondern Steuerformel-PS bedeutete. Da der 10-PS-Fordmotor auch als Bootsmotor ausgerüstet in den Handel kam, fühlten manche nichtenglischen Käufer sich hintergangen, wenn dieser Motor mit einer Leistung von 24 PS verkauft wurde. Er leistete jedoch wirkliche 24 Brems-PS oder effektive PS; nur die Angabe der 10 Steuer-PS war irreführend.
Ähnlich gab es auch in Deutschland in früheren Zeiten einen Mercedes-Wagen, dessen Motorleistung mit 24-100-140 PS angegeben wurde. Darin bedeutete die Zahl 24 die Steuer-PS, die Zahl 100 die normale Motorhöchstleistung im Verkehr, und diese konnte nach Einschalten des Aufladekompressors bis auf 140 PS gesteigert werden.

Indizierte PS-Leistung Die langsam laufenden Kolbendampfmaschinen früherer Zeiten waren viel zu groß und schwerfällig, als dass ihre Leistung an einem einfachen Dynamo-meter gemessen werden könnte. Stattdessen wurde der während des Kolbenweges ab-nehmende Dampfdruck durch einen Indikator aufgezeichnet.
Aus dem Indikatordiagramm konnte die in der Maschine erzeugte thermische Leistung ziemlich genau ermittelt werden. Die Leistung an der Kurbelwelle war natürlich um den Betrag der mechanischen Verluste geringer. Es war jedoch allgemein üblich, die Leistung in Form der indizierten PS anzugeben.
Auch an Verbrennungskraftmaschinen wird der Arbeitsdruck sowie die Druckänderung auf dem Kolbenweg mittels Indikators gemessen. Eine solche Messung ist sehr wertvoll,

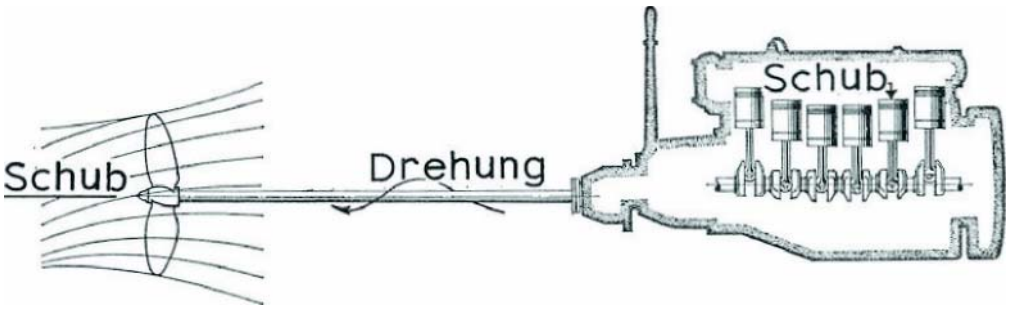


Abb. 135 In dieser Darstellung wird gezeigt, wie der lineare Schub des Kolbens vom Triebwerk des Motors in rotierende Leistung umgewandelt wird. Diese wird vom Propeller übernommen und in linearen Schub zurückverwandelt, um das Schiff anzutreiben.

um den Füllungsgrad sowie den Verbrennungsvorgang zu untersuchen, doch wird die daraus abgeleitete thermische oder indizierte Motorleistung nur zu Studienzwecken verwandt.

Bremsleistung Der Käufer eines Bootsmotors interessiert sich nur für die wahre Bremsleistung des Motors am Flansch des Wendegetriebes. Eigentlich sollte der Ausdruck *Bremsleistung des Bootsmotors* mit absoluter Klarheit ausdrücken, was gemeint ist. Es darf jedoch nicht vergessen werden, dass heute kaum noch Bootsmotoren als solche hergestellt werden, sondern Fahrzeugmotoren, die dann verschiedenen Zwecken dienen und auch als Bootsmotoren ausgerüstet werden. Es ist deshalb durchaus üblich, unter dem Ausdruck *Bremsleistung* diejenige am Schwungrad zu verstehen, noch ehe ein Wendegetriebe angebaut wird.

Wellen-PS Ins Großschiffbau wird hiermit die an die Schiffswelle abgegebene Leistung bezeichnet. Diese wird durch einen auf die Welle aufgesetzten Torsionsmesser festgestellt. Bei den kleineren Schiffs- und Bootsmotoren gibt dieser Ausdruck in der Tat die am Flansch des Wendegetriebes verfügbare Motorleistung an. Im englischen Sprachbereich unterscheidet man BHP = Brake Horse Power, nämlich die am Schwungrad gemessene Bremsleistung, und SHP = Shaft Horse Power als die am Flansch des Wendegetriebes gemessene Leistung.

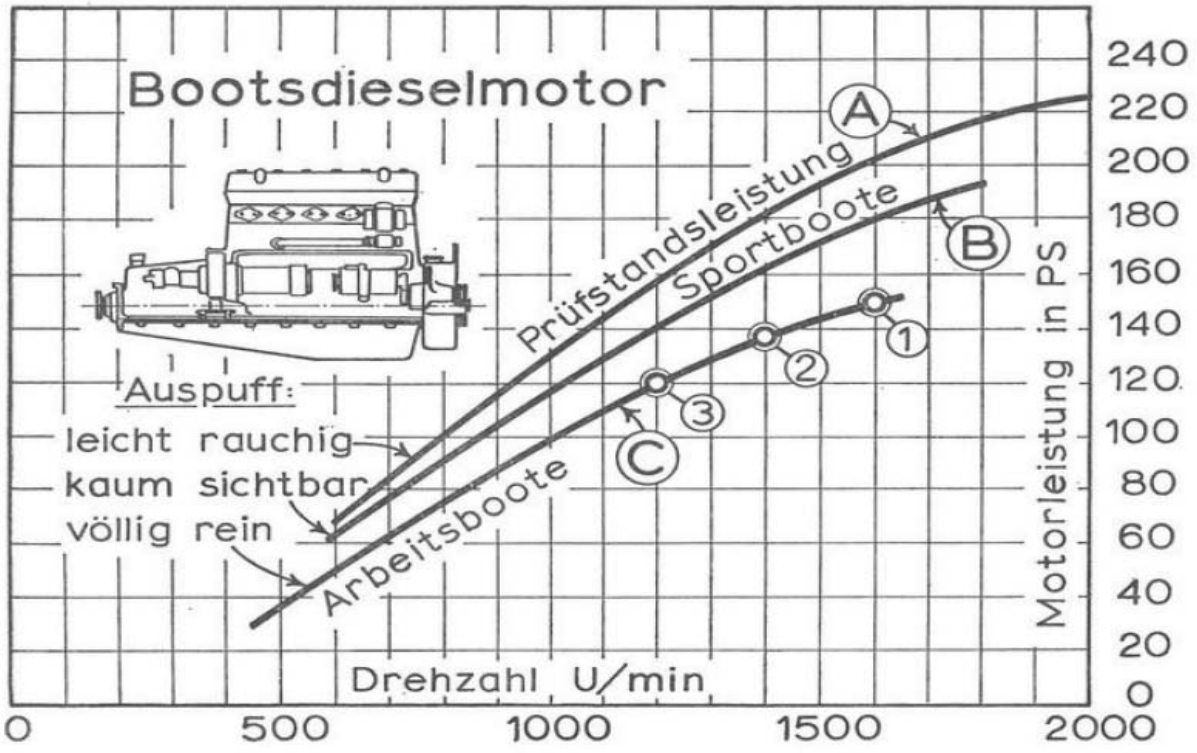


Abb. 136 Drei verschiedene Leistungskurven eines Bootsdieselmotors. Kurve A zeigt die höchste Prüfstandsleistung mit leicht rauchigem Auspuff. Kurve B mit gerade eben sichtbarem Auspuff gilt als Höchstleistung mit kurzer Dauer für Sportboote. Kurve C gibt die Dauerleistung ohne Zeitbeschränkung wieder, gültig für Arbeitsboote; je Drehzahlen werden je nach Verwendungszweck mit den Markierungen 1, 2, 3 begrenzt. Der Auspuff ist hier völlig rein und unsichtbar.

Leistung am *Propeller = PS_a* Sie unterscheidet sich von der wahren Bremsleistung am Flansch eines auf dem Prüfstand vollständig ausgerüstet untersuchten Bootsmotors nur durch die so genannten Einbau- und Wellenleitungsverluste. Einbauverluste entstehen vor allem durch eine lange, mitunter nicht gut dimensionierte Auspuffleitung, ferner durch ein vielleicht auf dem Prüfstand nicht mit gemessenes Untersetzungsgetriebe. Hinzu kommt die zur Drehung der Welle aufzuwendende Leistung. Die Kenntnis der PS_a-Leistung ist von grundsätzlicher Wichtigkeit bei der Berechnung der Schiffsgeschwindigkeit sowie des Propellers. Sie kann nicht direkt gemessen werden, sondern man begnügt sich mit einem Näherungswert durch Schätzung verbunden mit Erfahrung.

Effektive Schleppleistung EPS Dieser Ausdruck stammt aus dem Schiffbau-Versuchswesen. Am Modell wird zu jeder Geschwindigkeit ein Widerstand in Gramm gemessen. Dieser wird auf die Großausführung umgerechnet, jedoch nicht in kg angegeben, sondern unter Bezug auf die Geschwindigkeit in EPS, nämlich effektive Schlepp-PS. Das ist diejenige Leistung, die am Schleppseil aufgebracht werden müsste, wenn das fertige Schiff durch Schleppen in Fahrt versetzt werden würde. Die für Eigenantrieb benötigte Motorleistung wird über einen längeren Rechnungsweg ermittelt; sie ist durchschnittlich doppelt so hoch wie die vom Schiffswiderstand geforderte EPS- Leistung.

Normleistungen Um der Bestimmung der Motorleistung für technische Zwecke, aber auch als gesunde Verkaufsgrundlage die nötige Einheitlichkeit zu geben, haben die Normeninstitute zahlreicher Länder genaue Vorschriften über die Untersuchungsbedingungen erlassen. Die Bremsleistung eines Motors, gemessen nach den DIN-Vorschriften, heißt in Deutschland DIN-PS. Die entsprechende englische Bezeichnung ist BSI, British Standards Institute, die amerikanische SAE, die italienische LUNA und die schwedische SMMT. Im einzelnen bestehen zwischen diesen recht bedeutende Unterschiede, doch sind Bestrebungen im Gang, diese zunächst für den europäischen Bereich zu vereinheitlichen.

DIN-PS für Fahrzeugmotoren Diese mit DIN 70 020 bezeichnete Norm wird in deutschen Motorenprospekten allgemein angewandt. Während der Leistungsmessung muss der Motor folgende Ausrüstung besitzen: Luftfilter, Kühlwasserpumpe bzw. Kühlgebläse, Brennstoffpumpe, Einspritzpumpe und unbelastete Lichtmaschine. Es befindet sich also kein Bootswendegetriebe am Motor, die Leistungsmessung wird wie oben unter *Brems-PS* am Schwungrad vorgenommen. Sie ist Höchstleistung, also nicht überlastbar und auch nicht Dauerleistung.
Um von der DIN-PS-Leistung auf die wahre, am Flansch des Wendegetriebes verfügbare Leistung zu kommen (oben Wellen-PS genannt), müssen durchschnittlich 3 bis 5 Prozent abgezogen werden. Oft werden noch weitere Hilfselemente an den Motor angeschlossen: eine zusätzliche größere Lichtmaschine, Lenzpumpe, Kühlkompressor, Antrieb von Decksmaschinen usw. Auch für deren Verbrauch muss dann ein weiterer Abzug in Rechnung gestellt werden.
Unter der Bezeichnung DIN 6270 gibt es eine weitere Leistungsnorm für ortsfeste Motoren, Schiffsmotoren und solche für Schienenfahrzeuge, die aber auf Bootsmotoren nicht angewandt wird.

SAE-PS Die von der amerikanischen Society of Automotive Engineers herausgegebenen Vorschriften zur Leistungsprüfung für Fahrzeugmotoren sind den deutschen nicht unähnlich, doch wird der Auspuffschalldämpfer sowie jede Kraft verzehrende, zum Prüflauf nicht

benötigte Ausrüstung weggelassen. Man tut deshalb gut, bei größeren Motoren durchschnittlich 10 Prozent von der SAE-Leistung abzuziehen, bei kleineren 15 Prozent, um auf die DIN-Leistung zu kommen. Doch auch dann ist noch der weitere Abzug von 3 bis 5 Prozent, wie oben, zu machen, um die wahre Motorleistung am Wellenflansch zu erhalten.

CUNA-PS Die vom italienischen Normenausschuss aufgestellten Prüfbedingungen liegen etwa in der Mitte zwischen den deutschen und amerikanischen Normen. Da Luftfilter und Auspufftopf nicht angebaut werden, sollte man von der CUNA-Leistung 4 bis 8 Prozent abziehen, um auf DIN-PS für Fahrzeugmotoren zu kommen.

Britische BHP Diese so genannten Brems-PS britischer Motorenfabriken sind den deutschen DIN-PS vergleichbar; sie sind vielleicht sogar um 1 bis 2 Prozent höher.

OBC-PS Der Outbord Boating Club of America hat Bestimmungen zur Leistungsprüfung an Außenbordmotoren aufgestellt, die von der Mehrzahl der amerikanischen Fabriken befolgt werden. Bei diesen wird an sich der voll ausgerüstete Motor, jedoch ohne Auspuffleitung und ohne deren Schalldämpfung, geprüft. Als Ausgleich, so könnte man sagen, wird die Leistung nicht bei der absoluten Höchstdrehzahl gemessen, sondern bei einer im Dauerbetrieb zulässigen höchsten Drehzahl, die etwa 10 Prozent darunter liegt. Um eine OBC-Leistungsangabe mit der Größe der DIN-PS vergleichen zu können, sind schätzungsweise 10 Prozent Abzug vorzunehmen.

Es kommen noch einige weitere Umstände hinzu, die von Fall zu Fall berücksichtigt werden müssen, nämlich die zur Zeit des Probelaufes herrschenden atmosphärischen Bedingungen: Luftdruck, Lufttemperatur und Feuchtigkeitsgehalt. Je niedriger Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt der Luft liegen und je höher der herrschende Luftdruck ist, desto größer fällt die vom Prüfmotor abgegebene Leistung aus. Alle Normen geben deshalb genaue Umrechnungswerte an, um die Prüfstandsleistung auf eine Normleistung bei Normalatmo-sphäre umzurechnen. An Bord wird später diese Normalatmosphäre zwar nicht oft vorhanden sein, doch darüber mache man sich keine Sorgen. Ihr Einfluß in Meereshöhe ist so unbedeutend, dass er gegenüber den weiteren Unbekannten vernachlässigt werden kann. Es soll in keiner Weise angedeutet werden, dass Fabrik- bzw. Katalogangaben unreell oder unzuverlässig seien. Wenn man allerdings glaubt, dass ein Dampf-PS stärker ist als ein DIN-PS oder ein englisches Brake-HP stärker als ein amerikanisches SAE-HP, so ist das ein Irrtum. Nur die Definition der Ausrüstung des Motors auf dem Prüfstand ist anders, so dass man in jedem Falle, auch bei DIN-PS, kluge Abzüge vornehmen muss, um die an den Propeller lieferbare Leistung zu erfassen. - Der gute Ruf des Dampf-PS kommt einfach daher, dass Dampfmaschinen sehr langsam laufend waren, nichts weiter.

Spitzenleistung ist nicht Dauerleistung

Von großer Wichtigkeit für den praktischen Betrieb ist der Unterschied zwischen Höchstleistung am Motorenflansch und Dauerleistung im leichten Betrieb oder auch Dauerleistung im schweren Betrieb. Natürlich möchte die Werbeabteilung der Fabrik die Leistung so hoch

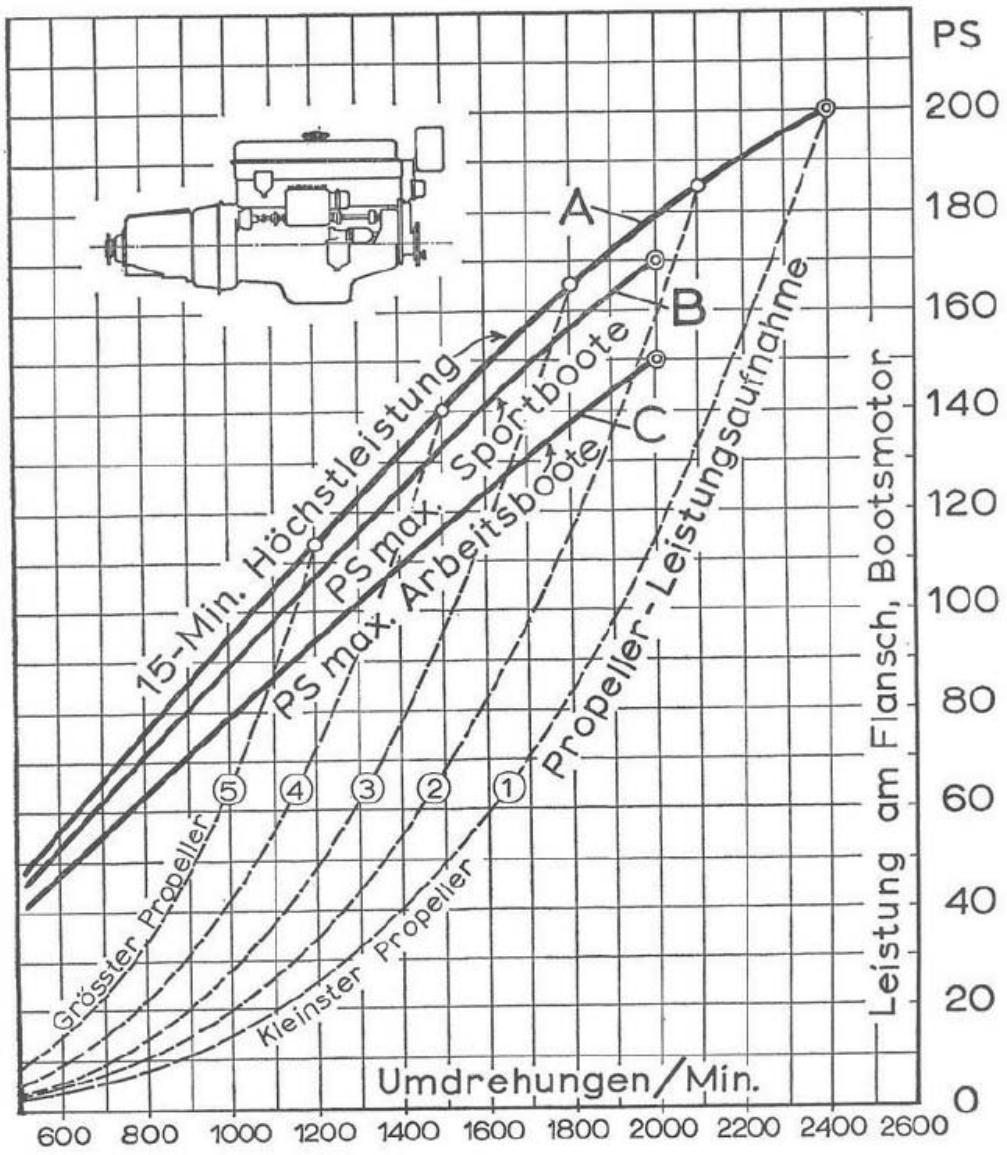


Abb. 137 Ein ähnliches Motor-Leistungsdiagramm mit überdeckender Kurvenschar für die Propeller-Leistungsaufnahme. Kurve A gilt für 15-Minuten-Höchstleistung, Kurve B gilt für Dauerleistung in leichtem Betrieb, d. h. mit häufigen Unterbrechungen. Kurve C bedeutet: Dauerleistung in schwerem Betrieb ohne Zeitbegrenzung. Die Kurvenschar 1 bis 5 gehört zu beliebigen Propellern. Man beachte, dass nur der kleinste Propeller die höchste Motorleistung ausnutzen kann.

wie möglich angeben, um besser konkurrenzfähig zu sein. Die technische Abteilung zielt indessen auf Sicherheit, wünscht niedrigere Leistungswerte anzugeben, um Kosten und Schwierigkeiten in Garantiefällen zu vermeiden.

Was bedeutet der Unterschied zwischen Dauerleistung in leichtem und schwerem Betrieb?

Der Motor als solcher kennt keinen Unterschied zwischen einer leichten Motoryacht und einem schweren Fischkutter. Die Fabriken machen jedoch einen Unterschied, ob die Dauerleistung nur über wenige Stunden, wie auf Yachten, oder über lang anhaltende und ständig wiederholte Fahrten benötigt wird. Den Unterschied zwischen beiden Belastungsarten

erkennt man besonders daran, dass Sportboote im Durchschnitt selten auf 200 Laufstunden im Jahr kommen, Arbeitsboote dagegen oft 1500 Laufstunden im Jahr erreichen.
Von der Spitzenleistung als Bootsmotor (die stets geringer ist als die Fahrzeugmotor-Spitzenleistung) werden im Mittel folgende Abzüge für den Dauerbetrieb angegeben:

Dauerleistung in leichtern Betrieb mit Unterbrechungen = - 15 Prozent,
Dauerleistung in schwerem Betrieb ohne Unterbrechungen = - 24 Prozent.

Wie ein nützliches Motorleistungsdiagramm aussehen sollte, ist in Abb. 137 zu ersehen. Es gilt in jedem Falle für den vollständig ausgerüsteten *Bootsmotor* einschließlich Wendegetriebe, ist also strenggenommen weder eine DIN- noch eine SAE-Leistung. Die drei Kurven wurden als Mittelwert aus den Bremsdiagrammen mehrerer Motoren entwickelt, wie sie uns von mehreren Bootsmotorenfabriken zur Verfügung gestellt wurden. Von der Spitzenleistung unter *A* wird erwartet, dass sie wenigstens für eine Dauer von 15 Minuten durchgehalten werden kann. Von der Dauerleistung dagegen wird erwartet, dass der Motor sie für unbegrenzte Zeit hergibt, ohne dass die Wärmebeanspruchung die zulässige Grenze überschreitet, eine Bedingung, die bereits für die Kurve *B* der leichten, sportlichen Boote gilt. Die Dauerleistung unter *C* für Arbeitsboote wird vor allem mit Rücksicht auf geringeren Verschleiß, h. h. auf lange Lebensdauer festgesetzt. Der oben eingezeichnete so genannte Normalmotor hat laut Diagramm folgende Höchstleistungen:

Spitzenleistung für 15 Minuten .....200 PS bei 2400 U/min
Dauerleistung Sportboote .....170 PS bei 2000 U/min
Dauerleistung Arbeitsboote .....150 PS bei 2000 U/min

Die mit 1 bis 5 bezeichneten Kurven zeigen die Leistungsaufnahme von fünf Propellern verschiedener Größe. Ihre Spitzendrehzahlen liegen zwischen 1200 und 2400 U/min, und zwar nimmt der größte Propeller die kleinste Höchstleistung auf. So befremdend dies auch klingen mag, es ist einfach eine Folge der Propellercharakteristik. Nur mit dem kleinsten Propeller ist es möglich, Höchstdrehzahl und Spitzenleistung zu erzielen. Die Propellerabmessungen können vom Motor allein aus nicht berechnet werden, da sie von Boot zu Boot verschieden ausfallen und wesentlich von der Geschwindigkeit mitbestimmt werden. Die eingetragenen Kurven wurden nur mathematisch als kubische Parabeln ermittelt. Ihr Verlauf wird deshalb auch vom Boot her ein wenig beeinflusst, da ihm vom Geschwindigkeitsgrad und sogar von der Bootsform kleine Abweichungen aufgeprägt werden. Als Orientierung wird nachstehend eine Liste der Propellerdurchmesser gegeben, gültig für mittlere Geschwindigkeiten, und zwar sowohl bei direktem Antrieb wie mit Untersetzung im Verhältnis 2 : 1.

		Propellerdurchmesser	
Kurve	Motorleistung	direkt	2: 1 untersetzt
1	200 PS bei 2400 U/min	450 mm	640 mm
2	185 PS bei 2100 U/min	465 mm	670 mm
3	165 PS bei 1800 U/min	490 mm	710 mm
4	140 PS bei 2500 U/min	525 mm	770 mm
5	114 PS bei 1200 U/min	570 mm	850 mm

Wie man beim Betrachten der Kurvenschar erkennt, liegt es in der Hand jedes Bootseigners oder Bootsführers, eine zu hohe Drehzahl des Motors unmöglich zu machen, indem ein Propeller von passender Größe gewählt wird. Will man eine zu starke Belastung des Motors vermeiden, so genügt es, die Drehzahl um nur 5 Prozent zu verringern, um die Leistungsaufnahme um 14 Prozent herabzusetzen. Für lange Dauerfahrt empfiehlt sich, die höchste Drehzahl um 10 Prozent zu verringern, weil dann eine um 27 Prozent niedrigere Leistung vom Propeller aufgenommen wird. Doch die Fahrt des Bootes verringert sich nur um 10 Prozent, d. h. im gleichen Verhältnis der Drehzahlminderung. Mehrere Kurven für die Propeller-Leistungsaufnahme sollten als Netz bereits von der Fabrik eingezeichnet werden. Ihre Werte können aber auch direkt vom Rechenschieber abgelesen werden.
Eine ganz bedeutende Verbesserung könnte die Fabrik uns Schiffbauern liefern, wenn sie außer der üblichen Kurve des spezifischen Brennstoffverbrauches eine weitere eintragen würde, nämlich den Verbrauch im Leerlauf über den gesamten Drehzahlbereich. Wir wä-

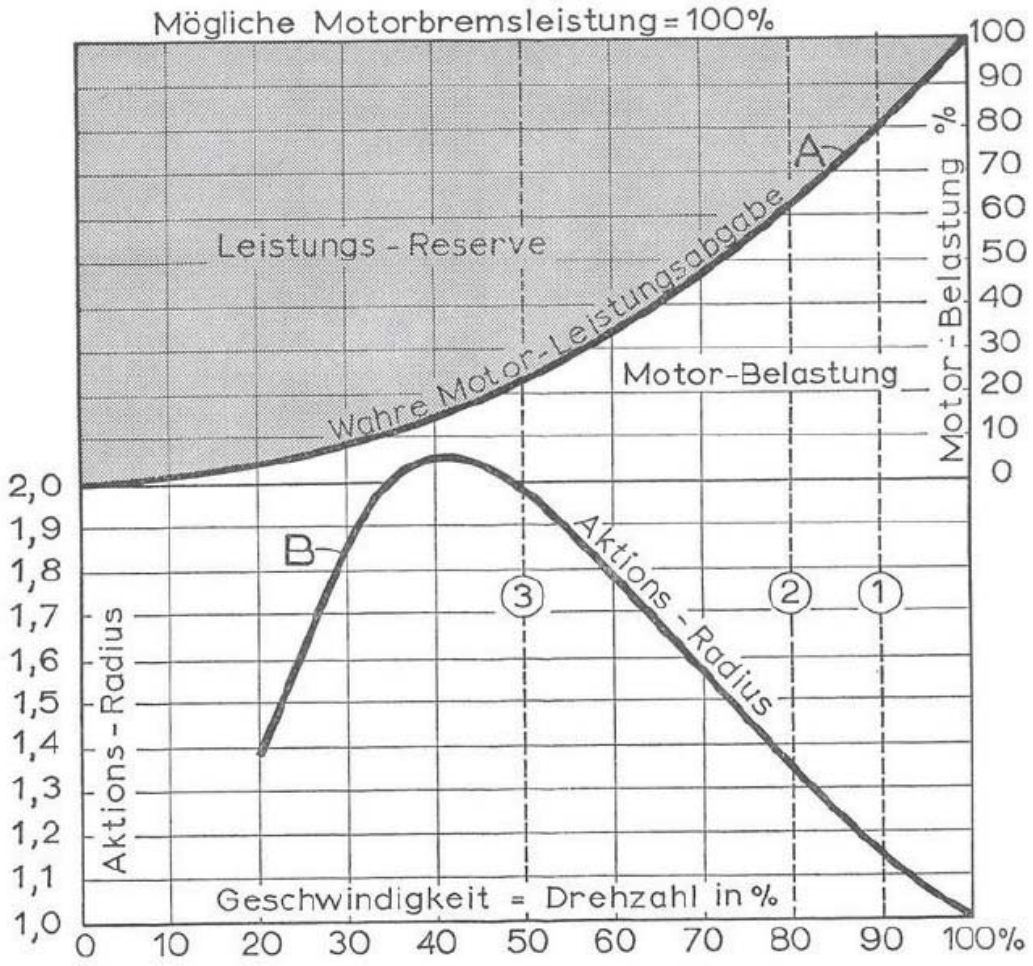


Abb. 138 Vergleich von Leistungsreserve und Aktionsradius, abhängig von Motordrehzahl Propellerlast. Für den Betrieb auf sportlichen Booten werden drei Drehzahlen vorgeschlagen: 1 = höchste Dauerfahrt, 2 = schnelle Kreuzfahrt und 3 = wirtschaftliche Fahrt. Zu jeder Fahrtstufe erkennt man unter A die Leistungsreserve des Motors und unter B die zunehmende Reichweite bei gegebener Brennstoffmenge. Die Drehzahlen am unteren Rande gelten in Prozenten der höchsten an Bord mit dem eingebauten Propeller erreichbaren Drehzahl.

ren dann imstande, alle Zwischenverbräuche mit guter Annäherung selbst zu ermitteln, und zwar für jeden beliebigen Propeller. Damit wiederum ließe sich eine freie Berechnung des Aktionsradius für jeden Propeller und jede Drehzahl aufstellen, die jetzt leider noch von Erfahrung und Schätzung abhängen.

Nach der Generalüberholung älterer Bootsmotoren montierten wir diese gerne gegen unsere hydraulische Bremse, vor allem um sie mit langsam ansteigender Belastung einlaufen zu lassen. Als Abschluss wurde dann die Motorleistung gemessen. Wir waren immer wieder überrascht, wie gut solche oft 10 bis 15 Jahre alten Motoren ihre Nennleistung erzielten. Besonders aufschlussreich gestalteten sich drei verschiedene Serien-Reparaturen, wobei eine größere Zahl von Motoren mit 60 PS, 85 PS und 110 PS Leistung aus Regierungsbooten geprüft wurden. Dabei wurde im Durchschnitt stets die Nennleistung erzielt, so dass wir nicht zu den Skeptikern gehören, die von jeder in den Katalogen genannten Leistung von vornherein einen großzügigen Abstrich vornehmen.

Wenn soeben das Wort *im Durchschnitt* auftrat, so sei ausdrücklich hinzugefügt, dass gleiche Motoren aus gleichen Serien, ob fabrikneu oder gebraucht, niemals genau gleiche Leistungen abgeben. Die einzelnen Komponenten des Motors unterliegen in der Herstellung gewissen Toleranzen. Summieren sich diese in einem Motor in günstigem Sinne, so erzielt man bei der Messung auf dem Prüfstand eine höhere Leistung. So schwankten die gemessenen Leistungen der 85-PS-Motoren tatsächlich zwischen 82,5 und 88 PS. Trotz aller Mühen war es uns nicht möglich, einen etwas schwächeren Motor auf die Standardleistung zu bringen. Nur bei sehr großem Zeitaufwand hätten die Ursachen festgestellt werden können; welche Motorenwerkstatt könnte sich wohl einen solchen Zeitaufwand leisten? Ähnliches gilt für die vollständig fahrbereiten Boote einer Serie. Oft zerbrachen wir uns den Kopf über auftretende Unterschiede bei genauen Probefahrtmessungen an den Booten größerer Serien. Solche Serienbauten erreichten bei Behördenaufträgen Stückzahlen zwischen 12 und 35 Einheiten, wobei dann genaue Abnahmefahrten vorgeschrieben waren. Man darf dabei keinesfalls den Motor allein für Geschwindigkeitsunterschiede verantwortlich machen, wie wir in wiederholten Fällen beobachten konnten. So wurde z. B. jeder einzelne Motor einer Serie von 12 Booten vorher auf dem Prüfstand gemessen, wobei die wahren Leistungen zwischen 130 und 135 PS schwankten.

Eigenartigerweise passte das Bild der Probefahrtergebnisse gar nicht zu den vorher ermittelten Motorleistungen. Das mit 49 km/h Geschwindigkeit am meisten nachhinkende Boot wurde keineswegs von einem Motor mit zu knapper Leistung angetrieben. Mehr noch überraschte uns ein einziges Boot, das statt der erwarteten 50 km/h sogar eine Geschwindigkeit von 52,5 km/h erzielte, ohne von einem besonders leistungsstarken Motor angetrieben zu werden. Man kann Spekulationen über die möglichen Ursachen bis ins Unendliche ausdehnen. Als Konsequenz ergibt sich jedoch eine Lehre: die *genaue* Berechnung von Motorleistung und Geschwindigkeit wird nur zu leicht von gewissen Imponderabilien über den Haufen geworfen.



Foto 72 Doppelte Steuerstände der großen Motoryacht „Seebär". Sie wurde von der Fr. Lürssen Werft, Bremen-Vegesack, als schnelles Verdrängungsboot in *32,80 m* Länge *erbaut. Foto: Fr. Lürssen Werft*

Foto 73 Maschinenraum der 22,80-m-Motoryacht „Sirdar". Erbaut von der Amsterdam Shipyard G. de Vries Lentsch Jr. Man sieht die beiden 770-PS-Gardner- Dieselmotoren mit ihrem nach oben abgeleiteten Auspuff sowie den Schalldämpfer des Dieselgenerators. Foto: Nat. Foto Persbureau

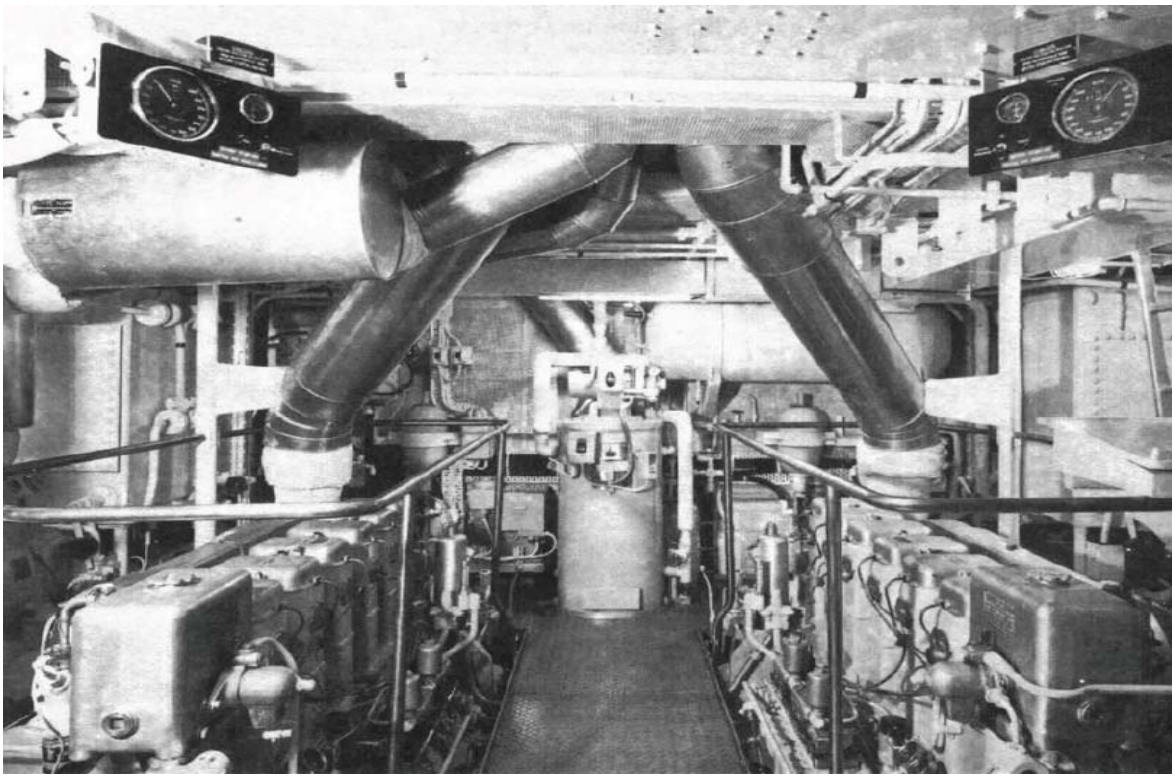




Foto 74 Motoryacht "Biskaya". In Stahl auf der Yacht- und Bootswerft Robert Franz 1969 erbaut. Länge 12,80 m, Breite 3,40 m, Verdrängung 9,5 m^3. Mit zwei Volvo-Penta-Dieseln von je 190 PS erreichte das Schiff etwa 35 km/h. *Foto: G-Klesling*

Foto 75 Motorkreuzer ."Atlantico" von 11,00 m Lange und 3,15 m Breite, ausgerüstet mit nur einem 140 PS -Motor. Der mit allen Instrumenten ausgestattete obere Steuerstand wird mit Vorliebe benutzt, doch befindet sich der Hauptsteuerstand unten im halbgescblossenen Deckshaus, *Werftfoto Baader*



Einmotoren- oder Mehrmotorenantrieb?

In der Berufsschifffahrt wird die Entscheidung über Ein- oder Mehrmotorenanlage nach rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten getroffen. Auf dem Gebiet der Motorkreuzer und schnellen Boote kommt ein gewichtiges psychologisches Moment hinzu. Der Ausdruck Doppelschraubenantrieb erweckt den Eindruck von Kraft und Zuverlässigkeit. Doch eine Reihe weiterer Argumente sind ebenfalls zu berücksichtigen: Bootsgröße, Geschwindigkeit, Motorengewicht, Einbauhöhe, Fahrtenbereich, zulässiger Tiefgang.
An erster Stelle sei hervorgehoben, dass zweimal 100 PS durchaus nicht gleich 200 PS sind!
Zunächst ein kurzer Überblick über die Zweimotorenanlage: Welch angenehmes Gefühl der Sicherheit, zwei Motoren über dem Kiel zu wissen! Ein einziger Motor könnte ja einmal ausfallen, doch zwei Motoren gleichzeitig. ..? Dieselben Gedanken hegt natürlich ein zukünftiger Käufer, so dass ein Doppelschraubenboot einen besseren Wiederverkaufswert besitzt.
Ferner: Welche herrlichen Manöver kann man mit einen Zweischrauben antrieb ausführen: Das Schiff dreht *auf dem Teller;* man kann das Heck quer versetzen, ohne Vorwärtsfahrt aufzunehmen. Hinzu kommt verbessertes Steuern in Rückwärtsfahrt und manches andere mehr (es gibt allerdings auch Einschraubenboote, die besonders gut manövrieren, und Zweischraubenboote, die es ungewöhnlich schlecht tun).
Im Vergleich hierzu sprechen nicht minder gewichtige Vorteile zugunsten der Einmotorenanlage. Ein größerer Motor hat einen günstigeren thermomechanischen Wirkungsgrad als jeder kleinere; er verbraucht also je PS-Einheit weniger Brennstoff. Von der Seite des Propellers gesehen, sind die Vorteile eines einzigen großen Mittelpropellers so überragend, dass zwei kleinere Seitenpropeller mit gleicher Gesamtleistung ihm weder an Geschwindigkeit noch an Wirtschaftlichkeit nahe kommen. Erstens erzielt der große Propeller bereits an sich

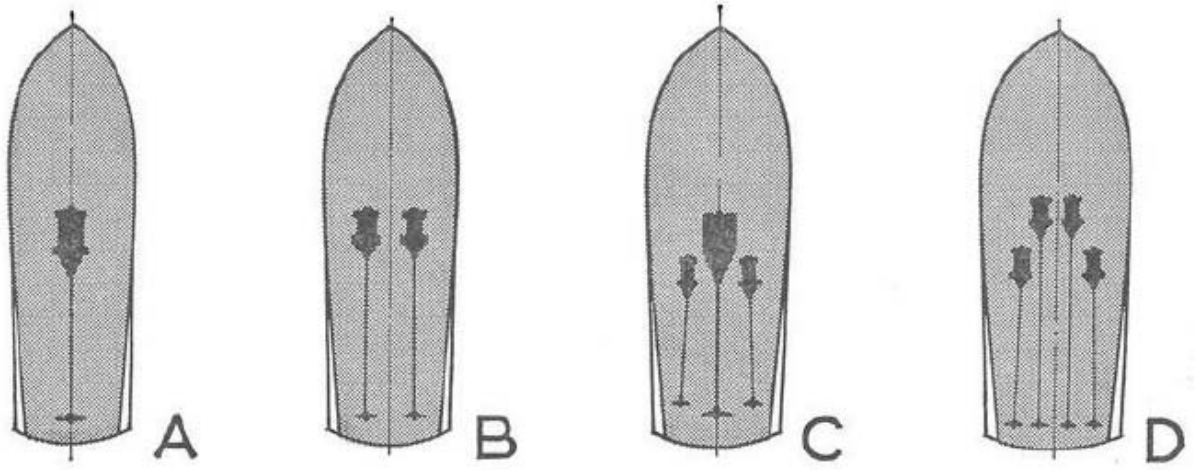


Abb. 139 Die Anzahl der Propeller ist von bedeutendem Einfluss auf Wirtschaftlichkeit und Geschwindigkeit:
A. Einschraubenanlage mit höchstem Wirkungsgrad.
B. Zweischraubenanlage zu größerer Sicherheit.
C. Sehr starker Mittelmotor für hohe Geschwindigkeit, dazu zwei kleine Seitenmotoren zum Manövrieren.
D. Vierschraubenanlage für beschränktenTiefgang.

einen besseren Wirkungsgrad auf Grund des Maßstabseffekts, und zweitens nutzt er den Nachstrom des Bootes aus, der ihm zusätzlichen Gratis-Vorschub leistet. Seine Lage ist geschützter, zwei seitlich angeordnete Propeller werden eher beschädigt als ein Mittelpropeller. Seitenpropeller liegen außerhalb des Nachstroms, verzichten also auf einen kostenlosen Anteil am Vorschub.
Auch beim Einbau an Bord erleidet der Alleinmotor weniger Verluste als die Zweimotorenanlage. Es kostet weniger Motorleistung, eine Schraubenwelle von 60 mm Durchmesser in Drehung zu erhalten als zwei Wellen von 48 mm Durchmesser.
Die unübertreffliche Wirtschaftlichkeit der Einmotorenanlage beruht auf echten, jederzeit nachweisbaren Tatsachen. Man braucht durchschnittlich 12 Prozent weniger Motorleistung gegenüber der Zweischraubenanlage, um die gleiche Geschwindigkeit zu erzielen. Man erspart dadurch gleich zweimal an den Anschaffungskosten des Motors; ferner erspart man Einbaukosten, hat einen geringeren Brennstoffverbrauch, erreicht einen größeren Aktionsradius. Das Gesamtgewicht des Bootes bleibt niedriger; die Stabilität aber wird begünstigt, da der Mittelmotor an Bord tiefer gelegt werden kann als zwei Seitenmotoren. Nachstehende Tabelle zum Leistungsvergleich gegenüber dem Einschraubenschiff wurde auf Grund vielfacher Beobachtungen aufgestellt:

	erforderliche Mehrleistung
Antrieb durch zwei Motoren	15 Prozent,
Antrieb durch drei Motoren	22 Prozent,
Antrieb durch vier Motoren	30 Prozent.

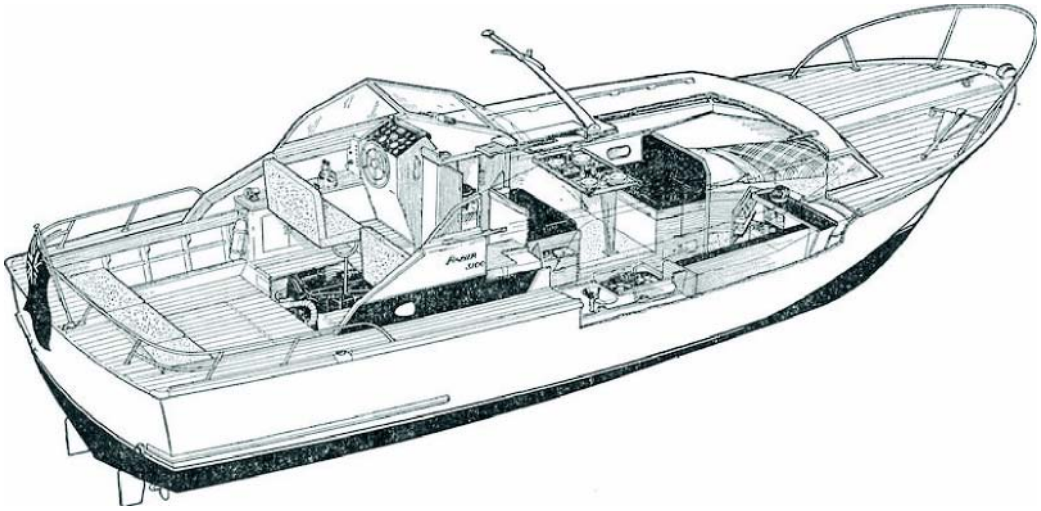


Abb. 140 Schnellkreuzer „Rapier 3100". Serienmäßig erbaut von The Christchurch Yacht Company Ltd., entworfen von Cox & Haswell (England). Die im halben Schnitt ausgeführte Darstellung lässt die Einrichtung gut erkennen. Zum Antrieb dienen zwei liegende Perkins-Dieselmotoren mit je 145 PS Leistung, die dem Boot eine Geschwindigkeit von 55 km/h erteilen.

Länge ü. a.....9,45m	*Breite .....3,12 m*
Länge WL .....7,95 m	*Tiefgang .....0,76 m*
Verdrängung etwa..... 4,5 m^3	*Autonomie. . .....250 Seemeilen*

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass vorgenannte Zahlen Mindestwerte darstellen! Oft werden Mehrmotorenanlagen gewichtsmäßig erheblich schwerer, oder aber die kleineren Motoren laufen mit zu hohen Drehzahlen, so dass allein zum Ausgleich solcher Nachteile eine zusätzliche Mehrleistung erforderlich ist, um die gleiche Geschwindigkeit der Ein-motorenanlage zu erreichen.
Die wirtschaftliche Überlegenheit des Einschraubenantriebs wurde in der Großschifffahrt weitgehend anerkannt. Frachtschiffe, moderne Großtanker, ja sogar Passagierschiffe werden in zunehmendem Maße von nur einem Propeller angetrieben.
Immer häufiger werden zwei oder mehr Motoren über ein gemeinsames Getriebe auf eine einzige Antriebswelle gekuppelt. Solche Antriebe findet man sowohl bei großen Handelsschiffen wie bei kleinen Motorrennbooten, denn die überragende Verbesserung des Pro-pulsionswirkungsgrades bei Anwendung eines einzigen Mittelpropellers hat sich immer wieder aufs neue bestätigt und gewinnt deshalb zunehmende Verbreitung. Leider werden derartige Getriebe zur Zeit noch nicht serienmäßig in Größen hergestellt, wie sie auf Motorkreuzern und schnellen Sportbooten Anwendung finden könnten. Eine Einzelanfertigung ist unverhältnismäßig kostspielig, doch ist es wohl nur eine Frage der Zeit, bis derartige Getriebe serienmäßig lieferbar werden.
Aus rein technischen Gründen ist ein Mehrschraubenantrieb überall dort vorteilhaft, wo ein sehr geringer Tiefgang eingehalten werden muss, vor allem also in der Flusschifffahrt. Außer dem Zweischraubenantrieb werden auch drei oder sogar vier Schrauben verwandt, um trotz der Beschränkung im Schraubendurchmesser eine möglichst große Wassermasse zu erfassen. Mehrfach wurden flach gehende Flussschlepper mit Vierschraubenantrieb ausgerüstet.
Gegen die allgemeine Beliebtheit der Zweischraubenanlage aus Gründen erhöhter Sicherheit ist selbstverständlich nichts einzuwenden. Dass sie kostspieliger und unwirtschaftlicher ist, muss man in Kauf nehmen.

Zusammenstellung

Ein Motor: beste Wirtschaftlichkeit, höchste Geschwindigkeit.
Zwei Motoren: Zuverlässigkeit, bessere Manövriereigenschaften. Drei oder vier Motoren: nur für beschränkten Tiefgang empfohlen.

Der Hilfs- oder Notmotor

In einer gewissen Größenordnung, die man zwischen 8 und 12 m Länge schätzen kann, wird aus Mangel an Raum selbst dann nur ein einziger Motor eingebaut, wenn der Eigner gern eine Zweimotorenanlage gewählt hätte. Bei größeren Abmessungen wird der Einmotorenantrieb oft aus wirtschaftlichen Erwägungen gewählt, und so entsteht von selbst die Frage: Gibt es irgendeinen Notantrieb für den Fall, dass der Motor doch einmal ausfällt? Hierzu gibt es eine ganze Reihe von Möglichkeiten:

1. *Einen Außenbordmotor verwenden*. Diese Lösung ist brauchbar, wenn der Motor in ein Beiboot gesetzt wird und dann sein Mutterschiff zieht. Das Beiboot kann dabei auch

seitlich achtern gegen das Mutterschiff fest belegt werden. Eine weitere Möglichkeit entsteht, wenn im Heck ein durch den Boden reichender Schacht für den Aussenbordmotor eingebaut wird. Dagegen hat man oft vergeblich versucht, den Aussenbordmotor direkt in einer Halterung am Mutterschiff anzusetzen.

2. *Propellerwelle vom Lichtaggregat antreiben*: Ist das Lichtaggregat nicht gerade sehr klein, so kann die Hauptwelle von diesem mittels Rollenkette oder durch Keilriemen angetrieben werden. Dabei ist nur wichtig, dass ein Fachmann die passende Untersetzung errechnet, um mit geringer Leistung einen sehr grossen Propeller anzutreiben. Als Mindestleistung des Lichtaggregats soll man mit $^1/_{20}$ der Leistung des Hauptmotors rechnen. Dazu gehört ungefähr $^1/_3$ der normalen Propellerdrehzahl.
3. *Einen Notmotor extra einbauen*: Auch diese Lösung wurde oft ausgeführt. Nicht selten wird dafür ein Gelegenheitsmotor erworben, gebraucht, in gutem Zustand, mit einer Leistung zwischen einem Fünftel und einem Zehntel des Hauptmotors. In der Praxis ergaben sich manche Nachteile:
   An welcher Stelle kann er eingebaut werden?
   Ist ein Kettenantrieb auf die Hauptwelle möglich?
   Oder soll eine eigene Wellenanlage eingebaut werden?
   Auch ein ansetzbarer Z-Antrieb könnte verwandt werden. Kann der Motor jederzeit leicht gestartet werden?
   Muss für ihn eigens Benzin mitgeführt werden?
   Wenn ein solcher Hilfsmotor keine Nebenaufgabe hat, wie z. B. Batterien zu laden oder den Strom für einen Elektroherd zu liefern, so besteht die Gefahr, dass er im Falle wirklicher Not nicht funktioniert. Es ist vorgekommen, dass solche Notmotoren 20 Jahre lang unbenutzt standen und schliesslich als störend und nutzlos wieder ausgebaut wurden.
4. *Eine Hilfsbesegelung*: Wer die Absicht hat, ozeanische Langfahrt zu betreiben, wird allein schon zur Schlingerdämpfung eine Stützbesegelung anwenden. Wird dann dafür gesorgt, dass das Boot unter Hilfsbesegelung allein steuerfähig ist, so wurde das Problem des Notantriebs gelöst - sofern jemand mit der Besegelung umzugehen versteht. Auf modernen Motorkreuzern ist eine Hilfsbesegelung allein deshalb oft unerwünscht, weil man keinen hohen und gut abgestagten Mast fahren möchte. Er beeinträchtigt ebenso das Gesamtbild des Bootes wie die Bewegungsfreiheit an Bord.
5. *Hilferuf durch Funkspruch*: Hierzu braucht man keine Worte zu verlieren, denn dieses Hilfsmittel empfiehlt sich von selbst. Es breitet sich immer mehr aus, seitdem fast überall auf der Welt ein Notruf auch empfangen und Hilfe ausgesandt wird. Um diese Hilfsbereitschaft auch weiter zu pflegen, darf der Ruf niemals durch Angst motiviert werden, sondern nur durch wirkliche Seenot. Erst kürzlich wurde die Besatzung einer Segelyacht von einem Hubschrauber gerettet, doch die verlassene Yacht trieb unbeschädigt wochenlang in der Gegend herum.

Der Eigner eines 14-m-Motorkreuzers, der über 20 Jahre lang mit nur einem Dieselmotor fuhr, aber einen kleinen Benzinmotor als Notantrieb besaß, erklärte uns: Niemals fiel der Hauptmotor aus, während ich an Bord war, doch neulich geschah es in meiner Abwesenheit zum ersten mal. Niemand suchte nach der Ursache, die gewiss mit Bordmitteln behoben werden konnte. Niemand bemühte sich, den Notmotor in Gang zu setzen. Man nahm die bald gebotene Schlepphilfe an und kam auch so in zweitägigem Schlepp zum Liegeplatz.

Fährt man auf Bergseen langsamer?

Jedermann weiß, dass die Luft in größeren Höhen dünner wird und deshalb bei gleichem Volumen weniger Sauerstoff enthält. Dieser Sauerstoffmangel wirkt sich nicht nur auf die Menschen, sondern auch auf die Verbrennungsmotoren aus, und so weiß man, dass diese in größeren Höhen weniger Leistung abgeben.
Der Einfluss von Luftdichte, Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt ist sehr genau bekannt. Liegt der Prüfstand einer Motorenfabrik erheblich über dem Meeresspiegel, so werden die gemessenen Leistungen auf Meereshöhe umgerechnet, wobei für Schiffsmotoren ein Luftdruck von 736 Torr (= mm Quecksilbersäule) zugrunde gelegt wird sowie eine Temperatur von 20 Grad C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 60 Prozent. Bei Fahrzeugmotoren, deren DIN-Norm 70 020 im Allgemeinen auch auf Bootsmotoren angewandt wird, gelten 760 Torr bei 20 Grad C als Bezugszustand.
Diese Ziffern haben schon manchen Schrecken verursacht. Um wieviel langsamer wird ein Boot fahren, wenn es auf einen hochgelegenen See in den Alpen gebracht wird? Zunächst einige Höhenangaben:

Bodensee ..... 395 m,
Vierwaldstätter See ..... 434 m,
Viktoria-See (Afrika) ..... 1 133 m,
Titicaca- See (Südamerika) ..... 3 812 m.

In Europa, wie man sieht, liegen schiffbare Seen bei weitem nicht so hoch wie in Afrika oder gar Südamerika. Auf dem Titicaca-See an der Grenze zwischen Bolivien und Peru gibt es eine ganze Anzahl von Motorbooten, ja sogar einen Passagierdienst mittels Tragflügelboot. Und das auf 4000 m Höhe!
Der Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit ist gering, doch derjenige des Luftdrucks steht im direkten Verhältnis zur Motorleistung, d. h., 3/4 Luftdruck bedeuten auch 3/4 Motorleistung.
Die Abnahme des Luftdrucks ist selbst an Bord erstaunlich gut messbar. Mit unserem aus Buenos Aires nach Europa gesandten Motorkreuzer ATLANTICO genossen wir einmal die herrliche Fahrt durch den Götakanal (Schweden). Unten an der 7stufigen Carl-Johans-Schleusentreppe von Berg angekommen, wurde das Barometer durch Antippen eingespielt und sein Stand notiert. Oben angekommen, war der Luftdruck um genau 2 mm Quecksilbersäule gesunken, doch wir hatten gleich voraus noch weitere 8 Schleusen, ehe wir Kartenhöhen feststellen konnten. Innerhalb von zwei Stunden wurden 15 Schleusenstufen erklettert und am Barometer ein Absinken des Luftdrucks um 3,9 mm Quecksilbersäule festgestellt. Der sichtbare Sprung an der Spitze des Zeigers überraschte jeden, betrug er doch ungefähr 10 mm. Dabei waren wir innerhalb von 2 Stunden vom Roxen- See mit einer Höhe von 32,5 m zum Boren-See mit einer Höhe von 73 m über dem Meeresspiegel

hinaufgeklettert, einem Unterschied von 40,5 m. Jeder Millimeter Wechsel im Barometer-stand bedeutet rund 11 m Höhenunterschied, so dass wir laut Barometer beobachten konnten, wie unser Schiff 43 m in die Höhe kletterte! Dass es laut Karte nur 40,5 m waren, ist leicht zu verstehen, da wir ja die Änderung im wetterbedingten Luftdruck nicht berücksichtigten.
Nachstehende Tabelle erklärt den Höheneinfluss auf Motorleistung und Geschwindigkeit. Der Leser wird daraus ersehen, dass man auf europäischen Bergseen fast ohne jeden Unterschied gegenüber Meereshöhe fahren kann!

Höhe über dem Meer	Torr = mm Quecksilber-S.	Luftdruck in kg/m'	Motor-leistung	Geschwin-digkeit
0	760	10332	100	100
500	716	9 734	94	98
1000	674	9164	88,6	96
1500	634	8 620	83,4	94
2 000	596	8105	78,3	92
3 000	516	7148	67,7	88
4 000	462	6284	60,7	84

Kein schiffbarer Alpensee liegt hoch genug, um überhaupt einen Geschwindigkeitsverlust von nur 2 Prozent zu verursachen. Selbst auf dem Viktoria-See in Afrika reicht der Verlust noch nicht ganz an die 5 Prozent heran. Stark spürbar wird es erst auf dem Titicaca-See in Südamerika, wo man mit rund 15 Prozent Verlust an Geschwindigkeit rechnen muss. Ferner besteht die Gefahr, dass Dieselmotoren nicht mehr gestartet werden können, weil auf Grund zu dünner Ansaugluft im Zylinder keine ausreichende Verdichtung erzielt wird.
Der technische Leiter des Tragflügel-Verkehrsdienstes auf dem Titicaca-See erzählte, dass der auf Meereshöhe übliche Dieselmotor von 180 PS Leistung für das 22sitzige Boot zunächst gegen einen anderen von 250 PS Leistung ausgewechselt wurde. Diese Erhöhung reichte jedoch nicht aus, um den Leistungsverlust von nahezu 40 Prozent auszugleichen. Erst als ein stärkerer Motor mit 350 PS Leistung eingebaut wurde, erreichte das Boot seine frühere Tragfähigkeit und Geschwindigkeit und sogar etwas darüber. Diese Angaben stimmen vortrefflich mit den Leistungsverlusten der Höhentabelle überein, denn 350 PS minus 38 Prozent Abzug für Titicaca-Höhenlage ergibt noch 216 PS verfügbare Leistung. Das ist etwas mehr als die ursprünglichen 180 PS, die in Meereshöhe für das gleiche Boot benötigt wurden.

Zu der Spalte mit den Geschwindigkeitsverlusten sei erneut darauf hingewiesen, dass der große Widerstandsbuckel bei R = 5,25 die Zahlenwerte beeinflusst. Nähert man sich ihm von höheren Geschwindigkeiten, so ist der Fahrtverlust etwas stärker. Entfernt man sich von ihm zu niedrigeren Geschwindigkeiten, so wird der Fahrtverlust geringer.
Im Durchschnitt kann man damit rechnen, dass die Motorleistung bei je 100 in Höhenzunahme um 1 Prozent abnimmt, ferner, dass die Geschwindigkeit eines Bootes für je 250 m Höhenzunahme um 1 Prozent geringer wird.

Vergleich fünf verschiedener Antriebe

Bis jetzt wurde allgemein von der Voraussetzung ausgegangen, dass im Schiffsinneren ein Motor vorhanden sein müsse, der seine Leistung über eine Wellenleitung nach außen auf einen Schraubenpropeller überträgt. Dadurch blieben natürlich manche Fragen offen: Bis zu welcher Bootsgröße kommt der Außenbordmotor als Antrieb in Frage oder der Z-Antrieb im Heck? Wann ist es vorteilhaft, einen Wasserstrahlantrieb an Stelle eines Schiffspropellers anzuwenden? Nachstehend werden deshalb fünf Antriebsmöglichkeiten miteinander verglichen:

1. Einbaumotor, direkt auf die Welle arbeitend.
2. Einbaumotor, mit Winkelgetriebe zur Welle.
3. Einbaumotor, im Heck mit Z- Antrieb außenbords.
4. Einbaumotor, mit Pumpe und Wasserstrahlantrieb.
5. Außenbordmotor zum Antrieb kleiner Kreuzer.

In vielen Fällen bedingen die Betriebsumstände oder die zu befahrenden Gewässer ganz von selbst den zu wählenden Antrieb, sei es wegen einer Forderung nach geringem Tiefgang oder weil an Bord ein bestimmter Raum vom Motor freizuhalten ist sowie manche andere Punkte mehr. Liegen aber solche Sonderfälle nicht vor, so wähle man den einzigen, grundsätzlich stets richtigen Bootsantrieb, nämlich Motor innen im Schiff über die Welle auf einen normalen Schraubenpropeller arbeitend.
Dass es trotzdem manche gewichtigen Gründe gibt, um von diesem Normalantrieb abzu-weichen und andersartige Lösungen zu suchen, soll nun von Fall zu Fall erklärt werden. Zu diesem Zweck wurde eine Bootsgröße gewählt, die noch klein genug ist, um durch einen Außenbordmotor angetrieben zu werden, aber wiederum bereits ausreichende Größe aufweist, um jede andere normale Antriebsart tragen zu können. In den beigegebenen Zeichnungen erkennt man einen kleinen Motorkreuzer von 6,20 m Länge ü. a. und 2,20 m Breite. In diesem Größenbereich findet man zahlreiche Serienboote, bei denen jede der genannten fünf Antriebsarten vorkommt. Der Vergleich wird also von einer gesunden praktischen Basis gestützt.
In jedem Einzelfalle müssen zwei technische Fragen beachtet werden:
1. Erlaubt der gewählte Antrieb eine vernünftige Verteilung der Gewichte im Boot? Oder wird das Boot vertrimmt?
2. Wird die vorhandene Motorleistung durch den Antrieb vorteilhaft ausgenutzt?
Erst dann sollte der Eigner entscheiden, ob er die Lage des Motors im Bootsinneren als störend empfindet oder welche anderweitigen Gründe zum Abweichen von der technischen Empfehlung anraten.
Normalantrieb A: Es wird angenommen, dass ein schnell laufender Benzin-Bootsmotor mit 50 PS Leistung zum Antrieb gewählt wird. Wie es oft vorkommt, liegt seine Drehzahl

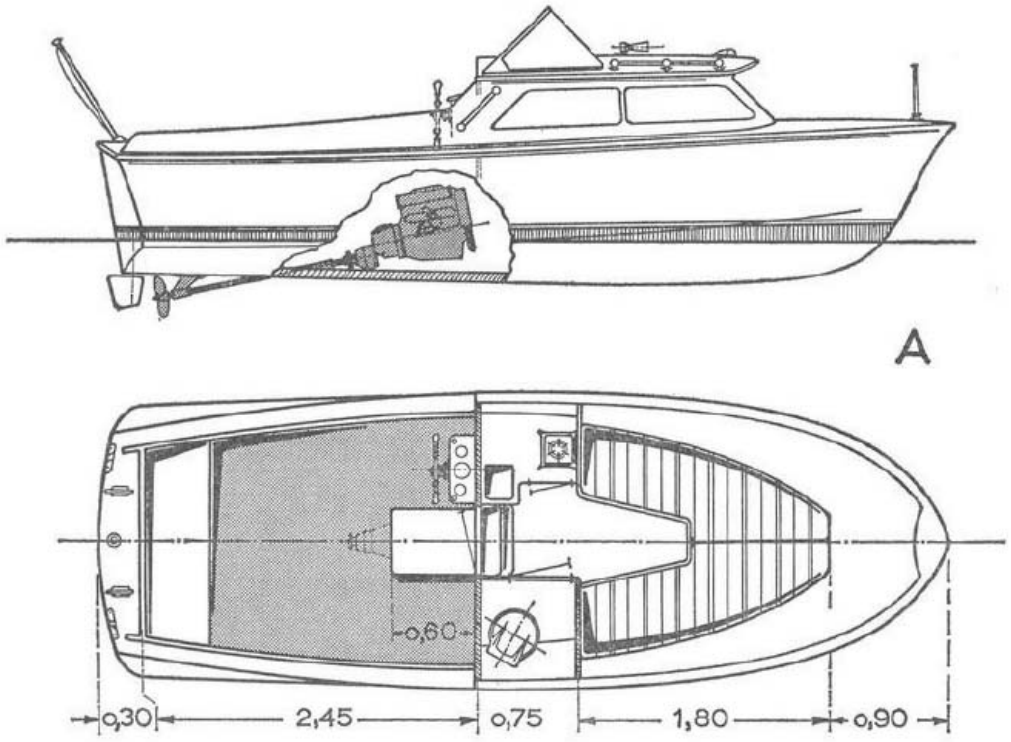


Abb. 141 Am normalen, etwa in Schiffsmitte liegenden Einbaumotor vereinigen sich günstige "Trimmlage des Bootes mit guter Wirtschafllichkeit des Antriebs.

zu hoch, um einen guten Antriebs-Wirkungsgrad zu gewährleisten. Der Motor erhielt deshalb ein Untersetzungsgetriebe, das im Aufriss der Zeichnung zu erkennen ist. Er wurde kurz hinter Schiffsmitte eingebaut, etwa an der breitesten Stelle der Wasserlinie, und treibt einen normalen dreiflügeligen Propeller; vor diesem der Wellenbock, dahinter das Ruder.
Von der technischen Seite betrachtet ist diese Anlage in jeder Form einwandfrei und wir-kungsvoll. Bereits in dieser Bootsgrösse ist es durchaus möglich, einen kleinen, schnell laufenden Dieselmotor einzubauen. Ebenso wird die Ausführung mit zwei gleichen Beinzinmotoren von je 50 PS Leistung gern gewählt.
Die Lage des Motors direkt am Niedergang ist weniger störend als es nach der Zeichnung erscheint. Der Einbau ist einfach, der Abstand vom Motor zum Steuerstand und Armaturenbrett gering. Es handelt sich hier um die Normalausführung mit gutem Gesamtwirkungsgrad und erprobten Fahrteigenschaften.
Winkelantrieb B: Das Winkelgetriebe, auch V-Getriebe genannt, wird dann angewandt.
wenn der Motor weit achtern ungefähr über dem Propeller ins Bootsinneren liegen soll. Solche Winkelgetriebe werden als unabhängige Einheiten geliefert. Es gibt aber auch Motoren, deren Winkelgetriebe bereits fest am Motorende sitzt. In diesem Fall wird der Einbau vereinfacht, die Baulänge verkürzt, doch ist die Zugänglichkeit zum Motorflansch und zur Stopfbuchse beeinträchtigt. Im Falle dieses Bootes liegt das Motorengewicht reichlich weit achteraus, so dass sich das Boot bei mittlerer Geschwindigkeit vorn sehr anheben muss, es also stark vertrimmt. Man bemüht sich um einen Ausgleich, indem Brennstofftank und

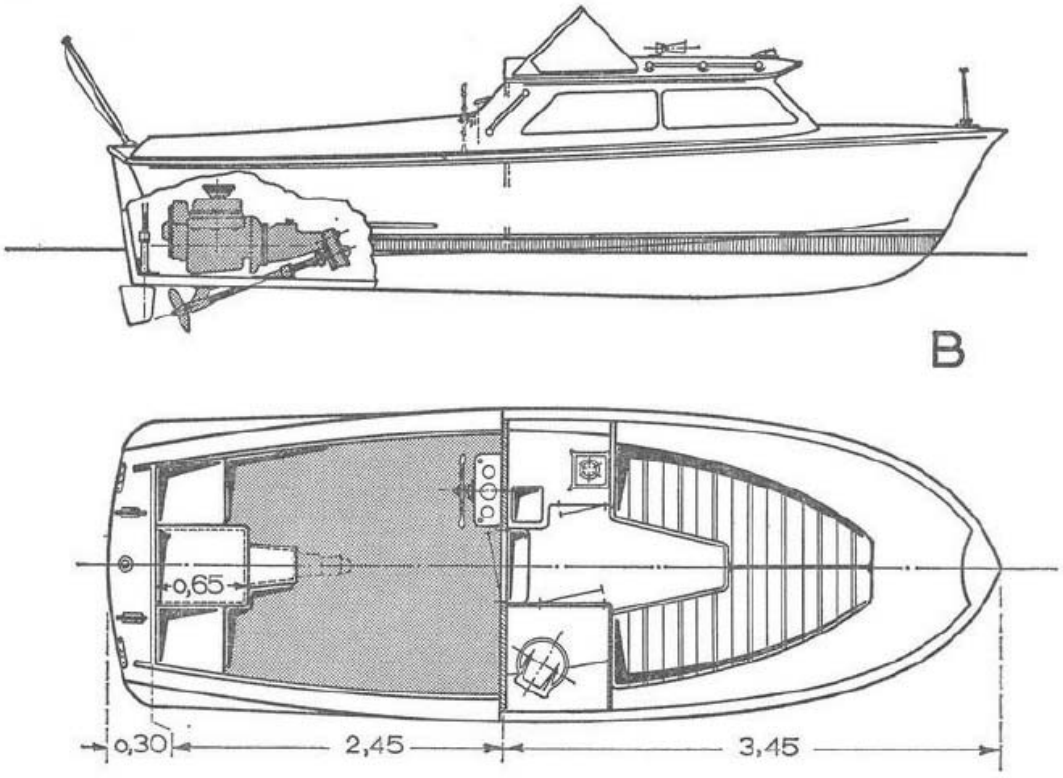


Abb. 142 Durch Anwendung eines Winkelgetriebes wird der Motor ins Heck verlegt. Man gewinnt größere Bodenfläche in der Plicht, muss aber mit stärkerem Vertrimmen rechnen.

andere Gewichte möglichst weit nach vorn gelegt werden. Der Propellerwirkungsgrad bleibt unverändert gut.
Von der Einrichtung wurde hier ein Teil der achteren Bank geopfert, stattdessen aber ein freier Zugang zur Kabine gewonnen. Ferner wurde das Motorengeräusch an die am wenigsten störende Stelle verlegt.
Ein Antrieb durch Winkelgetriebe hat sich oft als vorteilhaft für die Einrichtung erwiesen; darüber hinaus bringt es keinen anderen Gewinn.
Außenbord- oder Z-Antrieb C: Seit etwa 1960 hat der so genannte Z-Antrieb eine weitreichende Verbreitung gefunden, an erster Stelle durch den Erfolg der Ausführung von Volvo-Penta aus Schweden. Ein besonders großer Vorteil liegt in der Vereinfachung des Einbaus, Es wird gewissermaßen der gesamte Einbau von der Motorenfabrik mitgeliefert, so dass man sich erspart, eine Wellenleitung, eine Auspuffanlage, eine Kühlwasserzirkulation erst von der Motorenschlosserei herstellen zu lassen. Sogar alle Kabel und Instrumentenantriebe werden auf Länge passend mitgeliefert, einschließlich der Steuerung samt Rad und Übertragung. Die Einbauzeit wird dadurch auf ein Zehntel derjenigen des normalen Bootsmotors reduziert. Eine Kostenersparnis entsteht jedoch nicht, weil die Anschaffungskosten des Z-Antriebs nebst Zubehör bedeutend höher liegen. Im besten Falle gelangt man auf Kostengleichheit. Der Z-Antrieb wird daher besonders dort bevorzugt, wo Mangel an ausgebildetem Personal für den Motoreneinbau besteht. Die Gewichtsverteilung ist hier ebenso nachteilig, wie es bereits zum Winkelantrieb unter *B* erklärt wurde. Die an sich geniale Idee des Z-Antriebs muss jedoch im praktischen Be-

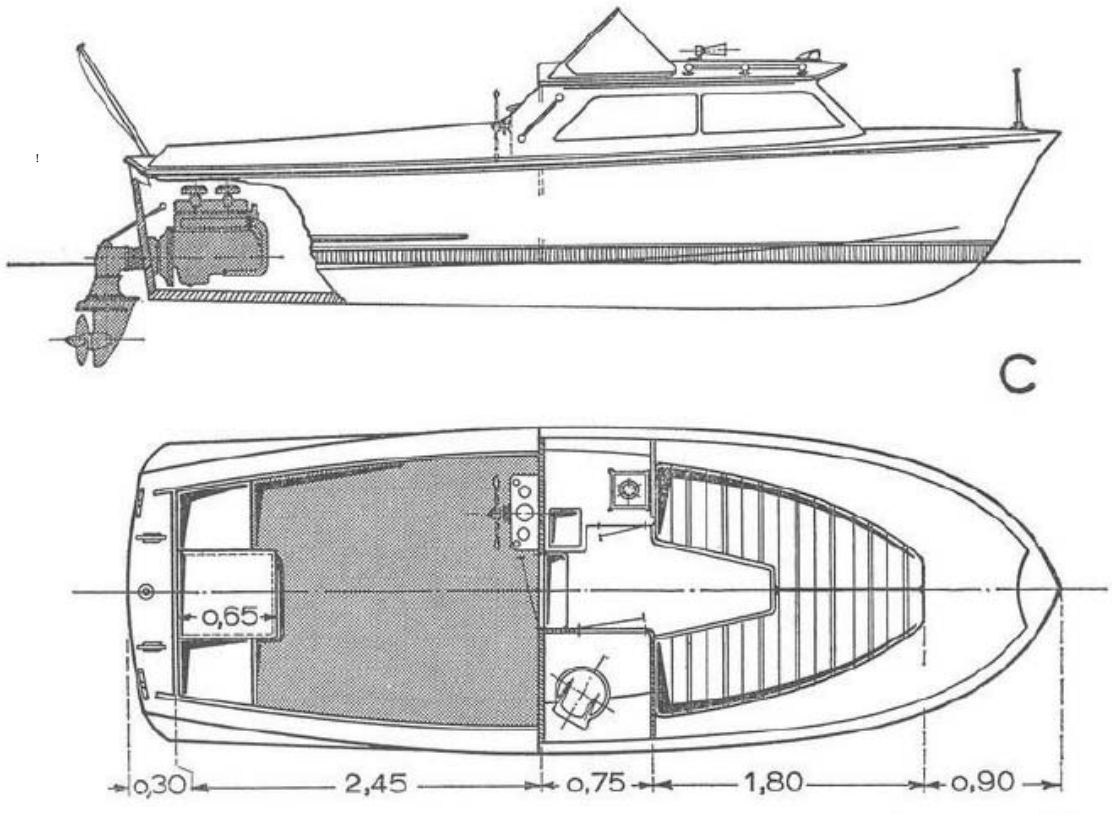


Abb. 143 Beim Z-Antrieb rückt der Motor noch weiter nach achtern. Im Falle einer Grundberührung kann die Schraube leicht untersucht werden; das Verladen auf einen Anhänger wird vereinfacht. Auch hier ist mit stärkerem Vertrimmen zu rechnen.

trieb mit vergrößerter Sorgfalt behandelt werden, denn ihr Mechanismus ist wesentlich empfindlicher als die normale Wellenanlage mit Bootswendegetriebe.

Der Antrieb über Heck besitzt einige Sondervorteile, die absolut ausschlaggebend sein können. So kann ein damit ausgerüstetes Boot mit großer Leichtigkeit und ohne Komplikationen auf einen Anhänger verladen werden, ohne einen Wellenbock, Propeller oder das Ruderblatt zu beschädigen. Im Falle der Grundberührung zeigen sich seine Vorteile auf dreierlei Art: beim Passieren hebt sich der Antrieb von selbst an; bei manchen Modellen kann er sogar mechanisch teilweise angehoben werden und noch weiterarbeiten; und schließlich kann man ihn nach einer Grundberührung in einfachster Weise auf eventuellen Schaden untersuchen; auch Kraut und Leinen im Propeller sind leicht zu entfernen. Bei nicht wenigen dieser Anlagen wird der Auspuff bereits fabrikseitig ins Wasser geleitet. Ganz vorzüglich ist die Lösung, den Auspuff durch die Propellernabe austreten zu lassen, wo Geräusch und Gase vom Wasser verschluckt werden. Sie wurde ursprünglich versuchsweise von Mercury bei Außenbordmotoren angewandt. Dabei bewährte sie sich so vorzüglich, dass sie inzwischen immer weitere Verbreitung fand, obwohl einige zusätzliche Komplikationen entstehen. - Dass sich auch das *Wendegetriebe* im Antriebsfuß befindet, ist ein kleines technisches Wunder. Häufig wird es mit der oberen Abwinkelung kombiniert, nicht selten auch mit der unteren, wie bei den Außenbordmotoren. In jedem Falle fordert der begrenzte Raum eine Ausführung in kleinsten Dimensionen. Man soll deshalb die Wechsel zwischen Voraus, Leerlauf und Rückwärtsgang *mit Gefühl* ausführen.

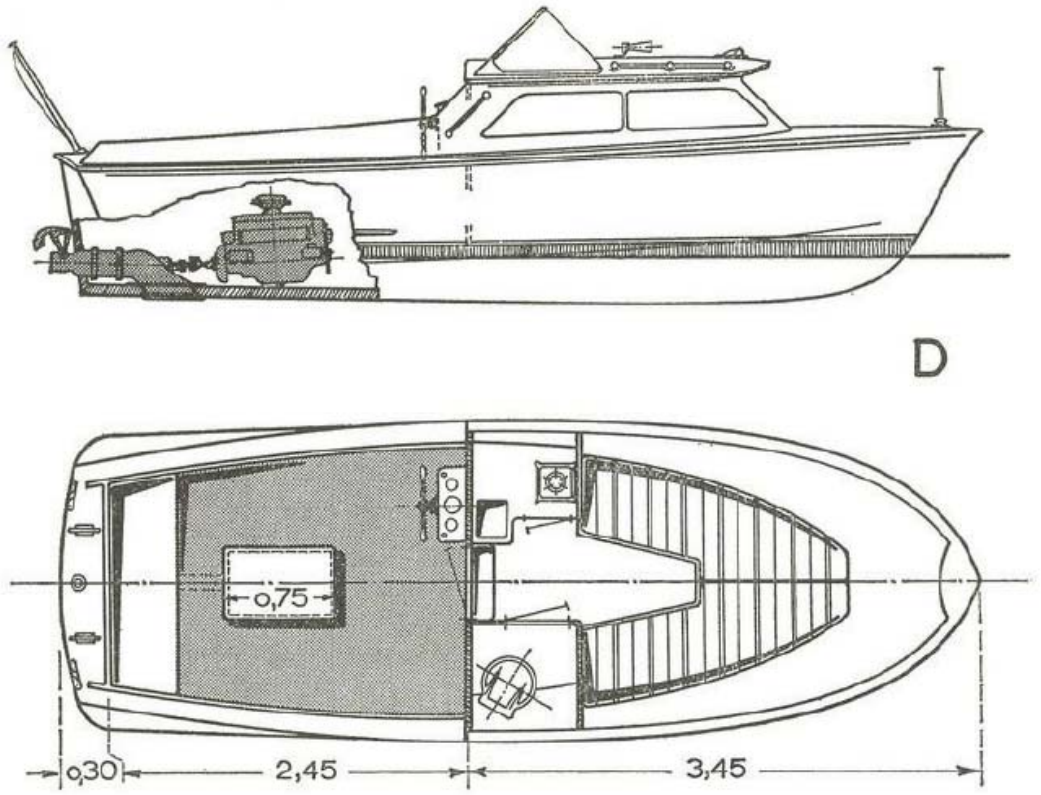


Abb. 144 Bei sehr leichten Booten erreicht man mit dem Wasserstrahlantrieb dieselbe Geschwindigkeit wie mit der normalen Wellenanlage des Einbaumotors. Hervorragend geeignet für sehr flache oder steinige Gewässer oder zur Beaufsichtigung eines Badestrandes, da Schwimmer nicht von den scharfen Kanten eines Propellers verletzt werden können.

Bei schnellen Booten kommt man auf einen recht guten Wirkungsgrad des Antriebs, doch bei langsamen leidet dieser gewöhnlich darunter, dass die Drehzahl zu hoch liegt und der Propeller einen zu kleinen Durchmesser besitzt. Die Störung der Wasserzuströmung scheint die Wirkung des Propellers nicht mehr zu schädigen, als es beim Normalantrieb durch Wellenbock und Welle ebenfalls geschieht.
Der Unterwasserteil des Z-Antriebs ist vor allem im Salzwasser korrosionsgefährdet. Bereits von Fabrikseite werden in der Auswahl des Leichtmetalls sowie durch Schutzüberzüge viele Maßnahmen zum Korrosionsschutz getroffen. Trotzdem treten Korrosionsschäden häufig auf, so dass die Anlage ständig auf beginnende Korrosion überwacht werden muss. Sie empfiehlt sich deshalb für Boote, die nach Gebrauch wieder an Land gelagert werden, sei es mittels Anhänger und Rampe oder mittels Kran oder anderweitiger Hubvorrichtung.
An das Steuern wird man sich bald gewöhnen, obwohl es im Vergleich zum Normalantrieb einige Eigenheiten aufweist. Durch Übersteuern bildet sich nämlich am Propeller Kavitation aus, die den Steuereffekt beeinträchtigt.
Wasserstrahlantrieb D: In einem gesonderten Kapitel wird eine ausführliche Orientierung über den Wasserstrahlantrieb geboten, so dass an dieser Stelle nur ein kurzer Vergleich zur Normalanlage folgt.
Eine der am häufigsten verwandten Ausführungen ist im Aufriss erkennbar, wobei der Motor ziemlich weit entfernt vom Heck eingebaut wird. Es gibt jedoch auch kurzgebaute

Wasserstrahlpumpen oder solche, die größtenteils außenbords hinter dem Heck liegen, so dass der Motor fast ebenso weit ins Heck verlegt werden kann, wie bei den Anlagen nach *B* und *C*. Zur Gewichtsverteilung sowie eventuellen Störungen der Einrichtung gilt auch hier das bereits Erklärte. Wie man sieht, bleibt die achtere Bank hier intakt, der Motorkasten kann als Tisch verwandt werden. Es ist eine Frage der persönlichen Einstellung, ob er dort mehr oder weniger stört als ganz achtern oder dicht am Hauptschott.

Vom Standpunkt des Bootsführers hat der Wasserstrahlantrieb einen großen Vorteil: „Nichts mehr unter dem Boot!" Flache oder steinige Gewässer werden mit erstaunlich geringem Tiefgang besser befahren als mit jeder anderen Antriebsart, ohne das Risiko, einen Propeller oder Motorfuß zu beschädigen. Allerdings kommt es vor, dass Sand und sogar Steinchen durch die Eintrittsöffnung angesaugt werden. In verkrauteten Gewässern kommt man in flotter Fahrt oft ganz gut zurecht; verstopft sich aber der Wassereinlauf, so kann er von innen durch einen losnehmbaren Deckel gereinigt werden.

Von der technischen Seite her ist eine ähnliche Korrosionsempfindlichkeit wie beim Z-Antrieb zu beachten. Bei der heute üblichen Ausführung wird die Lebensdauer wesentlich vergrößert, wenn die Boote an Land aufbewahrt werden. Da nichts unter dem Boden hervorsteht, eignet sich dieser Antrieb weitaus am besten zum Verladen auf einen Anhänger. Steuerung und Rückwärtsgang werden bei den meisten Pumpwerken durch Umlenkung des Wasserstrahls an der Austrittsdüse bewirkt. Dadurch kommen Wendegetriebe und gegebenenfalls auch die Kupplung in Wegfall.

Die Fahrteigenschaften unterscheiden sich ganz erheblich von denjenigen des propeller-getriebenen Bootes. Deswegen sei bereits hier darauf hingewiesen, dass die handelsüblichen Strahlpumpenanlagen nur für schnelle Boote geeignet sind. Nur dann erreicht man einen Antriebswirkungsgrad, der dem normalen Propellerantrieb nahekommt, d. h. der Gewinn des wegfallenden Unterwasserwiderstandes reicht aus, um den geringeren Wirkungs-grad des Pumpsystems wettzumachen. Der hier vorliegende Motorkreuzer mit 50 PS Motorleistung würde noch unter schlechtem Wirkungsgrad leiden, weil seine Geschwindigkeit nicht ausreicht, um dem Propellerantrieb gleichzukommen.

Die Steuer- und Bremseigenschaften zeigen ein ganz anderes Verhalten als beim normalen Boot. In flotter Fahrt gelingt beides vorzüglich, in langsamer Fahrt dagegen werden sowohl das Steuern wie das Abbremsen benachteiligt.

Außenbordmotor E: War schon beim Z-Antrieb darauf hingewiesen worden, dass der ganze *Einbau* von der Motorenfabrik mitgeliefert wird, so stellt der Außenbordmotor ein wahres Wunderwerk an Vollständigkeit des Antriebs dar. Es genügt, am Spiegel eine kräftige Planke für die Befestigung des Motors anzubringen, und der gesamte *Einbau* selbst eines noch größeren Motors wird in wenigen Minuten bewerkstelligt. Auch das Anschließen des Brennstofftanks sowie der Steuerung geht rasch vonstatten.

Die Annahme, dass durch einen Außenbordmotor kein Innenraum verlorengeht, stimmt jedoch nicht ganz. Achtern muss eine wasserdicht abgeschlossene Motorenwanne eingebaut werden, die fast so viel Platz wegnimmt wie ein Innenbordmotor mit Z-Antrieb. Davor bleibt die achtere Bank in voller Bootsbreite erhalten.

Fast alle Außenbordmotoren, außer den allerkleinsten, besitzen einen in den Antriebsfuß eingebauten Leerlauf und Rückwärtsgang. Dadurch gewinnt man den Vorteil, den Motor starten und anwärmen zu können, ehe die eigentliche Fahrt beginnt. Ein Rückwärtsgang ist zum Antrieb größerer Boote wichtig, weil er zur sicheren Ausführung der An- und Ablegemanöver beiträgt. Um das direkt vor dem Propeller liegende Getriebegehäuse möglichst

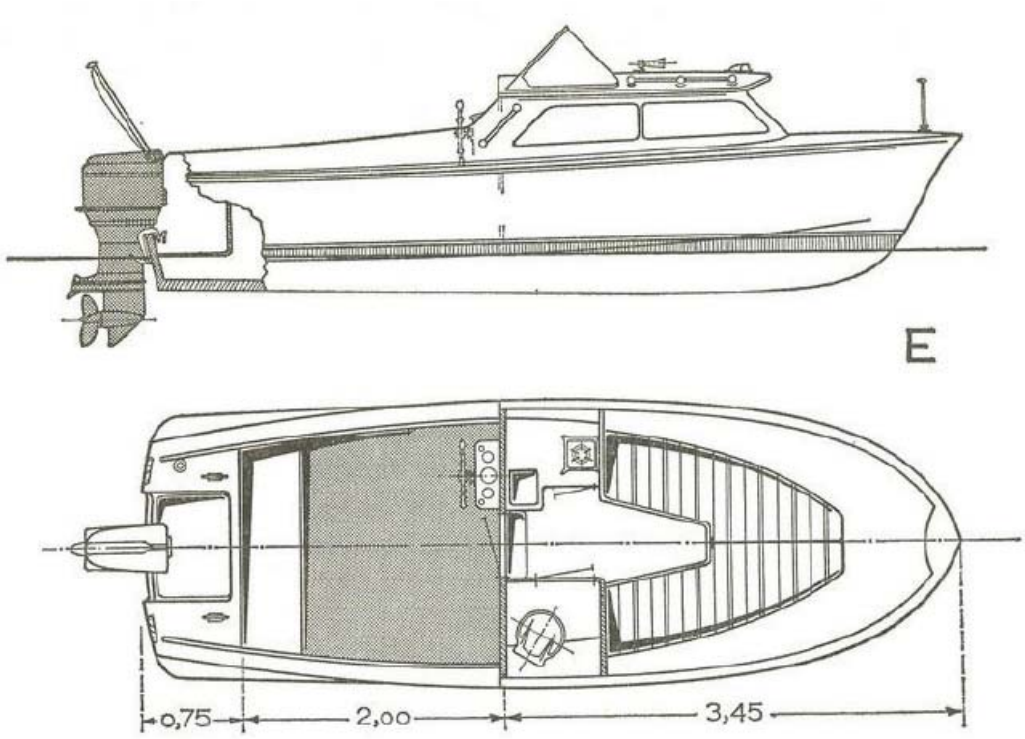


Abb. 145 Mit dem Außenbordmotor bietet sich eine vorzügliche Antriebseinheit für leichte Boote. Trotz seines höheren spezifischen Brennstoffverbrauchs wird er durch sein geringes Eigengewicht sogar wirtschaftlich. Reparatur und Pflege werden vereinfacht, da er ohne besondere Anstrengung von Bord genommen werden kann.

schmal zu halten, werden die beiden senkrecht stehenden Kegelräder so klein wie möglich ausgeführt. Deswegen wird maßvolle Handhabung der Wechsel bei niedrigen Drehzahlen empfohlen.

Als im Jahre 1949 ein solcher Rückwärtsgang zum ersten mal bei einem Außenbordmotor angewandt wurde, erregte er sowohl Aufsehen wie Misstrauen. Wie bei vielen technischen Neuheiten verging nur kurze Zeit, bis sich der Rückwärtsgang des Außenbordmotors als zuverlässig erwies. Besonders der Selbstbauer eines Bootes wird sich zum Außenbordmotor hingezogen fühlen, weil alle Probleme des Motoreinbaues wegfallen.

Nahezu alle Außenbordmotoren arbeiten nach dem Zweitaktverfahren, weil man dadurch Gewicht einspart. Stattdessen muss man einen erheblich höheren Brennstoffverbrauch als bei Viertakt-Einbaumotoren in Kauf nehmen. Dieser Umstand fällt bei einem Motorkreuzer von 6 m Länge bereits ins Gewicht, nicht aber bei sehr leicht gebauten offenen Sportbooten. Diese werden durch das geringe Gewicht des Außenbordmotors begünstigt, wodurch sie mit weniger Motorleistung auskommen oder aber höhere Geschwindigkeiten erzielen. Je leichter das Boot, umso besser gleicht sich der Mehrverbrauch aus, ja, dieser kann sogar dem Einbaumotor gleichkommen.

Auch hier bestehen die bereits vorher genannten Korrosionsprobleme. Allerdings wird die Pflege als Folge der Tragbarkeit des Motors erleichtert. Sie ist überaus wichtig, um eine angemessene Lebensdauer des Motors zu erreichen.

Die technische Empfehlung lautet: Leichte Boote und hohe Geschwindigkeit erreichen einen so guten Gesamtwirkungsgrad, dass der Mehrverbrauch an Benzin ausgeglichen wird. Arbeitsboote mit schwacher Motorleistung bewähren sich ebenfalls gut. Doch überall dort,

wo in größeren Booten ein wirtschaftlicher Antrieb gesucht wird, verdient der Einbaumotor den Vorzug.
Im modernen Außenbordmotor vereinigen sich höchste Leistung, geringstes Gewicht und bewundernswerte Zuverlässigkeit im Lauf. Sogar bedeutende Küsten- und Seerennen wurden von Booten mit Antrieb durch zwei, drei oder sogar vier Außenbordmotoren gewonnen. Damit wird das Vorhergesagte bestens bestätigt: Bedingung für gute Gesamtwirkung sind das Zusammentreffen von leichten Booten und schneller Fahrt.
In welchem Maße werden die einzelnen Antriebsarten vom Publikum bevorzugt? Dies hängt zum Teil von den zu befahrenden Gewässern ab, zum Teil auch von den ortsbedingten Problemen des Motoreinbaus. Ein kleiner Motorkreuzer von sehr ähnlichen Abmessungen wird unter dem Namen TUNA von der englischen Werft W. & J. Tod Limited, Weymouth, hergestellt, und zwar mit 6,10 m Länge und 2,10 m Breite. Die Firma Tod war so freundlich, uns die Verhältniszahlen ihres 1970-Programms mitzuteilen, das, auf 100 Glasharz-Bootseinheiten bezogen, zu folgender Liste führte:

Antriebe des Motorkreuzers TUNA

Motoren	Prozentualer Bootsanteil	Geschwindig-keit km/h
1 Perkins-Dieselmotor, 48 PS, mit Z-Antrieb	35	33
2 Ford-Einbaumotoren, Benzin, je 65 PS	35	48
1 Volvo-Penta-Benzinmotor, 130 PS, mit Z-Antrieb	15	50
1 Ford-Einbaumotor, Benzin, 65 PS, mit Z-Antrieb	10	33
2 Aussenbordmotoren von je 40 PS	5	48

Die wirtschaftlichste Fahrt wird mit einem Perkins-Dieselmotor erzielt, die schnellste mit einem Volvo-Penta-Benzinmotor. Selbst die beiden Außenbordmotoren schneiden recht gut ab, weil mit zweimal 40 PS ungefähr dieselbe Geschwindigkeit erreicht wird wie mit zweimal 65-PS-Einbaumotoren.
Mit Überraschung bemerkt man die geringe Zahl der Liebhaber von Außenbordmotoren. Dies ist jedoch durch die fast ausschließliche Verwendung der Boote auf See zu erklären. Die Zahl der Motoren mit Z-Antrieb ist etwas größer als derjenigen mit normaler Wellenanlage. Dabei ist zu beachten, dass der einzige wählbare Dieselmotor wegen seiner größeren Höhe nur mit Z-Antrieb eingebaut wird.
Zum Wasserstrahlantrieb erklärte die Bauwerft, dass dieser anfänglich mehrere Male eingebaut wurde, aber beim Publikum keinen rechten Anklang fand.
Im großen Wassersportgebiet um Buenos Aires wird bei ähnlicher Bootsgröße in überwiegender Zahl der Z-Antrieb gewählt, und zwar aus ganz speziellen Gründen. Es herrscht dort ein ausgesprochener Mangel an Motorenschlossern für den Einbau von normalen Bootsmotoren. Da es sich im Gegensatz zur englischen Küste dort um ein Süßwasser-Flussgebiet handelt, verringert sich die Korrosionsgefahr.

Der Automobilmotor im Boot

Es ist allgemein bekannt, dass die Mehrzahl der schnell laufenden, leichten Bootsmotoren aus dem Bereich des Fahrzeugbaues stammt. Die Herstellung so genannter echter Bootsmotoren ließ vor allem in den dreißiger Jahren nach, als einige Fabriken für Bootsmotoren gewissermaßen heimlich die Motorenblocks von den Automobilfabriken kauften, um sie dann in eigener Regie zu Bootsmotoren herzurichten. Damals glaubte der bootsfahrende Laie noch vielfach, dass der echte Bootsmotor eine bedeutend stärkere Kurbelwelle benötige, dass die Kühlwassermäntel größeren Wasserdurchlass erlauben müssten oder dass nur gusseiserne Kolben ins Boot gehören, alles Dinge, die von denjenigen Fabrikanten gelobt wurden, die noch echte Bootsmotoren in oft viel zu kleinen Stückzahlen herstellten.

Die Technik der bootsmäßigen Ausrüstung von Fahrzeugmotoren hat sich inzwischen so mächtig entwickelt, dass viele Bootsmotorenfabriken überhaupt keine Motoren mehr selbst herstellen. Allerdings kaufen sie nicht wahllos Motorenblocks von Automobil-, Lastwagen- oder Traktorenfabriken. Der Umsatz von Bootsmotoren wurde so bedeutend, dass die für Bootszwecke bestimmten nackten Fahrzeugmotoren eigens nach technischen Sonder-Spe-zifikationen in großen Mengen hergestellt werden. Ein Motorenblock von Chevrolet oder Ford, um nur ein Beispiel zu nennen, weist im Bootsmotor eine ganze Reihe von Sonderheiten auf, besonders an Lagern, Ventilen und Kolben, die am Fahrzeugmotor nicht ohne weiteres zu finden sind.

Prinzipiell steht fest, dass überall dort Fahrzeugmotoren für Bootszwecke hergerichtet werden, wo passende Leistungen zur Verfügung stehen. Nur als Folge von Massenfabrikation, verbunden mit hoher Präzision, können schnell laufende Bootsmotoren hoher Leistung und von sehr guter Qualität erstaunlich preiswert geliefert werden. Bei der Anpassung des Fahrzeugmotors an den Bootsbetrieb besteht das Hauptproblem wiederum in der Korrosion, weil ja ein Fahrzeugmotor nicht mit Salzwasser in Berührung kommt. Deshalb hat sich in weitgehendem Masse die indirekte Wasserkühlung eingeführt, wodurch das ganze Problem elegant umgangen wird. Hierbei wird im Bootsmotor derselbe Süßwasser-Kreislauf eingehalten wie beim Fahrzeug-motor, kein Salzwasser kommt mit den Innenwänden des Motors bzw. mit verschiedenen Metallen in Berührung. Als kritischer Punkt bleibt nur noch der mit Salzwasser betriebene Rückkühler, der den luftbetriebenen Kühler des Landfahrzeuges ersetzt.

Die Bootsmotorenfabriken verwenden viel Zeit und Mühe auf die beste Ausbildung des Kühlwasserkreislaufs nebst Rückkühlung, wozu sie auch die Wasserpumpen und deren Antrieb anbauen. Ferner wird ein wassergekühltes Auspuffsammelrohr und häufig ein Schmierölkühler hergestellt und angebaut und selbstverständlich das Bootswendegetriebe mit einer Anzahl von Untersetzungen. Letzteres wiederum stammt gewöhnlich von Spezialfabriken.

Die Frage liegt nahe, ob ein Selbstbauer einen Fahrzeugmotor für sein Boot herrichten kann, meistens einen gebrauchten Motor in gutem Zustand. Wird das Boot in Süßwasser gefahren, und geht man mit Überlegung und Kenntnis vor, so ist dieses ohne weiteres möglich. Folgende Punkte sind dabei zu beachten:

Das Automobilgetriebe kann den Vorwärtsgang nebst Kupplung liefern, nicht aber den Rückwärtsgang, da der vorhandene eine viel zu langsame Drehzahl ergibt, die im Boot

keine Wirkung erzielt. Oft wurden Zahnräder für höhere Drehzahl des Rückwärtsganges ins Wechselgetriebe eingebaut, die dann zur Zufriedenheit funktionierten. Dazu wird auf der Propellerwelle eine Bremse benötigt, weil die Zahnräder bei rotierender Welle nicht gut zum Eingriff kommen. Auch fehlt dem Fahrzeuggetriebe das in beiden Richtungen arbeitende Drucklager, das den Propellerschub in Vorwärts- und Rückwärtsfahrt aufnimmt. Es muss also extra hinzugebaut werden. Aus diesen Gründen wird gewöhnlich vorgezogen, trotz höherer Kosten ein richtiges Bootswendegetriebe anzubauen.
Kühlsystem: Bei Gebrauch in Süßwasser kann der direkte Kreislauf beibehalten werden, doch muss eine positiv ansaugende Kühlwasserpumpe an Stelle der nur treibenden Fahrzeugpumpe angesetzt werden. Einige Motoren sind selbst gegen etwas verunreinigtes Süßwasser korrosionsempfindlich. Andere, besonders von Traktoren stammende, können auch

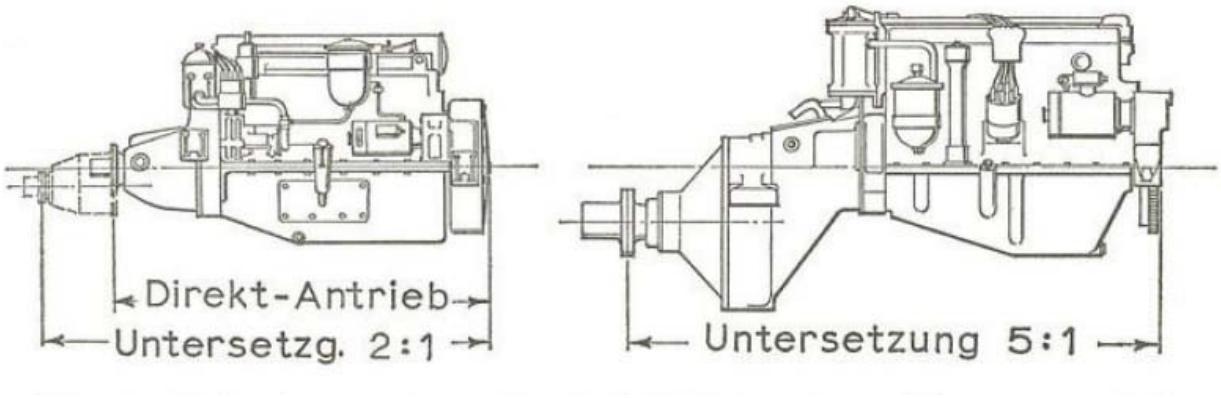


Abb. 146 Links ein normaler aus dem Sechs-Zylinder-Automobilmotor entwickelter, bewährter Bootsmotor, ausgerüstet mit direktem Antrieb oder mit Untersetzung 2:1. Rechts die besonders starke Untersetzung im Verhältnis 5:1 an einem ähnlichen Motor.

für längere Zeit mit Seewasserkühlung gefahren werden. In den meisten Fällen wird die Ausführung der besten Lösung, nämlich einen geschlossenen Kühlwasserkreislauf mit Rückkühlung, für den Selbstbauer zu mühsam. Allerdings vereinfacht sie sich erheblich, wenn man als Rückkühlung außenbords verlegte Rohre zulässt, die entlang des Kiels oder Bodens verlaufen.
Auspuffsammelrohr: Beim Fahrzeugmotor ist dieses nur luftgekühlt. Im Inneren des Bootes aber wird es heiss bis zur Rotglut, so dass es sich wegen latenter Feuersgefahr von selbst verbietet. Manchmal gelingt es, einen Wassermantel auf das vorhandene Auspuffsammelrohr aufzuschweißen. Oft muss jedoch ein solches extra hergestellt werden, was in Einzelanfertigung eine kostspielige und sehr mühevolle Arbeit bedeutet.
Automobilmotoren älterer Modelle enttäuschten oft im Boot, weil das Triebwerk bei diesen noch durch Schleuderschmierung mit Öl versorgt wurde. Bei schrägem Einbau oder als Folge des Vertrimmens in Fahrt versagte die Ölversorgung der inneren Reibungsflächen. Aber auch horizontaler Einbau des Motors, der ein Kardangelenk sowie ein hinter diesem angeordnetes doppeltes Drucklager erfordert, gab viel Anlass zu Ärger und schlechtem Funktionieren. Heute besitzen Fahrzeugmotoren nur noch Druckölschmierung. Sorgt man dafür, dass die Ölpumpe im Kurbelgehäuse stets guten Ölzufluss hat, so wird auch bei sehr schrägem Einbau im Bootsbetrieb gute Schmierung erzielt. Allerdings werden beim fabrikmässig hergerichteten Bootsmotor allgemein vertiefte Ölwannen mit größerem Fassungsvermögen untergesetzt, die dem Amateur-Bootsbauer fehlen.



Foto 76 Sportlicher Motorkreuzer von 8 m Länge während eines vor Auckland (Neuseeland) organisierten Küstenrennens. Zwecks besserer Sicht benutzt der Rudergänger die über dem Steuerstand angeordnete Luke. Foto: Sea Spray, Auckland

Foto 77 26-m-Seenot-Rettungskreuzer "Adolph Bermpohl" bei flotter Fahrt im Seegang. Die Deutsche Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger hat aufgrund reichhaltiger Erfahrungen eine eigene Gattung von Seenotkreuzern entwickelt, bei denen im Heck ein Tochterboot mitgeführt wird, um es an der Unfallstelle auszusetzen. Foto. Bitterling, Hamburg



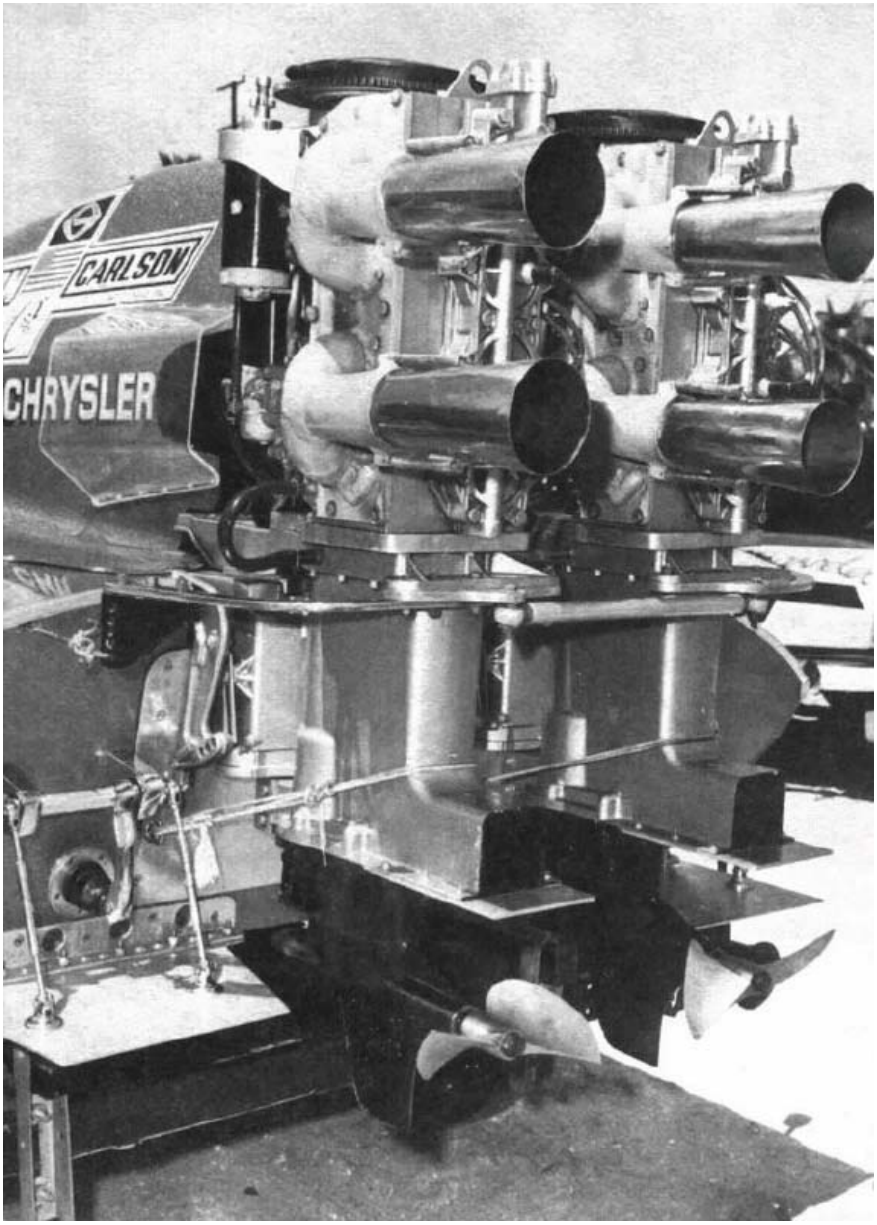


Foto 78 Der imponierende An-trieb eines modernen Außen-bord-Rennbootes: zwei 105-PS-Chrysler-Vier-Zylinder-Außenbordmotore am Heck des Rennbootes „Digger", das im Drag-rennen auf eine Geschwin-digkeit von 166 km/h kam Foto: Chrysler-Petersen, L.A.

Foto 79 Drei „Tuna"-Motorkreuzer von 6,10 m Länge mit verschiedenen Antrieben: links Volvo-Penta 130 PS oder Perkins-Diesel 48 PS mit Z-Antrieb, Mitte zwei 65-PS-Ford- Einbau-motoren und rechts zwei 40-PS-Außenbordmotoren. Glas-harz-Serienbau von W. & J. Tod, Limited, Weymouth (Eng-land). Foto: Herbert Weymouth



Laufstunden und Lebensdauer

Der moderne leichte, schnell laufende Bootsmotor wird mitunter noch mit verdächtigen Augen angesehen: Um wie viel dauerhafter sollte nicht ein älterer, langsam laufender Motor sein, so wird nicht selten behauptet. Dann wird hinzugefügt, dass langsame, *echte Bootsmotoren* ja kaum noch hergestellt werden, da alle normalen Leistungen von schnell laufenden Automobil- und ähnlichen Fahrzeugmotoren abgeleitet werden.
Ein solcher Gedanke hätte in den Anfangzeiten des Motorbaues seine Berechtigung gehabt. Inzwischen hat die Herstellung auf jedem Einzelgebiet so große Fortschritte zu verzeichnen, dass die Lebensdauer der leichten Schnellläufer einen bewundernswerten Grad erreichte. Es gibt kein Detail am Motor, an dem nicht bedeutende Verbesserungen gemacht wurden, sei es die Legierung der Metalle und deren thermische Nachbehandlung, die Arbeitsverfahren in der Herstellung, Einzelheiten in der Konstruktion und in bedeutendem Maße die Verbesserung der Schmieröle.
Die Lebensdauer eines Motors hängt aber von der Behandlung im Gebrauch ab. Leider wird nicht selten gerade während der ersten Betriebsstunden Missbrauch geübt, sei es aus Freude am Probieren oder auch nur um die Vertragsgeschwindigkeit zu messen, bevor der Motor eingelaufen und zur Höchstleistung bereit ist. Solche Sünden können die Lebensdauer entscheidend beeinflussen. Eine Geschwindigkeitsmessung mit höchster Motorleitung sollte nicht vorgenommen werden, ehe der Motor nicht wenigstens 50 Laufstunden absolviert hat, und zwar von geringer bis mittlerer Belastung ansteigend.
In sportlichen Booten arbeitet ein Verbrennungsmotor unter durchaus ungewöhnlichen Bedingungen. Manche Boote werden regelmäßig benutzt, zum Beispiel zu sonntäglichen Ausfahrten; andere dagegen stehen oft monatelang still. Manche Fahrer haben die Gewohnheit, kurz nach dem Start mit höchster Fahrt davonzubrausen, andere hingegen vermeiden die Spitzenleistung für immer und wenden nur Teilbelastung an. Oft ist das Kühlsystem gar nicht auf den wirklichen Gebrauch des Motors eingestellt.
Beim Verbrennungsprozess der Kohlenwasserstoffe im Inneren des Zylinders bilden sich als Rückstände sowohl Wasser wie verschiedene Säuren, vor allem gewisse Mengen von Kohlen- und Schwefelsäure. Jeder Liter Brennstoff verwandelt sich in einen Liter angesäuerten Wassers, das größtenteils unsichtbar mit dem Auspuff entweicht. Beim Abstellen bleiben jedoch genügend Reste innerhalb des Motors, um die Metalle anzugreifen, vor allem Zylinderwände, Kolben, Kolbenringe und Ventile Die durch Säuren hervorgerufene innere Korrosionsgefahr ist besonders akut, wenn der Motor kalt gestartet wird, kaum richtig warm läuft, um danach wieder abzukühlen und eventuell für längere Zeit stillzustehen..
Dieser latenten Gefahr verfrühter Abnutzung im Motor arbeiten die modernen Öle durch wirksame Zusätze entgegen. Der Vorteil verbesserter Motorenschmierung kann nicht hoch genug eingeschätzt werden. Erstklassige Motorenöle bestehen heute nur noch zu 80 bis 85 Prozent aus Mineralöl. Der Rest setzt sich aus einer Mischung chemischer Zusätze zusammen, die dreierlei Zwecken dienen: der Verdünnung durch Brennstoffreste entgegenzuwirken, das Absetzen von Ölkohle in der Brennkammer zu vermeiden und die aggressive Wirkung der Säuren auf die Metalle zu neutralisieren. Nichts rächt sich so sehr wie die Verwendung minderwertigen Schmieröls oder ein zu selten vorgenommener Ölwechsel.
Aus vorstehender Schilderung ergibt sich, dass der Motor unter zweierlei verschiedenen

Abnutzungserscheinungen leidet: die erste ist der normale Verschleiß als Folge des Gebrauchs, die zweite dagegen entsteht durch Korrosion als Folge seines Nichtgebrauchs. Sobald der Motor nach längerem Stillstand in Betrieb genommen wird, verwandelt sich die Korrosion in beschleunigten Verschleiß, da oxydierte Metalle geradezu wie Schleifmittel wirken. *Drastisch ausgedrückt nutzt sich ein Bootsmotor auch dadurch ab, dass er nicht gebraucht wird.*

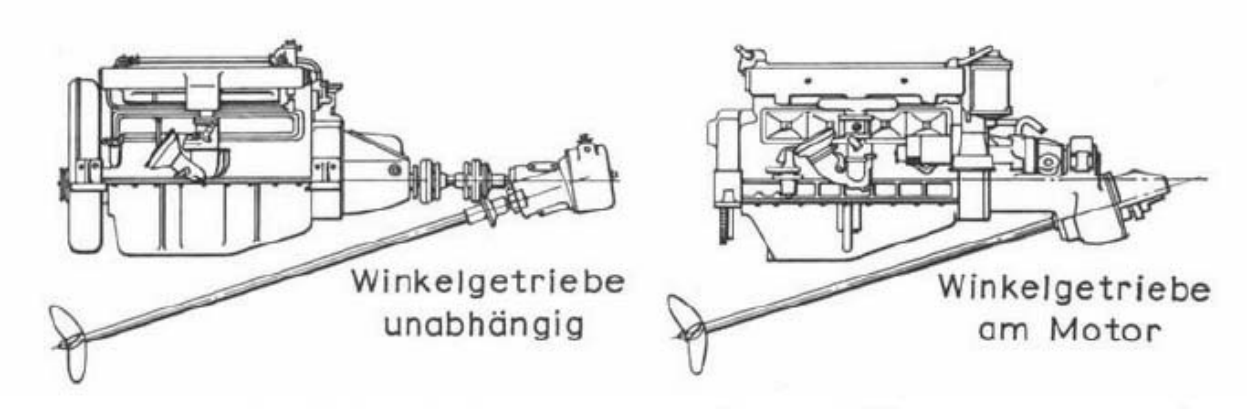


Abb. 147 Ein Winkelgetriebe bietet weitere Einbaumöglichkeiten in Booten. Links ein unabhängiges Winkelgetriebe mit zwischenliegender kurzer Kardanwelle. Rechts eine direkt am Motor sitzende Abwinkelung der Schraubenwelle.

Zum Glück sind die Auswirkungen der Stillstand-Korrosion nicht so schwerwiegend wie es nach der Erklärung erscheint. Doch kann nicht genug zur Anwendung guter Schmieröle und zu vernunftmäßiger Behandlung im Betrieb geraten werden. Bei guter Wartung und Pflege erreicht der Bootsmotor eine erstaunlich lange Lebensdauer, d, h., er reicht fast über die ganze Lebensdauer eines normalen Bootes. Mit der Bezeichnung fast soll angedeutet werden, dass ein solide gebautes und gut gepflegtes Boot im großen Durchschnitt zwei Motoren während seiner Lebensdauer verbraucht. Setzt man das normale Alter eines Bootes auf 30 bis 40 Jahre an, so stimmt der Vergleich recht gut, denn viele Motoren erreichen eine Lebensdauer von 15 bis 20 Jahren. Es gibt eine beträchtliche Zahl von Booten, die ein Lebensalter von 40 Jahren noch überschritten haben. Aber auch zahlreiche Motoren konnten eine vollwertige Gebrauchsdauer von 20 Jahren bedeutend überschreiten. Bei der Niederschrift dieser Zeilen sind uns zahlreiche Motoren bekannt, die noch gute Dienste leisten, obwohl sie die Fabrik gegen Ende der zwanziger Jahre verließen. Das sind erstaunlich rüstige 40 Gebrauchsjahre!

Gegen diese guten Ergebnisse heben sich andere ab, bei denen ein Motor nach viel zu kurzer Betriebszeit unbrauchbar wurde, fast immer durch Unvernunft oder Missachtung der Betriebsanweisungen vorzeitig verschlissen oder havariert.

Geht man den tatsächlichen Laufstunden eines Motors nach, um die Betriebsstunden eines Jahres oder diejenigen seiner ganzen Lebensdauer festzustellen, so gelangt man zu unerwarteten Ergebnissen.

Die jährliche Laufzeit zahlreicher Motorkreuzer und sportlicher Boote erreicht kaum 100 Stunden. Häufig benutzte Boote kommen auf 150 bis 200 Stunden im Jahr, und nur in Ausnahmefällen werden 300 Stunden wirklicher Laufzeit im Jahr überschritten. Legt man einen Mittelwert von 200 Jahresstunden zugrunde, ferner eine Lebensdauer von 20 Jahren, so ergibt sich für den Bootsmotor im Sportboot ein Betriebswert von nur 4000 Stunden. Dies gilt sowohl für Diesel- wie für Benzinmotoren.

Genau dieselben Motoren werden auch häufig in der Berufsschifffahrt verwandt, wo sie *ganz bedeutend längere Laufzeiten erreichen*. So hatten wir mit schnellen Passagierbooten zu tun, deren leichte, schnellaufende Dieselmotoren täglich 5 Laufstunden absolvierten. Im Jahr erreichten sie 1500 Betriebsstunden, wobei Überholungstage am Boot sowie saisonbedingtes Aussetzen bereits abgerechnet wurden. Bei normaler Pflege und Wartung sowie mit größeren Überholungsarbeiten alle 3000 bis 4000 Laufstunden wurden Betriebswerte von 20 000 und sogar 30 000 Stunden erreicht.

Aus dem Vergleich beider Stundenzahlen für die gesamte Lebenszeit der Motoren lässt sich folgendes schliessen:

1. Bei täglichem Betrieb werden weit höhere Laufzeiten erreicht als bei zwischenliegenden längeren Pausen.
2. Sorgfältige Pflege und Wartung, Verwendung guter Schmieröle, Einhalten angemessener Kühlwassertemperatur und das Vermeiden von Überbeanspruchung erhöhen die Lebensdauer eines Motors ganz bedeutend.

3. Ein Bootsmotor leidet ebenso unter dem Gebrauch wie unter dem Nichtgebrauch.

Man halte sich stets den Unterschied zwischen dem Betrieb in Arbeitsbooten im Vergleich zu sportlichen Booten vor Augen. Bei guter Pflege und vernünftigem Gebrauch sind größere Überholungsarbeiten an den Motoren der Arbeitsboote in Abständen von ungefähr 4000 Laufstunden erforderlich.

Bootsmotoren im sportlichen Betrieb erreichen wohl kaum jemals derartig lange Laufzeiten, da sie zu sehr unter ihrem langen Stillstand leiden. Bei sehr guter Pflege und wohlüberlegtem Gebrauch sollte es jedoch möglich sein, auf 2000 Laufstunden zu gelangen, ehe der Motor zwecks Generalüberholung aus dem Boot genommen wird. Er wird dann auseinandergenommen und in der Werkstatt auf den Zustand der Kolben, Kolbenringe, Laufbuchsen, Ventile, Brennkammer, Lager usw. untersucht. Bei dieser Gelegenheit wird das Innere von Öl- und Kohlerückständen gereinigt und auch das Wendegetriebe, die Kühlwasserpumpe, der Rückkühler usw. untersucht. Gewöhnlich ist mit der Erneuerung der Zylinderlaufbuchsen, der Kolben, Ventile und Lager zu rechnen. Diese Regel ist jedoch von Motor zu Motor dem Abnutzungszustand anzupassen. Manches lässt sich früher und mit geringster Mühe allein dadurch feststellen, dass man den Kompressionsdruck am eingebauten Motor von Zylinder zu Zylinder misst.

Man kann sehr gut den jungen Sportsmann verstehen, der zur Ferienzeit im schönsten Sommer sogleich mit dem noch kalten Motor im flinken Boot davonjagen möchte. Er weiß ja, dass bewundernde Landratten es als Schneid ansehen. Nur der Motor selber ist damit nicht einverstanden. So soll sich niemand wundern, wenn sich bei derartigem Betrieb schon nach 150 Laufstunden eine Generalüberholung aufdrängt. Wer sich gute Pflege und rechtzeitige kleinere und später grössere Überholungsarbeiten zur Gewohnheit macht, sollte durchaus in der Lage sein, ähnlich lange Laufzeiten wie im Gebrauchsboot zu erzielen. Damit wäre es im sportlichen Betrieb möglich, mit dem Originalmotor die gesamte Spanne des Lebens eines gut gepflegten Bootes durchzuhalten. Rechnet man mit 200 jährlichen Betriebsstunden, so ergeben vierzig Jahre Lebensdauer erst eine Laufzeit von 8000 Betriebsstunden des Motors.

Z-Antrieb oder Bootswendegetriebe

Ein normales Bootswendegetriebe wird im Vorwärtsgang einfach blockiert, d.h., sein innerer Mechanismus leistet keinerlei Arbeit, wodurch auch keinerlei Abnutzung entsteht Erst bei Einschalten des Rückwärtsganges treten die Zahnräder in Tätigkeit, ebenso deren Lagerungen und Laufbuchsen. Beim Vorwärtslauf ist somit die Abnutzung am geringsten. Beim Schalten entsteht etwas Abnutzung an den Kupplungsflächen, und erst beim Rückwärtsgang werden die Zahnräder und deren Laufflächen beansprucht. Oft befindet sich hinter dem Wendegetriebe eine Untersetzung, deren Zahnräder dann allerdings ständig unter Belastung mitlaufen. Man sollte also mit deren größerer Abnutzung rechnen, doch eigenartigerweise, besser gesagt, dank der hohen Qualität des Materials, der guten Verzahnung und einwandfreien Schmierung (keine Säurebildung, da keine Verbrennungsrückstände), wird an diesen Getrieben immer wieder eine erstaunlich hohe Lebensdauer beobachtet. Oft erlebten wir bei periodischen Generalüberholungen, dass an den Untersetzungsgetrieben keinerlei Reparatur oder Auswechseln abgenutzter Teile erforderlich war, ausgenommen nebensächlicher wie z. B. der Öldichtung.

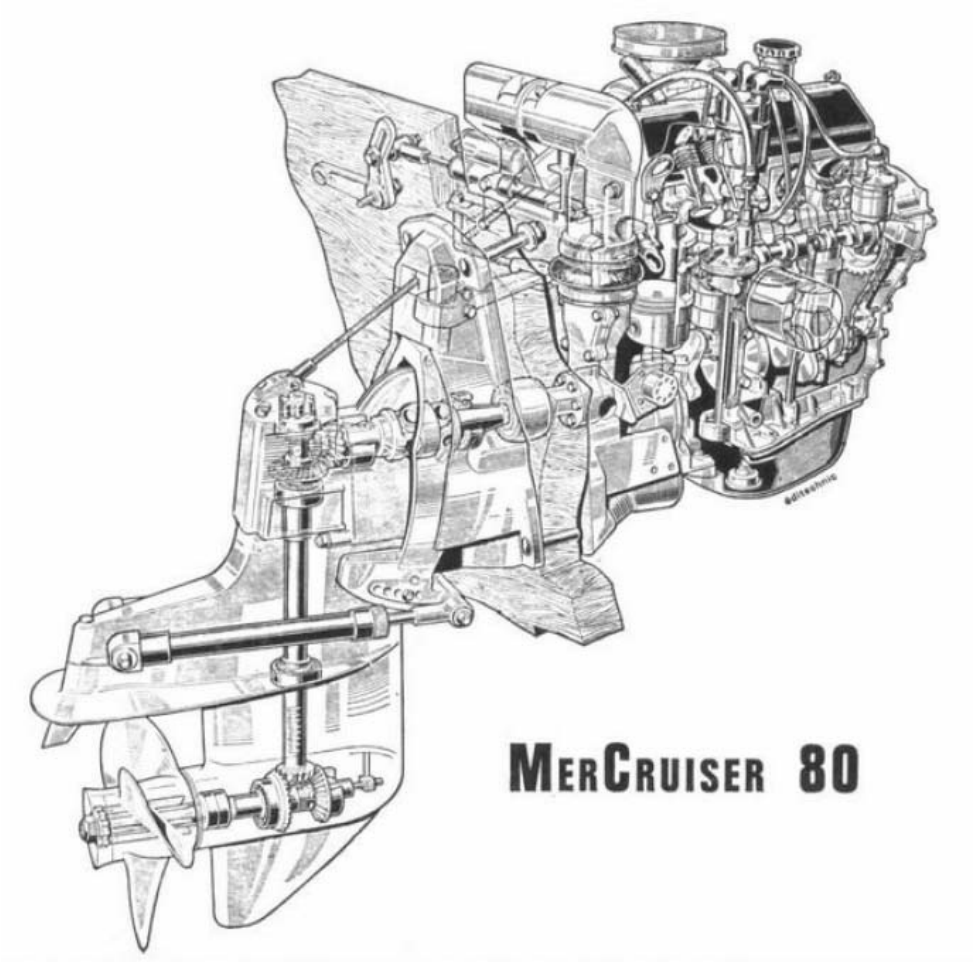


Abb. 148 Schnittzeichnung durch einen Vier-Zylinder-Bootsmotor mit zugehörigem Z-Antrieb. Der hier gezeigte MerCruiser- Motor leistet 80 PS bei 4800 U/min, die im Z-Antrieb auf die Hälfte untersetzt werden. Im vorliegenden Falle liegt das kleine Wendegetriebe direkt vor dem Propeller. Benzinmotoren mit Z-Antrieb werden zurzeit bis zu 300 PS Leistung angeboten, für Rennboote sogar bis zu 475 PS.

Beim Z-Antrieb liegen die Verhältnisse etwas weniger günstig. Hier treten drei gänzlich voneinander unabhängige Faktoren auf, die seine Lebensdauer beeinflussen, die jedoch beim normalen Einbaumotor nicht vorhanden sind:

1. Um geringeres Gewicht zu erzielen, werden die Gehäuse in Leichtmetalllegierungen hergestellt. Trotz vieler Maßnahmen zur Unterdrückung der Korrosion wird diese niemals ganz ausgeschaltet. Am stärksten wirkt sie in Salzwasser, doch auch im niemals ganz reinen Süßwasser tritt sie in Erscheinung.
2. Es liegt in der Natur des Z-Antriebs, dass die gesamte Kraftübertragung über ein oberes und ein unteres Kegelradpaar, d. h. über zweimalige Abwinkelung gehen muss.
3. Da das untere Kegelradpaar im Propellerstrom liegt, wird es mit den kleinsten Abmessungen ausgeführt, die technisch für zulässig gehalten werden. Um einen Rückwärtsgang zu erzielen, wird entweder dieses untere Kegelradpaar oder das oben liegende durch ein drittes Kegelrad ergänzt, wodurch es sich in ein kleines Wendegetriebe verwandelt.

Beim Z-Antrieb wird der Propellerschub nicht direkt auf den Bootskörper übertragen, sondern durch den vom Motorfuß gebildeten Hebelarm. Um alle Kräfte ohne ein zu schwer gebautes Gehäuse gut übertragen zu können, werden die Drehmomente niedrig gehalten, indem man kleine Propeller und hohe Drehzahlen wählt. Für leichte, schnelle Boote reichen diese Propellergrößen vollkommen aus, nicht aber für schwere, langsame Schiffe. Der Z-Antrieb eignet sich deshalb in erster Linie für eine Zwischengröße von Booten, nämlich für den Übergangsbereich zwischen Außenbordmotor und normalem Einbaumotor. Dabei gilt die hohe Propellerdrehzahl als ein Zugeständnis der Antriebsart an die Miniaturverhältnisse seiner Kraftübertragung.

Der im Heck des Bootes eingebaute Motor verhält sich in Bezug auf Abnutzung und Lebensdauer wie jeder andere normale Einbaumotor. Der Antriebsmechanismus dagegen wird durch die Beschränkung von Raum und Gewicht benachteiligt. Bei unsorgfältiger Bedienung, besonders beim Schalten oder bei Mangel an Schmierung, treten leicht Brüche auf. Die Lebensdauer wird ferner durch die stets drohende Korrosion eingeschränkt. Deshalb rechnet man für den Z-Antrieb mit ungefähr der halben Lebensdauer des zugehörigen Motors. Diese fällt in Salzwasser noch geringer aus, kann bei guter Pflege und Behandlung im Süßwasserbetrieb aber auch überschritten werden. Um diesen Nachteil zu überbrücken, organisieren die Hersteller der Z-Antriebe einen guten Ersatzteildienst. Andererseits kann der gesamte Z-Antrieb gegen einen neuen ausgetauscht werden, ohne dass der vorhandene Motor angerührt werden müsste.

Außenbordmotoren und ihre Lebensdauer

Der heutige Außenbordmotor verdient ein höchstes Maß von Bewunderung! Welche geniale Zusammenballung von hoher Leistung, niedrigem Gewicht sowie dem gesamten Einbausystem in einer Einheit mit geringsten Abmessungen. Nur beste Qualität im Material und sorgfältigste Herstellung nach strengen Toleranzen haben den hochleistenden Außenbordmotor möglich gemacht.

An keiner Art von Bootsmotoren konnten so viele Etappen des Fortschritts in kurzer Zeitfolge beobachtet werden. Zuerst wurde das aufzurollende Startseil durch eine federgespannte Aufrollvorrichtung ersetzt. Dann kam ein verbessertes Zündsystem hinzu, um beim Handstarten sofort einen kräftigen Zündfunken zu erzeugen. Heute gibt es bereits ab 7,5 PS Leistung Motoren mit elektrischem Starter, ab 20 PS gilt er als Standardausrüstung.
Ursprünglich saßen die Brennstofftanks auf dem Motorkopf. Heute werden sie ab 5 PS Leistung unabhängig geliefert, mit Schnellanschlüssen versehen, wodurch die Motoreneinheit leichter, der Brennstoffvorrat aber größer wird.
Im Jahre 1949 trat zum erstmal der schaltbare Rückwärtsgang auf, der sich bis heute ganz allgemein einführte, und zwar meistens von 5 PS aufwärts. Die Schalldämpfung machte erstaunliche Fortschritte. Der von Mercury eingeführte Auspuff durch die Propellernabe hat sich so gut bewährt, dass er auch von anderen Herstellern ausgeführt wird. Geräuschisolierung des Motors sowie elastische Aufhängung haben sich weitgehend eingeführt.
Der Schutz gegen die Korrosionswirkung des Seewassers wurde schrittweise verbessert, stellt aber auch heute noch das größte Einzelproblem dar.

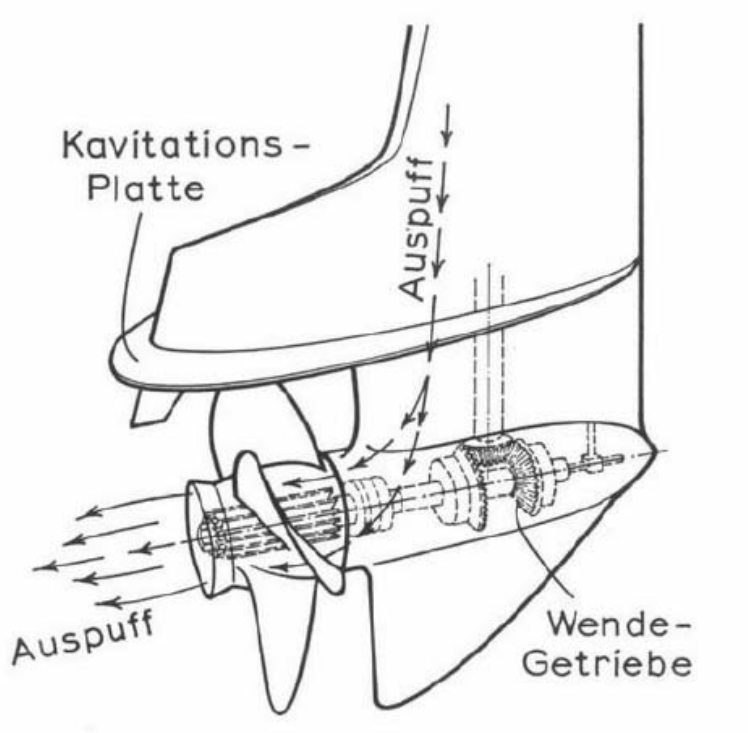


Abb. 149 Unterwasserteil eines Außenbordmotors, dessen Auspuff durch die Propellernabe ins tiefe Wasser geleitet wird. Es wird dadurch eine unübertreffliche Schalldämpfung erreicht, Die Darstellung entspricht einem Mercury- Außenbordmotor.

Nicht minder beachtlich ist die immer weiter hinaufkletternde Höchstleistung in Außenbordmotoren. Vor zehn Jahren war man überrascht über die gewaltige Leistung von 70 PS in einem Außenbordmotor, wogegen die anderen Großen sich mit der Herstellung von 50-PS-Motoren als obere Grenze begnügten. Heute werden von allen großen Werken Motoren über 100 PS Leistung hergestellt, mit einer derzeitigen Spitzenleistung von 155 PS. Niemand ist mehr darüber erstaunt, und ein weiteres Ansteigen der Höchstleistungen wird allgemein erwartet.
Fast sämtliche Außenbordmotoren arbeiten nach dem Zweitaktverfahren. Der Vorteil des Zweitaktmotors liegt in der Verbindung von hoher Leistung mit geringem Gewicht. Als

Nachteil galt früher, dass durch den Schmierölzusatz zum Brennstoff die Zündkerzen rasch verölten und alle 20 bis 50 Stunden Laufzeit gereinigt werden mussten. Dank der Verbesserungen in den Triebwerkslagern, nämlich Rollenlager statt Reibungslager, sowie dank bedeutend verbesserter Qualität der Spezial-Schmieröle konnte das früher geltende Mischungsverhältnis von 1 : 12 bis 1 : 16 (1 Teil Öl auf 12 bis 16 Teile Benzin) auf 1 : 50 erhöht werden, ja, es gibt sogar Motoren, bei denen ein Ölzusatz von 1 : 100 ausreicht. Bessere Qualität und kräftigere Zündung führten dazu, dass Kerzen heute nur noch in Abständen von 200 Laufstunden gereinigt werden.

Außenbordmotoren 1970 (Durchschnittswerte)

Leistung	Drehzahl U/min	Hubvolumen Liter	Gewicht ohne Brennstofftank
1,5PS	4200	0,05	9 kg
5PS	4500	0,12	16 kg
10PS	4 800	0,20	28 kg
15PS	5 000	0,28	35 kg
20PS	5 000	0,35	40 kg
30PS	5 000	0,50	55 kg
40P5	5 000	0,64	65 kg
50PS	5 000	0,78	70 kg
65PS	5200	1,00	95 kg
80PS	5200	1,20	105 kg
100PS	5200	1,50	115 kg
125PS	5200	1,65	115 kg

Getrennter Brennstofftank, durchschnittlich ab 5 PS. - Elektrischer Starter, bis hinunter zu 7,5 PS erhältlich, - Elektrischer Starter, fast immer angewandt ab 20 PS. - Handstarter, noch erhältlich bis hinauf zu 60 P5. - Fernbetätigung für alle Motoren, ab 5 PS erhältlich.

Der moderne Außenbordmotor ist imstande, eine langdauernde Höchstleistung abzugeben. In Motorbootrennen hält er viele Laufstunden in voller Belastung durch, denn sein Wärmeaustausch ist darauf eingestellt.
Mit der Untersuchung seiner Lebensdauer wird ein kritisches und besonders schwieriges Thema berührt, denn die Erfahrungen sind einander oft widersprechend. Alle drei für die Lebensdauer wichtigen Faktoren wirken sich stärkstens gegeneinander aus: Betrieb in Süß- oder Salzwasser, Häufigkeit des Gebrauchs sowie Pflege und Behandlung durch den Eigner. Trotzdem soll versucht werden, durchschnittliche Zahlen zur Lebensdauer aufzustellen. In den Fabriken wurden Prüfmotoren oft Dauerläufen von 5000 Stunden ausgesetzt, wobei nur kurze Unterbrechungen zur Wartung eingefügt wurden. Auch im ständigen Fährbetrieb unseres Werftpersonals konnten 5000 Laufstunden ohne größere Reparaturen erzielt werden. Durch eine Generalüberholung sowie kleinere periodische Reparaturen kann ein richtig behandelter Außenbordmotor bis auf 10.000 Stunden Lebensdauer durchhalten. Das ist eine wahre Meisterleistung für soviel Kraft auf engstem Raum und mit geringstem Gewicht.

Ganz anders aber sieht es im sportlichen Betrieb aus. Am günstigsten schneidet der Außenbordmotor beim Wasserskilauf ab. Hier wird er viel benutzt, abwechselnd in langsamer Fahrt und denn wieder auf Höchstleistung, und gerade diese verträgt er sehr gut. Auf Höchstleistung ist sein Zündsystem eingestellt, sein Wärmeaustausch, die Verbrennung mit dem leichten Ölzusatz zum Brennstoff. Dasselbe gilt bis etwa hinunter zu $^3/_4$ der höchsten Drehzahl.
Dauernder Gebrauch unter Halblast ist dem Zweitaktmotor nicht zuträglich. Ganz besonders schädlich aber wirkt auf ihn ein langes Lagern mit nur gelegentlicher, kurzer Benutzung. Hier wirken sich innere und äußere Korrosion während der Standzeiten noch stärker aus als beim Einbaumotor. An allen Bootslagerplätzen, Marines, kann man darüber ein Lied singen.
Folgende Schadensliste entstammt der direkten Beobachtung in den Reparaturwerkstätten:

1. Innere Zerstörung, weil versehentlich Brennstoff ohne Ölzusatz verwandt wurde. Dieser Fehler wird leider erst dann bemerkt, wenn der innere Schaden, Anfressungen am Metall, schon stark fortgeschritten ist (was ziemlich rasch geschieht).

2. Wird die Zündung zu stark vorausgestellt und der Motor im Rennen zu hoch belastet, so werden die Kolbenböden durchlöchert.

3. Wird die regelmäßige Schmierung des Unterwasserteils versäumt, dann werden Rollenlager und Zahnräder innerhalb weniger Stunden zerstört.

4. Fällt ein Außenbordmotor ins Wasser, so muss er *sofort* auseinandergenommen und getrocknet werden. Lässt man ihn nur 24 Stunden stehen, so werden bereits Kurbelwelle und Lager durch Korrosion unbrauchbar.

Es ist nicht ein Fehler in der Herstellung von Außenbordmotoren, sondern eine menschliche Schwäche, dass kleinere Motoren gewöhnlich eine längere Lebensdauer haben als große. Einen kleinen Motor nimmt man gerne mit in die Garage zur Wartung und Reinigung, aber einen großen ... Man vergleiche die nachstehend aufgeführten Beobachtungen über die Lebensdauer der Außenbordmotoren.
Schätzt man die durchschnittliche Betriebszeit wiederum auf 200 Stunden im Jahr, so kann ein kleiner Motor bis zu 12 PS Leistung eine Lebensdauer von 10 Jahren erreichen. Allerdings muss man vom fünften Jahr an mit zunehmenden Reparaturen rechnen. Größere Motoren mit Leistungen zwischen 50 und 125 PS ergeben durchschnittlich drei Jahre einwandfreien Betriebes, ehe die Reparaturen beginnen. Vom fünften Jahre an wird die Pflege gewöhnlich unwirtschaftlich, so dass man ihn im Sport als Leistungsmotor nicht mehr gern verwendet. Oft findet er dann, billig verkauft, noch für eine ganze Reihe von Jahren Anwendung im Arbeitsdienst, wo ihm der regelmäßige Gebrauch sehr zugute kommt.
Leider muss noch eine Warnung hinzugefügt werden. Die vorgenannten Laufzeiten wurden beim Gebrauch in Flußwasser beobachtet. In Salzwasser kommen die Probleme der Korrosion in verstärktem Maße hinzu. Da nur wenige Benutzer von Außenbordmotoren auf gute Pflege und wirksame Durchspülung mit Frischwasser nach jedem Gebrauch halten, müssen die vorgenannten Betriebsstunden für den Gebrauch in Seewasser noch herabgesetzt werden. Um wieviel? Das hängt von jedem Benutzer persönlich ab.

Für die wichtigsten Antriebsarten ergibt sich folgende abschließende Gegenüberstellung:

Einbaumotor	lange Lebensdauer, guter Antriebswirkungsgrad, beste Wirtschaftlichkeit.
Z-Antrieb	beschränkte Lebensdauer des Z-Antriebs, guter Antriebswirkungsgrad nur bei leichten, schnellen Booten, äußerst vereinfachter Motoreneinbau.
Außenbordmotor	geringere Lebensdauer, größte Leistung, geringstes Gewicht, gut geeignet zum Antrieb leichter, schneller Boote, schwache Motoren, gut geeignet für kleine Boote.

Der Kreiskolben- oder Wankelmotor

Der originelle mechanische Aufbau der Kreiskolbenform braucht an dieser Stelle nicht erklärt zu werden, da er oft genug beschrieben wurde. Die ganze Anordnung besitzt keinerlei Ähnlichkeit mit dem bewährten Kolbenmotor, so dass mit seiner Versuchsweisen Herstellung mechanisches Neuland betreten wurde. Dementsprechend gab es genügend Skepsis über die Zukunft der Wankelschen Erfindung.
Seit Mai 1969 sind diese Zweifel geradezu blitzartig verschwunden. Zwar waren schon vor dieser Zeit einige Boote mit Wankelmotoren ausgerüstet worden, doch nun kam ein großartiger Rennerfolg hinzu. Vor der französischen Stadt Rouen wurde das sechste internationale 24-Stunden-Motorbootrennen ausgetragen, woran ein Boot mit Kreiskolbenantrieb teilnahm. Vierundzwanzig Stunden im Rennen, und nur ein einziger Wankel dabei, das ließ in der Tat alle Fachkreise aufhorchen. Hinter zwei Außenbordrennbooten erreichte dieses lnnenbordboot unter allgemeiner Bewunderung den dritten Platz. Während der ganzen Renndauer war es durch seine Regelmäßigkeit aufgefallen sowie durch seinen weitaus geringeren Brennstoffverbrauch im Vergleich zu den Außenbordrennbooten. Die ersten auf dem Markt befindlichen Kreiskolbenmotoren stammen aus den Werken von NSU und Fichtel & Sachs. Aber auch Mercedes-Benz stehen dicht vor dem Abschluss ihrer Entwicklung zur Baureife. In den Vereinigten Staaten wurde der Wankelmotor bereits im Boot von der Flugmotorenfabrik Curtiss-Wright vorgeführt. Sehr vielversprechend scheint die Anwendung für Außenbordmotoren, die von der Outboard Marine Corporation (Johnson und Evinrude) unter Lizenz entwickelt wird.
Da keine Kolbenmassen in rascher Folge beschleunigt, verzögert und umgekehrt wieder beschleunigt werden, zeichnet der Motor sich durch einen besonders ruhigen Lauf aus. Hinzu kommen sehr kleine äußere Abmessungen, geringes Gewicht und sparsamer Brennstoffverbrauch. Alle diese Eigenschaften verlocken geradezu zur Anwendung überall dort, wo Geschwindigkeit und Benzinbetrieb bei leichtem Gewicht angestrebt werden. Spielt das Gewicht keine Rolle oder sucht man einen Dieselmotor, so scheidet der Kreiskolbenmotor aus.
Die kleinsten z. Z. erhältlichen Kreiskolbenmotoren für Bootsantrieb sind so genannte

Einscheibenmotoren von Fichtel & Sachs, Die beiden verfügbaren Modelle leisten 7 PS bei 5500 U/min und 10 PS bei 4700 U/min, kommen jedoch bereits mit einer Untersetzung von 4 : 1. Ihre Rotomarin-Bootsausrüstung verwendet eine Verstellpropelleranlage sowie einen wasser-gekühlten Schalldämpfer. Da der Motor selbst in diesem Falle luftgekühlt ist, entstehen keine Korrosionsprobleme.

Der bestens bekannte NSU/Wankel-Kreiskolbenmotor leistet 135 SAE-PS bei 6000 U/min und 115 DIN-PS bei 5500 U/min. Er ist ein Zweischeibenmotor mit Wasserkühlung und besitzt für den Bootsbetrieb einen geschlossenen Kühlwasserkreislauf für Süßwasser. Er wird zusammen mit dem bewährten ZF-Außenbord-Z-Antrieb geliefert und bildet mit diesem eine vorzügliche Bootsanlage. Einschließlich des Z-Antriebs kommt das Gesamtgewicht nur auf etwa 220 kg. Rotomarin stehen im Begriff, den Motor auch als Einbau-Bootsmotor mit Wendegetriebe auszurüsten, ferner wird eine Bootseinheit mir Wasserstrahlantrieb versuchsweise vorbereitet.

Die in den USA von Curtiss-Wright hergestellten Kreiskolbenmotoren kommen zunächst in kleinen Einheiten auf den Markt, nämlich mit 10, 20 und 30 PS Leistung. Doch ein größerer Zweischeibenmotor von 200 PS Brutto- und 185 PS Netto-Leistung bei 5000 U/min wurde bereits im Boot erprobt. Dieser hat ein Gesamtkammervolumen von 1,96 Liter und ist damit doppelt so groß wie der NSU-Motor von 0,995 Liter Volumen. Der amerikanische Versuchsmotor wurde mit einem normalen Bootswendegetriebe sowie Untersetzung 2 : 1 ausgerüstet und kam damit auf ein Gewicht von nur 220 kg. Zwei dieser Motoren wurden zum Zweck praktischer Erprobung in einen Concorde-Motorkreuzer von 8,24 x 3,12 m eingebaut. Dabei zeichneten sie sich durch ihren fast geräusch

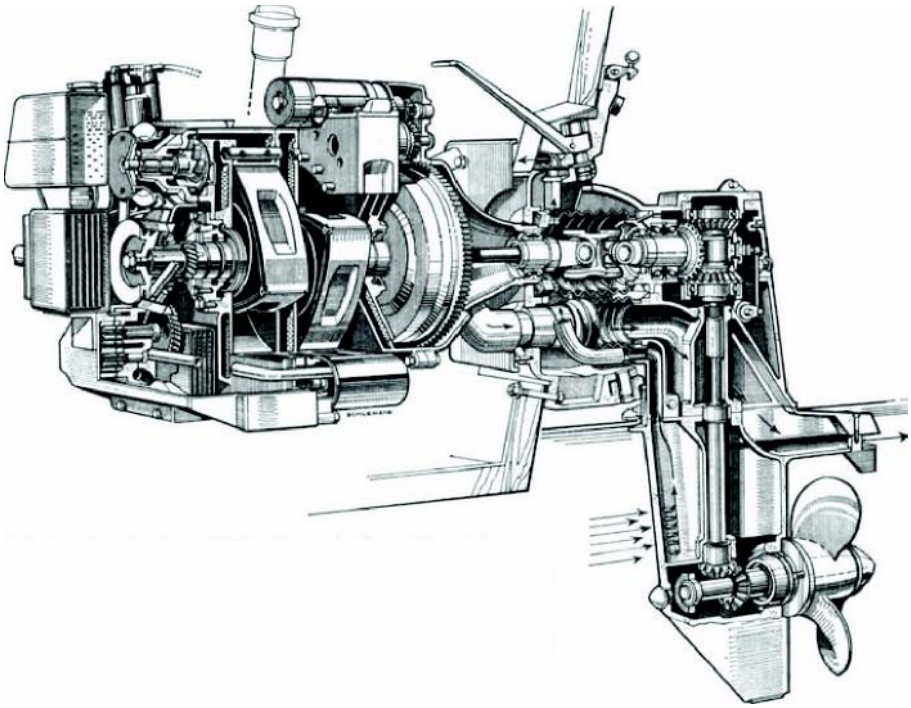


Abb. 150 Schnitt durch den NSU-Zweischeiben-Wankelmotor nebst Z-Antrieb von Z. F., Friedrichshafen. Der Motor leistet 135 SAE-PS bei 6000 U/min oder 115 DIN-PS bei 5500 U/min. Er besitzt einen geschlossenen Süßwasserkreislauf, Die beiden Kreiskolben sind gut erkennbar. Im Schnittbild des Z-Antriebs sieht man, dass in diesem Falle das Wendegetriebe mit dem oberen Kegelradpaar kombiniert wurde. Zeichnerische Darstellung vom Vertrieb Rotomarin, Hamburg.

losen Lauf aus. Im Maschinenraum war nur ein mäßiges Singen hörbar, ein wenig Wärme spürbar, jedoch keinerlei Vibration zu beobachten.
Die an sich schwierige Abdichtung der beiden rotierenden Scheiben gegen das Gehäuse fand eine so gute Lösung, dass kaum noch Probleme der Abnutzung oder Schmierung bestehen. Zwar rechnet man mit einem etwas größeren Ölverbrauch als beim Viertakt-Kolbenmotor, doch darüber hinaus zeichnet sich für den Wankelmotor eine aussichtsreiche Zukunft ab, und zwar mit folgenden Vorzügen:

Geringes Gewicht, keine Vibrationen,
sehr geringes Motorengeräusch,
lange Laufzeit zwischen Überholungen,
sehr wenige Reserveteile benötigt.

Das im Automobil bemängelte geringere Drehmoment bei langsamem Lauf ist ohne Einfluss auf den Betrieb im Boot, da der Schiffspropeller bei niedriger Drehzahl nur eine äußerst geringe Leistung aufnimmt.

Die Gasturbine zum Bootsantrieb

Seitdem in schnellen Verkehrsflugzeugen die Kolbenmotoren durch Turbo-Strahltriebwerke ersetzt wurden, besteht kein Zweifel mehr über die Zuverlässigkeit und Lebensdauer der Gasturbine als solche. In experimenteller Form wurde sie bereits häufig in Schiffe aller Art eingebaut; in Marineschnellbooten wird sie als Normalantrieb bereits ständig verwandt. Sie erfüllt dazu beide Voraussetzungen: höchste Leistung, verbunden mit geringstem Gewicht. Ebenso kam sie auf Motorrennbooten zur Verwendung und gewann Rennen, denn auch bei diesen gelten die gleichen Voraussetzungen. Für den normalen Motorkreuzer hat die derzeitige Ausführung der Gasturbine mehr Nachteile als Vorzüge, das sind hohe Anschaffungskosten, größerer Brennstoffverbrauch, kein Rückwärtsgang und sehr großer Querschnitt der Abgasleitung. Bei der experimentellen Ausführung spielen Kosten und Brennstoffverbrauch kaum eine Rolle, denn es sollen ja grundsätzliche Fragen der Betriebsprobleme gelöst werden. Ein solcher experimenteller Einbau in ein Boot von 12,20 m Länge und 4,20 m Breite wird in Abb. 151 gezeigt. Es wurde eine AVCO-Lycoming-Gasturbine von 1500 PS Dauerleistung und 1750 PS Spitzenleistung verwandt, um eine Geschwindigkeit von 40 Knoten = rund 75 km/h zu erreichen.
Wie die beiden technischen Probleme gelöst wurden, ist gut ersichtlich. Der Auspuff wurde einfach von der Turbine aus ins Freie geführt, und zwar in einer Form, die nur bei einer experimentellen Anlage zugelassen werden kann. Um einen Rückwärtsgang zu erhalten, wurde ein Umsteuerpropeller eigens für diese Turbinenanlage entwickelt. Dieser dreiflüglige AVCO-Hustad-Propeller hatte 0,86 m Durchmesser; die Flügelstellung wird hydraulisch durch die hohl gebohrte Propellerwelle betätigt. Ein Untersetzungsgetriebe wird in jedem Falle zwischen gefügt, um die sehr hohe Turbinendrehzahl auf eine geeignete Propellerdrehzahl herabzusetzen.

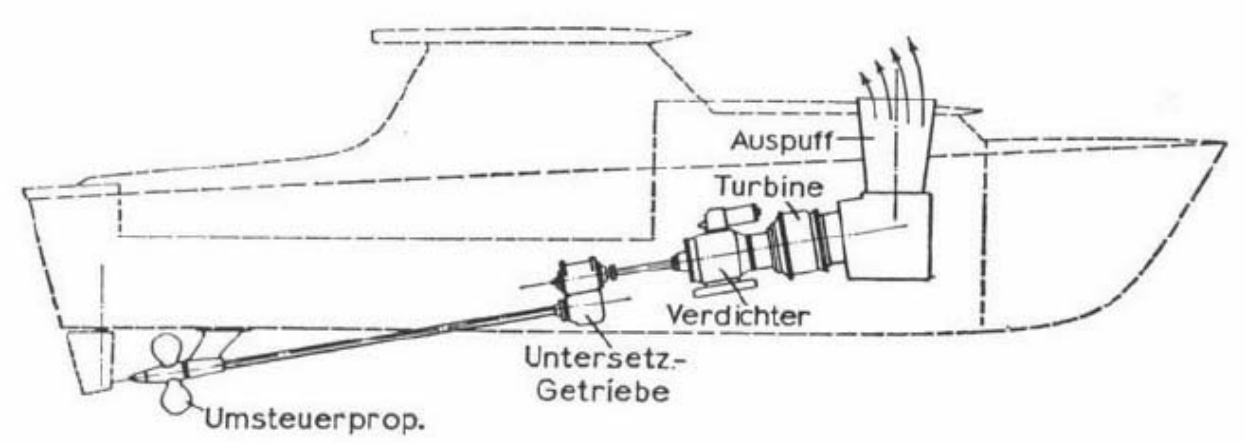


Abb. 151 Gasturbinenantrieb in eineue Versuchsboot von 12 m Länge. Die AVCO-Lycoming-Gasturbine entwickelte hier eine Dauerleistung von 1500 PS, eine Spitzenleistung von 1750 PS und erteilte dem Boot eine Geschwindigkeit von rund 75 km/h.

Natürlich ist die Turbinenleistung für langsame Fahrt sowie fürs Manövrieren viel zu hoch. So werden gewöhnlich ein oder zwei kleinere Manövriermotoren zusätzlich eingebaut, und zwar in vorliegendem Falle zwei kleine Diesel-Bootsmotoren mit Z-Antrieb. Dieser wird in Turbinenfahrt hochgeklappt.
Eine für Privatboote besser geeignete Anordnung der Gasturbinenanlage wird in Abb. 152 gezeigt. Sie wurde in derselben Art ausgelegt, wie sie bei großen Schnellbooten üblich ist, wobei einerseits die Gewichtsverteilung günstiger ausfällt, andererseits eine bessere Anordnung der Räume im Boot gewonnen wird.
Um die Gasturbine weit ins Heck verlegen zu können, wurde ein Winkelgetriebe verwandt. Bei dieser Anordnung kann der Auspuff über den einfachsten und kürzesten Weg direkt ins Freie geleitet werden.
Ob die Kombination Gasturbine-Umsteuerpropeller-Manövrier-Motor sich in Zukunft behaupten und auf Privatbooten einführen wird, ist nicht vorauszusehen. Die hier gezeigte Versuchsanlage besitzt eine im Verhältnis zur Bootsgröße reichlich hohe Leistung. Kleinere Turbinenleistungen können an ein Bootswendegetriebe gekuppelt werden, ferner genügen dann auch geringere Querschnitte der Gasabführung.
Eine weitere Antriebskombination zeichnet sich gegenwärtig am Horizont ab, nämlich eine Gasturbine, gekuppelt an ein Wasserstrahlpumpwerk. Die Drehzahl der Turbine muss auch hier untersetzt werden, doch würde sich das Problem der Umsteuerung vereinfachen. Durch Umlenkung des Wasserstrahls an der Austrittsdüse wird einerseits die Steuerung des Bootes erreicht, andererseits auch der Rückwärtsgang.
Die Entwicklung kleinerer Gasturbinen für den Fahrzeug- und Bootsantrieb ist an vielen Stellen in Gang. In England wird bereits seit längerer Zeit die 150 PS leistende Rover-Gasturbine gebaut, die erste Gasturbine, die zum Antrieb eines Rennwagens diente. Die Turbine selbst wiegt nur 43 kg, erreicht allerdings eine Drehzahl von 50 000 U/min. Mit dem Getriebe zusammen beträgt ihr Gewicht 120 kg.
Alle größeren Automobilfabriken experimentieren mit Gasturbinen. Die Fordwerke glauben, dass der Gasturbinenantrieb in wenigen Jahren für den Straßenverkehr reif sein wird. Eine 375 PS leistende Gasturbine befindet sich in einem schweren Lastwagen im Versuchsbetrieb. Die Flugmotorenwerke Pratt & Whitney liefern ein Boots-Turbinenaggregat von 445 PS Leistung. Selbst die Hersteller von Außenbordmotoren experimentieren mit Gasturbinen.

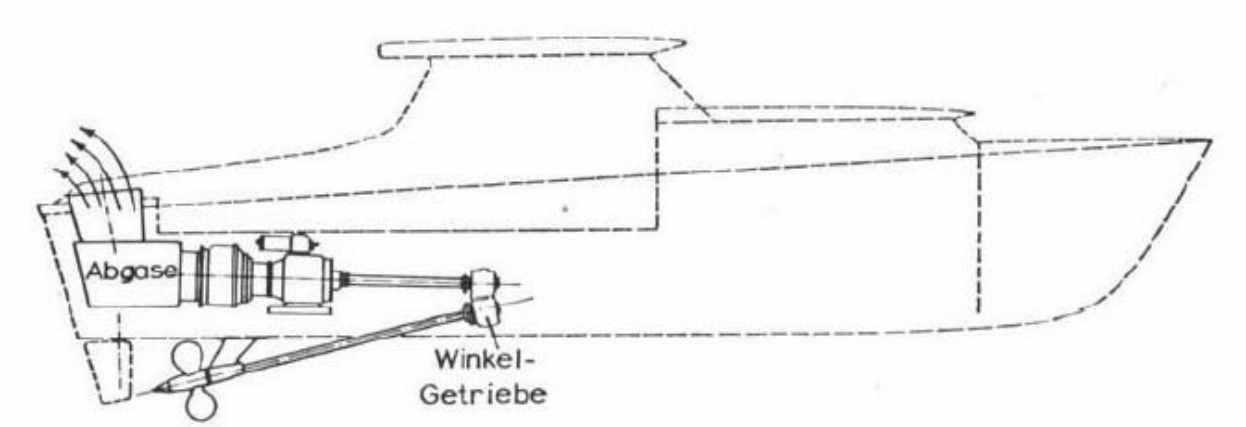


Abb. 152 Wird ein Winkelgetriebe zwischen gebaut, so lässt sich die Gasturbine wesentlich vorteilhafter in ein Boot einbauen. Sie nimmt achtern weniger Nutzraum in Anspruch, außerdem geht der Auspuff dort ins Freie, wo er am wenigsten stört.

Die Firma Caterpillar kündigt eine Gasturbine als nahezu verkaufsreif an. Sie entwickelt eine Spitzenleistung von 360 P5 und eine Dauerleistung von 300 PS, wobei ihre sehr hohe Drehzahl mittels eingebauter Untersetzung bereits fabrikseitig auf 2400 U/min reduziert wird. Das Gewicht der Turbine allein beträgt 205 kg, jedoch schiffsmässig ausgerüstet mit Untersetzung und Wendegetriebe erhöht es sich auf 825 kg. Da diese Firma seit vielen Jahren Bootsdieselmotoren herstellt, ist sie mit den Problemen des Schiffsbetriebes bestens vertraut.
Die vielfach für Schnellboote verwandte Bootsturbine Proteus von Bristol-Siddeley entwickelt eine Spitzenleistung von 4250 PS mit einer Turbinendrehzahl von 11.600 U/min. Ihre Dauerleistung beträgt 3400 PS. Sie wird mit Dieselöl gespeist und kommt damit auf den als sehr günstig angesehenen Brennstoffverbrauch von 275 g/PS - Std. Bei kleineren Gasturbinen rechnet man z. Z. noch mit einem Brennstoffverbrauch von 400 g/PS - Std. Die bereits erreichte Zuverlässigkeit im Betrieb drückt sich darin aus, dass bis zu 2000 Stunden Laufzeit zwischen Generalüberholungen zugelassen wurden. Auch Sportboote mit Gasturbinenantrieb sind bereits bei Hochseerennen aufgetreten. Die Turbinenboote WHIRLWIND von 8,50 m Länge und THUNDERBIRD von 9,75 m Länge waren beide in Leichtmetall gebaut worden. Die Erstgenannte wurde mit einer Gasturbine von 500 PS Leistung bei einer Drehzahl von 42 000 U/min ausgerüstet. Diese Drehzahl wurde durch ein Getriebe auf 3500 U/min untersetzt und arbeitete auf einem hydraulisch betätigten Umsteuerpropeller. Dadurch konnte man ohne Kupplung auskommen; denn obwohl der Propeller gleich beim Start mitläuft, nimmt das Boot bei passender Flügelstellung keine Fahrt auf. Die THUNDERBIRD besaß zwei Pratt & Whitney-Turbinen von je 445 PS Leistung. Sie erzielte im Miami-Nassau-Hochseerennen im Februar 1966 die beachtliche Durchschnittsgeschwindigkeit von 59 km/h.
Auf dem sportlichen Sektor besteht zunächst kein besonderer Anreiz, Gasturbinen kleiner Leistungen zu verwenden. Sobald es sich jedoch um grosse Leistungen handelt, ist die Gewichtsersparnis ganz bedeutend und in vielen Fällen absolut ausschlaggebend. Zur Zeit liegt der Brennstoffverbrauch noch etwa doppelt so hoch wie beim gleichstarken Dieselmotor. Dasselbe Verhältnis besteht auch beim Anschaffungspreis. Daher kann man sich des Eindrucks nicht erwehren, dass allein die Gewichtsersparnis beim normalen Sportboot nicht ausreicht, um die kleine Gasturbine gegen die Konkurrenz des Dieselmotors durchzusetzen. Aber auch hier kann sich in kommenden Jahren manches ändern.

Drehsinn von Motor und Propeller

Drehmoment

Nur zu leicht wird übersehen, dass das vom Motor auf die Welle übertragene Drehmoment schließlich vom Propeller ans Wasser weitergegeben wird. Dessen Reaktion wirkt aufs Boot selbst zurück und erzeugt eine oft unmerkliche Krängung, manchmal auch eine sichtbare und störende.
Hat ein Boot eine rechtsdrehende Schraube, also ein rechtsdrehendes Moment von achtern gegen den Motorflansch gesehen, so wird das ganze Boot mit gleichem Drehmoment nach links, Backbord, gekrängt. Bei schmalen Booten mit großem Propellerdurchmesser tritt die Krängung dann störend in Erscheinung. Nicht selten wird sie dadurch verstärkt, dass der Steuermannsitz oder unsymmetrische Gewichte auf der unpassenden Seite liegen. Das krängende Moment errechnet sich leicht nach der üblichen Drehmomentformel, d. h. Moment

$$M = 716{,}2 * \frac{PS}{U / \min}$$

Leistet ein Motor 100 PS und dreht dabei die Propellerwelle mit 1000 U/min, so wirkt auf den Bootskörper ein Drehmoment von 71,6 kgm. Dieses ist gleichbedeutend einem Gewicht von 71,6 kg, das sich 1 m außerhalb der Schiffsmitte befindet, und zwar im Falle des Beispiels mit rechtsdrehendem Propeller: an Backbord. Bei Schleppdampfern mit großer Schraube ist der krängende Effekt des Schraubendrehmoments mitunter auffällig sichtbar. Treten bei einem Bootsentwurf größere Drehmomente auf, so wird man bei der Gewichtsverteilung dafür sorgen, dass zum Ausgleich in Ruhelage eine entgegen gesetzte Krängung besteht.

Propeller, nach innen oder außen schlagend?

Oft wird gefragt, ob die Propeller einer Zweimotorenanlage nach außen schlagen sollen, also der Steuerbordpropeller von achtern gesehen rechtsdrehend, der Backbordpropeller linksdrehend.
Folgendes Erlebnis diene dazu, die Bedeutung solcher Frage zu erhellen: Eine Wasserpolizeibehörde hatte nach eigenen Plänen und in eigener Werkstatt ein 15 m langes Aufsichtsboot mit 2 Dieselmotoren erbaut. Nach der im Großschiffbau üblichen Regel hatte man die Motoren so aufgestellt, dass die Schrauben einwärts schlugen, also Steuerbordpropeller links laufend, Backbordpropeller rechts laufend. Diese Regel hat für den Großschiffbau eine durchaus gültige Begründung. Dort liegt nämlich zwischen beiden Propellern eine tief nach unten gezogene Achterkielpartie. Es hat sich herausgestellt, dass bei dieser Formgebung einwärts drehende Propeller den Nachstrom besser ausnutzen. Bei den flachen Bodenformen normaler Motorboote fällt eine solche Begründung weg. Als bei den nun folgenden Probefahrten die errechnete Geschwindigkeit bei weitem nicht

erreicht wurde, entdeckte ein schlauer Ratgeber das Ei des Kolumbus: Der Schraubendrehsinn ist falsch! Beide Motoren wurden ausgebaut und auf der entgegengesetzten Seite wieder neu montiert, was vor allem wegen der Auspuffanlage erhebliche Kosten verschlang. Die Schrauben wurden gegeneinander ausgetauscht, und nach erneutem Stapellauf wurden die Probefahrten wiederholt. Ergebnis: Absolut gleiche Geschwindigkeit! Kein meßbarer Bruchteil einer Verbesserung war festzustellen. Die Geschwindigkeit blieb nach wie vor unzureichend.
Es lohnt nicht, dem Mythos des richtigen oder falschen Schraubendrehsinns nachzugehen. Bei normalen Booten mit flachem oder mäßig gekieltem Boden entsteht überhaupt kein Unterschied! Es empfiehlt sich, das bewährte Nach-außen-Schlagen der Schrauben beizubehalten. Sollten aber die Motoren selbst, z. B. wegen der Lage der Auspuffrohre oder der Einspritzpumpen, eine umgekehrte Anordnung wünschenswert machen, so soll man ihr mit ruhigem Gewissen folgen.

Gegenläufige odergleichlaufende Schrauben

Im allgemeinen gilt als selbstverständlich, dass bei Zweimotorenanlagen beide Schrauben einander gegenläufig sein sollen. Dem ist aber keineswegs so. Auch wenn beide Motoren und beide Schrauben den gleichen Drehsinn haben, werden die Fahrteigenschaften nicht beeinträchtigt. Sollte aus irgendwelchen Gründen gleicher Drehsinn erwünscht sein, so führe man ihn getrost aus! Man braucht dann nur eine einzige Reserveschraube. Auch können manche Motorenteile gegeneinander ausgetauscht werden, die bei Rechts-Links-Lauf nicht austauschbar wären, wie z. B. die Einspritzpumpe oder der Zündverteiler, der Lichtgenerator, die Kühlwasserpumpe, auch Nockenwelle und das Auspuffsammelrohr. Vor der brasilianischen Küste am Südatlantik gab es vor nicht langer Zeit einen Fall hoffnungsloser Havarie auf einem Doppelschrauben-Motorkreuzer. Mit wenigen Stunden Unterschied war erst der eine Motor ausgefallen, dann der andere. Zum Glück herrschte nur eine leichte Brise, die das Schiff langsam auf den völlig verlassenen, einsamen Strand trieb. Wären beide Motoren gleichlaufend gewesen, so brauchte diese Lage nicht einzutreten. Da die Motoren aber spiegelbildlich gebaut waren, konnte nicht einmal das intakte Auspuffsammelrohr des einen Motors an den anderen montiert werden, um dessen schadhaftes zu ersetzen. Nicht selten wird die Meinung geäußert, ein Boot mit zwei gleichlaufenden Schrauben hätte schlechte Steuereigenschaften. Nun, strenggenommen sind sie dann bei nur einer Schraube noch schlechter! Da ein Einschraubenschiff vorzügliche Manövriereigenschaften haben *kann*, allerdings nicht immer hat, wird ein Zweischraubenschiff mit gleichlaufenden Propellern noch bessere haben, denn alle unsymmetrischen Effekte des Einschraubenantriebs treten bei zwei gleichlaufenden Schrauben gemildert auf.
Es sind sehr viele Motorkreuzer mit gleichlaufenden Motoren und Propellern ausgerüstet worden. In vielen Fällen war es selbst dem geübten Bootsführer nicht möglich, den Schraubendrehsinn in Vorwärtsfahrt überhaupt festzustellen. Erst beim Einschalten des Rückwärtsganges erkennt man an der Kurve des Bremsweges, dass beide Propeller den gleichen Drehsinn haben.
Gleicher Drehsinn beim Zweischraubenschiff kann ebenso wenig verworfen werden, wie man etwa das Einschraubenschiff als solches verwerfen könnte. Im Gegenteil, sowohl die Auswirkung des Drehmoments wie die minimale einseitige Steuerdifferenz sind beim Boot mit zwei gleichlaufenden Schrauben geringer als beim Einschraubenschiff.

Untersetzungsgetriebe, wann und wie stark?

Noch bis in die Mitte der dreißiger Jahre arbeiteten die meisten Bootsmotoren mit gemäßigten Drehzahlen. Kam ein Bootsmotor wirklich auf 3000 U/min oder sogar darüber, so entschied man sich einfach für eine Teilleistung, vielleicht zwei Drittel der Nennleistung bei herabgesetzter Drehzahl, um einen größeren wirksameren Propeller in langsamen Booten anwenden zu können. Auch wenn Gottlieb Daimlers erster Bootsmotor nach dem damaligen Stande der Technik mit Recht als Schnelläufer bezeichnet wurde, so war er doch durchaus langsamlaufend, wenn man seine 740 U/min von der Propellerseite her betrachtet.
Als schließlich die ersten Untersetzungsgetriebe in Booten auftauchten, wurden sie keineswegs von jedem Bootseigner begrüßt. Nicht selten wurden sie sogar wegen ihres singenden Geräusches wieder ausgebaut. Diese Zeiten sind längst vorüber. Untersetzungsgetriebe sind die zuverlässigsten und schweigsamsten Diener im Boot, die ständig Brennstoff ersparen, einen Gewinn an Geschwindigkeit schenken und völlig wartungsfrei und geräuschlos nicht einmal an ihre Existenz erinnern.
Welche Drehzahlen günstig sind, lässt sich nur in Abhängigkeit von Geschwindigkeit und Motorleistung errechnen. Ein Motorkreuzer, der mit 100 PS Motorleistung 12 Knoten Fahrt erreicht, wird mit einer Drehzahl von 1000 U/min bestens bedient. Ein Frachtschiff von 5000 t dagegen, welches ebenfalls eine Geschwindigkeit von 12 Knoten einhalten soll, dürfte nur rund $^{1}/_{10}$ der Drehzahl anwenden, nämlich 100 U/min. Motorleistung, Drehzahl und Geschwindigkeit sind eng miteinander verknüpft, jedoch leider nicht in einem gradlinigen mathematischen Verhältnis. So soll zunächst anhand von Beispielen gezeigt werden, mit welchen Untersetzungs-verhältnissen man im allgemeinen rechnen muss.
Während des letzten Krieges wurden große Mengen kleiner Schlepper, genannt SEA MULE, fabriziert, die als Antrieb einen schnellaufenden Automobil-Benzinmotor von 140 PS Leistung erhielten. Mit dessen normaler Drehzahl von 3200 U/min hätte keine brauchbare Schleppleistung erreicht werden können. So wurde eine Sonder-Untersetzung im Verhältnis 9 : 1 entworfen. Die Drehzahl wurde dadurch auf rund 350 U/min reduziert, so dass eine Schraube von gewaltiger Größe angesetzt werden konnte. Mit dieser erreichte das Boot eine vortreffliche Schleppleistung.
Offensichtlich muss die Drehzahl von der Seite des Propellerwirkungsgrades her bestimmt werden. Wie man diesen auch ohne größeres mathematisches Rüstzeug bestimmen kann, wird weiter hinten in einem eigenen Kapitel erklärt.
Darüber hinaus spricht jedoch auch eine Reihe anderer Erwägungen mit, denn nicht immer kann die Drehzahl des besten Wirkungsgrades überhaupt angewandt werden:

1. Ist unter dem Schiffsboden Platz für den zugehörigen Propeller von sehr großem Durchmesser?

2. Wird ein passendes Getriebe serienmäßig zum gewählten Motor geliefert?

3. Die Wellenanlage muss kräftiger ausgeführt werden, das vergrößerte Drehmoment wirkt etwas mehr auf Krängung des Bootes.

4. Man untersuche Anschaffungskosten, Gewicht, Betriebsstunden und Lebensdauer der Anlage.



Foto 80 Wegen ihres guten Seeverhaltens fanden die Motorkreuzer der Grand-Banks-Serie viel Anklang. Sie werden von der Werft American Marine Lid, Hongkong, serienmäßig in Längen von 32, 36 und 42 Fuß nach Plänen von Kenneth L. Smith erbaut. Größere Standardmodelle sind 50 und 57 Fuß lang. Die hier gezeigte „Grand Banks 42" ist 12,75 m lang, 4,20 m breit und hat 1200 Seemeilen Reichweite. Foto: Solent Yacht Ltd.

Foto 81 Schneller Diesel-Motorkreuzer Modell „Rapier 3500". Serienmüßig nach Planen von Cox & Haswell von der Werft The Christchurch Yacht Company (England) erbaut. Das Boot ist 10,70 m lang, 3,75 m breit und erreicht eine Geschwindigkeit von 23 Knoten = 42 km/h mit zwei Perkins-Dieselmotoren von je 115 PS Leistung. Foto: Kitchenham, Bournemouth



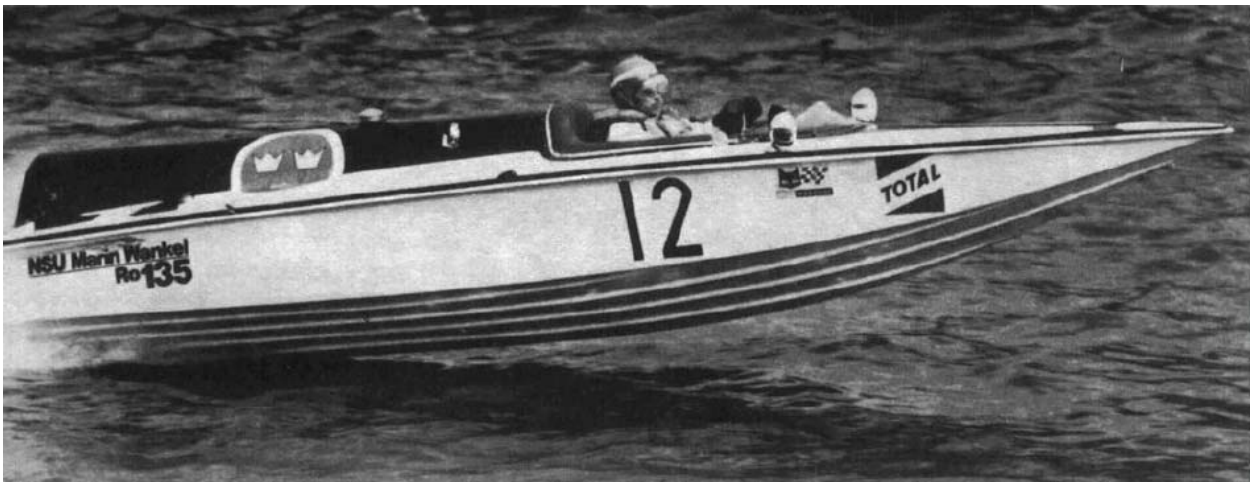
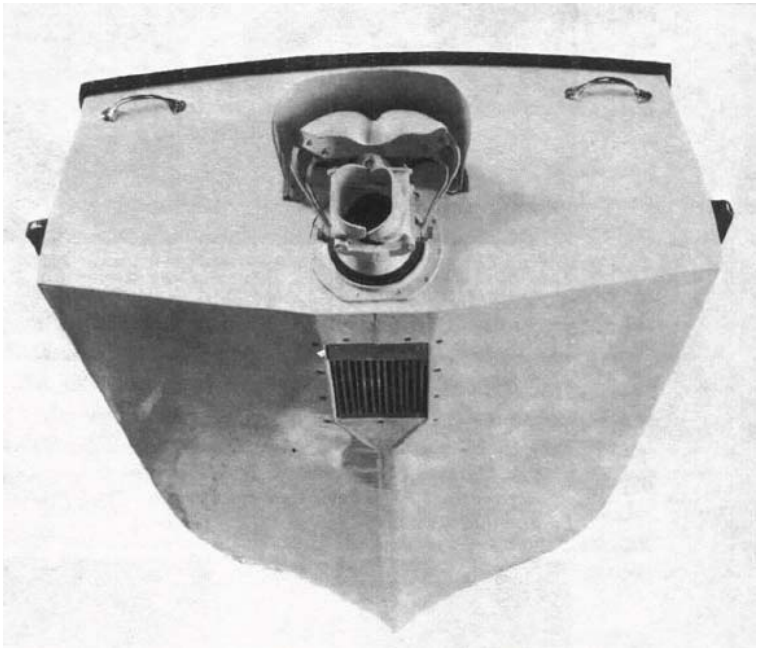


Foto 92 Erster Wankel-Sieg auf dem Wasser. Im 24-Stunden-Rennen 1969 vor Rouen wurde dieses Boot mit 135-PS-Wankelmotor Dritter im Gesamtklassement. Foto. Rotomarin, Hamburg



oto 93 Heckansicht eines Sportbootes mit Hamilton-Wasserstrahlantrieb. Man erkennt den Wassereintritt unter dem Boden sowie die Austrittsdüse. Links und rechts von dieser die Steuerklappen, darüber die Rückwärtsfahrt-Muschel. Die Firma C. W. F. Hamilton baut sowohl die Wasserstrahl-Triebwerke wie eine dazugehörende Serie von schnellen Booten

Foto. Mannering & Donaldson

Foto 84 Ein kleinstes Wasserstrahlboot von 2,30 m Länge und 1,22 m Breite, angetrieben von einem nur 16 kg wiegenden Motor-Pumpenaggregat. Die Berkeley Pump Company fabriziert halbaxiale Strahlpumpwerke in vielen Größen, die sich auch in Dragrennbaoten bewährten.

Foto: Berkeley Pump Co.



In welchem Ausmaß ein Untersetzungsgetriebe den Bootsbetrieb verbessern kann, wird an einer Serie von 4 Kurvenblättern für Geschwindigkeiten zwischen 5 km/h und 100 km/h gezeigt, wofür grundsätzlich ein Bootsmotor von 100 PS Leistung bei einer Normaldrehzahl von 3000 U/min gewählt wurde. Als ersten Überblick betrachte man nachstehende Tabelle, die für die besonders häufig vorkommende Geschwindigkeit von 20 km/h errechnet wurde. Sie gilt für jedes beliebige Boot von jeder denkbaren Größe, das imstande wäre, mit 100 PS Motorleistung die vorgenannte Fahrt von 20 km/h zu erreichen, gleich, ob Fischkutter, Hafenbarkasse oder Motorkreuzer.

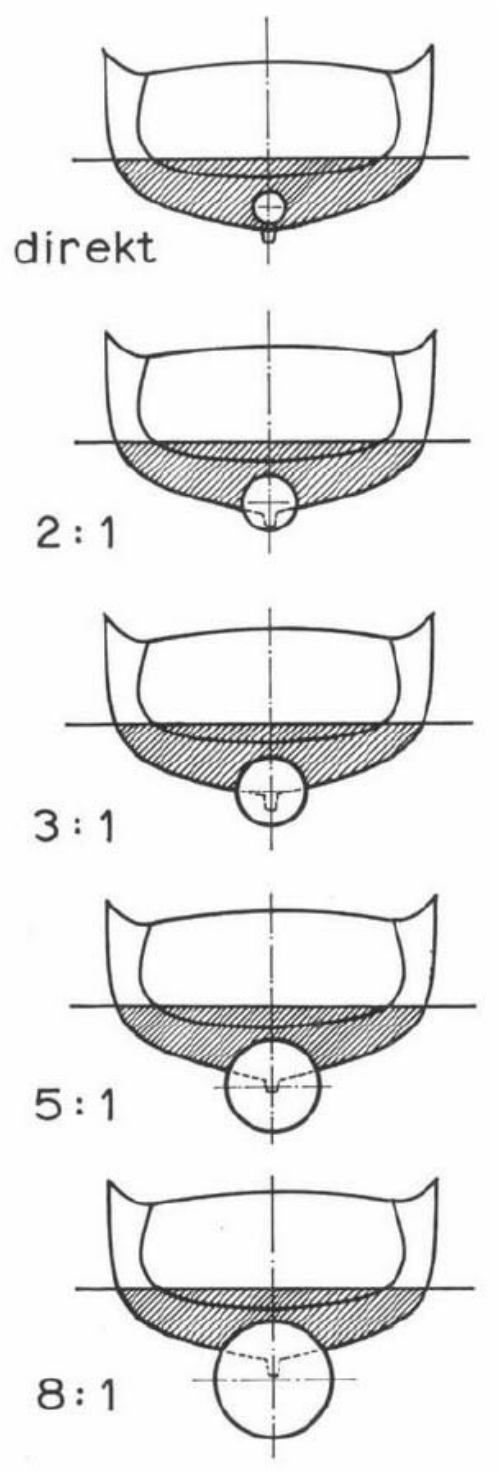


Abb. 153 Diese Zeichnung illustriert die in der Tabelle genannten Untersetzungen bis 8:1 nebst den zugehörigen Propellerdurchmessern. Den schlechten Wirkungsgrad der kleinsten Propeller kann man geradezu spüren. Bei stärkster Untersetzung und größten Propellerdurchmesser entsteht ein übertrieben großer Tiefgang.

Einfluss verschiedener Untersetzungen

gegeben: 100 PS bei 3000 U/min, Fahrt = 20 km/h

Getriebe	direkt	2 : 1	3 : 1	5 : 1	8 : 1
Wirkungsgrad	45 %	54 %	59 %	64 %	69 %
Leistungsgewinn	-	20 %	30 %	42 %	53 %
Propellerdurchmesser	0,34 m	0,50m	0,63 m	0,83 m	1,08 m
Propellerslip	48 %	38 %	34 %	27 %	24 %

Wie man sieht, erzielt man mit der Untersetzung von 8 : 1 gegenüber dem direkten Antrieb einen Leistungsgewinn am Propeller von 53 Prozent und einen Propellerwirkungsgrad von 69 Prozent. Die zugehörige Drehzahl von 375 U/min ist aber noch keineswegs optimal, denn ginge man noch weiter herunter, so würde ein Propellerwirkungsgrad von 73 bis 75 Prozent erzielt werden.
Man beachte jedoch die Spalte der zugehörigen Propellerdurchmesser. Es gibt nur wenige Boote mit 100 PS Antriebsleistung, die Raum zur Unterbringung eines Propellers von mehr als 1 Meter Durchmesser aufweisen. So wird man oft eine Kompromisslösung wählen, indem man sich mit einem weniger günstigen Wirkungsgrad begnügt, allein um keinen sehr großen Propeller ansetzen zu müssen. Grundfalsch wäre es, eine sehr niedrige Drehzahl bzw., eine sehr starke Untersetzung zu wählen, um nachher den Propeller im Durchmesser beschneiden zu müssen. Dann ginge wahrscheinlich der gesamte errechnete Leistungsgewinn verloren, ja, in extremen Fällen würde der Wirkungsgrad sogar besonders stark abfallen. Anhand einer weiteren Tabelle soll nun gezeigt werden, welche Unterschiede an Geschwindigkeit, also nicht nur an Wirkungsgrad, entstehen, wenn man unter verschiedenen von der Fabrik gebotenen Untersetzungen auswählen kann. Als Beispiel wird ein Motorkreuzer von 10 m Länge und 3 m Breite herangezogen, der mit zwei Bootsmotoren von je 185 PS bei 4000 U/min ausgerüstet werden soll. Weiter wird vorausgesetzt, dass er durch passende Bootsforce und mäßiges Gewicht imstande ist, mit dieser Leistung sowie ohne Untersetzung eine Geschwindigkeit von 38 km/h zu erreichen. Wieviel Gewinn ein richtig gewähltes Untersetzungsverhältnis in diesem Falle einbringt, erkennt man am besten an der letzten Spalte rechts:

Gewinn an Geschwindigkeit

gegeben: Motorkreuzer 10x3 m mit 2x 185-PS-Motoren

	Wirkungsgrad	Propeller-durchmesser	Geschwindigkeit
direkter Antrieb	57 %	330 mm	38 km/h
Untersetzung 1,5 : 1	64 %	410 mm	42 km/h
Untersetzung 2 : 1	69 %	460 mm	45 km/h
Untersetzung 3 : 1	72 %	530 mm	47 km/h

Der Gewinn an Geschwindigkeit ist geradezu verblüffend! Statt 38 km/h erreicht das Boot eine Fahrt von 47 km/h, ohne dass es auch nur einen Pfennig mehr an Brennstoff kostet oder dass der Motor auch nur im geringsten stärker belastet würde! Gerade bei diesen

höheren Geschwindigkeiten wird oft gesündigt! Viele Praktiker, denen die Propellerberechnung nicht zugänglich ist, weigern sich einfach, bei derartigen Geschwindigkeiten ein Untersetzungsgetriebe anzuwenden. Oder wenn schon, dann höchstens von sehr geringem Verhältnis, nämlich 1,5 : 1. Entscheidet man sich jedoch für den besten Propellerwirkungsgrad, in diesem Falle mit einer Untersetzung von 3 : 1, so hat man nur ein einziges Mal etwas höhere Ausgaben, da ja eine Wellenleitung mit größerem Durchmesser sowie ein größerer Propeller verwandt werden muss. Dafür aber gewinnt man Fahrt oder erspart Brennstoff über die ganze Lebensdauer des Bootes.

Obiges Beispiel wurde aus der Praxis entnommen. Die vorteilhafteste Untersetzung von 3: 1 wurde jedoch nicht ausgeführt, weil der Eigner den zugehörigen Schraubendurchmesser von 530 mm als störend empfand (Grundberührungen möglich). Die endgültig gewählte Untersetzung von 2 : 1 brachte jedoch einen kostenlosen Gewinn von 7 km/h gegenüber dem direkten Antrieb.

Die nun folgenden 4 Kurvenblätter wurden für die bereits genannte Motorleistung von 100 PS bei 3000 U/min ausgearbeitet. Abb. 154 zeigt einen kleinen, schweren Fischkutter allein deshalb, um starke Untersetzungen illustrieren zu können. Die Kurvenschar gilt aber für jedes beliebige Boot, welches mit einem Motor von 100 PS Leistung am Motorflansch bei 3000 U/min nicht mehr als 25 km/h Fahrt erreicht.

Man erkennt nur zu deutlich, dass bei allen geringen Geschwindigkeiten um so mehr gewonnen wird, je niedriger die Drehzahl und je größer der Propellerdurchmesser gewählt werden. Einen Motor von 3000 U/min mit direktem Antrieb einzubauen, würde eine unverzeihliche Verschwendung an Brennstoff und Motorleistung bedeuten. Aber mehr noch,

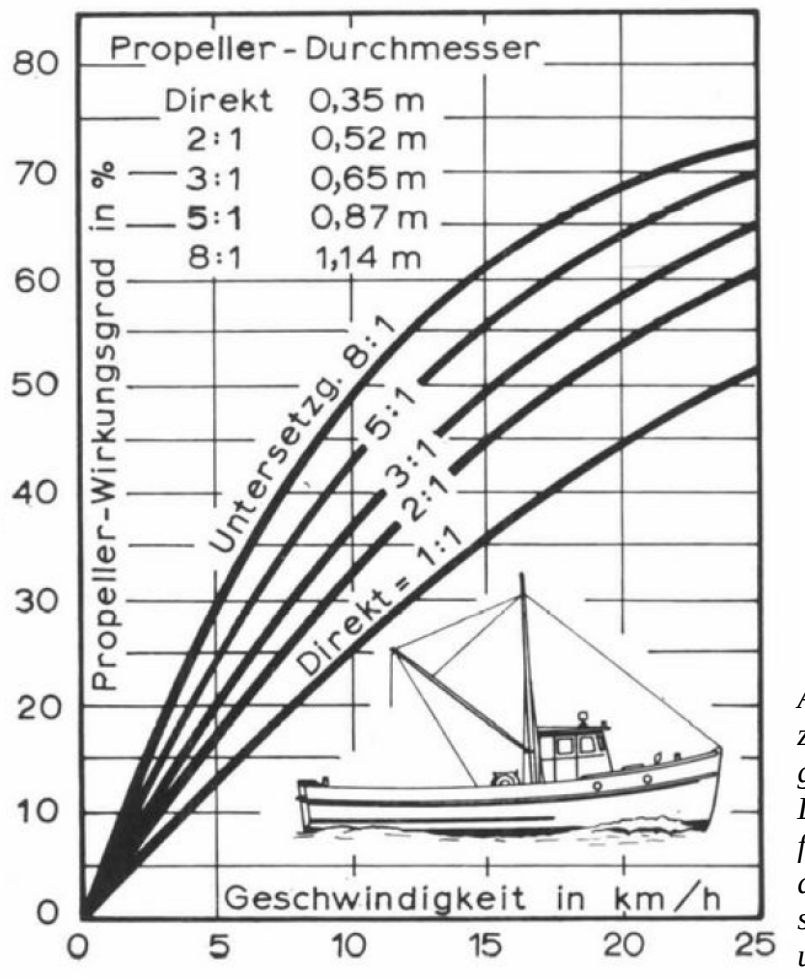


Abb.154 Die vier zusammengehörigen Kurvenblätter gelten für einen Motor von 100 PS Leistung bei 3000 U/min. Im ersten für langsame Boote erkennt man, wie die Wirkungsgrade umso höher steigen, je stärker die Drehzahl untersetzt wird. Man beachte die angegebenen Propellerdurchmesser, gültig für eine mittlere Geschwindigkeit von 15 km/h.

auch die Manövrierfähigkeit würde darunter leiden, denn der sehr kleine Propeller reicht nicht aus, um die Fahrt des Bootes in normaler Weise abzustoppen und passende Fahrt nach rückwärts aufzunehmen, ja um überhaupt flotte Rudermanöver ausführen zu können. Eine Untersetzung von etwa 3 : 1 stellt offenbar das mindeste dar, was bei den gegebenen Voraussetzungen im schweren Boot annehmbar ist. Alles übrige ist mit Leichtigkeit aus dem Kurvenblatt zu entnehmen. Auch der für jede Untersetzung nötige Propellerdurchmesser ist aus einer eingefügten Tabelle zu entnehmen. Wird eine zu starke Untersetzung gewählt, so besteht die Gefahr, dass der zugehörige große Propeller unter dem Boden des Bootes nicht angesetzt werden kann.
Das zweite Schaubild, Abb. 155, gilt für normale Motorkreuzer und umfasst einen Geschwindigkeitsbereich von 10 bis 50 km/h. Man sieht, dass sich die Geschwindigkeiten mit dem vorhergehenden Kurvenblatt überschneiden, und so können bei Fahrt unterhalb der 25 km/h auch die Werte aus ersterem übernommen werden. Sie sind vollkommen gleich! Hier jedoch wurden stärkere Übersetzungen weggelassen, weil die zugehörigen grossen Propellerdurchmesser sich von selbst verbieten. Im mittleren Bereich, nämlich bei 30 km/h Geschwindigkeit, wird bereits mit der Untersetzung 3 : 1 ein Wirkungsgrad von 70 Prozent erzielt. Und das ist nahezu das Optimum! Verfolgt man die 3 : 1-Kurve nach rechts, so erkennt man, dass der Propellerwirkungsgrad bei einer Fahrt von 50 km/h sogar schlechter wird, als wenn man das kleinere Verhältnis 2 : 1 wählen würde. Im Schaubild für schnelle Sportboote, Abb. 156, Runabouts zum Beispiel, wurden nur noch direkter Antrieb sowie eine Untersetzung im Verhältnis 2 : 1 eingetragen. Man sieht, dass die direkte Motordrehzahl von 3000 U/min bei einer Geschwindigkeit von 56 km/h eben-

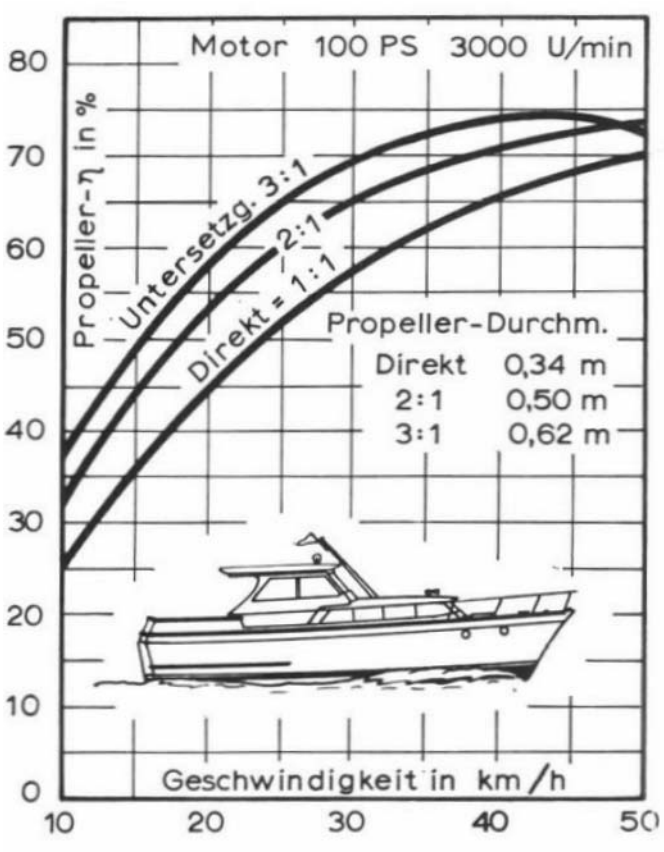


Abb. 155 Bei höheren Geschwindigkeiten sind keine so starken Untersetzungen anzuwenden. Die Kurven gelten für sämtliche Bootsarten, gleich ob Motorkreuzer oder Arbeitsboot, sofern nur die genannten Geschwindigkeiten erreicht werden.

so gut abschneidet wie die Untersetzung 2 : 1. Darüber hinausgehend bedeutet jede Untersetzung einen Verlust! Das Kurvenblatt gilt wiederum für jede Bootsart, die mit 100 PS Motorleistung Geschwindigkeiten zwischen 25 und 75 km/h erreichen kann.
Rennboote werden heute mit so kleiner Leistung kaum gebaut, Doch dürfte die Fortführung einer Untersuchung bis auf eine Geschwindigkeit von 100 km/h insofern lohnen, als sich nunmehr eine eigenartige Erkenntnis ergibt, siehe Abb. 157. Bei der angenommenen Grunddrehzahl von 3000 U/min und einer Fahrt von nur 50 km/h ist der direkte Antrieb bereits überaus günstig, eine Untersetzung nicht mehr zu empfehlen. Kommt man auf noch höhere Geschwindigkeiten, so verlangt der Propeller höhere Drehzahlen, um innerhalb der besten Wirkungsgrade zu bleiben. Oberhalb einer Geschwindigkeit von 76 km/h empfiehlt sich die Anwendung einer Übersetzung, nicht einer Untersetzung.
Bei Rennbooten sprechen auch noch weitere Gründe für die Anwendung von Übersetzungsgetrieben, denn je höher die Wellendrehzahl liegt, desto kleiner wird das übertragene Drehmoment bei gleicher Antriebsleistung. Folglich kann ein kleinerer Wellendurchmesser gewählt werden, der im Wasser weniger Widerstand erzeugt und eine gern gesehene Ersparnis an Gewicht mit sich bringt. Die großen Rennboote der unbeschränkten Klasse mit ihren ältlichen, auffrisierten Flugmotoren könnten mit deren niedriger Drehzahl von nur wenig über 3000 U/min keine Rekordgeschwindigkeiten über 250 km/h erreichen. Deshalb werden zu diesen Motoren Übersetzungen im Verhältnis von 1 : 3 angewandt, denn mit 10 000 U/min erreicht man bedeutend bessere Propellerwirkungsgrade, zugleich aber auch stark verringerte Wellendurchmesser.
Jedes an den Motor angesetzte Getriebe verbraucht natürlich auch für sich selbst einen

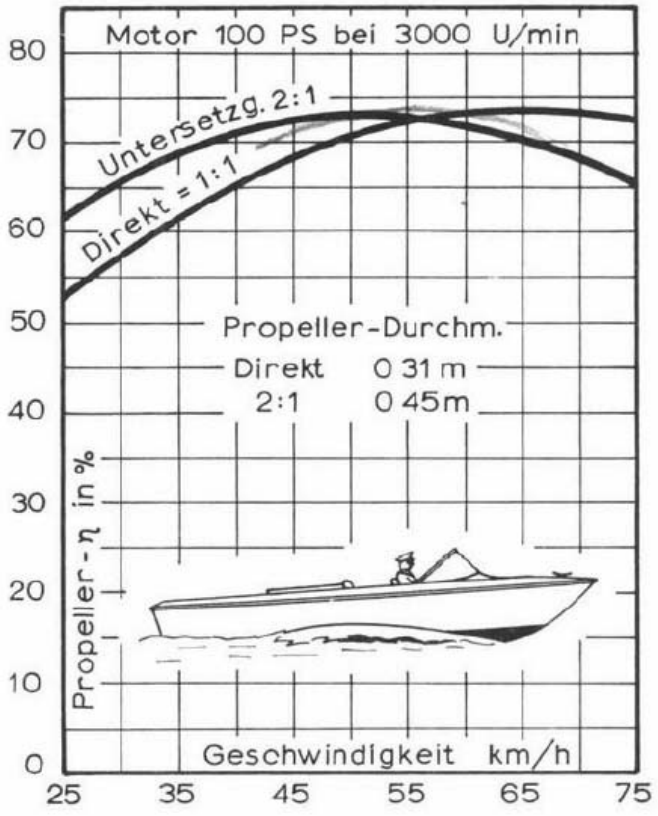


Abb. 156 Für den gegebenen Motor liegt bei einer Geschwindigkeit von 55 km/h die Grenze, bei der mit oder ohne Untersetzung gleiche Wirkungsgrade erreicht werden.

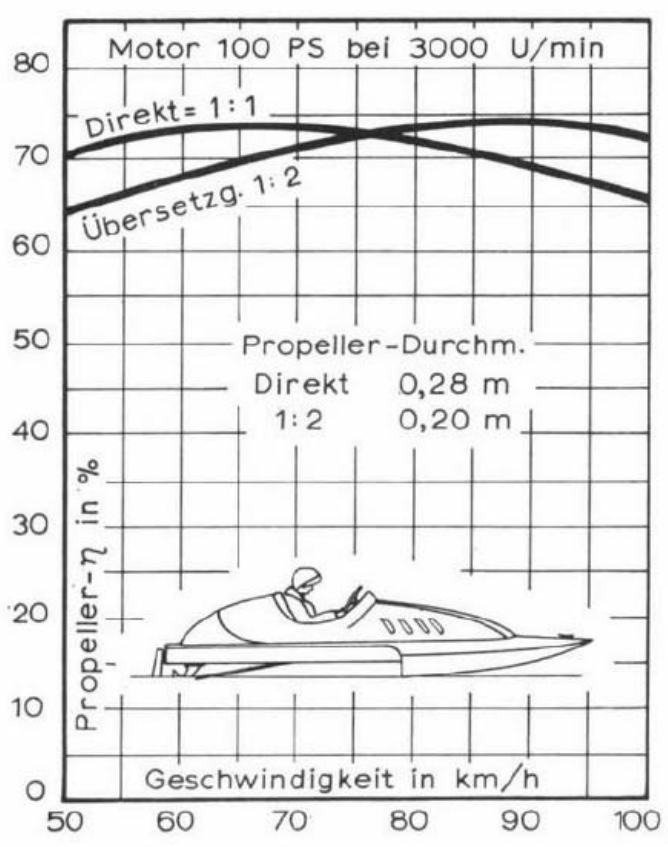


Abb.157 Schnelle Boote und hohe Geschwindig-keiten erfordern hohe Drehzahlen. Oberhalb der Fahrt von 75 km/h lohnt es sogar, die Drehzahl nach oben zu übersetzen. Der zugehörige, sehr kleine Propellerdurchmesser gilt für die voll getauchte Schraube, nicht für die halbtauchende des kleinen Rennbootes.

Bruchteil der Motorleistung. Dieser Verlust dürfte zwischen 1,5 und 2 Prozent der übertragenen Leistung liegen, bei großen Einheiten zwischen 1 und 1,5 Prozent. Da aber ein größerer Propeller nicht nur seinen rechnerischen Gewinn an Wirkungsgrad einbringt, sondern darüber hinaus ein kleines Plus, genannt Maßstabeffekt (geringerer Reibungseinfluss am Propellerflügel), kann der Getriebeverlust mit gutem Gewissen vernachlässigt werden.

Es besteht eine immer wieder beobachtete Kettenwirkung zwischen Geschwindigkeit, Leistung, Drehzahl und Propellerwirkungsgrad. Fast immer war der Gewinn durch nachträglichen Anbau einer Untersetzung größer als bei der Berechnung vorausgesagt wurde. Bei zunehmender Geschwindigkeit erreicht der Propeller einen Betriebszustand, den man niedrigeren Belastungsgrad nennt. Dieser wiederum bringt einen verbesserten Wirkungsgrad mit sich. Der Gesamteffekt wird dadurch höher hinaufgetrieben als vorausgesehen worden war.

Die Vorteile eines Untersetzungsgetriebes fallen stets größer aus als dem errechneten Unterschied im Propellerwirkungsgrad zukommt.

Beobachtet man ein von einem Schaufelrad angetriebenes Schiff, so gewinnt man den Eindruck, als wandern die eintauchenden Schaufeln deshalb voraus, weil das Wasser nicht entweichen kann. Genau derselbe Gedanke wird auch auf das Arbeiten des Schraubenpropellers angewandt, bei denn man sich vorstellt, dass er sich im Wasser vorwärts schraube. Beide Anschauungen sind veraltet, denn nur bei oberflächlicher Betrachtung scheinen sie den Tatsachen zu entsprechen. Sowohl das Schaufelrad wie die Schiffsschraube erfassen eine Wassermasse, der sie eine Beschleunigung nach achtern erteilen. Hierfür ist eine Kraft aufzuwenden, die von der Größe der Wassermasse einerseits und der erteilten Beschleunigung andererseits abhängt. Dieser Vorgang, auch Aktion genannt, löst eine genau gleichgroße Reaktion aus, die in entgegen gesetzter Richtung wirkt und das Schiff voraustreibt. Jede nach achtern ausgestoßene Wassermasse ergibt als Reaktion einen nach vorn auf das Schiff wirkenden Schub.
Vom rein physikalischen Standpunkt aus betrachtet, ist es dabei gleichgültig, ob einer kleinen Wassermasse eine große Beschleunigung erteilt wird oder umgekehrt einer großen Wassermasse eine kleine Beschleunigung. In beiden Fällen wäre die gleiche Leistung oder Aktion aufzuwenden, und in beiden Fällen würde gleiche Reaktion oder Vorschub erzielt werden. Leider gilt diese Aussage nur als physikalisches Prinzip, wie man bereits bei Betrachtung der günstigen oder ungünstigen Untersetzung für Schiffspropeller voraussehen konnte. Es ist die Reibung des Wassers in sich und an den Propulsionselementen, die zu einem ganz bestimmten günstigsten Verhältnis zwischen Masse und Beschleunigung führt. Der Wasserstrahlantrieb wirkt grundsätzlich ebenso wie das Schaufelrad oder die Schiffsschraube: Das Wasser wird von vorn angesaugt, die Flügel der Pumpe, ähnlich den Flügeln der Schiffsschraube, erteilen ihm eine Beschleunigung, um es danach achtern auszustoßen. Nur der äußere Anblick ist verschieden, weil der Propeller, genauer gesagt der Pumpenimpeller, in ein Rohr im Inneren des Schiffes verlegt wurde. Ferner wird der Wasserstrahl nicht mehr unsichtbar unter Wasser ausgestoßen, sondern deutlich erkennbar aus einer über Wasser angeordneten Düse. Gerade an dieser Stelle tritt der Newtonsche Lehrsatz augenfällig in Erscheinung. Die Aktion des nach achtern hinaus gestoßenen Wasserstrahls löst eine

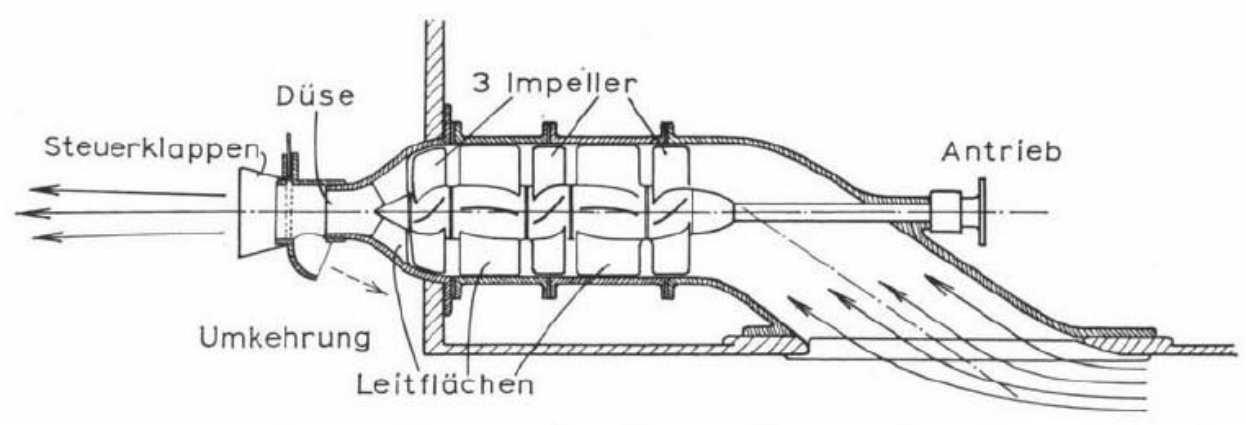


Abb. 158 Schematische Darstellung einer dreistufigen Axialpumpe nach Hamilton, wie sie in den Vereinigten Staaten unter Lizenz auch von Buehler hergestellt wird. Man beachte die drei rotierenden Impeller, die drei Satz feststehender Leitflächen sowie die Strahlumlenkung an der Düse für Rückwärtsfahrt.

gleichgroße nach vorn gerichtete Reaktion auf den Bootskörper aus, wodurch dieser, wenn *er leicht* genug ist, mit hoher Fahrt vorausschießt.
Nicht selten wird mit *dem Düsenprinzip des Wasserstrahlantriebs* ein magischer Effekt verbunden, als ob damit viele höhere Geschwindigkeiten erreicht werden könnten als mit einer normalen Schiffsschraube. Andererseits werden die rein praktischen Änderungen als Gewinn angesehen, d. h., dass alle Antriebs- und Steuerorgane nicht mehr unter dem Boden des Bootes herausragen.
Will man Vor- und Nachteile des Wasserstrahlantriebs gegeneinander abwägen, so muss man streng zwischen diesen beiden Argumenten unterscheiden: Wirkungsgrad einerseits, geschützte Lage der Antriebsorgane andererseits.
Es liegt etwas Verlockendes in dem Gedanken, eine hochwirksame Pumpe ins Schiffsinnere zu verlegen. Bei einer solchen Pumpe wird nämlich die im Drall des beschleunigten Wassers verlorengegangene Energie dadurch zurück gewonnen, dass man hinter den rotierenden Impellern feststehende Leitflächen einbaut, siehe Abb. 158. In der Tat kann eine solche Pumpe für sich allein einen höheren Wirkungsgrad erzielen als ein freiliegender Schiffspropeller. - Warum kam man nicht schon längst auf diese Idee? O doch, sie ist sogar bedeutend älter als die Erfindung der Schiffsschraube.
Bereits im Jahre 1784 wurde von James Rumsey auf dem Potomac River in den Staaten ein durch Wasserstrahl angetriebenes Schiff vorgeführt. Er montierte einen Wasserpumpenzylinder gemeinsam mit einem Dampfzylinder auf derselben senkrechten Achse. Beim Hochgehen wurde Wasser vom Vorschiff her angesaugt, das dann beim Niedergehen des Kolbens nach achtern ausgestossen wurde. Demnach besaß eines der allerersten Dampfschiffe wahrhaftig einen Wasserstrahlantrieb.
Im Jahre 1867 unternahm die britische Marine Versuche mit Zentrifugalpumpen zum Antrieb des 50 m langen Kanonenbootes WATERWITCH. Eine 760 PS leistende Dampfmaschine trieb eine Zentrifugalpumpe von gewaltiger Größe an: Der Pumpenrotor hatte einen Durchmesser von nicht weniger als 4,25 m, doch lief er nur mit einer Drehzahl von 40 U/min. Das Kanonenboot erreichte mit diesem Wasserstrahlantrieb eine Geschwindigkeit von nicht ganz 10 Knoten, das sind 17,2 km/h.
Um 1880 wurden in Deutschland zwei Flussfrachtschiffe mit einem ganz originellen Strahl-antrieb ausgerüstet. Es wurde dabei auf jede Art von Dampfmaschine und Wasserpumpe verzichtet. Der im Kessel erzeugte Dampf wirkte intermittierend direkt auf eine im Schiffsboden angeordnete nach achtern orientierte Wassersäule, durch deren Ausstoßen das Schiff vorwärtsgetrieben wurde. Das System wurde *Hydromotor* genannt, doch war sein Wir-kungsgrad so schlecht, dass die Anlage später durch normale Dampfmaschinen mit den zu-gehörigen Schraubenpropellern ersetzt wurde.
Ehe die jetzige Form des Wasserstrahlantriebs aufkam, wurden verschiedene, nicht unähnliche Vorläufer versucht. Hier sei der Antrieb von Gill (England) und von Nowka (Deutschland) um 1925 genannt. Noch im Jahre 1956 brachte die amerikanische Kermath-Motorenfabrik ihren ähnlichen Hydrojet-Antrieb auf den Markt. Alle diese Versuche scheiterten am schlechten Wirkungsgrad des Antriebs. Noch jedesmal erzielte man mit der normalen Schiffsschraube höhere Fahrt als mit jeder Art von Alternativwasserstrahl.
Eigenartigerweise wurde das letzte Glied der langen Versuchskette in den Bergen von Neuseeland geschlossen. Dort besaß der Maschinenfabrikant C. W. F. Hamilton einen Sommersitz, wo es ihn stets aufs Neue lockte, den vorbei fließenden steinigen, flachen Berg-

bach mit einem kleinen Boot zu befahren. Aber mit einem Schiffspropeller unter dem Boden? Niemals!
Alles, was unter dem Boden hervorragte, würde schon bei der ersten Ausfahrt auf die Steine geraten und schwer beschädigt werden.
Hamilton unternahm zunächst genau dasselbe, was auch schon andere vor ihm versucht hatten: Er baute eine normale Zentrifugalpumpe im Bootsinneren ein und ließ den Wasserstrahl achterlich unter dem Boot austreten. Tatsächlich konnte er mit bescheidenem Effekt fahren, genau wie seine Vorgänger auch. Die Austrittsöffnung wurde drehbar, also steuerbar ausgeführt, denn selbst ein kleines Ruderblatt durfte nicht unter dem Boden herausragen. Schließlich kam Hamilton auf die Idee, den noch immer gefährdeten Unterwasseraustritt einfade am Spiegel über Wasser ins Freie zu leiten. Nun war der Bann gebrochen! Diese scheinbar unbedeutende Änderung des Jahres 1953 war so wirkungsvoll, dass von ihr die ganze Entwicklung des modernen Wasserstrahlantriebs ausgelöst wurde. Hatte das Versuchsboot vorher eine Geschwindigkeit von 18 km/h erreicht, so kam es bei freiem Austritt plötzlich auf 27 km/h, ein Gewinn von 50 Prozent! Endlich traf beides zusammen: verbesserter Wirkungsgrad und vollkommen freier Bootsboden.
Die ursprüngliche Zentrifugalpumpe wurde bereits im Jahre 1956 durch eine axiale Schraubenpumpe ersetzt, zunächst zweistufig, doch kurz darauf auch dreistufig. überall in der Welt wurde das Interesse wach, eine ganze Reihe von Firmen übernahm Lizenzen oder brachte abgewandelte eigene Strahltriebwerke heraus. Allen ist gemeinsam, dass der Strahl über Wasser ins Freie ausgestoßen wird und dass er zugleich Steuerung und Rückwärtsgang besorgt.

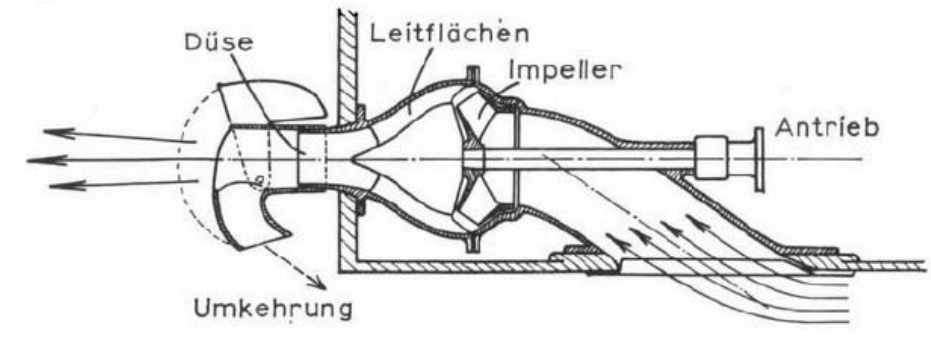


Abb. 159 Halbaxiale Pumpe von Jacuzzi (USA), wie sie in großer Zahl in Patrouillenboote zur Verwendung im Mekong-Delta eingebaut wurde.

Zentrifugalpumpen werden nicht mehr angewandt, sondern ausschließlich ein- oder mehrstufige Axialpumpen oder einstufige Halbaxialpumpen. Eine ganze Anzahl von Varianten wurde erdacht, die alle mit recht gutem Erfolg arbeiten, Steuerung und Rückwärtsgang werden oft in einfallsreicher Weise durch Umlenkung des Strahls an der Austrittsdüse erzielt. Es wurde sogar versuchsweise die ganze Pumpeneinheit schwenkbar hinter dem Spiegel aufgehängt, wodurch die Wassereintrittsöffnung vom Bootsboden weg nach hinten zur Wasserpumpe kam.
Folgende Vorzüge machen den Wasserstrahlantrieb für manche Zwecke besonders geeignet:
1. Keine Beschädigung von Propeller, Wellenbock, Welle oder Ruder, da nichts mehr unter dem Boden herausragt.
2. Aus dem gleichen Grunde haben Wasserstrahlboote einen geringen Tiefgang und können in sehr flachem Wasser benutzt werden.

3. Für Schwimmer und Wasserskiläufer wurde die große Gefahr, von den Schneidkanten eines Propellers verletzt zu werden, völlig ausgeschaltet.
4. Mäßig verkrautete Gewässer können in flotter Fahrt durchfahren werden; bei langsamer Fahrt wird jedoch Kraut nach innen gesaugt, wo es wieder entfernt werden kann.
5. Das Boot kann auf einfachste Weise vom Anhänger abgeladen und nach Gebrauch wieder aufgeladen werden.
6. Es besteht sogar die Möglichkeit, ohne Schaden auf Strand zu laufen. Dabei können allerdings Sand und kleine Steine ins Pumpeninnere gesaugt werden.
7. Bei Dragrennbooten wurde die hohe Anfahrbeschleunigung mit Erfolg über diese Viertelmeilenstrecke ausgenutzt.
8. Der Antrieb eignet sich hervorragend für kleine, schnelle Feuerlöschboote, wo die Antriebspumpe zugleich als Feuerlöschpumpe eingesetzt wird.
9. Es entsteht kein krängendes Moment, wie es vom Drehsinn des normalen Schiffspropellers verursacht wird.

In Neuseeland befinden sich etwa 3000 kleine Sportboote in Längen zwischen 4 und 8 Metern mit Wasserstrahlantrieb in Gebrauch. Dafür ist allein der Vorteil maßgebend, dass nichts unter dem Boden herausragt. Die kleinen Flüsse dort führen nur wenig Wasser und haben steinigen Grund. Ansonsten laden die Neuseeländer ihre Boote mit Vorliebe auf Anhänger, um sie wochentags im Garten oder in der Garage aufzubewahren. Im Wasserstrahltriebwerk entstehen bedeutende Reibungsverluste, weil das Wasser lange Wege in engen Zu- und Ableitkanälen zurücklegen muss, deren Glätte stets zu wünschen übriglässt. Auch der treibende Pumpenimpeller wird selten so gut poliert wie die allseitig auf Glätte bearbeitete Schiffsschraube. Hinzu kommt die Reibung an den feststehenden Leitflächen.

An zweiter Stelle steht ein beträchtlicher, vom Ansauggitter verursachter Widerstand, der außerdem eine Verwirbelung des Wassers erzeugt und Kavitation frühzeitig auslösen kann. Im Idealfall sollte dieses Stabgitter überhaupt ausgemerzt werden, doch wären dann Fahrten auf normalen Gewässern kaum noch ausführbar. Ferner muss dafür gesorgt werden, dass der Pumpe auch in schnellster Fahrt vollwertiges Wasser zugeführt wird, und nicht etwa ein Gemisch aus Wasser und Luft. Ist der Boden zu flach oder gar nach Art des Seeschlittens hohl gewölbt, so wird sehr leicht Luft angesaugt. Mit Luft im Wasser sinkt der Vorschub radikal ab.

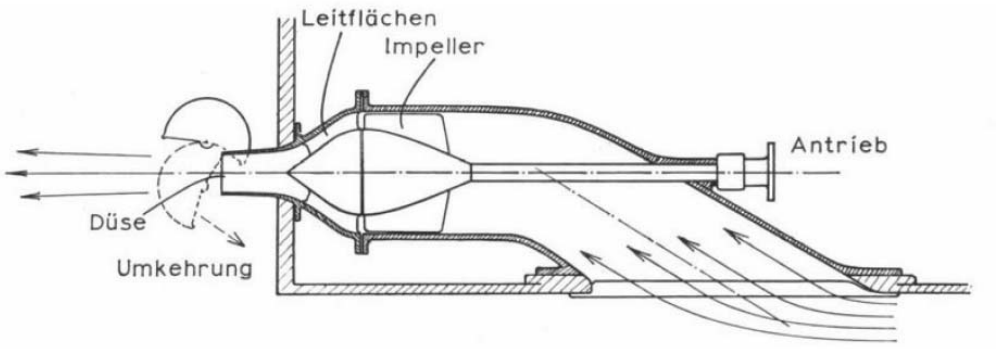


Abb. 160 Einstufige Axialpumpe nach Arcand für sehr hohe Antriebsleistungen.

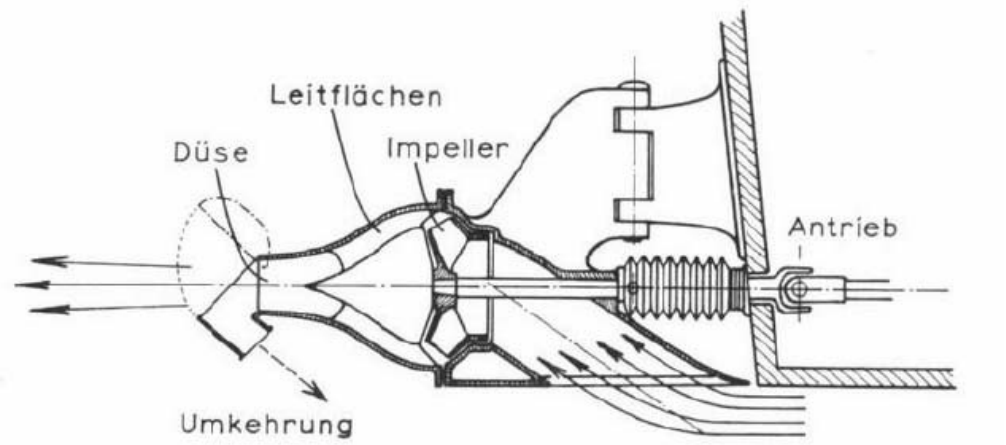


Abb. 161 Eine unabhängig vom Boot hinter dem Spiegel angebaute Pumpen- Düseneinheit mit halbaxialer Beschleunigung. Zum Steuern ist die ganze Anlage schwenkbar.

Es wurde des öfteren darauf hingewiesen, dass der in Schiffsmitte liegende Schraubenpropeller hinter einem langsamen oder mittelschnellen Boot einen kostenlosen Gewinn an Vortrieb durch Ausnutzung des Nachstroms erzielt. Beim Wasserstrahlantrieb ist der Nachstrom nicht verwertbar.
Abschließend muss auch hier wieder das Problem der Korrosion erwähnt werden. Viele Strahltriebwerke sind korrosionsgefährdet, weil für Gehäuse, Impeller, Antriebswelle, Eintrittsgitter usw. verschiedenartige Metalle verwandt werden. Da solche Triebwerke mit Vorliebe in kleine, schnelle Boote eingebaut werden, kann man sich vor den Konsequenzen dadurch recht gut schützen, dass die Boote nach jeder Fahrt an Land oder auf dem Anhänger gelagert werden.

Der Strahlantrieb im Boot

Kleine, leichte Sportboote mit großer Motorleistung erreichen mit Wasserstrahlantrieb ausgezeichnete Geschwindigkeiten. Daraus entstand eine etwas vorzeitige und übertriebene Begeisterung, die unter anderem die Behauptung aufstellte: Die Zukunft gehört dem Wasserstrahlantrieb. Inzwischen haben sich sowohl die Vorzüge wie auch die Nachteile des Systems genügend herausgeschält, so dass man mit mehr Sicherheit diejenigen Bootsarten auswählen kann, die mit den normalen im Handel erhältlichen Strahlantrieben eine gute Gesamtwirkung erreichen.
In jedem einzelnen Falle ist die Kombination Motor ohne Wendegetriebe, aber mit Wasserstrahlpumpe teurer in der Anschaffung als der normale Bootsmotor mit Wendegetriebe, Wellenleitung und Propeller. Diese rein kommerzielle Betrachtung, von der ja der mögliche Umsatz abhängt, brachte es mit sich, dass nur kleine, schnellaufende Strahlpumpen in größerer Zahl hergestellt werden, denn diese können an moderne Bootsmotoren ohne Zwischenschaltung eines Untersetzungsgetriebes angeschlossen werden.

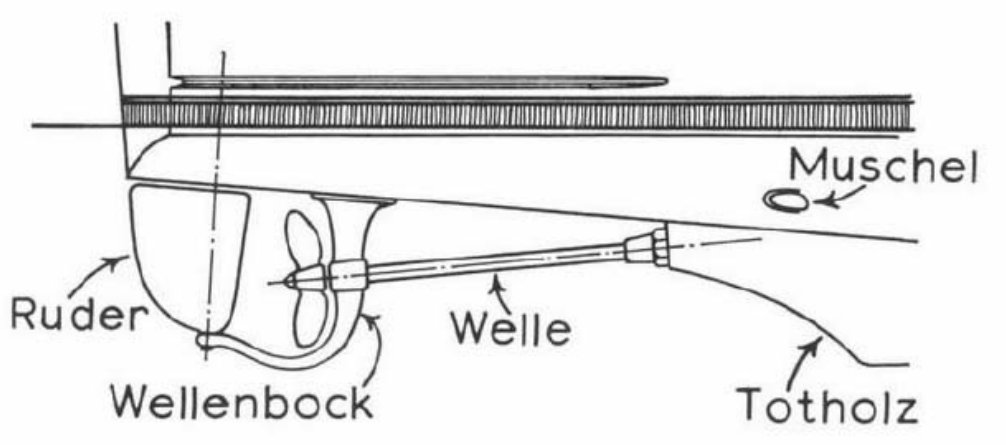


Abb. 162 Normale Anhänge unter dem Boden eines Bootes, die beim Wasserstrahlantrieb fortfallen. Daher kann man mit Strahlantrieb sehr geringe Wassertiefen befahren.

Aus diesen Gründen eignen sich Strahltriebwerke bevorzugt für leichte Boote mit hoher Geschwindigkeit, wo große Antriebsleistung mit geringem Bootsgewicht zusammen treffen. Hamiltons Firma gibt hierzu folgende Anleitung: Das voll ausgerüstete Boot einschließlich Personen eignet sich gut für den Wasserstrahlantrieb, wenn folgende Verhältnisse zwischen Gewicht und Motorleistung eingehalten werden:

a) Höchstgewicht kleiner, schneller Boote von 4 bis 6 m Länge: 12 bis 15 kg je PS Motor-leistung.
b) Größere Boote von 6 bis 9 m Länge sollen möglichst nicht über 9 kg je PS Motorleistung wiegen.
c) Sehr hohe Geschwindigkeiten und gute Wirkungsgrade werden erreicht, wenn das Boots-gewicht nicht mehr als 5 bis 7 kg je PS Motorleistung beträgt.

Die meisten Wasserstrahlpumpen sind auf normale, schnell laufende Automobilmotoren abgestimmt, deren Drehzahlen zwischen 3500 und 4500 U/min betragen. Deshalb eignen sie sich nicht zum Antrieb von Motorkreuzern.
Selbstverständlich können Pumpwerke für den Wasserstrahlantrieb auch für bedeutend schwerere und langsamere Boote hergestellt werden. In diesem Falle müssten die Pumpen einen bedeutend größeren Durchmesser erhalten und mit niedrigeren Drehzahlen laufen. Die Antriebsmotoren müssten dann mit einer Untersetzung ausgerüstet werden. Es gelten hierbei dieselben Bedingungen, wie sie auch bei der normalen Schiffsschraube auftreten: Gute Wirkungsgrade in langsamer bis mittlerer Fahrt verlangen niedrige Drehzahlen und große Propellerdurchmesser, lies Pumpen-Impellerdurchmesser. Es ist bezeichnend, dass unseres Erachtens nach kein einziger serienmäßiger Wasserstrahlantrieb gemeinsam mit einem Bootsdieselmotor angeboten wird. Der Grund liegt einfach darin, dass diese Motoren im Gewicht zu schwer und in der Drehzahl nicht hoch genug liegen, um eine wirtschaftlich tragbare Einheit mit kleinen Pumpenabmessungen zusammenstellen zu können.
Trotzdem ist es nicht selten vorgekommen, dass schnell laufende Wasserstrahlpumpen in größere oder langsame Boote eingebaut wurden. Das Ergebnis war - wie nicht anders zu erwarten - schwer enttäuschend. Diese Pumpen wurden dann sofort wieder ausgebaut und durch normalen Schiffsantrieb mit Wendegetriebe und Propeller ersetzt. Bei der Auswahl eines Schiffspropellers gilt als selbstverständlich, dass Durchmesser und

Steigung sorgfältig an Motorleistung und Geschwindigkeit des Bootes angepasst werden. Niemand nimmt daran Anstoß, dass mit Propellern herumexperimentiert wird, oft mehr als mit technischen Kenntnissen nötig wäre. Hat man aber schon einmal darüber nachgedacht, dass genau das gleiche auch für das Wasserstrahlaggregat gilt? Wohl halten die Fabriken einige Impeller mit verschiedenen Steigungen vorrätig. Sie werden jedoch äußerst selten ausgewechselt, und noch seltener werden Korrekturen im Pumpendurchmesser oder an den Leitflächen vorgenommen. Dieses würde nämlich das Auswechseln der gesamten Anlage bedeuten. Man versuche also nicht leichtsinnig und ohne genaueste Beratung von seiten der Fabrik, einen Wasserstrahlantrieb in ein beliebiges Boot einzubauen. Bei einem strahlgetriebenen leichten, schnellen Boot bestehen zwei Gleichgewichtszustände: der erste zwischen Motorleistung und Pumpen-Leistungsaufnahme und der zweite zwischen Wasserstrahl und Bootswiderstand. Dies geschieht in voller Analogie zum normalen Schraubenpropeller. Ein dritter Gleichgewichtszustand ist jedoch nur dem Strahlantrieb eigen, nämlich zwischen der geförderten Wassermenge und dem Austritts-Düsenquerschnitt.

Hier bestehen also sechs Variabeln auf dem Wege vom Motor zum Rückstoß des Wasserstrahls. Gelingt es, sie gut aufeinander abzustimmen, so erreicht man mit dem Wasserstrahlantrieb dieselbe Geschwindigkeit wie mit dem normalen Schraubenpropeller. Die Nebenwiderstände beider Systeme gleichen sich dabei aus. Das sind beim Wasserstrahlantrieb die Stäbe des Eintrittsfilters sowie die langen Reibungsflächen der Innenrohre und beim Normalboot die zum Propeller gehörigen Anhänge: Welle, Wellenbock und Ruder. Wird jedoch erklärt, dass von zwei sonst gleichen Booten dasjenige mit Wasserstrahlantrieb die höhere Geschwindigkeit erzielt, so hat bei der Herrichtung des normalen Bootes die nötige Fürsorge gefehlt: Entweder war der Propeller nicht passend, oder die Anhänge waren plump und rauh belassen worden. Nur zu oft sieht man ungünstig geformte Wellenböcke, zu dicke Propellerwellen und zu große roh belassene Ruderblätter. *Im besten Falle ergibt der Strahlantrieb Gleichheit der Geschwindigkeit!*

Der Wasserstrahlantrieb besitzt eine recht ansehnliche Reihe von Vorzügen, wie bereits in den 9 Punkten gezeigt wurde. In vielen Fällen sind diese Eigenschaften ausschlaggebend, so dass man auf das Geschwindigkeitsargument besser verzichten sollte. Ein einziger durch einen Schiffspropeller verletzter Schwimmer bietet allein schon einen schwerwiegenden Grund, um zur Aufsicht an Badestränden nur Boote mit Wasserstrahlantrieb zu verwenden.

Auch der unmögliche Colorado River mit seinem steinigen Grund und seinen Stromschnellen konnte nur mit dem Wasserstrahlboot in abenteuerlicher Expedition befahren werden. Bisher wurde noch nichts von dem eigenartigen Verhalten des Wasserstrahlantriebs in langsamer bis mittlerer Fahrt erwähnt. Bei der normalen Schiffsschraube steigt und fällt die Geschwindigkeit fast genau proportional zur Drehzahl des Motors. Bei halber Drehzahl fährt man mit halber Geschwindigkeit, und sollte dies nicht genau zutreffen, so ist nur die Wellenbildung des Bootes bzw. der große Widerstandsbuckel daran schuld, nicht aber der Propeller unter dem Boot.

Ganz anders verhält sich der Wasserstrahlantrieb. Die hohe Austrittsgeschwindigkeit des Wasserstrahls wird durch den in der Pumpe erzeugten Druck sowie durch Anpassen des Durchmessers der Austrittsdüse erreicht. Dabei wird die ganze Einheit, bestehend aus Motor, Pumpwerk und Austrittsdüse, auf höchste Motorleistung und Drehzahl so abgestimmt, dass dabei die stärkste Reaktion durch den Strahl erzielt wird.

Sobald die Drehzahl etwas herabgesetzt wird und das Boot langsamer fährt, beginnt der Druck im System nachzulassen, weil der Düsendurchmesser ja auf höchste Drehzahl abgestimmt wurde. Dadurch lässt der Vorschub viel stärker nach als der verringerten Drehzahl entsprechend. Man werfe einen Blick auf das Kurvenblatt der Abb. 163. Darin erkennt man die Geschwindigkeiten, bezogen auf die Motordrehzahlen, wie sie sowohl mit dem normalen Schraubenpropeller wie mit Wasserstrahlantrieb erreicht werden. Die drei Kurven *A, B* und *C* wurden an drei verschiedenen Booten mit Wasserstrahlantrieb gemessen, die Kurve *D* an einem normalen Propellerboot. Nur bei denn letzten entsteht die übliche Gradlinigkeit zwischen Drehzahl und Geschwindigkeit. An den anderen drei Kurven erkennt man, wie rasch der Schub abfällt, sobald die Drehzahl verringert wird und das System keinen guten Füllungsgrad mehr erreicht. Dieses Absinken beginnt sofort unmittelbar unterhalb der Höchstdrehzahl!
Wenn bei halber Drehzahl die Pumpe nur noch halbe Wassermenge fördert, wird die Austrittsdüse nicht mehr gefüllt, und ein innerer Druck kann sich nicht mehr ausbilden. Anstatt dass der Wasserstrahl machtvoll aus der Düse herausschießt, plätschert er gewissermaßen kraftlos hinunter ins Wasser. Dieses Verhalten ist deutlich am linken flachen Arm der drei Kurven *A, B* und *C* erkennbar. Obwohl bei Propellerantrieb noch eine beachtliche Kreuz-

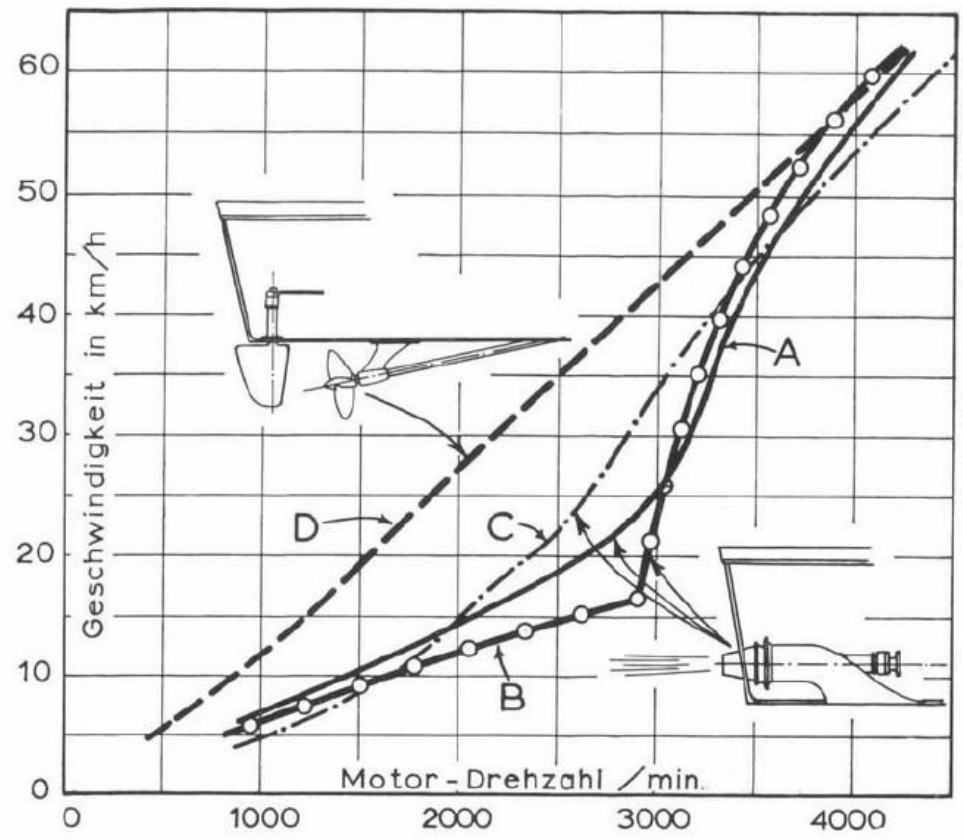


Abb. 163 Motordrehzahl und Geschwindigkeit von Booten mit Wasserstrahlantrieb A, B und C im Vergleich zum Propellerantrieb D. Bei höchster Drehzahl werden annähernd gleiche Geschwindigkeiten erreicht. Bei halber Drehzahl kommt ein Propellerboot auch ungefähr auf die halbe Geschwindigkeit, ein strahlgetriebenes dagegen nur auf ein Viertel oder noch weniger.

fahrt erzielt wird, erhält man jetzt beim Wasserstrahlantrieb nur noch ein Dahinschleichen des Bootes. Während die Boote bei 4000 U/min sowohl mit Propeller wie mit Wasserstrahlantrieb eine Geschwindigkeit von nahezu 60 km/h erreichen, ergibt sich bei halber Fahrt folgendes Bild:

Propellerboot	bei 2000 U/min = 27 km/h,
Strahlantrieb	bei 2000 U/min = 14 km/h.

Es sei hinzugefügt, dass die Kurven *A* und *B* genauen Messungen entstammen, dass aber die Kurve *C* in ihrem Verlauf anzuzweifeln ist. Die geringe Geschwindigkeit der strahlgetriebenen Boote bei niedriger Motordrehzahl entsteht als Folge des Missverhältnisses zwischen geförderter Wassermenge und Querschnitt der Austrittsdüse. Mit dem Wasserstrahlboot muss man die Motordrehzahl auf mehr als 3000 U/min erhöhen, ehe dieselbe Geschwindigkeit erzielt wird, die das Propellerboot bei 2000 U/min erreicht. Für ständige Langsamfahrt ist der normale Wasserstrahlantrieb in seiner heutigen Form ausgesprochen nachteilig, es sei denn, dass man eine große Pumpeneinheit für Langsamfahrt extra wählt und auf schnelle Fahrt verzichtet.

Auf dem Prüfstand der Fabrik werden die Charakteristiken von Strahlpumpe, Impeller und Düse derart aufeinander abgestimmt, dass bei höchster Drehzahl des Motors die stärkste Reaktion des Strahles entsteht. Wird eine solche Einheit in Boote verschiedener Größen und Verdrängungen eingebaut, so kommt man zu gänzlich unvorhergesehenen Ergebnissen, wie sie das Kurvenblatt, Abb. 164, anzeigt. Die hier verwandte Einheit bestand aus einem Benzin-Bootsmotor von 240 PS Leistung bei 4200 U/min, an die eine Strahlpumpe von 12 Zoll Durchmesser (305 mm) gekuppelt worden war. Die an sich vollkommen normale Antriebsanlage wurde allein zu Versuchszwecken in zwei verschiedene Boote eingebaut, nämlich in ein offenes Sportboot von 5,20 m Länge und in einen flotten, leichten Motorkreuzer von 8 m Länge.

Das offene Sportboot wurde in zwei Ladezuständen gemessen, und zwar mit nur einem Fahrer an Bord und einem Gesamtgewicht von *910* kg; danach mit insgesamt 5 Personen an Bord und einem Gesamtgewicht von 1230 kg. Die erreichten Höchstgeschwindigkeiten betrugen 91 und 86 km/h. Dabei lief die Antriebseinheit mit *4200* U/min. Bis hinunter zu rund 50 km/h Fahrt war das Verhalten durchaus normal, doch bei weiterer Minderung der Motordrehzahl, etwa von 2500 herab auf 2200, verlor das Boot plötzlich seine Fahrt, um nur noch mit etwa 12 km/h dahinzuschleichen.

Wollte man eine Geschwindigkeit von 20 oder 30 km/h benutzen, so fand man sich vor einer absoluten Unmöglichkeit. Sobald sich das Pumpen-Düsen-Gleichgewicht einstellte, schoss das Boot mit einer Fahrt von über 40 km/h davon. Wurde das Gleichgewicht aber bei geringfügiger Minderung der Drehzahl unterbrochen, so fiel das Boot auf das schleichende Tempo von 12 km/h zurück.

An den unteren Knickpunkten finden sich zwei Zahlenangaben, nämlich 52 und 56 Prozent. Sie zeigen an, bis zu welchem Prozentsatz der Höchstdrehzahl das Boot nur langsam dahinfährt, ehe es plötzlich Fahrt aufnimmt.

Der Motorkreuzer von 8 m Länge war offenbar zu schwer, um von dieser 12-Zoll-Pumpen-einheit angetrieben zu werden, trotz der reichlich großen Motorleistung. Drei Belastungen wurden untersucht, zuerst mit nur einem Fahrer, Gesamtgewicht 1590 kg, dann mit mehr Personen und Zuladung auf 2000 kg und schließlich mit starker Belastung und einem Gesamtgewicht von 2950 kg.

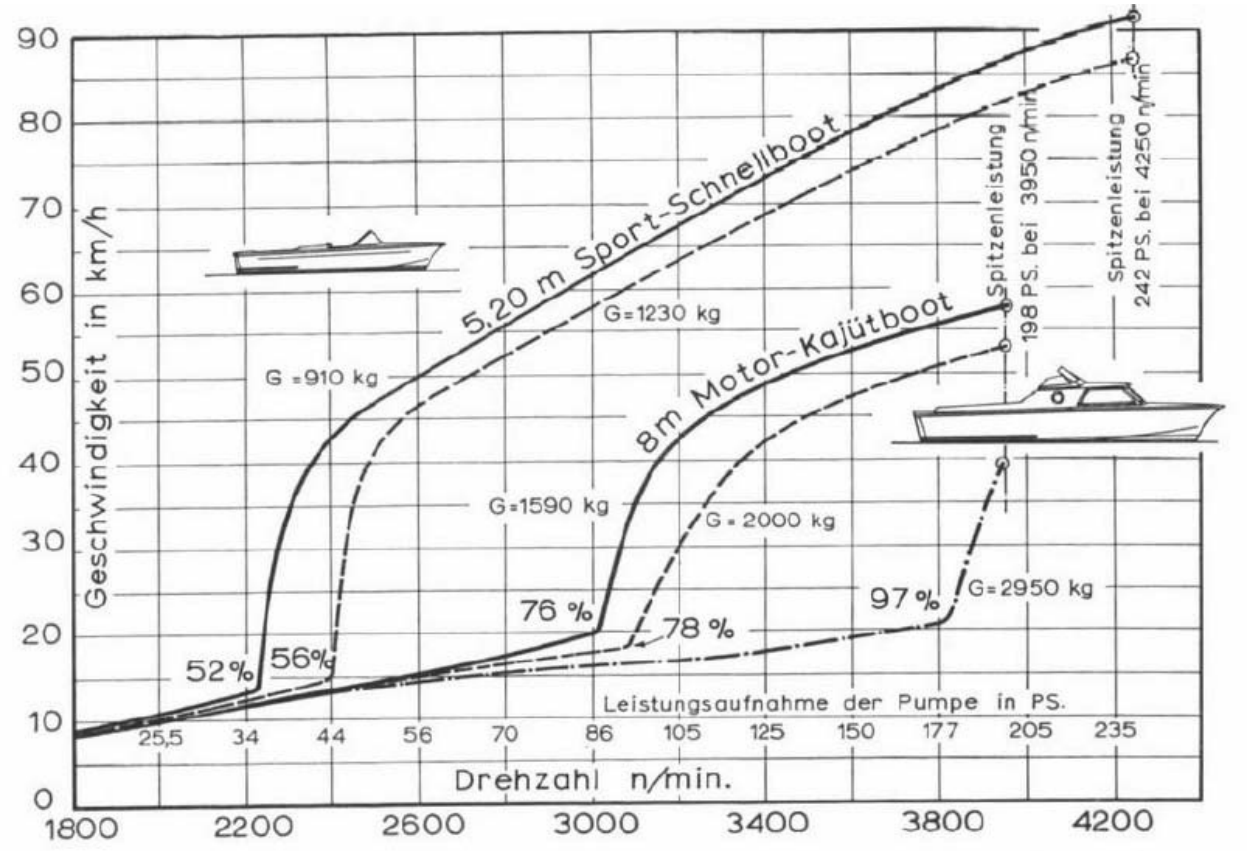


Abb. 164 Schnellaufende Wasserstrahlantriebe sind sehr empfindlich gegen zu hohe Bootsgewichte. Hier wurde eine kleine Pumpeneinheit versuchsweise in ein 5,20-m-Sportboot eingebaut, wo sie sich gut bewährte. Doch dieselbe Einheit im 8-m-Motorkreuzer war enttäuschend, weil über einen viel zu großen Drehzahlbereich nur langsame Fahrt erzielt wird. Eine Pumpe mit größerem Impeller-Durchmesser und erheblich niedrigerer Drehzahl würde hier Abhilfe schaffen.

In diesem Falle kam der Motor noch auf 200 PS Leistung bei 3950 U/min und brachte das Boot auf Spitzengeschwindigkeiten von 58, 53 und 39 km/h, je nach Gesamtgewicht.
Was jedoch hervorsticht, sind die Prozentzahlen der Langsamfahrt, ehe das Pumpen-Düsenaggregat dem Boot überhaupt flotte Fahrt erteilt. Beim leichtesten Kreuzer reicht die dahinschleichende Fahrt bis auf 76 Prozent der Höchstdrehzahl, beim etwas mehr belasteten Boot kam der Wert auf 78 Prozent, und das noch stärker belastete befand sich mit 97 Prozent an der absoluten Grenze. Noch ein wenig mehr an Zuladung, und es würde überhaupt keine flotte Fahrt mehr aufnehmen, trotz der hohen Motorleistung. Es sei ausdrücklich betont, daß der Einbau in den Motorkreuzer allein zu Versuchszwecken vorgenommen wurde. Eine Strahlpumpe mit größerer Fördermenge und niedrigerer Drehzahl, also mit größerem Impeller-Durchmesser, würde sich bedeutend günstiger verhalten. Zur Auswahl des Strahlantriebs ergibt sich eine geradezu ungeahnte Ähnlichkeit mit der normalen Schiffsschraube. Schwere Boote mit kleinen, schnellaufenden Schiffspropellern auszurüsten führt zu einem enttäuschend geringen Wirkungsgrad. Dieser verbessert sich um so mehr, je langsamer die Motordrehzahl gewählt wird und je größer der Durchmesser des dazugehörigen Propellers ausfällt. Genau dasselbe gilt für das Pumpwerk des Wasserstrahlantriebs!

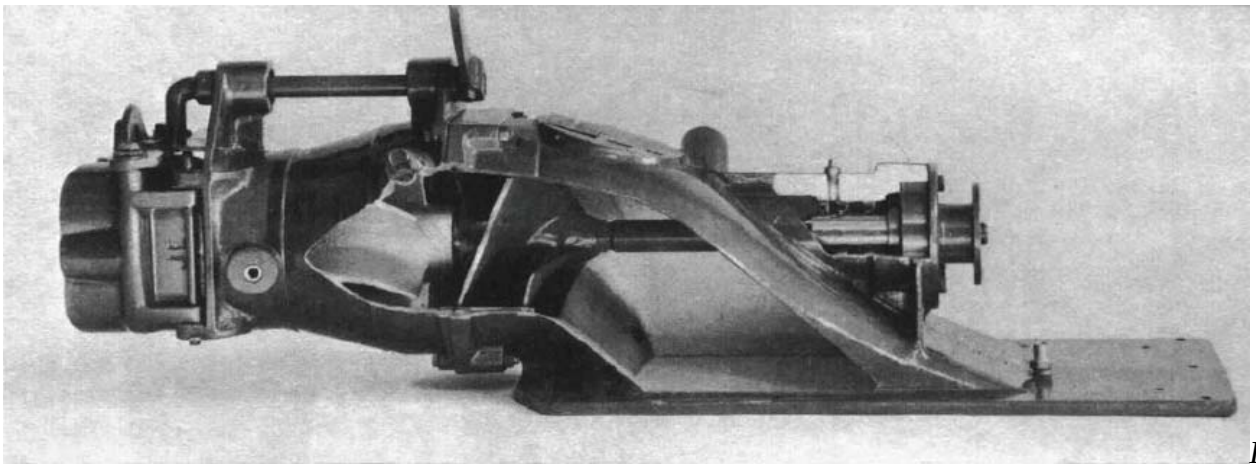


Foto 85 Querschnitt durch die einstufige Colorado-Junior-Axialpumpe von Hamilton. Für größere Motorleistungen baut Hamilton zwei- und dreistufge Pumpwerke. Foto: Mannering & Donaldsun

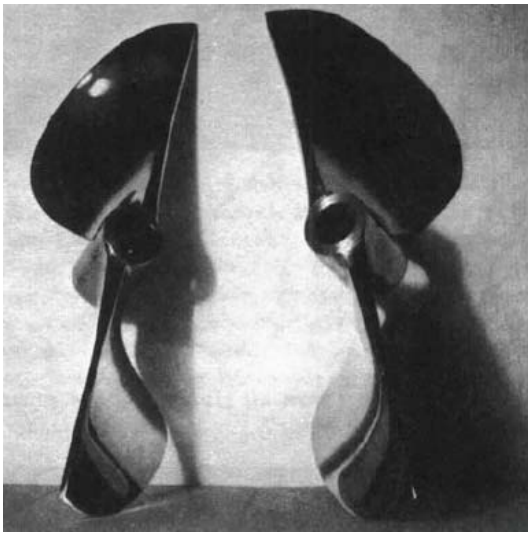


Foto 86 Zweiflügelige, handgeschmiedete Stahl-Propeller für Rennboote von Record-Propellers,

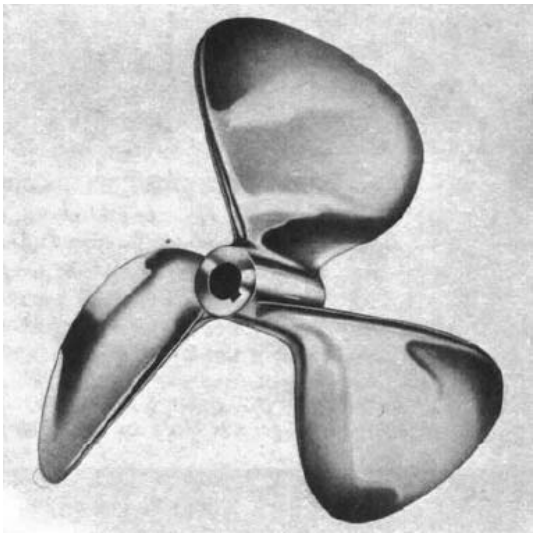


Foto 87 Drei-Flügel-Propeller für schnelle Sportboote der Firma Michigan Wheel Co. Lugano (Schweiz).

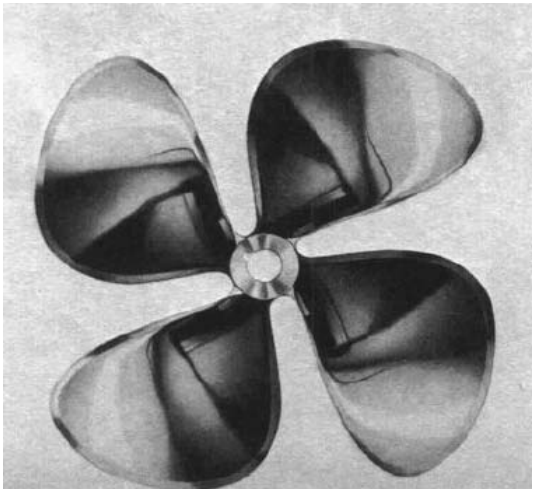


Foto 88 Vier-Flügel-Propeller für schnelle Motor-kreuzer, Modell Dyna-Quad der Firma Michigan Wheel Co.
Fotos: Michigan Wheel Co.

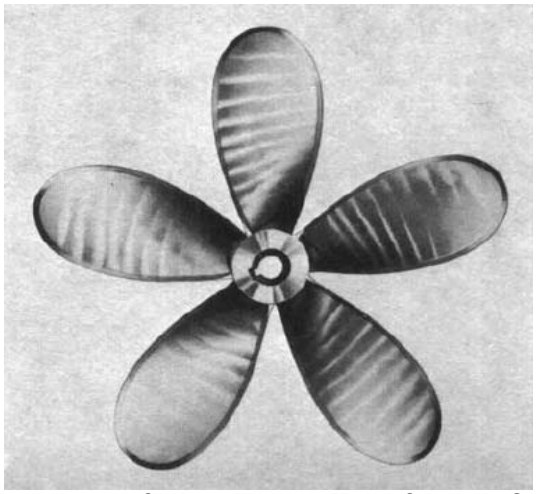


Foto 89 Fünf-Flügel-Propeller für größere Motorkreuzer und Passagierboote zur Erzielung besonders ruhigen Laufs

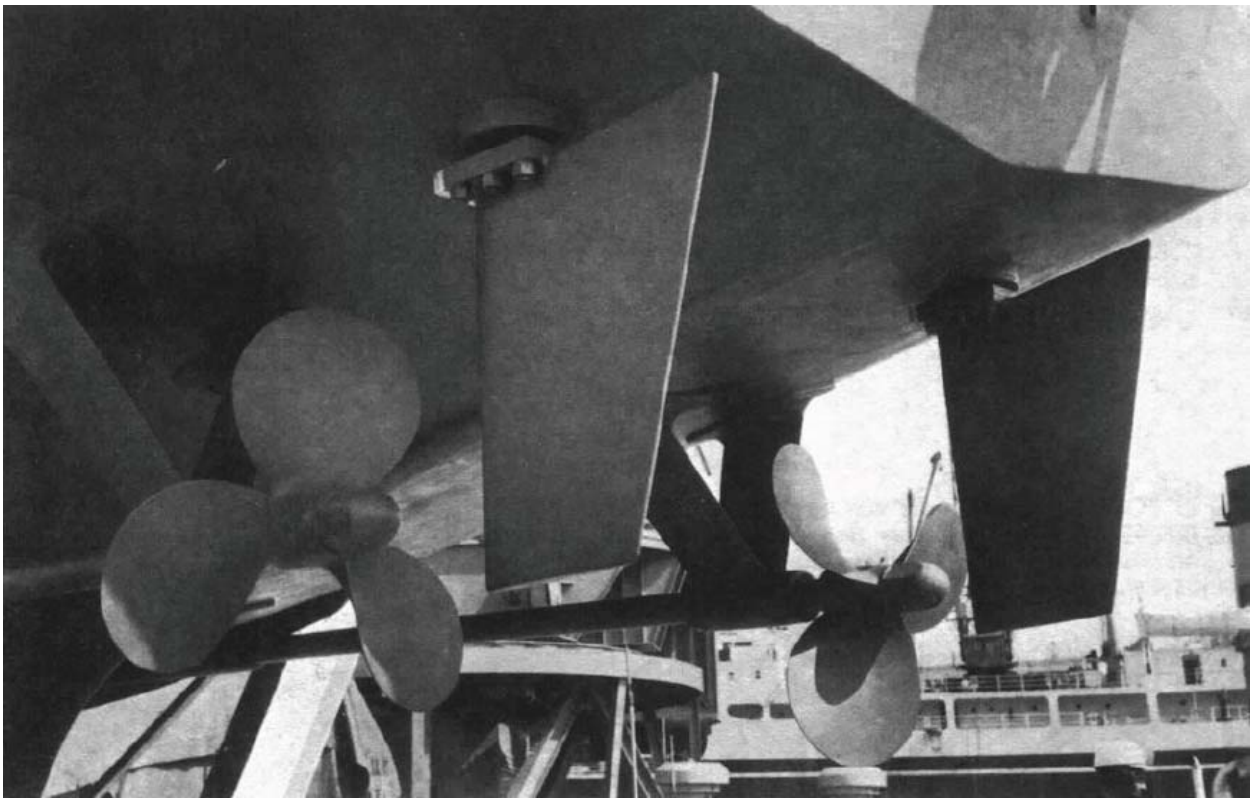
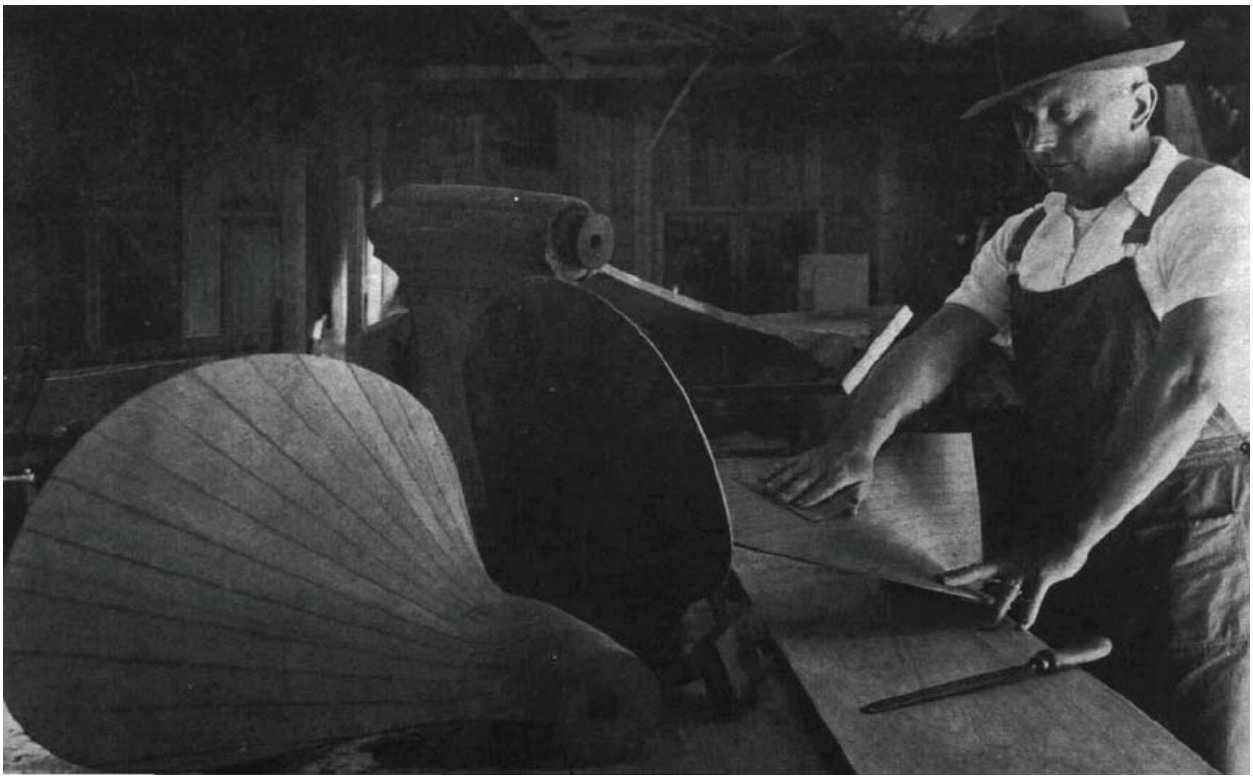


Foto 90 Heckansicht der Motoryacht „Dufresne", siehe Foto 21. An den beiden Schweberudern erkennt man die Flanschverbindung, um die Ruder zwecks leichteren Ausbaues der Wellen rasch abmontieren zu können. Bauwerft: Max Carter, Auckland. Foto: Sea Spray, Auckland

Foto 91 Wenn größere Einzelpropeller benötigt werden, fertigt man als Gussmodell nur einen Propellerflügel aus Holz an. Dahinter ein halbfertiges Wellenbock-Modell. Werftfoto Baader



Trotzdem ist nicht unwahrscheinlich, dass in Zukunft auch Großausführungen von Wasserstrahlantrieben auftreten, allerdings zunächst auf Sondergebieten. Man denkt dabei an sehr große seegehende Tragflügelboote, und zwar für Geschwindigkeiten über 150 km/h. Bei den benötigten hohen Leistungen wird die heute angewandte mechanische Kraftabwinkelung hinunter zum Propeller riskant, außerdem leidet der Schraubenpropeller stark unter Kavitationen. Man glaubt, eine Einheit von Gasstrahltriebwerk und Wasserpumpe schaffen zu können, die unter solchen Sonderbedingungen den normalen Schraubenwirkungsgrad erreicht oder sogar noch übertrifft,

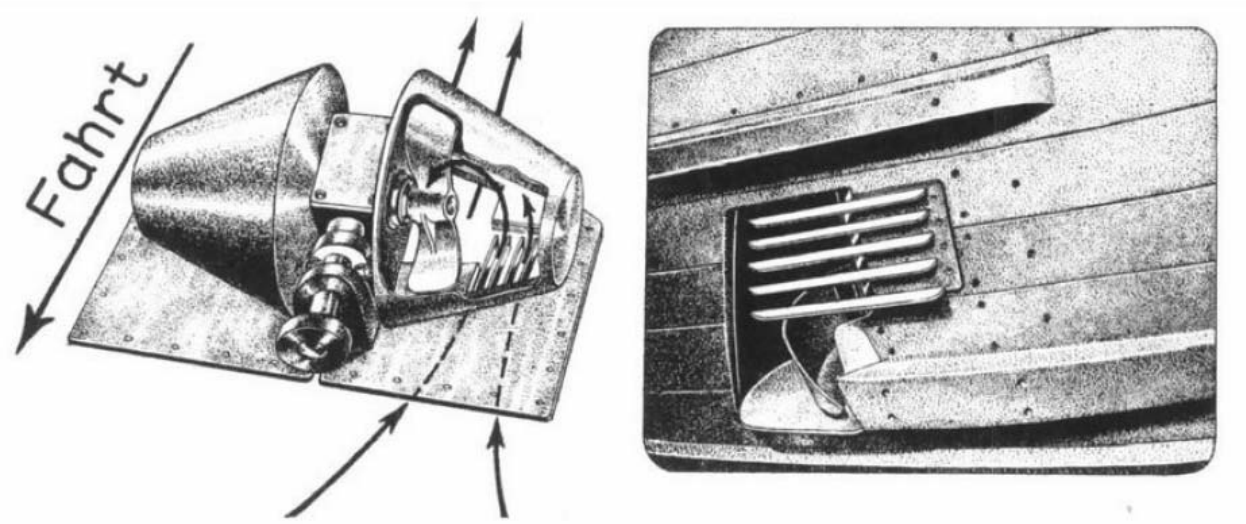


Abb. 165 Nach dem Prinzip: keine Anhänge unter dem Boden, wurde in England schon vor vielen Jahren der Hotchkiss-Cone-Propeller hergestellt. Der Antrieb liegt vollkommen im Schiffsinneren und hat sich an flachgehenden, langsamen Booten für seichte Gewässer bewährt. Baut man zwei solcher Konus-Propeller seitlich auf $^2/_3$ Schiffslänge ein, so kann das Schiff mit diesen sogar gesteuert werden. Der Wirkungsgrad reicht allerdings nicht an denjenigen einer normalen Schiffsschraube heran. Zeichnung: 0. Mikhno

Grundsätzliches zum Wasserstrahlantrieb

1. In kleinen, leichten Booten erzielt der schnell laufende Strahlantrieb dieselbe Geschwindigkeit wie ein Schraubenpropeller gleicher Drehzahl und Leistung. Ein langsam laufender, großer Schiffspropeller kann niemals durch eine schnell laufende, kleine Strahlpumpe ersetzt werden.
3. Es gilt als bedeutendster Nachteil des Wasserstrahlantriebs, dass die Geschwindigkeit nicht proportional zur Drehzahl steigt und fällt.
4. Bei zu flacher Bootsform sowie in scharfen Kurven kann Luft in die Ansaugöffnung gelangen, wobei sofort die Schubleistung abfällt.
5. Kavitationsprobleme treten noch häufiger auf als an normalen Schiffspropellern, zum Teil wegen des Stabgitters in der Ansaugöffnung, das die Zuströmung verwirbelt.
6. Korrosion stellt eine grössere Gefahr dar als beim normalen Bronzepropeller, speziell in Seewasser.
7. Die Strahlumlenkung zur Erzielung der Rückwärtsfahren ist nicht bei allen Anlagen gleich wirksam.
8. Steuer- und Manövriereigenschaften sind in flotter Fahrt sehr gut, oft sogar verblüffend; in langsamer Fahren manchmal unzureichend.

9. Auf sehr flachem Wasser werden Sand, Schlick und sogar kleine Steine hineingesaugt, die ausnahmsweise sogar den Pumpenimpeller beschädigen.
10. Die vollständig eingebaute Antriebsanlage wird teurer als ein entsprechender Normalantrieb mit Bootswendegetriebe, Welle, Propeller und Ruder.

Abschließend sei erwähnt, dass mehrere Firmen in England Wasserstrahlantriebe für sehr kleine Leistungen herstellen. Solche Antriebe funktionieren ähnlich einem normalen Schiffspropeller, verzichten also auf das Düsenprinzip der bisher beschriebenen hochleistenden Wasserstrahlantriebe. Dementsprechend eignen sie sich für langsame Verdrängungsboote, wo der gefahrdrohende Propeller vermieden werden soll. Solche Kleinanlagen gibt es schon für Leistungen von 2 PS aufwärts. Am häufigsten werden Größen zwischen 5 und 16 PS Antriebsleistung eingebaut.

Luftschraubenantrieb

Auf dem Sondergebiet des Baues schneller Boote wurden Schiffsform und Antrieb viel zu oft rein gefühlsmäßig gewählt, d. h. mit ungenügenden technischen Kenntnissen oder ohne stichhaltige Begründung. So ist auch der Luftschraubenantrieb für schnellen Passagierverkehr mitunter als reines Phantasieprojekt versucht worden. Wenn schon Flugzeuge so hohe Geschwindigkeiten erreichen, so dachte man, warum sollten dann nicht auch Boote mit Luftschraubenantrieb sehr schnell sein.
Dabei trafen gleich zwei Fehler zusammen, nämlich Unkenntnis des Bootswiderstandes im Wasser und Unkenntnis des Wirkungsgrades der Luftschraube. Es gibt jedoch einige Anwendungsgebiete, für die sich die Luftschraube vorzüglich eignet; andernfalls wäre sie in diesem Buch gar nicht erwähnt worden.
In den urwäldlichen Sumpfgebieten Südamerikas, vor allem in Paraguay, aber auch in ähnlichen Gebieten Afrikas bildete der Luftschraubenantrieb oft die einzige Möglichkeit, im dichten, nassen Dschungelgewirr überhaupt vorwärts zu kommen. Einmal wurde uns aus Paraguay ein teilweise zerstörter Propeller zugesandt mit der Bitte, doch einen neuen so genau wie möglich anzufertigen. Glücklicherweise war einer der beiden Flügel nicht so schwer beschädigt, dass er nicht aufgemessen und aufgezeichnet werden konnte. Da wir bereits zahlreiche Holzmodelle für kleinere und größere Schiffspropeller hergestellt hatten, war es uns ein leichtes, einen tadellosen Luftpropeller zu liefern.
Zwei weitere Anwendungsgebiete für Luftpropeller verdienen erwähnt zu werden. In einem eigenartigen Naturgebiet der Vereinigten Staaten, den ausgedehnten Schilfsümpfen Floridas, werden sie sowohl von Parkaufsehern wie von den Entenjägern benutzt, um mit rasanter Geschwindigkeit mehr über Gras und Schilf als über Wasserflächen dahinzubrausen. Sie werden dort Airport genannt, und unter diesen werden neuerdings sogar aufregende Rennen gefahren, siehe Abb. 166. Nicht unähnlich ist der Luftschrauben- Schneeschlitten, der im Winter auf den Seen Amerikas, Kanadas und Alaskas als Sportgerät, aber auch zum Verkehr benutzt wird.
Zu großer verkehrswirtschaftlicher Bedeutung gelangte die Luftschraube bei den modernen Luftkissenfahrzeugen. Die echten Schwebefahrzeuge, zum Unterschied vom Seitenwand-

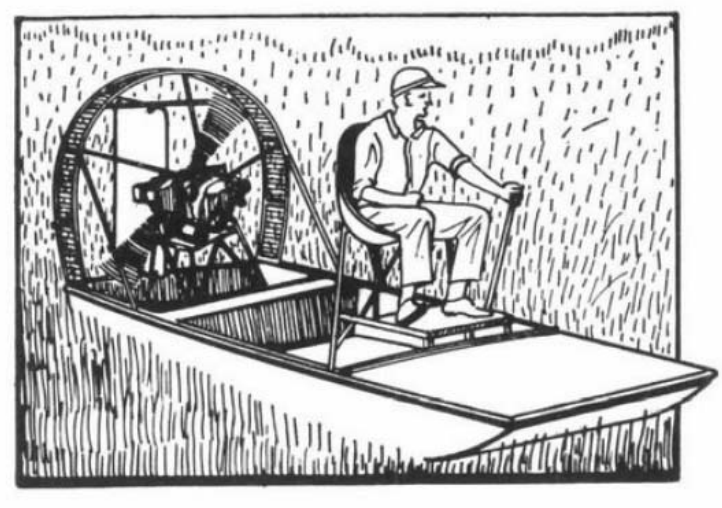


Abb. 166 Das Luftschraubenboot eignet sich für die Fahrt über große Sumpfflächen ohne brauchbares Wasser. Das hier gezeigte Air-boat wird in den ausgedehnten Sumpfgebieten Floridas sowohl von den Parkaufsehern wie von den Sportlern benutzt, ja, es werden damit sogar Luftbootrennen veranstaltet.

Luftkissenboot, haben keinerlei direkten Kontakt mit dem Wasser und können deshalb auch nicht von Schiffspropellern angetrieben werden. Für sie gibt es nur zwei Alternativen: entweder der Luftpropeller sichtbar oder als Ventilator verkappt oder der direkte Antrieb durch ein Gasstrahl-Triebwerk. Da das Strahltriebwerk wegen der sehr hohen Austrittsgeschwindigkeit der Gase und der relativ niedrigen Geschwindigkeiten der Luftkissenboote vorerst keinen annehmbaren Wirkungsgrad erzielt, wird fast nur der Luftschraubenantrieb verwandt.
Ein Flugzeugpropeller kann durchaus denselben Wirkungsgrad eines Schiffspropellers erreichen und in sehr hoher Fahrt sogar übertreffen. Die Dichte des Wassers ist jedoch 810mal so groß wie die der Luft, und so ergeben sich für den Luftpropeller wesentlich andere Verhältnisse, Damit eine Luftschraube zu voller Wirksamkeit kommt, müssen drei Voraussetzungen erfüllt werden:

a) sehr hohe Geschwindigkeit des Bootes,
b) gemäßigte Antriebs-Drehzahl,
c) großer Propellerdurchmesser.

Wollte man ein Sportboot, etwa nach Art des in Abb. 167 dargestellten, mit einem Motor von 100 PS Leistung bei 3000 U/min mittels einer Luftschraube antreiben, so würde man nur einen Wirkungsgrad von 42 Prozent erreichen, wozu ein Schraubendurchmesser von rund 2,10 m gehört. Ein Schiffspropeller für den gleichen Motor würde einen Wirkungsgrad von 58 Prozent erreichen, und zwar mit einem Durchmesser von nur 0,33 m. Man wende also die Luftschraube überall dort an, wo sie spezifische Vorzüge hat, vor allem dort, wo Wasser nur in ungenügender Form vorhanden ist. Dann aber mache man sich mit einigen recht sonderbaren Unterschieden zum Schiffspropeller vertraut. Ist ein Flugzeug erst einmal aufgestiegen, so hat der herrschende Wind keinerlei Einfluss mehr auf den Antrieb, denn tragendes Medium und antreibendes Medium sind ein und dasselbe, nämlich Luft. Herrscht Rückenwind, so wird dieser von den auf Pitotröhrchen beruhenden Geschwindigkeitsmessern nicht angezeigt und auch von Motoren und Propellern nicht als Hilfe empfunden. Dasselbe gilt bei Gegenwind, der ebenfalls von Motoren und Propellern nicht als widerstandserhöhend bemerkbar ist. Flugzeug und Propeller verhalten sich in jedem Falle so, als bewegten sie sich in völliger Windstille. Stärke und Richtung des Windes kann nur durch Bodenbeobachtung festgestellt werden. Er wird zur Geschwindigkeit des Flugzeugs summiert oder abgezogen, oder der seitliche Effekt wird durch Kursänderung korrigiert.

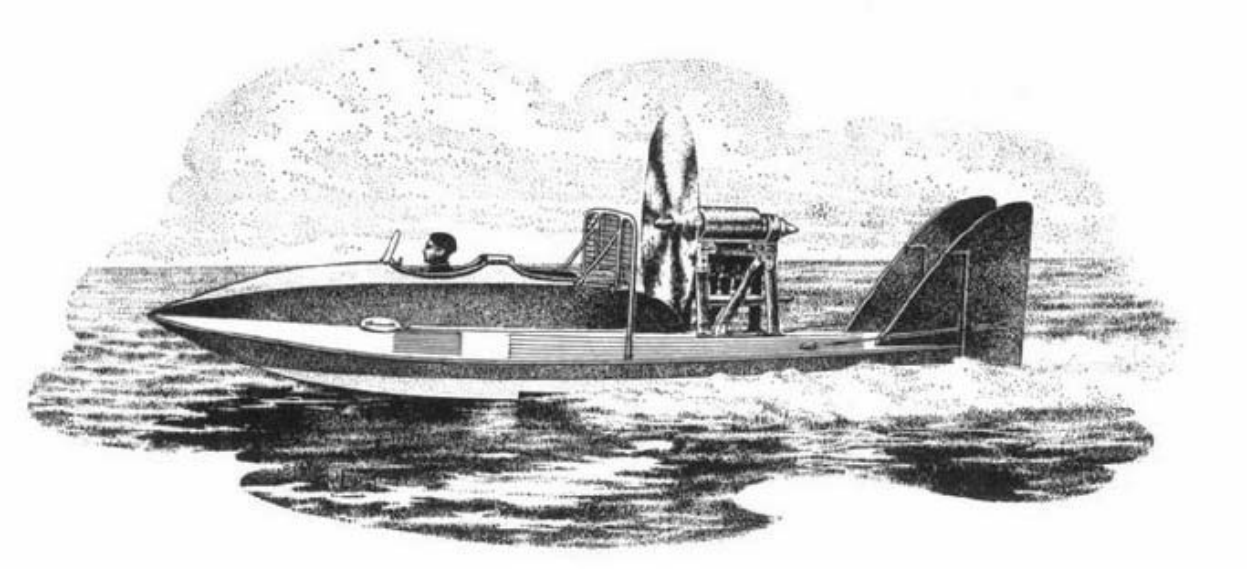


Abb. 167 Sobald starker Mit- oder Gegenwind herrscht, entstehen bei Luftschraubenantrieb eigenartige Verhältnisse, die nicht mit dem Flugzeugbetrieb vergleichbar sind. Das hier gezeigte Boot wurde in größerer Zahl in England unter dem Namen Davies Hydroglider gebaut.
Zeichnung: 0. Mikhno

Nicht so beim Bootsantrieb durch Luftpropeller. Bei starkem Gegenwind ist es dem Luftpropeller fast unmöglich, das Boot überhaupt vorwärts zu bewegen, obwohl der Propeller bereits von selbst eine höhere Drehzahl annimmt. Es ist für den Luftpropeller ebenso, als wenn man versuchte, eine abwärtsgehende Rolltreppe hinaufzusteigen. Auch den Rückenwind kann das Luftschraubenboot im Gegensatz zum Flugzeug nicht ausnutzen, weil der Bootswiderstand im Wasser viel zu machtvoll ansteigt. Das Flugzeug dagegen wird von der Luft selbst getragen und spürt keinerlei Widerstandsänderung durch den herrschenden Wind. Schließlich kommt hinzu, dass die große Luftschraube stets ein Gefahrenmoment darstellt.
Sie wird deshalb von einem Gitterwerk oder Käfig umgeben, dessen Luftwiderstand auch noch überwunden werden muss. Und als letztes: Beim Ablegen von der Brücke wird ein heftiger Propellerwind gegen die dort zurückbleibenden Personen ausgestoßen, die dadurch sogar ins Wasser geworfen werden können.
Noch einige Worte zu den sportlichen Luftschraubenbooten, wie sie in Floridas Sümpfen über Gras und Schilf dahinbrausen. Deren Bootskörper werden in ganz unkomplizierten Formen gebaut, die einem flachen Prahm ähneln. Sie ist in der Zeichnung recht gut erkennbar. Viele Selbstbauer fertigen sich diese einfachen Bootskörper aus wasserfestem Sperrholz. Als geringste Länge wird ein Maß von 3,65 m ü. a. ausgeführt. Die Mehrzahl der Luftboote besitzt Längen zwischen 4,50 und 5,50 m, wozu eine Breite von 1,80 in als angemessen gilt.
Zum Antrieb werden kleine Flugmotoren gewählt, deren Leistung zwischen 65 und 85 PS liegt. Die Boote dienen sowohl der Naturschutzbehörde wie den Jägern. Ja, es wurden sogar einige Klassenvorschriften für den eigenartigsten Rennsport der Welt aufgestellt: Sumpfrennen mit Luftschraubenbooten!
Der seit Mitte der zwanziger Jahre immer wieder aufgetretene Traum, gut zahlende Passagiere in Luftschraubenbooten mit bequemen Kabinen über die langen Flussstrecken Amerikas oder Afrikas mit hoher Geschwindigkeit zu befördern, endete noch immer in einem technischen sowie finanziellen Fiasko. Er wurde erst durch das Tragflügelboot zur Wirklichkeit. Doch welcher Antrieb bewährte sich bei diesem? Der normale Schraubenpropeller.

Der unübertroffene Schraubenpropeller

Noch vor zweihundert Jahren gab es keinen praktisch anwendbaren mechanischen Schiffs-antrieb. Mit Wind und Segeln hatte Europa alle Winkel der Welt entdeckt und Kolonien angelegt, und es schien, als ob es keine andere Möglichkeit gäbe, die Meere zu befahren. Als dann schließlich im Jahre 1801 in Schottland das erste erfolgreiche Dampfschiff namens CHARLOTTE DUNDAS erschien, besaß es ein Schaufelrad zur Übertragung der Maschinen-kraft aufs Wasser.
Ein derartiger Schaufelradantrieb galt während vieler Jahre als das einzige praktische Propulsionselement. Sogar eine Anzahl von Überseeschiffen aus der Frühzeit der Dampf-maschine, einschließlich der berühmten GREAT EASTERN des Jahres 1858, wurde durch Schaufelräder in Fahrt versetzt. Auch heute noch behauptet sich das verbesserte Schaufelrad für bestimmte Sonderzwecke, nämlich zum Schlepperantrieb auf flachen Strömen. Es fehlte bereits vor 1800 nicht an Vorschlägen, eine Art von Schraubengewinde oder Spindel zum Schiffsantrieb zu verwenden. Die erste echte Schiffsschraube wurde vom amerikanischen Obersten John S. Stevens gewissermaßen nebenbei und ohne Aufhebens erfunden. Mit seinen der Zeit voraus-eilenden kleinen Dampfschiffen begründete Stevens eine lange Familientradition mehrerer Generationen tüchtiger Schiffbauer. Noch ehe Fultons CLERMONT in Betrieb kam, baute Stevens sein erstes Dampfschiff von 25 m Länge. Zum Antrieb verwandte er nicht etwa das Schaufelrad, sondern eine wirkliche und erstaunlich richtig proportionierte vierflügelige Schiffsschraube. Das war im Jahre 1804! Es ist dies die erste in den praktischen Betrieb gekommene Schiffsschraube überhaupt. Im Jahre 1805 baute er ein zweites Schiff und rüstete es mit einem Dampfkessel von größerer Leistung aus. Wahrscheinlich hatte es ihn beim ersten Dampfschiff gestört, dass die sich drehende Schiffsschraube als Reaktion auf das Drehmoment dem fahrenden Schiff eine Krängung erteilte. Jedenfalls wandte er ein sinnreiches Zahnradgetriebe an, um mit einer einzigen Dampfmaschine zwei Schiffswellen anzutreiben, die auf zwei gegenläufige Schraubenpropeller arbeiteten. So entstand das erste Zweischraubenschiff der Welt! Eigenartigerweise war Stevens von der Zukunft des Schraubendampfers nicht so recht überzeugt, so dass sein nachfolgendes Dampfschiff des Jahres 1807 einen Schaufelradantrieb erhielt.
Der Schraubenpropeller von Oberst Stevens blieb in Europa unbekannt. Er wurde dort völlig unabhängig neu erfunden. Die erste europäische Ausführung stammt vom österreichischen Forstmeister Josef Ressel, Seine Schraube wurde am Schiff CIVETTA erprobt, das bei 48 Tonnen Raumgröße von einer 6 PS leistenden Dampfmaschine angetrieben wurde. Die Probefahrt fand im Jahre 1829 vor Triest statt, wo trotz der geringen Leistung die beachtliche Geschwindigkeit von 11 km/h erreicht wurde. Doch nun, 25 Jahre nach der amerikanischen Erstausführung, war die Zeit zur intensiven Entwicklung der Schiffsschraube herangereift. Im Jahre 1835 erhielt Sauvage in Frankreich ein Patent für seine Schiffsschraube. Ein Jahr später werden gleich zwei Schrauben-

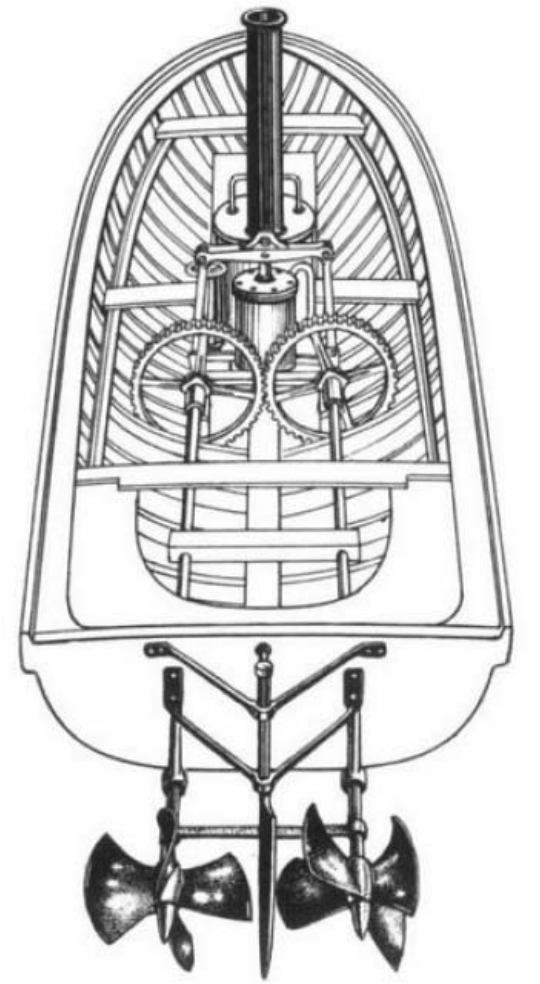


Abb. 168 Verschiedene Namen werden mit der Erfindung des Schraubenpropellers in Verbindung gebracht. Es steht fest, dass die erste erfolgreiche Ausführung vom amerikanischen Obersten John S. Stevens aus dem Jahre 1804 stammt. Bereits im Jahr später (1805) führte er eine Doppefschraubenanlage aus, die in nebenstehendem Bild dargestellt wird.

erfindungen patentiert, nämlich von Francis Pettis Smith in England und von Kapitän Ericson in Schweden. Bereits im Jahre 1840 lief ein mit Schraubenantrieb versehenes englisches Schiff den Hafen von Triest an, nur 11 Jahre nach Ressels Versuchsfahrt an der gleichen Stelle.

Die ursprüngliche Schraube Ressels besaß nur einen einzigen Gang, man könnte sagen, nur einen einzigen Flügel, der anderthalb Umdrehungen eines Gewindes darstellte. Damals gab es keine ausreichenden Grundlagen für irgendwelche Berechnung, und aus diesem Grunde wird wohl auch Oberst Stevens seine so geglückten vierflügeligen Propeller nicht weiterentwickelt haben. Als der obengenannte Smith seine zweiflügelige Schraube 1836 auf der Themse ausprobierte, brach durch Grundberührung ein Teil des einen Flügels ab. Kurz entschlossen schnitt er auch den heilen Flügel etwas kleiner, und siehe da, zur großen Verwunderung aller Beteiligten erreichte das Schiff mit kleinerem Schraubendurchmesser eine höhere Geschwindigkeit. Im darauf folgenden Jahre wagte Smith sich aufs Meer und konnte dabei feststellen, dass der Schraubenpropeller trotz aller Zweifler auch bei Sturm und Seegang über alle Erwartungen gut funktionierte. Wieder ein Jahr später, im Jahre 1838, vollbrachte das kleine, nur 21 m lange Dampfschiff STOCKTON eine Überquerung des Atlantiks von England nach den Vereinigten Staaten. Dadurch wurde öffentlich vor der Neuen Welt bewiesen, dass der Schraubenantrieb wohl geeignet war, Schiffe auf hoher Sec erfolgreich anzutreiben.

Die Erfindung der Schiffsschraube war von der Vorstellung ausgegangen, dass durch diese der Schiffskörper vorwärtsgeschraubt würde. In vielen Köpfen hält sich diese Vorstellung bis heute noch aufrecht; sie ist jedoch vom physikalischen Standpunkt nicht zulässig. Der Schraubenpropeller arbeitet gleich einer Pumpe, die Wasser von einer Seite ansaugt und

es mit Beschleunigung zur andern Seite wieder ausstößt. Diese Aktion der Pumpe auf das Wasser erzeugt als Reaktion einen Vorschub auf das Boot.
Das Flügelprofil eines Flugzeugs arbeitet unter einem Anstellwinkel, um durch Ablenkung der Luft den gewünschten Auftrieb zu erzeugen. Ganz ähnlich arbeitet jeder Flügel eines Schiffspropellers. Er stellt ein hydrodynamisches Profil dar, das unter einem Anstellwinkel zur Wasserströmung arbeitet, diese ablenkt (oder beschleunigt) und dadurch Vorschub erzeugt. Somit besitzt jeder Propellerflügel eine Druckseite, ähnlich der Unterseite des Flugzeugflügels. In gleicher Weise hat jeder Flügel auch eine Anschnittkante und eine austretende Kante.

Steigung Ein wichtiges Merkmal des Propellers ist seine Steigung. Vollführt ein Propeller eine volle Umdrehung, so kann man die Entfernung messen, um die er sich vorwärtsschrauben würde, wenn das Wasser nicht weichen oder nachgeben würde. Das gedankliche oder auch geometrische Fortschreiten ist gleich der Länge eines Gewindeganges, von dem der Flügel einen Teil bildet. Diese Entfernung oder Wegstrecke nennt man Steigung. Man ist übereingekommen, die Steigung an der Druckseite des Propellers zu messen. Zwar entspricht diese Vorstellung nicht genau den Tatsachen, doch vereinfacht sie wesentlich die praktische Ausführung sowie die kontrollierende Vermessung.

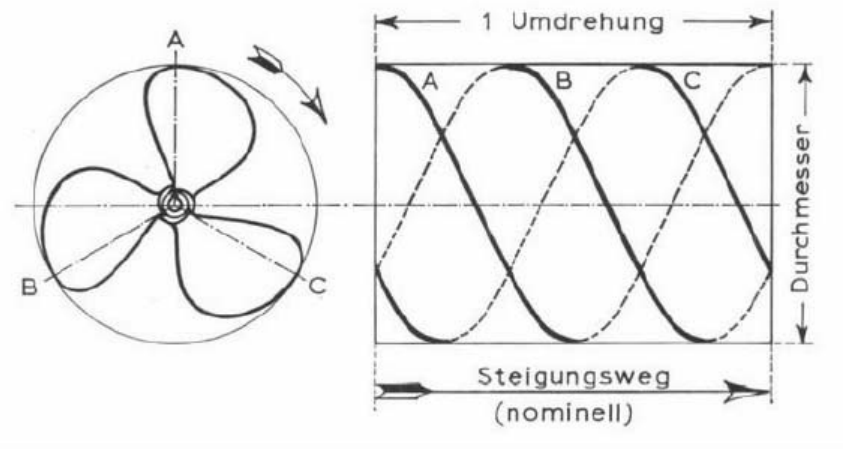


Abb. 169 Unter Steigung eines Propellers versteht man den Weg, den dieser bei einer ganzen Umdrehung
zurücklegen müsste, wenn das Wasser nicht weichen würde. Der Ausdruck nominell besagt, dass die
Steigung an der leicht meßbaren Druckseite gemessen wird, die man als nominelle Steigung bezeichnet.

Slip Sobald ein Propeller unter dem Schiff Vorschub erzeugt, stellt sich ein Wegverlust ein: Das Schiff kommt nicht ganz um so viel voraus, wie der Propeller sich allein und ohne Belastung voraus schrauben würde. Im Wasser entsteht bei Belastung des Propellers ein Schlupf oder Slip. Er stellt den Unterschied zwischen der rechnerischen Strecke, d. h. Steigung mal Drehzahl, und der tatsächlich zurückgelegten Strecke dar. Oberflächlich betrachtet ist es der Anteil des Ausweichens des Wassers. Von manchen Praktikern wird er als Verlust angesehen. Gäbe es keinen Slip, so würde auch kein Anstellwinkel zwischen Schraubenflügel und Wasser-strömung gebildet werden. Folglich würde die Strömung nicht abgelenkt oder beschleunigt werden, und es könnte kein Auftrieb oder Vorschub entstehen.

Die Bezeichnung Schlupf oder Slip ist nur eine rechnerische Krücke, die dem schnellen Überschlag wie der praktischen Ausführung nützlich ist. Sie entbehrt jedoch der theoretischen Begründung.
Ohne Anstellwinkel oder Slip ist kein Vorschub möglich. Da Slip aber keineswegs Verlust bedeutet, darf man auch nicht nach der Schraube mit dem geringsten Slip unter dem Schiff suchen. Sie hätte einen sehr schlechten Wirkungsgrad. Man kann den *günstigsten Slip* für jeden Einzelfall rechnerisch vorbestimmen. Er liegt fast nie unter 15 Prozent des gedanklichen Weges der Schraubensteigung, meist um 30 und leider oft genug zwischen 40 und 50 Prozent. Wohlgemerkt, es ist der günstigste Slip gemeint, bei dem der Propeller den höchsten Wirkungsgrad unter den gegebenen Umständen erreicht. Diese sind oft sehr nachteilig, besonders wenn für langsame Fahrt eine zu hohe Wellendrehzahl an den Propeller geliefert wird.

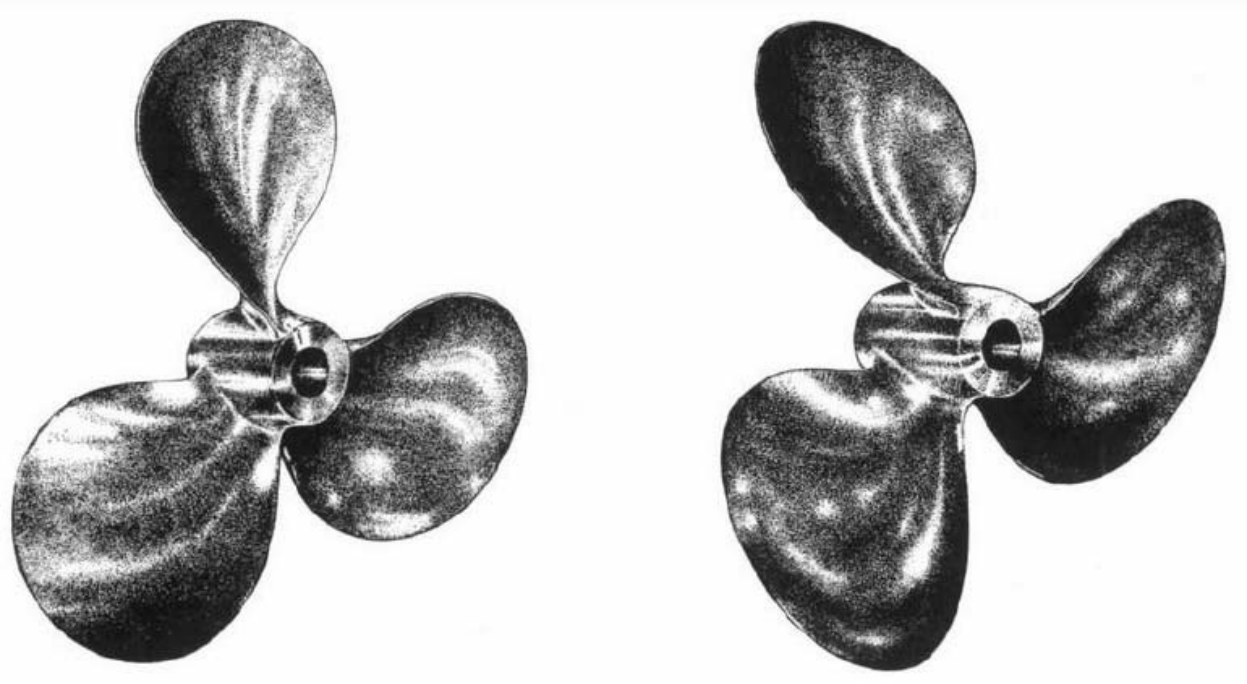


Abb. 170 Zwei häufig angewandte Flügelumrissformen. Links ein dreiflügeliger Propeller mit ovalem Flügelumriss, rechts ein unsymmetrischer Flügelumriss für milderes Durchschlagen des Totwasserstreifens hinter dem Wellenbock oder dem Achtersteven.
Zeichnung: 0. Mikhno

Hat ein Propeller beispielsweise eine Druckseiten-Steigung von 50 cm und dreht mit 1000 U/min, so ist sein rechnerischer Fortschritt = 500 m/min = 30 000 m/h = 30 km/h. Erreicht das Boot statt dessen eine wirkliche Geschwindigkeit von 21 km/h, so beträgt der Unterschied bzw. der nominelle Slip = 30 Prozent. Diese Zahl lässt nicht erkennen, ob der Propeller günstig oder ungünstig arbeitet. Durch Kontrollrechnung kann jedoch der günstigste Slip ermittelt werden oder, was der Praktiker meistens tut, durch Auswechseln und Messfahrten mit mehreren Schrauben verschiedener Steigungen. Es wird immer wieder behauptet, dass der richtige Propeller nur durch aufeinanderfolgende Versuche herauszufinden ist. Wenn allerdings zu viele Unbekannte vorliegen, wenn die genaue Verdrängung, die wahrscheinliche Geschwindigkeit, die wahre Motorleistung am Propeller nur ungenau gegeben sind, kann auch eine gewissenhafte Berechnung kein zu-

treffendes Ergebnis liefern. Zweifelhafte Unterlagen zerstören die Basis selbst der sorgfältigsten Berechnung. Wären Schiffswiderstand und Motorleistung genau bekannt, ebenso die Strömungsverhältnisse im Arbeitsfeld des Propellers, so würde der optimale Propeller bereits bei der ersten Berechnung gefunden werden. Da diese Werte kaum jemals vollständig vorliegen, muss in manchen oder sogar vielen Fällen nach der ersten Probefahrt eine *kleine* Korrektur am Propeller vorgenommen werden. Ob und wie viel, das hängt einzig und allein davon ab, welche Summe von Erfahrungen der Rechnende besitzt, um den Mangel an genauen Schiffsunterlagen zu überbrücken.
Es sei ausdrücklich hervorgehoben, dass die Propellerberechnung immer dann einwandfreie Ergebnisse liefert, wenn Motorleistung, wahre zu erwartende Geschwindigkeit sowie die übrigen Propulsionsverhältnisse genau bekannt sind.

Flügelzahl Jede Schiffsschraube besitzt einen leicht zu messenden Durchmesser, eine zentrale Nabe und von dieser ausgehend mehrere Flügel. Am häufigsten wird der dreiflügelige Propeller verwandt, dessen vorzügliche allgemeine Eignung und guter Wirkungsgrad anerkannt sind.
Die Flügelzahl hat nur wenig mit dem Propellerwirkungsgrad zu tun. Es ergeben sich feine Unterschiede, etwa in dem Sinne, dass man sehr niedrig belastete Propeller für hohe Geschwindigkeiten zweiflügelig wählt, normalbelastete dreiflügelig und hochbelastete für langsame Fahrt vierflügelig. Da jedoch der Unterschied im Wirkungsgrad so gering ist, dass er in vielen Fällen vernachlässigt werden kann, entscheidet man über die Flügelzahl oft nach anderen Gesichtspunkten. Einer der wichtigsten unter diesen ist die Verminderung der vom Propeller hervorgerufenen Vibrationen im Heck des Schiffes. Kavitationsvermeidung kann ein weiterer Grund sein. Ein dritter liegt bei Segelyachten vor, wo ein zweiflügeliger Propeller hinter dem Totholz fast verschwindet und dann bei Fahrt unter Segel am wenigsten stört.
Man stelle' sich einen grossen, zweiflügeligen Propeller hinter dem Totholz einer Segelyacht vor. Bei Fahrt unter Motor schlagen beide Flügel gleichzeitig in den Totwasser-

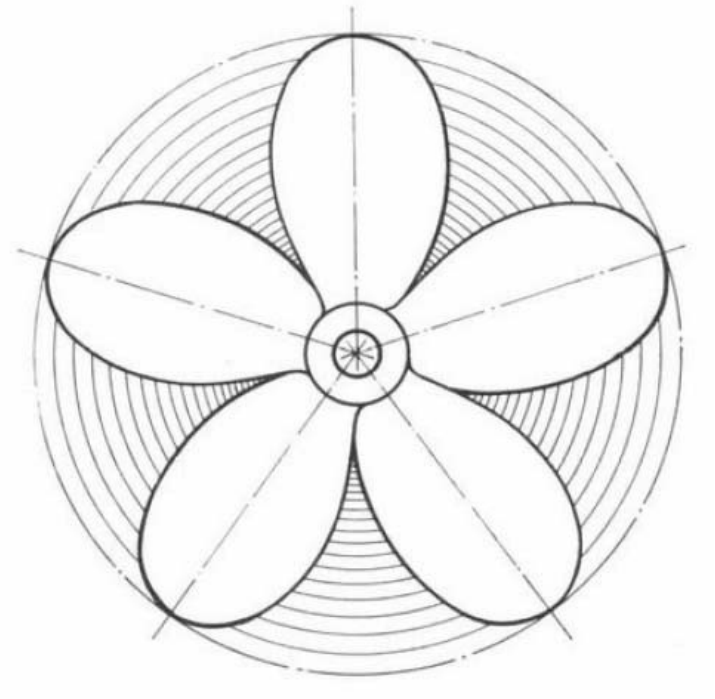


Abb. 171 Seit einigen Jahren werden an Motorkreuzern auch fünfflügelige Propeller zur Milderung der Vibrationen im Heck verwandt. Im Großschiffbau sind aus gleichen Gründen schon sechsflügelige Propeller angesetzt worden.

streifen hinter dem Schiff. Dadurch entsteht eine plötzliche heftige Störung der Anströmung zum Propeller, die sich in eine starke Erschütterung des Schiffes umsetzt, und zwar bei jeder Umdrehung zweimal mit vollem Propellerschlag. Würde man stattdessen einen dreiflügeligen Propeller verwenden, so ginge abwechselnd ein Flügel am oberen Totwasser vorbei, danach ein anderer am unteren. Statt zweier Vollschläge entstehen bei einer Umdrehung sechs Drittelschläge, die nur ein Drittel der Vibration des zweiflügeligen Propellers hervorrufen.
Auf größeren Motorkreuzern wird heute gern ein vier- oder sogar fünfflügeliger Propeller verwandt, weil unter einem flachen Boden stets ein Störbereich existiert, der Vibrationen hervorruft. Vor dem Propeller liegt seine Antriebswelle, gewöhnlich von einem zweiarmigen Wellenbock getragen; auch derartige Anhänge ziehen eine Totwasserschleppe hinter sich her. Wechselt man einen dreiflügeligen Propeller gegen einen fünfflügeligen aus, so wird man eine geradezu auffallende Minderung der Vibrationen am Heck feststellen. Doch lasse man sich nicht von der kühnen Behauptung irreführen, dass mindestens die gleiche, vielleicht sogar eine etwas höhere Geschwindigkeit erzielt wird. Selbst vorgeführte Beispiele entbehren der Beweiskraft, weil viele in Gebrauch befindliche Propeller nicht die optimalen Abmessungen haben und verbesserungsfähig sind. Selbstverständlich erreicht ein gut bemessener Fünf-Flügel-Propeller den gleichen oder sogar noch besseren Vortrieb wie ein schlecht passender Drei- oder Vier-Flügel-Propeller. Der Verlust an Wirkungsgrad durch fünf Flügel ist aber so gering, dass er vernachlässigt werden kann. Bei höchster Fahrt werden kaum 1 bis 2 Prozent Leistung geopfert, um die lästigen Vibrationen weitgehend zu mindern.
Solche und noch größere Flügelzahlen werden auch im Großschiffbau immer häufiger angewandt, und zwar aus zwei gleich wichtigen Gründen. Einerseits entstehen bedeutend weniger Vibrationen, andererseits weicht man den kritischen Drehschwingungen in der Wellenleitung aus. Selbst überdimensionierte Schiffswellen erlitten oft Brüche als Folge kritischer Drehschwingungen, doch bei kleinen, schnellen Booten mit ihren dünnen, elastischen Wellen tritt ein solches Versagen nicht auf.

Flügelumriss Die Umrissform des Flügels hat keinerlei messbaren Einfluss auf den Wirkungsgrad, sofern man nicht bis zur äußersten Verfeinerung geht. Der ovale Flügelumriss ist ebenso günstig wie der unsymmetrische in seinen verschiedenen Abwandlungen. Letzterer zielt darauf hin, die Eintrittskante derart auszubilden, dass der Schlag des Flügels in den Totwasserstreifen möglichst mild, d. h. zeitlich auseinandergezogen stattfindet.

Flügelfläche Ähnliche Gesichtspunkte gelten für die Größe der Flügelfläche. In zugehöriger Zeichnung, Abb. 172, wurden vier Propeller aus einer Serie dargestellt, die alle den gleichen, auf gemildertes Einschlagen zielenden unsymmetrischen Flügelumriss aufweisen. Nur die Größe der Flügelfläche ändert sich und reicht vom schmalflügeligen bis zum großflächigen Propeller. An jedem Propeller erkennt man zunächst die so genannte projizierte Flügelumrissform. Außerdem wurde am oberen Flügel die abgewickelte Flügelform gezeigt, die natürlich breiter ist als die erstere. Ebendort erkennt man auch eine Anzahl von Flügelschnitten.
Die Flächengröße der Propellerflügel ohne Nabe wird stets auf den Inhalt der ganzen Kreisfläche bezogen. In diesem Falle wurde die projizierte Flügelfläche als Vergleichsmaßstab gewählt, man kann jedoch auch die abgewickelte benutzen. Der Propeller mit

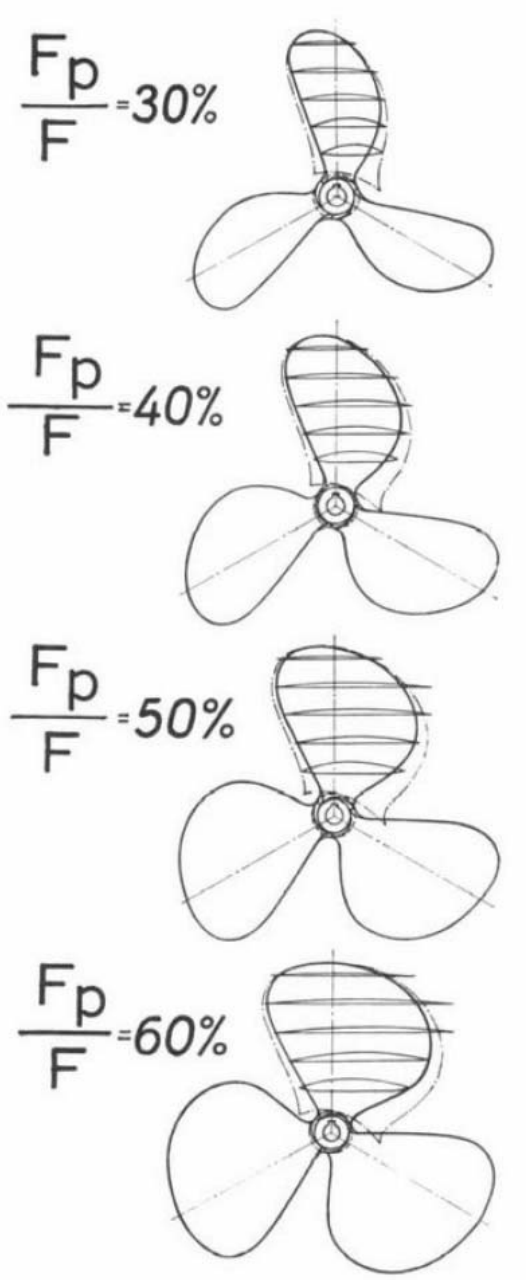


Abb. 172 Unsymmetrischer Flügelumriss in verschiedenen Flächenverhältnissen. Der Ausdruck F_p/F bedeutet: Verhältnis der projizierten Flügelfläche zur Kreisfläche. Besonders häufig wird ein Flächenverhältnis von etwa 50 Prozent angewandt.

den schmalsten Flächen, oben, hat ein Flächenverhältnis der projizierten Flügelfläche zur vollen Kreisfläche von 30 Prozent. Diese Verhältnisse steigen bis zum breitesten Flügel, der ein Flächenverhältnis von 60 Prozent erreicht. Dieses ist keineswegs ein Höchstmaß, denn besonders bei Kavitationsgefahr werden noch breitere Flügel angewandt. Es sind Fächenverhältnisse von über 100 Prozent möglich, wenn die Flügel einander überschneiden.

In den meisten Fällen gleichen sich Vorzüge und Nachteile ungefähr aus: Am schmalen Flügel entsteht weniger Reibung, doch wird jeder einzelne Flügelschnitt relativ etwas dicker, weil er ja kürzer ausfällt. Der breite Flügel erzielt naturgemäß die schlanksten Flügelschnitte, leidet aber zugleich am stärksten unter der Reibung des Wassers. Aus mancherlei Gründen, bei denen auch gute Wirkung im Rückwärtsgang mitspricht, wird gewöhnlich ein Flächenverhältnis um 50 Prozent gewählt.

Der Propeller unter dem Schiff

Sieht man in winterlichen Bootslagern unter den Boden der Motorboote und Segelyachten, so entdeckt man eine ganze Schau von Fehlern und Mängeln, die Antrieb und Manövrierfähigkeit der Boote schädigen. Kaum ein Viertel aller Boote bietet einem kritischen Auge den technischen und auch ästhetischen Genuss eines wohlgeformten und gut angelegten Antriebs.
Um einen guten und wirksamen Antrieb ausbilden zu können, müssen folgende drei Vorgänge wohlüberlegt aufeinander abgestimmt werden:

a) die Arbeitsweise des Propellers und die Form des ungestörten Propellerstromes,
b) das Zusammenwirken des Propellers mit den Störströmungen am Schiffskörper,
c) die Umlenkung des Propellerstromes zum Zwecke des Steuerns in Vorwärts- und Rückwärtsfahrt.

Propellerstrom Wird ein Propeller durch den Antriebsmotor in Drehung versetzt, so saugt er Wasser von vorne an, erteilt dem Wasser eine Beschleunigung und stößt es nach achtern wieder aus. Der Propellerstrom, so wie er sich vom Schiff unbeeinflusst ausbilden würde, ist in Abb. 173 zu erkennen. Die von vorn angesaugte Wassermenge erreicht direkt am Propeller ein Höchstmass von Beschleunigung. Dadurch bildet sich zwangsläufig eine Verengung bzw. Einschnürend des Propellerstromes aus, die man auch Kontraktion nennt. Gleichzeitig wird der Propellerstrom von den Flügeln des Propellers in Drehung versetzt, was man auch Drall oder Rotation nennt. Gerade dieses Verhalten kurz hinter dem Propeller muss man sich klar vor Augen halten, weil dort gewöhnlich das Ruderblatt in den Schraubenstrom gelegt wird. Schlecht steuernde Ruderblätter lassen sich mitunter dadurch verbessern, dass man ihre Flächen der Rotation des Schraubenstromes nach Art der Kontrapropeller anpasst. Ähnlich den Leitflächen im Gehäuse einer Kreiselpumpe soll dadurch die im Drall enthaltene Energie wieder gewonnen werden. Man rechnet allerdings nicht mit einem wirklichen Gewinn an Vorschub, sondern zielt auf zwei andersartige Vorteile, nämlich die Steuerwirkung zu verbessern und den Fahrtwiderstand des Ruderblattes, zu verringern.

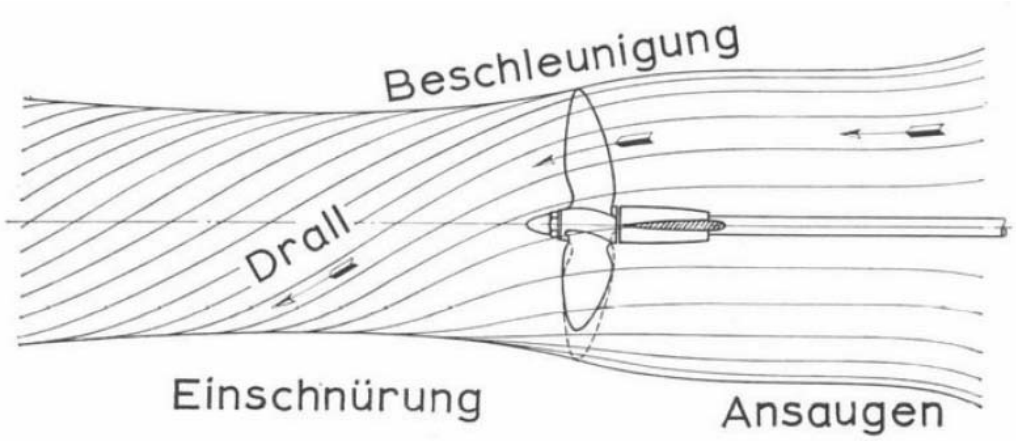


Abb. 173 Darstellung der Vorgänge im unbehinderten Schraubenstrahl. Das Wasser wird von vorn angesaugt und im Propeller beschleunigt, wobei gleichzeitig Einschnürung und Drall entstehen.

Nachstrom Denkt man sich einen Bootskörper ohne Antrieb durch ein langes Seil geschleppt, so lassen sich die entstehenden Strömungen leicht verfolgen. An erster Stelle bildet sich eine Verdrängungsströmung aus, indem das Vorschiff eine gewisse Wassermenge zur Seite drängt, die nachher den entstehenden Hohlraum im Achterschiff wieder auffüllt. Dadurch bildet sich im achteren Bereich der so genannte Verdrängungsnachstrom.

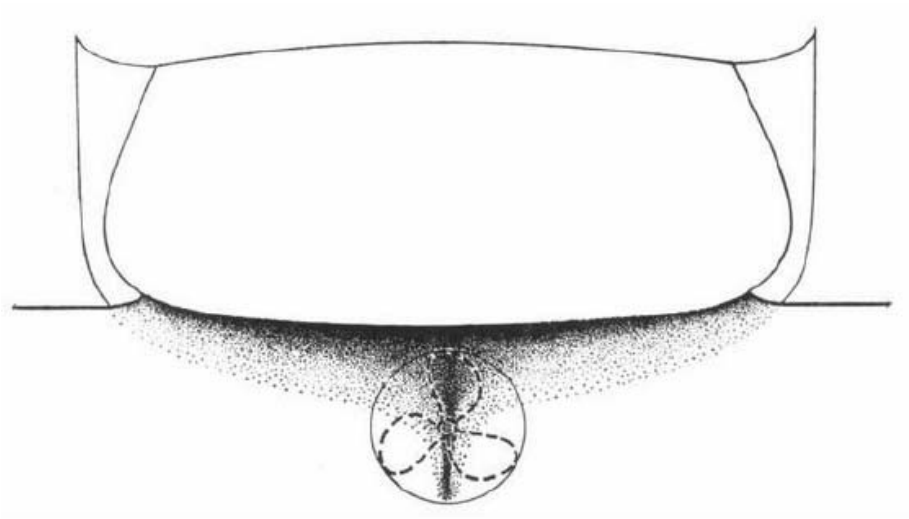


Abb. 174 Die Schattierung deutet die ungefähre Verteilung des Nachstroms in der Propellerebene an. Ein mittschiffs angeordneter Propeller nutzt den kostenlosen Vorschub des Nachstroms besonders gut aus.

Entlang des Schiffskörpers entsteht eine beträchtliche Reibung des Wassers. Eine nach achtern zu immer dicker werdende Schicht, Grenzschicht genannt, wird durch Reibung mitgerissen und bildet den so genannten Reibungsnachstrom. Schließlich kann auch durch die Wellenbildung im Bereich der Schrauben ein Nachstrom entstehen, nämlich dann, wenn dort ein Wellenberg auftritt. Liegt das Heck dagegen im Wellental, so wird das Wasser durch die Wellenströmung nach achtern beschleunigt, es entsteht ein negativer Nachstrom. Wie man sieht, arbeiten die Propeller der Schiffe in einem Bereich komplizierter Strömungsverhältnisse. Durch Modellversuche hat man das Strömungsbild im Umkreis des Propellers aufgemessen und zeichnerisch dargestellt. Beim Entwurf der sehr großen Propeller von Überseeschiffen werden Steigung und Flügelschnitte so gut wie möglich an die tatsächlichen Strömungen angepasst. An Motorkreuzern mäßiger Geschwindigkeit muss der Nachstromeinfluss ebenfalls berücksichtigt werden, und zwar reicht dieser Effekt hinauf bis zu den höheren Geschwindigkeiten des teilweisen Gleitens. Erst bei voll gleitenden Booten bildet sich keinerlei Nachstrom mehr aus.
Man trachtet stets danach, den Propeller möglichst günstig in das Nachstromfeld zu legen. Es ist vor allem der Reibungsnachstrom, der einen bedeutenden Gewinn liefert. Mit aller Berechtigung kann man sagen, er liefert Vortrieb, ohne dafür Leistung zu benötigen. Der Propeller arbeitet im mitströmenden Wasser ebenso, als treibe er ein Boot mit weniger Fahrt. Da Antriebsleistung gleich Schiffswiderstand mal Geschwindigkeit ist, wird umso weniger Motorleistung benötigt, je mehr Nachstrom dem Propeller geschenkt wird. Jede seriöse Propellerberechnung darf nicht von der Fahrtgeschwindigkeit des Schiffes ausgehen, sondern nur von der mittleren Fortschrittsgeschwindigkeit des Propellers im Nachstromfeld des Schiffes.

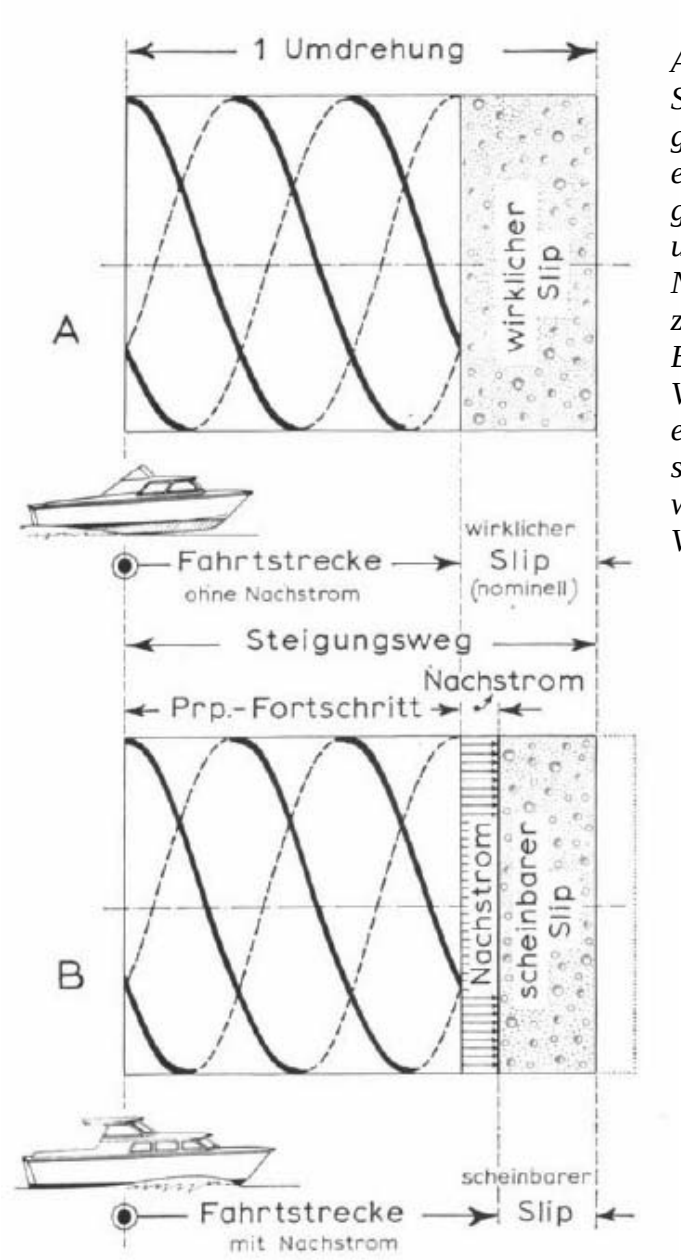


Abb. 175 Übt ein Propeller Schub aus, um das Schiff anzutreiben, so legt dieses einen geringeren Weg zurück als der Steigung entsprechen würde. Es entsteht der so genannte Schlupf oder Slip, oberes Bild. Im unteren Bild erkennt man den Nachstromgewinn. Die vom Boot zurückgelegte Fahrtstrecke wird um den Betrag des Nachstroms größer, wie beim Vergleich mit der oberen Darstellung erkennbar ist. Auf Probefahrten wird nur der scheinbare Slip gemessen, unteres Bild. Der wahre oder nominelle Slip, oben, wird bei Versuchen mit Modellpropellern gefunden.

Sog Oben wurde ein von einem Seil gezogener Schiffskörper ohne Antrieb zur Ver-deutlichung der Strömungen herangezogen. Sobald ein Propeller in Tätigkeit tritt, das Schiff also mit Eigenantrieb fährt, gerät ein beträchtlicher Teil des Unterwasserschiffes unter den Einfluss des Propellerstroms, der sich der Originalströmung überlagert. Das Ansaugen der von Propeller erfassten Wassermasse wirkt hemmend auf das Schiff, indem der Fahrtwiderstand vergrößert wird. Diese vom Propellerstrom verursachte Widerstandszunahme nennt man Sog. Auch er wird bei höheren Geschwindigkeiten immer geringer und verschwindet vollständig, sobald der Zustand des echten Gleitens erreicht wird.

Störungen im Propellerstrom Dem freien Verlauf des vom Propeller erzeugten Wasserstrahls stehen einige Hindernisse im Wege. Derartige Störelemente befinden sich sowohl

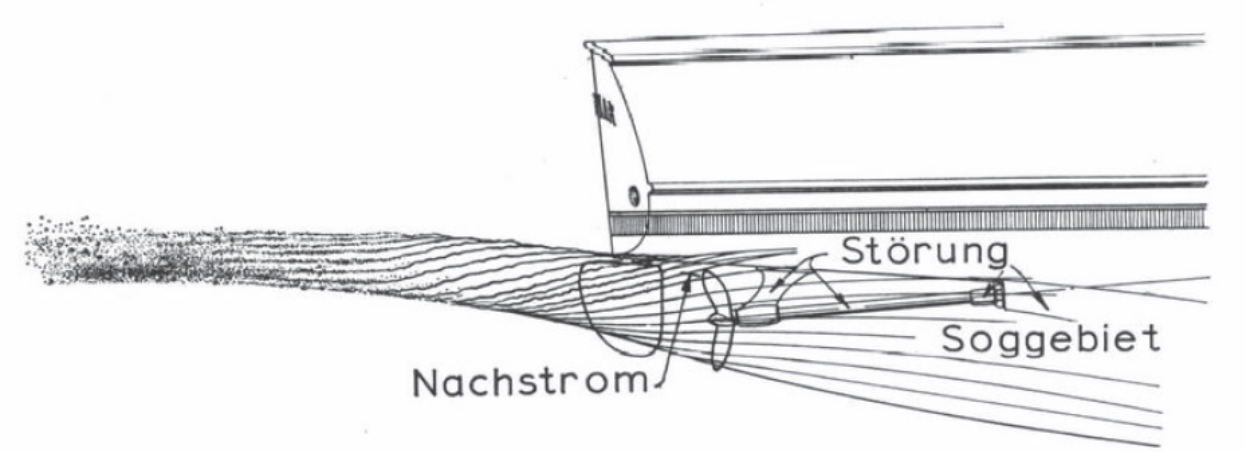


Abb. 176 Zusammenwirkung zwischen Propeller und Schiff. Das Ansaugen des zuströmenden Wassers übt auf das Schiff einen Sog aus, der einem vergrößerten Widerstand gleichkommt. Dem Propeller kommt dagegen der Nachstrom zugute, andererseits leidet er unter den störenden Einflüssen von Kiel, Welle, Wellenbock und Ruderblatt

vor dem Propeller im Gebiet der Zuströmung, wie auch hinter dem Propeller. Zunächst wirkt die ganze Mittelpartie des Verdrängungsbootes als Störung. Sie ist unvermeidlich, und ein kleiner Anteil dieser Störung wird in Form des vom Propeller nutzbaren Nachstroms zurück gewonnen. Hinzu kommen weitere Störelemente: der Kiel bzw. das Totholz, die Propellerwelle, der Wellenbock, mitunter auch ein Schraubenschutz, der vom Wellenbock ausgeht und unter dem Propeller hindurch zum Ruder führt; vgl. Abb. 162.
Hinter dem Propeller liegt vor allem das Ruderblatt, das den Abstrom stört; bei größeren Schiffen oft auch ein so genannter Rudersteven. Je nach der Art des Schiffes und der baulichen Ausbildung des Hecks kann es dort noch weitere Anhänge oder Störelemente geben.
Während der Bauausführung soll stets darauf geachtet werden, alle im Propellergebiet liegenden Teile mit besonderer Sorgfalt strömungsgerecht auszubilden.

Abstand der Propellerspitzen zum Boden Es liegt in der augenblicklichen Entwicklungs-richtung kleiner, schneller Boote, dass immer stärkere Motorleistungen in immer kleinere Bootskörper eingebaut werden. Aus diesem Grunde wird die Propellerwelle oft mit einer übertrieben großen Neigung ausgelegt. Um den Motor selbst nicht zu schräg stellen zu müssen, um ferner nicht zu viel Schraubenschub durch die Schräge zu verlieren, wird danach gestrebt, innen im Boot die Ölwanne des Motors so dicht wie möglich gegen den Kiel zu legen. Außen am anderen Ende setzt man den Propeller so dicht wie möglich gegen den Boden des Bootes. Gerade das ist ein schädliches Unterfangen! Es kann nicht genug davor gewarnt werden, die Propellerspitzen zu dicht an den Boden des Bootes heranreichen zu lassen. Alle drei daraus folgenden Störungen sind später nur mit viel Arger und Kosten wieder zu beheben.

1. Es werden starke Vibrationen im achteren Bereich des Bootes hervorgerufen.
2. Durch den geringen Abstand wird der Boden dort rasch beschädigt, ja sogar vollkommen durchgescheuert, denn jedes Schilfblatt, jede Angelschnur wirken auf Abnutzung in manchmal überraschend kurzer Zeit.
3. Sollte sich der gewählte Propeller als zu klein im Durchmesser herausstellen, so ist keine Abhilfe möglich.

Ist man durch die Umstände gezwungen, mit dem Propeller sehr nahe an den Boden her-

anzugehen, so stellen 5 Prozent des Propellerdurchmessers das absolute lichte Mindestmass dar. Stärkere Vibrationen sind noch immer zu erwarten, so dass es sich empfiehlt, den dort sehr flachen Boden innen durch Verstärkungsplatten oder Bodenwrangen besonders abzusichern, Als Normalabstand sollten 10 Prozent des Propellerdurchmessers eingehalten werden, ideal wäre ein Abstand von 12 bis 15 Prozent.

Drehsinn des Propellers *Bei* der Bestellung eines Schiffspropellers wie auch bei der Beurteilung der Manövriereigenschaften eines Bootes muss man sich über die Bezeichnung des Drehsinnes vollkommen klar sein.
Wer einen Wantenspanner in die Hand nimmt, wird sehr rasch feststellen, dass die eine Seite Rechtsgewinde hat, die andere aber Linksgewinde. Wie man Rechts- und Linksgewinde unterscheidet, lernt man schon als Kind am Wasserhahn. Doch bei rechts- oder linkslaufenden Propellern kommen immer wieder Irrtümer vor, die zum Teil sogar hartnäckig verteidigt werden.
So ist man bei Fahrzeugmotoren übereingekommen, dass deren Drehsinn als rechtslaufend ausgeführt und bezeichnet wird. Man braucht nur vorn am Automobil oder Traktor stehend die Anwurfkurbel in die Hand zu nehmen, um genau zu erkennen, was mit Rechtslauf gemeint ist. Wird ein solcher Motor dann ins Boot eingebaut, so bleibt er nach wie vor rechtslaufend; nur zu leicht kommt man dann auf den Gedanken, hierzu einen rechtslaufenden Propeller bestellen zu wollen. Einst führte sogar eine Maschinenfabrik einen Prozess gegen eine Wasserpolizeibehörde, weil sie sich weigerte, 100 bestellte Propeller abzunehmen, die von der Maschinenfabrik rechtslaufend ausgeführt worden waren, so wie sie es verstand. Doch wurden sie von der Wasserpolizei als linkslaufend erklärt, wodurch

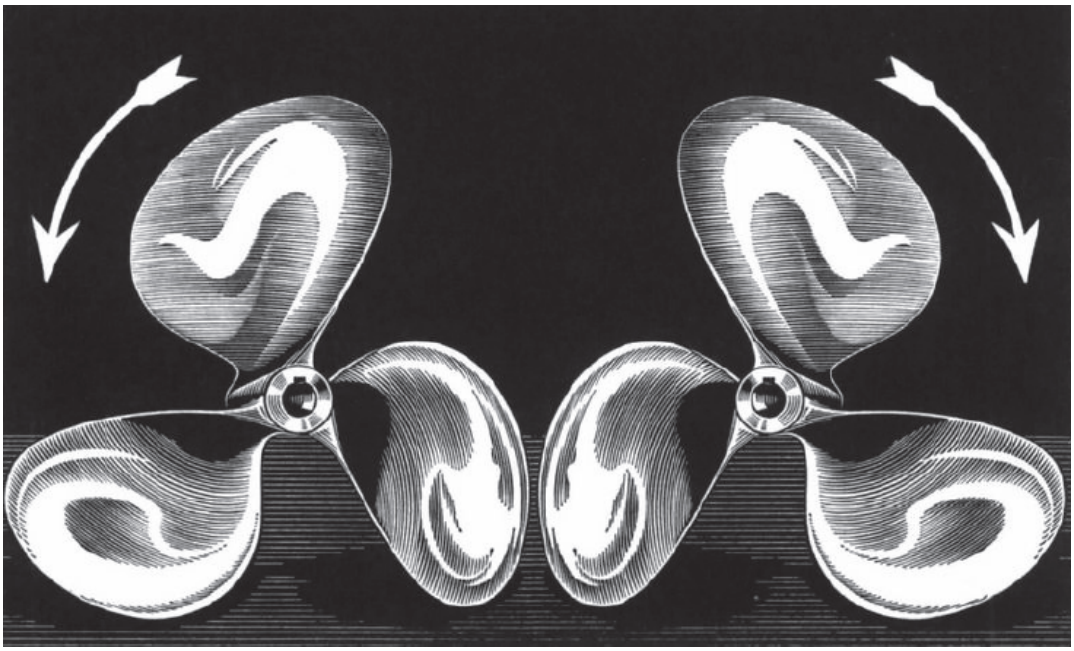


Abb. 177 Der Drehsinn eines Schiffspropellers wird stets von achtern gegen die Druckseite schauend bestimmt, und zwar nur für Vorwärtslauf. Linkes Bild. Ein linkslaufender Propeller, rechts entsprechend ein rechtslaufender.
Bild: Columbian

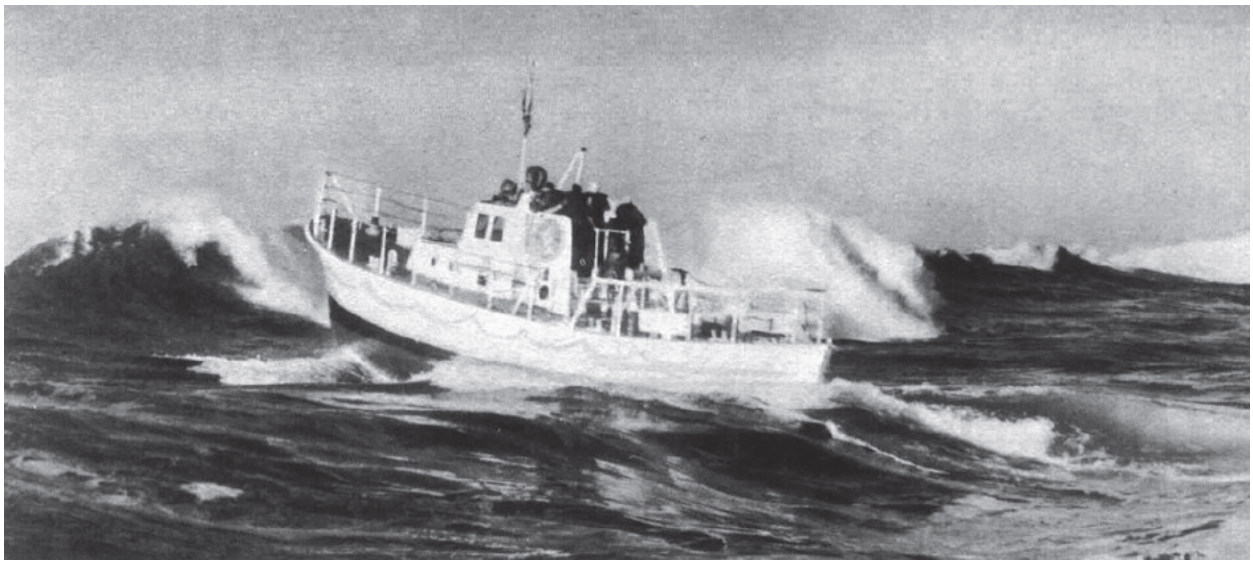


Foto 92 Ein 16-m-Motor- Rettungskreuzer der amerikanischen Küstenwache auf winterlicher Patrouille in schwerem Wetter.
Foto: U.S. Coast Guard, Offfficial

Foto 93 Diese seltene Aufnahme wurde nur wenige Sekunden später gemacht, als die heranrollende See sich in vollem Brecher über den 16-m-Motor-Rettungskreuzer ergoss. Sie zeigt die harten Bedingungen, die bei winterlichen Rettungsaktionen angetroffen werden. Die Aufnahme entstand vor der Nordpazifikküste Oregons der Vereinigten Staaten.
Foto: U. S. Coast Guard, Official



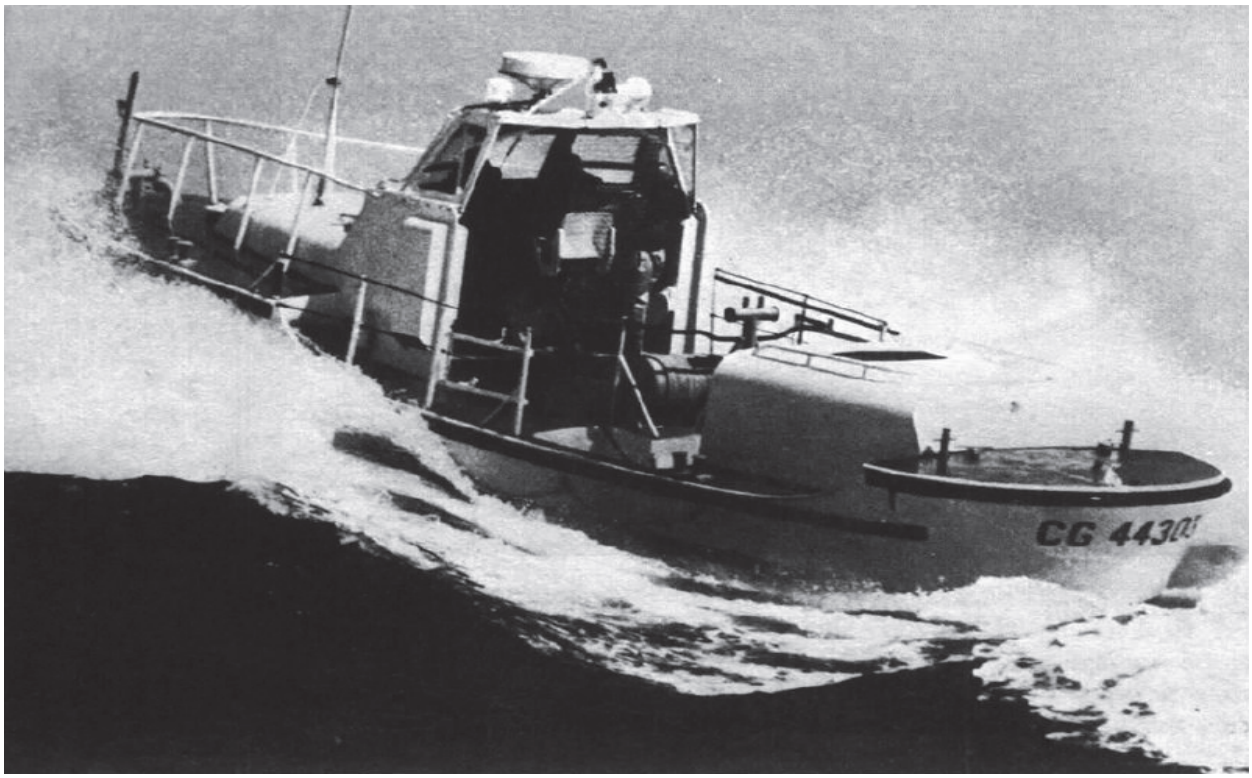
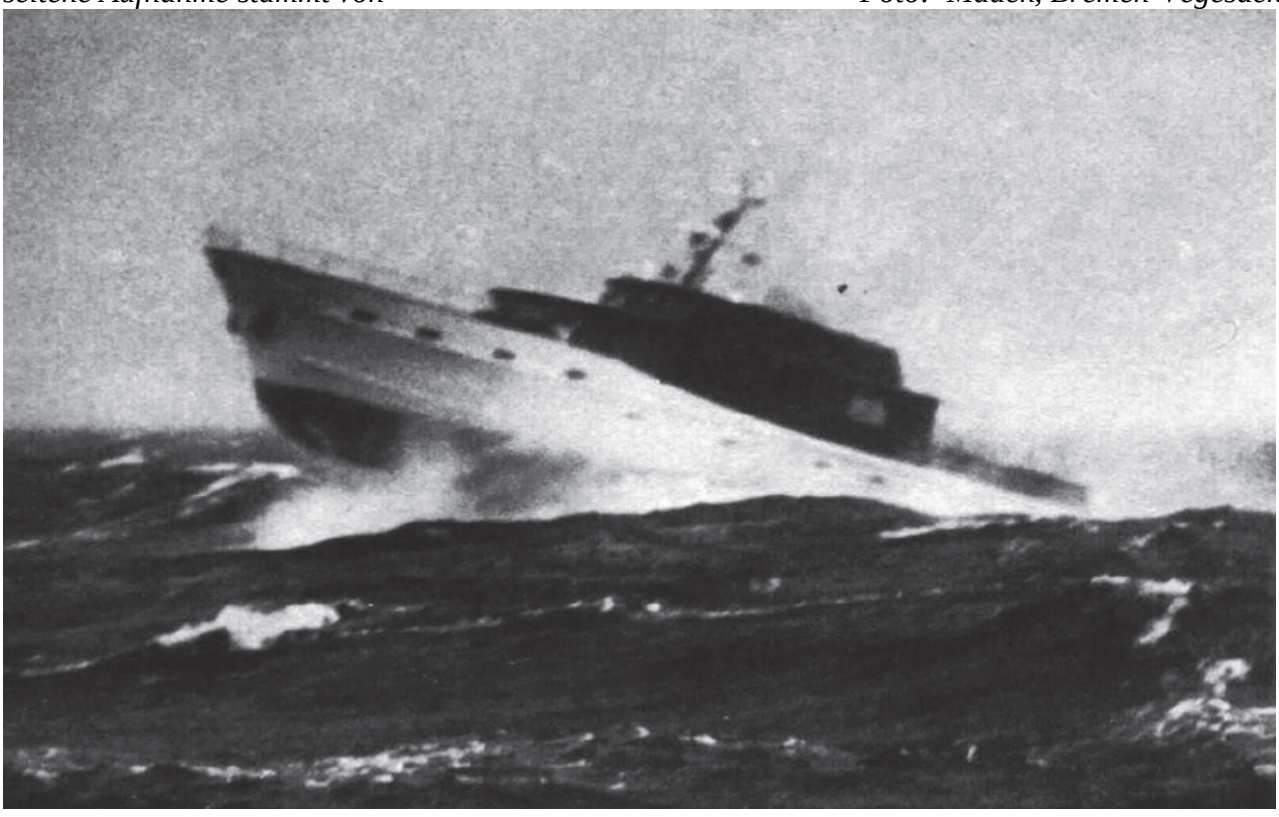


Foto 94 Dieses von der amerikanischen Küstenwache entwickelte 44-Fuß-Motor-Rettungsboot bewährte sich auf Proben so vorzüglich, dass es in großer Zahl nachgebaut wurde. Mehrfach wurde es im Sturm von grober See überrollt, worauf es sich sofort selbst aufrichtete und den Dienst weiter versah. Die Stahlboote sind 13,50 m lang, 3,85 m breit, mit 0,96 m Tiefgang und 16 t Verdrängung. Zwei schnellaufende Cummins-Diesel von 200 PS bei 3000 U/min erteilen ihm eine Geschwindigkeit von über 16 Kanten = 30 km/h. Foto: U. S. Coast Guard, Official

Foto 95 Motoryacht „.Seebär" bei Windstärke 9 in der Außenweser beim Roten Sand. Die moderne Lürssen-Konstruktion ist solchem Wetter bestens gewachsen, vgl. auch Foto 51 und 72. Diese seltene Aufnahme stammt von Foto: Maack, Bremen-Vegesack



sie für den speziellen Zweck nutzlos geworden waren. Da der schiffsbauliche Propellerdrehsinn international in gleicher Weise definiert wird, verlor die Maschinenfabrik die Klage und musste alle 100 Propeller wieder einschmelzen.
So ergibt sich, dass ein rechtslaufender Motor einen linkslaufenden Propeller verlangt. Doch besser lasse man den Drehsinn des Motors gänzlich aus dem Spiel! Die modernen amerikanischen V-8-Motoren, die, vom Kraftfahrzeug stammend, natürlich rechtslaufend sind und in sehr grosser Zahl in Boote eingebaut werden, könnten dabei leicht zu Verwirrungen führen. Man vertauscht bei diesen nämlich allgemein die Antriebsseite, denn beim Bootsmotor liegt das Schwungrad besser vorn, während es im Kraftwagen hinten liegt. Das Wendegetriebe wird somit an der entgegengesetzten Seite der Kurbelwelle angeschlossen, so dass der Motor scheinbar linkslaufend wird, tatsächlich auch einen rechtslaufenden Propeller verlangt.
Ein eingebautes Untersetzungsgetriebe kann die Bestimmung des Drehsinns ebenfalls zweifelhaft machen. Je nachdem es mit Innen- oder Außenverzahnung ausgeführt wurde, bleibt der Drehsinn beibehalten oder wird er umgekehrt. Es gibt sogar Wendegetriebe mit dritter Welle eigens zu dem Zweck, bei Doppelschraubenanlagen einen entgegengesetzten Propellerdrehsinn zu schaffen. Dadurch können nämlich im Boot zwei vollkommen gleiche Motoren neben-einander in gleichem Drehsinn laufen, und doch treibt der eine einen Linkspropeller, der andere einen Rechtspropeller. Um jeden Zweifel auszuschalten, richte man sich nach der im Schiffbau allein gültigen Regel:

Der Propellerdrehsinn wird bestimmt, indem man von achtern zum Schiff hinsieht und sich den Propeller in Vorwärtsfahrt vorstellt. Man sieht also stets auf die Druckseite, die flachere Seite des Propellers, und bestimmt den Drehsinn nur für Vorwärtsfahrt.

Nimmt ein Boot Rückwärtsfahrt auf, so dreht sich der Propeller selbstverständlich in der entgegengesetzten Richtung. Außerdem arbeitet die mehr gewölbte, frühere Saugseite nun als nicht sehr wirksame Druckseite. Trotzdem behält der Propeller die bisherige Bezeichnung seines Drehsinns bei. Ein rechtslaufender Propeller, auch wenn er in Rückwärtsfahrt linksherum dreht, bleibt stets ein rechtslaufender Propeller. Wird bei einem Zweischraubenboot darauf gehalten, dass beide Propeller nach außen schlagen, so bekommt die Backbordwelle einen linkslaufenden Propeller, die Steuerbordwelle einen rechtslaufenden, so wie es in Abb. 177 ersichtlich ist. Es wurde bereits erwähnt, dass man bei Handelsschiffen gewöhnlich die Propeller nach innen schlagen lässt, bei Motorbooten aber nach außen. Gerade bei diesen ist der Einfluss des Drehsinns so unbedeutend, dass selbst auf Messfahrten kein Unterschied feststellbar ist.

Propellerdurchmesser und Steigung

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass Flügelzahl, Flügelumriss und Flächenverhältnis am Propeller in normalen Fällen nur minimalen Einfluss auf den Wirkungsgrad haben. Diese Aussage gilt für 95 Prozent aller Motorkreuzer und schnellen Boote. Sie verliert erst dann ihre Gültigkeit, wenn bei Geschwindigkeiten oberhalb der 65 bis 70 km/h eine beginnende Kavitation am Propeller zwingt, breite Flügel und dünne Profile anzuwenden.

Worin besteht nun die Schwierigkeit, den *richtigen*, das heisst den wirksamsten Propeller auszuwählen, der genau zum Boot und zu seiner Motorleistung passt? Nur zwei Maße müssen errechnet werden: sein Durchmesser und seine Steigung. Alle übrigen Formfaktoren treten gegen diese beiden wichtigsten Dimensionen weit zurück, wie elliptische oder unsymmetrische Umrissform, Profil des Flügelquerschnitts, Ausbildung der Flügelwurzel und der Propellernabe, größere oder geringere Blattbreite und manche anderen Details mehr.
Der richtige Durchmesser ist von fundamentaler Bedeutung für das Zusammenwirken von Propeller und Boot. Ihm folgt an Wichtigkeit die Wahl der richtigen Steigung, um die beste Geschwindigkeit auch wirklich zu erreichen. Für jedes Boot, jede Geschwindigkeit, jede Motorleistung, jede Drehzahl gibt es nur einen einzigen optimalen Propeller.
In des Verfassers beruflichen Anfangsjahren wurde einmal ein Rennbootspropeller bei einer bedeutenden Spezialfabrik bestellt. Daraufhin bat ich meinen damaligen Oberingenieur, auch meinerseits einen Propeller für das gleiche Boot berechnen zu dürfen sowie die Entwurfszeichnung anzufertigen. Als nach einiger Zeit beide Propeller vorlagen, waren sie ein wenig verschieden in Durchmesser, Steigung und Flügelfläche, Der von der Spezialfabrik gelieferte Propeller hatte einen etwas kleineren Durchmesser, etwas größere Steigung und fast gleiche Flügelfläche. Als dann auf Probefahrten die Geschwindigkeit gemessen wurde, fiel diese mit beiden Propellern haargenau gleich aus. Daraus lässt sich schließen, dass beide Propeller zwar dem Optimum nahe lagen, jedoch beide noch ein klein wenig verbessert werden könnten. Offenbar hatten beide Entwerfenden die schwierigen Unbekannten gut eingeschätzt, die leider *jede* Propellerberechnung auf unsichere Füße stellen und über die weiter unten berichtet wird.
Um eine feste Grundlage zur Propellerberechnung zu liefern, wurden Hunderte, ja sogar Tausende von Modellpropellern mit äußerster Sorgfalt in einheitlichen kleinen Größen angefertigt und in einer Reihe von Schiffbau-Versuchsanstalten unter den verschiedensten Belastungen gemessen. In Deutschland wurden grundlegende Versuchsserien von Schaffran in Berlin durchgeführt, in England von Gawn, in den Vereinigten Staaten von Taylor. Es gibt wohl kaum eine Versuchsanstalt der Welt, die nicht Versuche zur Ausdehnung der vorgenannten oder für Sonderfälle unternommen hätte. Besonders die holländischen Propellerserien der Wageninger Anstalt unter Troost werden viel als Berechnungsunterlage herangezogen, weil sie die jüngste und modernste der umfassenden Versuchsserien darstellen. Daher war man in Wageningen imstande, Fehler zu vermeiden, die früheren Versuchen anhafteten. Bei älteren Versuchen entstanden einige Ungenauigkeiten wegen ungenügender Kenntnis der Zähigkeitseinflüsse des Wassers an Modellpropellern mit sehr kleinen Durchmessern.
Das ganze Gebiet der Propellerberechnung schließt für die meisten Sportler etwas Mysteriöses in sich ein, etwa derart, dass eine Propellerfirma unter ihren Angestellten ein Genie mit Elektronengehirn besitzt. Richtet man an diesen die Frage nach dem geeigneten Propeller für einen bestimmten Bootstyp und den zugehörigen Motor, so wandert er zum Lager, während sich der Computer in seinem Denkzentrum in Gang setzt. Dort angekommen, greift er mit unfehlbarer Sicherheit den richtigen Propeller heraus. Und wahrhaftig, mit viel Erfahrung und gutem Gedächtnis wurde auch ein solches untechnisches Vorgehen oft genug von Erfolg begleitet.
Vielfach wird angenommen, dass der Durchmesser des Propellers in irgendeinem Verhältnis zur Größe des Bootes stehen muss. Oder dass die Steigung davon abhängt, ob das Boot in Rundspant- oder in V-Spantform erbaut wurde. Wie oft wird doch behauptet, dass die

Motorenfabrik gleich den richtigen, genau zur Motorleistung und Drehzahl passenden Propeller mitliefern müsste, obwohl die Fabrik das Boot gar nicht kennt, in welches der Motor eingebaut werden soll.
Einigen verbreiteten Irrtümern entgegentretend, sei folgendes festgestellt: Die ganze Berechnung der Hauptabmessungen eines Propellers hängt einzig und allein von drei Kenngrößen ab, die allerdings sehr genau bekannt sein müssen:

1. Die wirkliche an den Propeller abgegebene Leistung des Motors, hier stets mit PS_a bezeichnet.
2. Die mit Überlegung festgelegte Drehzahl der Propellerwelle, die keineswegs mit der von der Fabrik genannten Höchstdrehzahl zusammenfallen muss.
3. Die wahre Fortschrittsgeschwindigkeit des Propellers im Nachstromfeld des Schiffes, hier stets mit v_a bezeichnet. Sie ist um den Wert des Nachstroms geringer als die Fahrtgeschwindigkeit des Bootes.

Der Vorgang einer ausführlichen Propellerberechnung ist so umfangreich, dass er für den zweiten Band zurückgestellt wurde. Dort wird ein bereits ausgearbeitetes Einheitsdiagramm gebracht werden, das sich auf die Ergebnisse zahlreicher Versuche mit Modellpropellern stützt. Zur Anwendung dieses Einheitsdiagramms gehört jedoch eine Vertiefung in die gesamte Materie des Antriebs, die auch eine umfangreiche Mathematik erfordert. Für den täglichen Gebrauch empfanden wir es oft als lästig, bei jedem Vorprojekt eine Reihe umständlicher Berechnungen ausführen zu müssen, allein zu dem Zweck, den zunächst unbekannten Propellerdurchmesser in das Projekt einzeichnen zu können. Deshalb wurde aus dem Einheitsdiagramm ein vereinfachtes Kurvenblatt herausgeschält, das sich ohne jede Rechnung für eine rasche Bestimmung des wahrscheinlichen Propellerdurchmessers über Erwarten gut bewährt hat. Die entstandene Tafel wird in Abb. 178 wiedergegeben.
Ein derart vereinfachtes Kurvenblatt zum Ablesen des Propellerdurchmessers könnte nicht ausgearbeitet werden, ohne zu jeder Motorleistung eine Geschwindigkeit zugrunde zu legen. Man rufe sich die drei Grundwerte der Propellerbestimmung ins Gedächtnis zurück; Leistung, Drehzahl und Geschwindigkeit. Alle drei Werte kommen in der Tafel vor, und zwar findet man die an den Propeller abgegebene Leistung PS_a am unteren Rande, die angenommene Grundgeschwindigkeit am oberen Rande in kleinen Kreisen, und eine Serie von Drehzahlen wurde in der Kurvenschar zwischen 500 und 4500 U/min zusammengestellt. Der Propellerdurchmesser wird schließlich am linken Rande abgelesen.
Ein Beispiel diene dazu, den Gebrauch des Kurvenblattes zu erklären. - Ein kleines Boot sei mit einem Motor von 95 PS Leistung und 3000 U/min Drehzahl ausgerüstet, mit dem eine Geschwindigkeit von 32 km/h erwartet wird, entweder mit direkter Motordrehzahl oder im Verhältnis 2 : 1 auf 1500 U/min untersetzt.
Zunächst muss die Motor- Nennleistung auf wahre an den Propeller abgegebene Leistung PS_a umbestimmt werden. Sie wird als Folge der zahlreichen Verlustquellen auf wirkliche $PS_a = 80$ angesetzt. Man sieht am oberen Rande, dass dieser Leistung eine Grundgeschwindigkeit von 30 km/h gegenübersteht. Die wirklich erhoffte oder errechnete Geschwindigkeit ist demnach um 7 Prozent größer als die Tabellengeschwindigkeit. Geht man nun zu den Drehzahlkurven über, so findet man für 3000 U/min am linken Rande einen Durchmesser von 312 mm, für 1500 U/min einen solchen von 475 mm. Man erkennt auch hier wieder, dass der Propellerdurchmesser umso größer ausfällt, je geringer die Drehzahl wird.

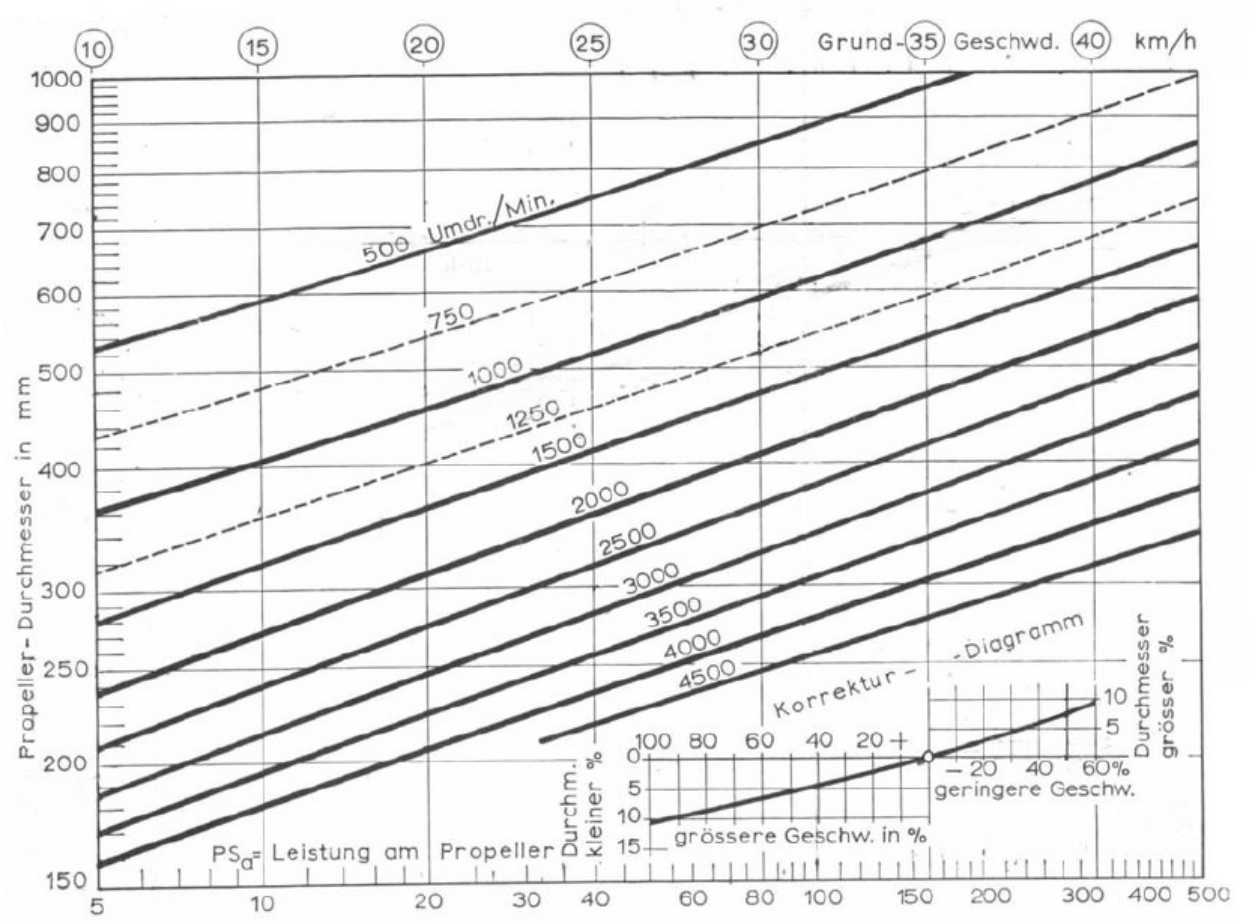


Abb. 178 Kurvenblatt zum Ablesen des Durchmessers von dreiflügeligen Propellern bis zu 1,00 m Durchmesser. Ausgangspunkt ist die wahre an den Propeller abgegebene Motorleistung PSa am unteren Rande. Oben eingekreist findet man zu den Leistungen angenommene Geschwindigkeiten. Unten rechts befindet sich ein Korrekturdiagramm, um den Durchmesser für größere oder geringere Geschwindigkeiten berichtigen zu können.

Um von der Grundgeschwindigkeit, nämlich 30 km/h, auf die erhoffte um 7 Prozent höher liegende zu kommen, wird das unten rechts angeordnete Korrekturdiagramm benutzt. Von diesem gilt die linke Hälfte für größere Geschwindigkeiten, die rechte für geringere. Da sich eine um 7 Prozent höhere Geschwindigkeit herausstellte, wird in der linken Hälfte nachgesehen. Doch 7 Prozent Unterschied machen auf den Durchmesser nur sehr wenig aus, nämlich rund 1 Prozent Korrektur. Diese ist, wie man links bei den Ziffern sieht, als Verkleinerung zu nehmen, also vom vorher abgelesenen Durchmesser abzuziehen. Man würde demnach statt eines Durchmessers von 312 mm einen solchen von 310 mm wählen oder statt 475 mm besser 470 mm; eine größere Genauigkeit auf Bruchteile kann dieses vereinfachte Schema nicht bieten, ist auch vom praktischen Standpunkt her nicht erforderlich. Denn stets tauchen im Hintergrund jeder Propellerbestimmung die Schatten der beiden großen Unbekannten auf: wahre Motorleistung am Propeller und wahre Zuströmungsgeschwindigkeit des Wassers zum Propeller am fahrenden Schiff.

Ein zweites Beispiel soll den Fall eines langsamen Bootes behandeln, bei dessen Motor mehrere Untersetzungen zur Auswahl stehen. Es soll festgestellt werden, ob die zu den

größeren Untersetzungsverhältnissen gehörenden an sich wirksameren Propeller auch unter dem Boden des Schiffes Platz finden.
Die große Motoryacht werde von zwei Dieselmotoren mit je 180 PS Leistung bei 2400 U/min angetrieben, mit denen eine Geschwindigkeit von 10,8 Knoten = 20 km/h erwartet wird. Nach Abzug der Einbauverluste sollen am Propeller noch 160 PS_a zur Verfügung stehen.
Zunächst stellt man fest, welche Grundgeschwindigkeit zu den vorbestimmten 160 PS_a gehört, und findet dazu am oberen Rande rund 35,5 km/h. Da die wahre Geschwindigkeit 20 km/h betragen soll, ist sie um 34 Prozent geringer. Da Untersetzungen 2 : 1, 3 : 1 und 4 : 1 zur Auswahl stehen, werden zunächst die Propellerdurchmesser für 1200, 800 und 600 U/min am linken Rande abgelesen. Im Schnittpunkt mit der 160- PS_a -Linie und den Drehzahlen liest man am linken Rande ab: zu 1200 U/min ein Durchmesser von 610 mm, zu 800 U/min ein solcher von 780 mm -und zu 600 U/min ein solcher von 900 mm.
Zwischen der erwarteten Geschwindigkeit von 20 km/h und der Grundzahl des Kurvenblattes von 35,5 km/h besteht der recht bedeutende Unterschied von minus 34 Prozent. Somit ergibt sich in diesem Falle eine größere Korrektur des Durchmessers. Das kleine Korrekturdiagramm zeigt in seiner rechten Hälfte, dass der Durchmesser bei 34 Prozent Mindergeschwindigkeit um genau 5 Prozent größer ausgeführt werden muss. Daraus ergeben sich für die drei zur Wahl stehenden Untersetzungsverhältnisse folgende endgültigen Propellerdurchmesser:

für 1200 U/min = 640 mm
für 800 U/min = 820 mm
für 600 U/min = 945 mm

Es sei ausdrücklich wiederholt, dass diese vereinfachte Art der Bestimmung eines Propeller-durchmessers nicht mit einer Berechnung des Propellers verwechselt werden darf. Man erhält nur eine sehr gute Annäherung, wie sie vor allem im Projektstadium sehr nützlich ist. Zum Beispiel kann man rasch feststellen, ob bei vorgenanntem Projekt ein Propeller von 820 mm oder gar 945 mm Durchmesser noch unter dem Schiff Platz hat oder ob die weniger günstige Untersetzung 2 : 1 gewählt werden muss, damit ein Propeller von 640 mm Durchmesser verwandt werden kann. Ja, man kann die vereinfachte Durchmesserbestimmung sogar überall dort anwenden, wo die zur echten Berechnung unbedingt benötigten Unterlagen über wahre Motorleistung und Geschwindigkeit unzuverlässig oder unbekannt sind.
Eine der wichtigsten Aussagen jeder Propellerberechnung geht aus dem Kurvenblatt nicht hervor, nämlich der Propeller-Wirkungsgrad. Da dieser von einem so genannten Belastungs-grad abhängt, dessen mathematische Formulierung kompliziert genug ist, um den Einbau in das vereinfachte Diagramm zu vereiteln, besteht leider keine Möglichkeit, bereits an dieser Stelle eine Aussage über den möglichen Wirkungsgrad anzuschließen.

Propellersteigung

Ein einfaches Ableseblatt für die Steigung des Propellers aufzubauen ist eine überaus simple Aufgabe, die nur eine einzige Unbekannte aufweist, den Prozentsatz des Slips. Dieser kann nämlich ebenso wie der Wirkungsgrad des Propellers nur unter Verwendung des etwas komplizierten Belastungsgrades ausgedrückt werden. Die Aussage eines ver-

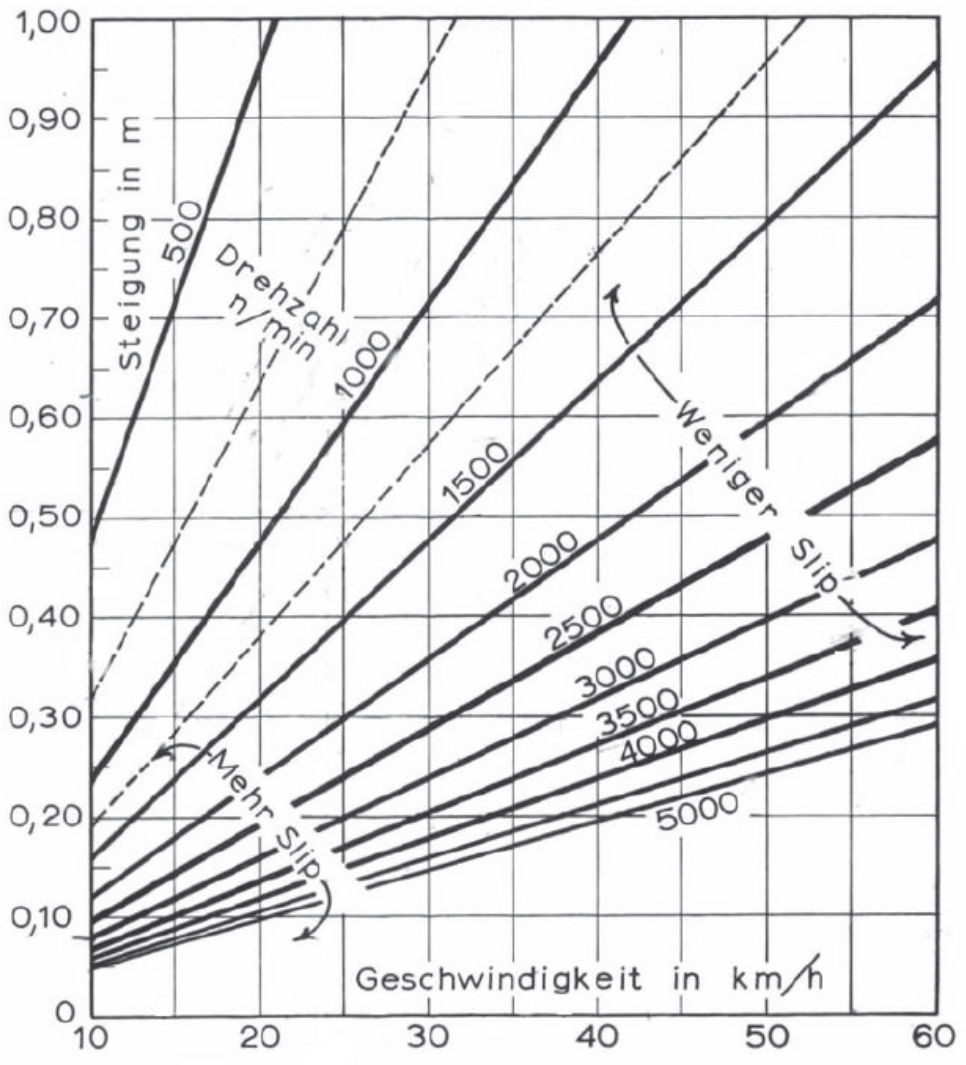


Abb. 179 Schaublatt zum Ablesen der Steigung für Geschwindigkeiten zwischen 10 und 60 km/h, Es wurde für den durchschnittlichen Slip von 30 Prozent errechnet. Man darf hier keine große Genauigkeit erwarten, da eine verein-fachte Darstellung keine Rücksicht auf den jeweiligen Belastungsgrad des Propellers nehmen kann.

einfachten Steigungsblattes ist deshalb weniger verlässlich als diejenige der vereinfachten Durchmesserbestimmung. Hinzu kommt der unbekannte Einfluss des Nachstroms.
In der Praxis findet man Slipwerte zwischen 15 und 50 Prozent, doch in vielen Fällen ist der Slip nicht weit vom Mittelwert, nämlich 30 Prozent, entfernt. Das zugehörige Diagramm wurde deshalb für einen Slip von 30 Prozent ausgearbeitet.
Am Beispiel des erstgenannten Motorbootes soll erklärt werden, wie einfach die Steigung eines Propellers aus dem Diagramm abgelesen werden kann. Es wurde dort eine Geschwindigkeit von 32 km/h erwartet, ferner kamen Drehzahlen von 3000 U/min oder 1500 U/min in Frage. Man geht von der am unteren Rande aufgetragenen Geschwindigkeit nach oben bis zum Strahl der Wellendrehzahl, z. B. 3000 U/min, und liest am linken
Rande die zugehörige Steigung von 255 mm ab. Zur halben Drehzahl von 1500 U/min ergibt sich selbstverständlich eine Steigung von 510 mm.

Nach dem reinen Ableseverfahren hätte man nun für das erstgenannte Motorboot mit 95 PS Motorleistung folgende Propellerabmessungen erhalten:

für 3000 U/min: Durchmesser = 310 mm, Steigung = 255 mm
für 1500 U/min: Durchmesser = 470 mm, Steigung = 510 mm

Diese auf sehr einfache Weise abgelesenen Werte dürften sogar den Genauigkeitsgrad des anfangs erwähnten Propellergenies übertreffen. Jedoch sei ausdrücklich die Ungenauigkeit der vorstehenden Vereinfachung betont. Es liegt in der Natur der Sache, dass zwar eine gute Annäherung an den geeignetsten *Durchmesser* gefunden werden kann, nicht aber an die am besten passende *Steigung*. Allein zum aufgeführten Beispiel bedenke man, dass durch Ansetzen des Untersetzungsgetriebes ein besserer Wirkungsgrad verbunden mit geringerem Slip des Propellers erzielt wird. Doch die Steigung wurde abgelesen, als bliebe der Slip unverändert. Es wurde versucht, auf diese Tendenz hinzuweisen, indem links unten eine Angabe auf *mehr Slip* hinweist, rechts oben dagegen auf *weniger Slip*. Verwendet man statt des normalen dreiflügeligen Propellers eine andere Flügelzahl, so empfiehlt sich eine geringfügige Änderung des Durchmessers. Nachstehende Gegenüberstellung liefert hierzu brauchbare Zahlenwerte:

Durchmesser-Änderung gegenüber drei flügeligem Propeller

	Durchmesser
zweiflügeliger Propeller	3 Prozent größer
vierflügeliger Propeller	$2^1/_2$ .Prozent kleiner
fünfflügeliger Propeller	$3^1/_2$ .Prozent kleiner
sechsflügeliger Propeller	4 Prozent kleiner

In den weitaus meisten Fällen werden geringe Mängel in den Abmessungen des unter dem Schiff befindlichen Propellers einfach durch Anpassung der Drehzahl ausgeglichen. Dieses ist ein großer Vorteil auf dem Sondergebiet der Motorkreuzer und schnellen Boote, der beim großen Handels- oder gar Kriegsschiff nicht zulässig ist. Wenn dort ein Propeller für die Drehzahl von 110 U/min bei bestimmter Fahrt und gegebenem Tiefgang errechnet wird, so zielen alle Bemühungen darauf hin, die richtige Motorbelastung durch den Propeller auch genau bei 110 U/min zu erreichen, nicht etwa bei 100 U/min, auch nicht bei 120 U/min. In beiden Fällen würde die Wirtschaftlichkeit erheblich gestört werden, und der Antriebsmotor würde unter ungünstiger Belastung bei nicht vorgeplanter Drehzahl leiden.
Viele Propelleramateure versuchen, die Geschwindigkeit eines nicht befriedigenden Bootes dadurch zu verbessern, dass sie einen Propeller mit größerer Steigung verwenden, wobei natürlich zwecks gleicher Leistungsaufnahme der Durchmesser kleiner ausgeführt werden muss. In 95 Prozent aller Fälle scheitert der Versuch. Es hat sich tausendfach bewährt, in Fällen des Zweifels den Durchmesser zu vergrößern und die Steigung gegenüber einem unzulänglichen Propeller zu verringern.
Wie groß der Einfluss der Drehzahl auf die Leistungsaufnahme des Propellers ist, soll anhand einer Tabelle gezeigt werden. Dazu wurden Propellerabmessungen mittlerer Größe gewählt, wie sie in der Praxis mit mehr als normaler Frequenz auftraten, das ist ein

Durchmesser von 400 mm und eine Steigung von 300 mm. Ein solcher Propeller würde bei sehr niedriger Drehzahl weniger als $^1/_{10}$ PS Leistung aufnehmen, bei sehr hoher Drehzahl dagegen liegt seine Leistungaufnahme bei weit über 1000 PS. Man vergleiche folgende Zusammenstellung, wobei vorausgesetzt wird, dass sich der Propeller jeweils unter einem zu Leistung und Drehzahl passenden Boot befindet:

Leistungsaufnahme eines Propellers von D = 400 mm und H = 300 mm

200 U/min	0,08 PS	1500 U/min	32 PS	3000 U/min	250 PS
500 U/min	1,2 PS	2000 U/min	75 PS	4000 U/min	600 PS
1000 U/min	9 PS	2500 U/min	145 PS	5000 U/min	1200 PS

Propellerwirkungsgrad

Dem Schraubenpropeller fällt die Aufgabe zu, die ihm rotierend dargebotene Motorleistung in gradlinigen Schub umzuwandeln. Keine Kraftumwandlung ist verlustlos möglich, und so wird überall in der Technik danach gestrebt, die Verluste so niedrig wie möglich zu halten.
Wird einem Propeller eine Leistung von 100 PS, zugeführt, und wandelt er diese in eine Vorschubleistung von 50 EPS um (effektive Schlepp-PS sind gemeint), so hat er einen Wirkungsgrad von 50 Prozent. Die verlorenen 50 Prozent bestehen zum größeren Teil aus Reibungsverlusten, zum kleineren aus Wirbelbildung. Die Reibung entsteht keineswegs allein an den mehr oder weniger gut polierten Propellerflügeln, sondern auch innerhalb des Wassers selbst, wo ja der rasche Propellerstrahl Reibung am stillstehenden Wasser der Umgebung erleidet. Diese fällt dann am geringsten aus, wenn der Vortrieb durch eine möglichst große Wassermenge, also einen möglichst großen Propellerdurchmesser, mir möglichst geringer Beschleunigung erzeugt wird.
Die bereits erwähnten Serienversuche mit Propellermodellen dienten vor allem dem Ziel, den günstigsten Mittelweg zwischen den Verlustquellen für jede vorkommende Drehzahl und Leistung herauszufinden. Die Ergebnisse wurden *in* zahlreichen Kurvenblättern dargestellt, deren Grundlage ein so genannter *Belastungsgrad* bildet. Dieser bezieht sich entweder auf den erzeugten Vorschub, das vom Propeller aufgenommene Drehmoment, oder die vom Motor an den Propeller gelieferte Leistung. Diese Vielzahl der Bestimmung wurde durch den Dampfantrieb hervorgerufen, wo gewöhnlich nur die indizierte Leistung gegeben war. Seitdem der Antrieb durch Verbrennungsmotoren bis zu Einheiten von vielen Tausenden von PS-Leistungen ausgedehnt wurde, verwendet man nur noch den auf Motorleistung am Propeller beruhenden Leistungs-Belastungsgrad.

Will man Problemen des Wirkungsgrades näher kommen, so muss man sich mit diesem Belastungsgrad vertraut machen. Er lautet;

worin: C_b = Belastungsgrad, metrisch,
PS_a = an den Propeller abgegebene Motorleistung,
n = Propellerdrehzahl in der Sekunde,
v_a = Propellerfortschritt im Nachstrom in m/sek.

Dem nicht versierten Leser wird vor allem der Ausdruck $v_a^{2,5}$ Schwierigkeiten machen. Da aber nur der Wirkungsgrad ermittelt werden soll, braucht man sich mit dem Nachstrom nicht zu sehr beschäftigen. Bei schnellen Booten kommt er gänzlich in Fortfall, bei langsameren zieht man je nach Lage der Schraube 5 bis 10 Prozent von der wahren Bootsgeschwindigkeit ab. Bei sehr schweren Schiffen mit großem Tiefgang treten Nachstromwerte bis zu 30 Prozent und darüber auf.
Die Bruchpotenz von 2,5 lässt sich sogar auf dem Rechenschieber ermitteln. Sie ist nämlich gleich $\sqrt{v_a}$ x v_a^2. Doch ohne dieses Minimum an Mathematik kann man dem Belastungsgrad nicht näher kommen.
In einem weiteren Diagramm wird die Kurve der optimalen Propellerwirkungsgrade dargestellt, Abb. 180, und zwar über dem Belastungsgrad C_b, aufgetragen. Sie erreicht bei einem Belastungsgrad etwas unterhalb von 0,5 einen Höchstwert von fast 75 Prozent und sinkt dann ziemlich rasch ab. Bei 1 wird noch der sehr gute Wirkungsgrad von 68 Prozent erzielt, bei 10 dagegen erhält man nur noch 40prozentige Ausnutzung der Motorleistung. Die fehlenden 60 Prozent sind Verluste, die als Reibungswärme und Wirbel hinter dem Schiff zurückbleiben. Die große Mehrzahl der Propeller arbeitet mit Belastungsgraden zwischen 1 und 10.

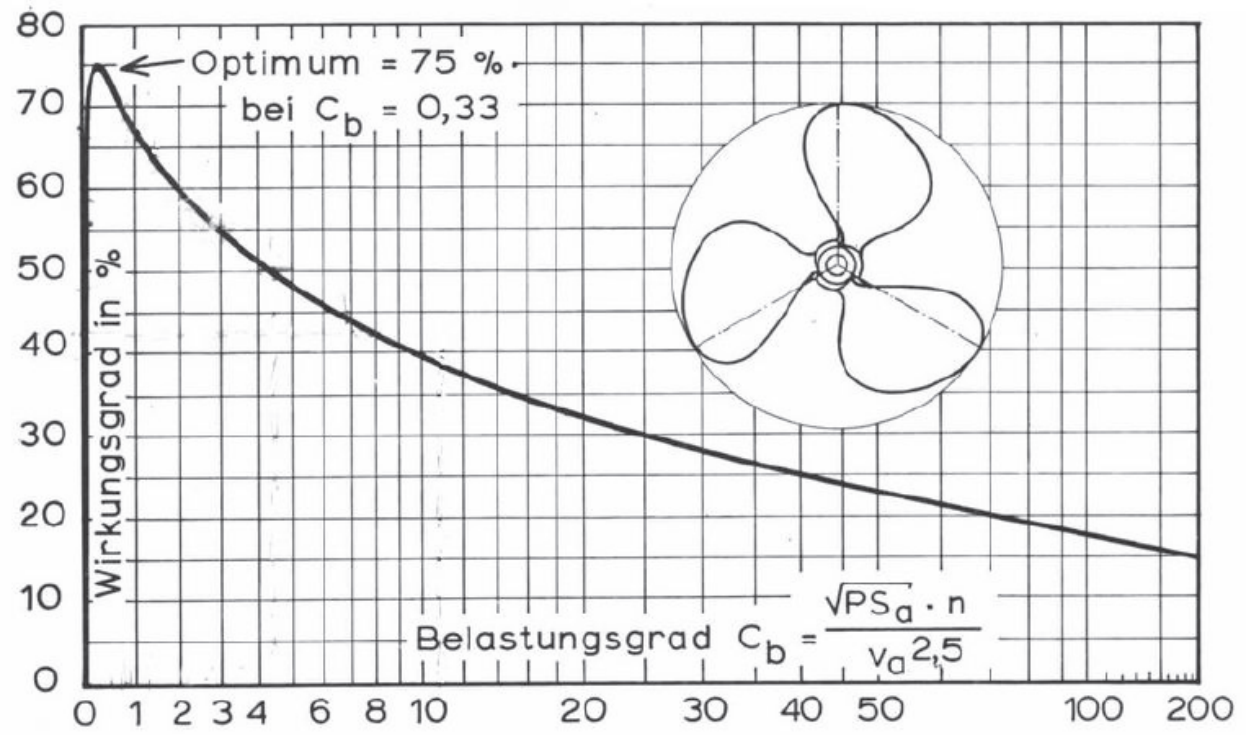


Abb.180 Graphische Darstellung des optimalen Propellerwirkungsgrades, geltend für Belastungsgrade zwischen 0 und 200. Die Mehrzahl der vorkommenden Antriebsverhältnisse ergibt Belastungsgrade zwischen 1 und 10. Der höchste Wirkungsgrad wird bei C_b = 0,33 erreicht, wobei der Propeller 75 Prozent der Motorleistung in Vorschub verwandelt.

Wer etwa glaubt, dass diese Wirkungsgradkurve nur ein akademisches Interesse verdient. hat ihre überragende praktische Bedeutung nicht erkannt. Selbstverständlich muss man den Wirkungsgrad des Propellers kennen, wenn man eine seriöse Geschwindigkeitsberechnung ausführen will. Die praktische Bedeutung ist jedoch unmittelbar und viel weitreichender!
Ein maßgebender Bestandteil des Belastungsgrades ist die Drehzahl, und zwar mathematisch einflussreicher als die Motorleistung, weil von dieser nur die Quadratwurzel eingesetzt wird. Die Drehzahl kann aber mittels geeigneter Untersetzungen in ziemlich weiten Grenzen willkürlich gewählt werden. Ehe man beim Kauf eines Bootsmotors nur abschätzt, ob man den direkten Antrieb vorzieht oder sich für eine der wahlweise gebotenen Untersetzungen entscheidet, rechne man den Belastungsgrad nach und orientiere sich über den Gewinn oder Verlust an Propellerwirkung zu jeder Drehzahl. Das Kapitel über Untersetzungsgetriebe vom leichten bis schweren Boot erläutert gut, was bei richtigem Vorgehen gewonnen werden kann.
Fand man einen annehmbaren Wirkungsgrad bzw. die geeignete Untersetzung, so lese man im Kurvenblatt des Propellerdurchmessers nach, ob der Raum unter dem Schiff und der erlaubte Tiefgang die Anwendung des Propellers auch zulassen. Es hätte keinen Sinn, eine wirksame Untersetzung zu wählen, wenn später der erforderliche Propellerdurchmesser nicht eingebaut werden kann.

Beschlränkter Propellerdurchmesser

Leider kommt es häufig vor, dass ein an sich vorteilhafter Propeller nicht untergebracht werden kann. Innerhalb enger Grenzen kann ein kleinerer Durchmesser durch vergrößerte Steigung ausgeglichen werden, wobei nur ein minimaler Verlust an Wirkungsgrad auftritt, Sobald aber zuviel vom Durchmesser weggenommen werden muss, ist der Ausgleich durch größere Steigung nicht mehr möglich, und der Verlust an Wirkungsgrad wächst bis zur Unmöglichkeit des Antriebs. Folgende Tabelle gibt darüber Auskunft.

Verringerung des Durchmessers	Vergrösserung der Steigung	Relativer Verlust an Wirkungsgrad
5 Prozent	6 Prozent	1 Prozent
10 Prozent	12 Prozent	3 Prozent
15 Prozent	20 Prozent	6 Prozent
20 Prozent	30 Prozent	12 Prozent
25 Prozent	nicht möglich	sehr groß

Ein Beispiel diene dazu, den Gebrauch der Wirkungsgradkurve zu erläutern. Dazu wird derselbe größere Motorkreuzer herangezogen, dessen drei Propellerdurchmesser anfänglich bestimmt wurden. Jeder seiner zwei Motoren leistete 180 PS, wovon an den Propeller noch eine Nettoleistung von PS_a= 160 abgegeben wurde. Dazu gehörte eine wahre Geschwindigkeit von 20 km/h = 5,55 m/sek, doch soll im Nachstrom eine Fortschrittsgeschwindigkeit des Propellers von v_a = 5,3 m/sek bestehen. Dessen Wert $v_a^{2,5}$ ergibt sich zu 64,5. Die Motordrehzahl von 2400 U/min konnte durch verschiedene Untersetzungen auf 1200, 800 oder auch 600 U/min untersetzt werden, gleichbedeutend mit 40, 20, 13,3 und 10 U/sek.

Unter Benutzung der Wirkungsgradkurve lässt sich nachstehende Tabelle aufstellen:

Propellerwirkungsgrad für eine Geschwindigkeit von 20 km/h

Motorleistung am Propeller $PS_a = 160$
Drehzahlen: 2400, 1200, 800 und 600 U/min

Propellerdrehzahl		Zuströmungs-geschwindigkeit v_a	Belastungsgrad	Propeller-wirkungsgrad
U/min	U/sek	m/sek	C_b	in %
2400	40	5,3	7,85	43
1200	20	5,3	3,93	51
800	13,3	5,3	2,61	57
600	10	5,3	1,96	60

Zunächst bestätigt sich, dass der Wirkungsgrad umso günstiger wird, je niedriger die Propellerdrehzahl gewählt wurde. Wendet man den Motor ohne Untersetzungsgetriebe an, d. h. mit 2400 U/min am Propeller, so erreicht man nur den sehr niedrigen Wirkungsgrad von 43 Prozent. Ein so kleiner schnell laufender Propeller am langsamen Boot wird treffend als Schaumschläger bezeichnet. Mit der Untersetzung 2 : 1 kommt man bereits auf 51 Prozent, und mit 3 : 1 untersetzter Propellerdrehzahl erreicht man 57 Prozent Wirkungsgrad. Selbst die starke Untersetzung von 4 : 1 kommt mit 60 Prozent noch längst nicht an den optimalen Wirkungsgrad heran.
Da Wirkungsgrade von über 70 Prozent erreichbar sind, ist man versucht, die Drehzahl festzustellen, die einen solchen Idealfall erwarten lässt. Wie man aus dem Kurvenblatt ersieht, gehört dazu ein Belastungsgrad von $C_b = 0{,}7$ oder darunter. Eine kurze Rechnung zeigt, dass man in diesem Falle die sehr niedrige Propellerdrehzahl von 3,57 U/sek = 215 U/min anwenden müsste. Die Motordrehzahl müsste demnach mindestens im Verhältnis 1 : 11 untersetzt werden, was im praktischen Motorenbau nicht ausgeführt wird, ferner auch einen unzulässig grossen Propellerdurchmesser erfordern würde.

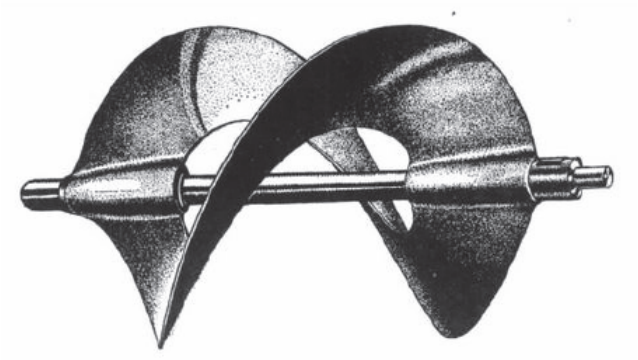


Abb. 181 Sonderpropeller für Hafenbarkassen, um das lästige Verwickeln von Tauwerk auszuschalten. Thornycroft

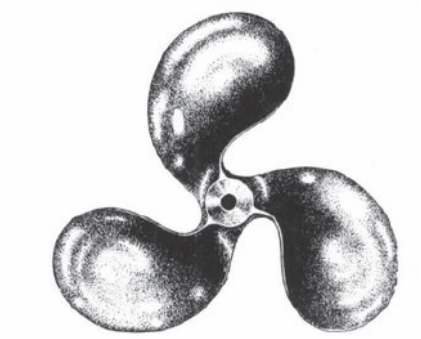


Abb. 182 Der bei amerikanischen Außenbordmotoren oft angewandte krautfreie Propeller, wie ihn die Sportfischer gern an ihren kleine, Motoren verwenden. O. Mikhno

Am Aufbau des Belastungsgrades erkennt man, dass geringe Motorleistung, niedrige Drehzahl und hohe Geschwindigkeit am ehesten zu sehr guten Propellerwirkungsgraden führen. Am eben gezeigten Beispiel dagegen wird erkennbar, dass man sich in der Praxis oft mit Wirkungsgraden um 60 Prozent begnügen muss. Vernachlässigt man den wichtigen Einfluss der Drehzahl, so kann der Wirkungsgrad auf so schlechte Werte wie etwa 40 Prozent abfallen.

Vergleich verschiedener Vortriebsorgane

Höchste Geschwindigkeit .....Schraubenpropeller
Beste Wirtschaftlichkeit .....Schraubenpropeller
Größte Zuverlässigkeit .....Schraubenpropeller
Geringster Tiefgang .....Wasserstrahlantrieb
Einfachster Einbau .....Außenbordmotor oder Einbaumotor mit Z-Antrieb
Sicherheit für Schwimmer, Wasserski .....Wasserstrahlantrieb
Höchste Manövrierfähigkeit .....Voith-Schneider-Propeller, Schöttel- Ruderpropeller
Größte Schleppleistung ..... Schraubenpropeller in Kort-Düse
Bester Schutz gegen Grundberührung ..... Wasserstrahlantrieb

Schraubenpropeller Hat als Universalantrieb die meisten Vorzüge und verbindet besten Wirkungsgrad mit geringen Kosten, unkomplizierter Herstellung und leichtem Auswechseln.

Wasserstrahlantrieb Seinen beachtlichen Vorteilen steht als größter Nachteil gegenüber, dass er in seiner heutigen Ausführung nur bei sehr leichten, sehr schnellen Booten wirtschaftlich arbeitet. Korrosionsprobleme beeinträchtigen die Lebensdauer, Anschaffungskosten sind höher.

Voith-Schneider-Propeller Wird auf Motorkreuzern und schnellen Booten nicht angewandt, eignet sich aber vorzüglich für Bugsierschlepper und alle Manövriersonderfälle, da der Propellerstrahl in jede beliebige Richtung ausgestoßen werden kann. Anschaffungskosten sehr hoch, Wirkungsgrad etwas geringer als bei der normalen Schiffsschraube.

Schöttel-Ruderpropeller Hat ähnliche Manövriervorzüge wie der vorgenannte und ist weniger kostspielig. Könnte an sportlichen Booten angewandt werden, doch wird dort nur selten eine so hohe Manövrierfähigkeit erstrebt.

Kort-Düse Ist eine Ummantelung der normalen Schiffsschraube, durch die beim Schleppen ein umso größerer Gewinn an Schraubenschub erzielt wird, je langsamer die Schleppgeschwindigkeit ist.

Außenbordmotor und Z-Antrieb Verwenden den normalen Schraubenpropeller. Wegen der Beschränkung des Propellerdurchmessers erreichen sie nur bei schnellen, leichten Booten gute Wirkungsgrade. Langsame, schwere Boote erfordern größere Propellerdurchmesser als an normalen Außenbordantrieben angebracht werden können.

Steuern und Manövrieren

Es besteht ein großer Unterschied zwischen der Fähigkeit zum Kurshalten eines Schiffes und seinen Manövriereigenschaften. Man beobachte nur, wie die Hafenschlepper das Einlaufen eines Überseeschiffes abwarten, um es an den Kai zu bugsieren. Dabei fällt geradezu auf, wie hilflos dieser große Rumpf daliegt, ganz auf die Fähigkeit der Schlepper bauend, um das Schiff mit der Kraft ihrer Maschinen an seinen Liegeplatz zu bringen und auch quer zu versetzen.
Es liegt keineswegs an der Größe solcher Schiffe, dass sie nicht selbständig manövrieren. Auch diese könnten so ausgebildet werden, dass sie in ähnlicher Weise manövrieren, wie es bei kleinen Motorbooten als selbstverständlich vorausgesetzt wird. Es kommen jedoch andere Gesichtspunkte entscheidend hinzu, so dass bei großen Schiffen gewöhnlich auf gute Manövriereigenschaften verzichtet wird.
Überseeschiffe liegen während vieler Tage, mitunter sogar wochenlang auf geradem Kurs. Die Ruderanlage sowie die Unterwassergestaltung des Schiffes wird deshalb so ausgerichtet, dass gute Kursbeständigkeit erzielt wird und dass diese auch im Seegang aufrechterhalten bleibt. Wollte man darüber hinaus gute Manövrierfähigkeit schaffen, so wäre einerseits ein abgeändertes Unterwasserprofil mit vergrößertem Tiefgang erforderlich, andererseits müsste eine machtvolle Ruderanlage mit vergrößerter Ruderfläche eingebaut werden. Welche Kräfte bei Handelsschiffen allein für die *kleinen* Ruderflächen zur Einhaltung des Kurses benötigt werden, ersieht man aus folgenden Zahlen: Das Ruderblatt des großen Vorkriegs-Fahrgastschiffes BREMEN wog allein 65 t und wurde von zwei Dampfmaschinen mit je 400 PS Leistung betätigt. Die QUEEN MARY besaß ein Ruderblatt von sogar 110 t Gewicht. Dieses wurde von einer doppelten Elektrohydraulik-Anlage betätigt, deren Gesamtleistung 750 PS betrug.
Heute allerdings stehen moderne Hilfsmittel bereit, sodass auch Großschiffe ohne Schlepperhilfe schwierige Anlegemanöver ausführen können. Dabei wurde nicht einmal das Kielprofil geändert oder die Ruderfläche vergrößert. Stattdessen wird am Bug eine Querschubanlage eingebaut, Bugstrahlruder genannt. Dieses besteht aus einem unter Wasser von Seite zu Seite durchlaufenden Kanal, aus dem ein Wasserstrahl beim Manövrieren wahlweise nach Backbord oder Steuerbord ausgestoßen wird, um dadurch den Bug seitlich zu versetzen bzw. den Drehkreis des Schiffes bedeutend zu verringern. Eine solche Anlage ist einem eingebauten Bugsierschlepper fast gleichbedeutend.
Bei Motorkreuzern und schnellen Sportbooten liegen die Verhältnisse ganz anders. Hier erwartet man als selbstverständlich, dass Konstrukteur und Werft dem Boot sowohl gute Kursstabilität wie beste Manövriereigenschaften, mit auf den Weg geben. Nachstehend wird nun gezeigt, dass sich beide Forderungen in wirksamster Weise erfüllen lassen, und zwar mit einfachen, unkomplizierten Mitteln.
Zunächst muss hervorgehoben werden, dass gutes Steuern und Manövrieren keineswegs von der Größe und Form des Ruderblattes oder dem Ruderausschlag her bestimmt werden.

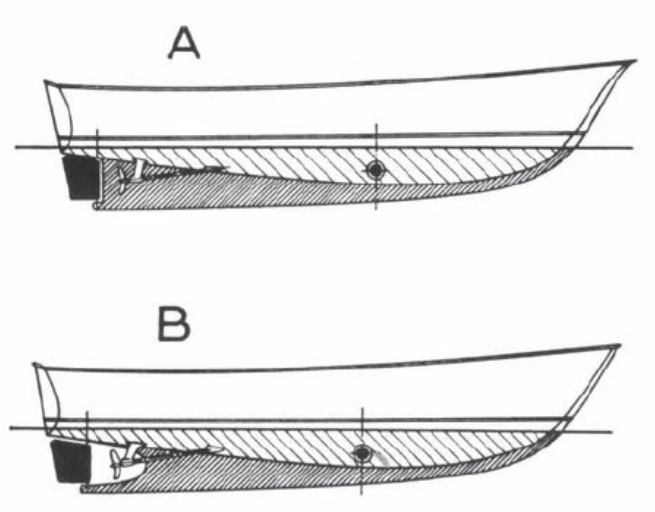


Abb.183 Ein Kielprofil nach A zeichnet sich durch vorzügliche Kursstabilität aus. Seine Manövriereigenschaften dagegen sind absolut mangelhaft, selbst bei Zweischraubenantrieb. Wird Totholz achtern nach B weggeschnitten, so gewinnt man verbessertes Manövrieren, ohne die Kursstabilität zu beeinträchtigen.

Von dominierendem Einfluss ist die Formgebung des Unterwasserprofils, wie an Hand der Zeichnungen, Abb. 183 und 184, erklärt werden soll. Dabei wird zunächst festgestellt, dass Kursstabilität und Manövrierfähigkeit entgegen gesetzte Voraussetzungen erfordern. Der beste Lateralplan für hervorragende Kursstabilität liefert die schlechtesten Manövriereigenschaften und umgekehrt. An zweiter Stelle steht die Anordnung von Ruderblatt und Propeller, denn auch diese kann entweder Kursstabilität oder Manövriereigenschaften begünstigen. Um die Vorbedingungen einer Anlage für gutes Manövrieren zu verstehen, präge man sich den wichtigsten Satz zur Erkenntnis jedes Manövers ein: Ein Schiff steuert mit dem Heck!

Der unter *A* gezeigte Bootskörper eines Motorkreuzers hat folgende Kennzeichen: sehr weit nach achtern durchgezogener tiefer Lateralplan mit direkt angelenktem Ruderblatt und auf jeder Seite einen Propeller. Eine solche Anordnung findet man mitunter auch heute noch auf seegehenden Motoryachten, wenn auch selten in so krasser Form. Es versteht sich von selbst, dass ein so langer, tiefgehender Kiel, auch Totholz genannt, in bester Weise für Kursstabilität sorgt. Selbst im Seegang sind nur geringfügige Ruderkorrekturen erforderlich, um auf fast schnurgeradem Kurs durchzuhalten.

Dieselbe Anordnung ist dagegen zum Manövrieren am stärksten benachteiligt. Wird das Ruderblatt gelegt, so erzeugt es nur eine mangelhafte Querkraft, weil es ja nicht im Pro-pellerstrahl liegt. Diese geringe Querkraft arbeitet gegen die große achtere Fläche des Totholzes, wodurch sich der ganze Schiffskörper mit Macht einem seitlichen Ausweichen des Hecks widersetzt. Bei dieser Anordnung *A* verbinden sich folglich vorzügliche Kursstabilität mit einer fast katastrophalen Unfähigkeit zum Manövrieren. Je größer der seitliche Widerstand im achteren Bereich ausfällt, desto schwieriger wird es, überhaupt brauchbare Manöver auszuführen.

Seitlicher Widerstand ist vorteilhaft für die Kursstabilität, aber nachteilig fürs Manövrieren. Die Größe des seitlichen Widerstandes lässt sich ungefähr wie folgt ordnen:

Widerstand gegen seitliches Versetzen:

Tiefes senkrechtes Totholz ..... 100 Prozent,
Senkrechte Kimmseite in V- Spantbooten .. 50 Prozent,
Bootskörper selbst, Rundspantboote ..... 25 Prozent.

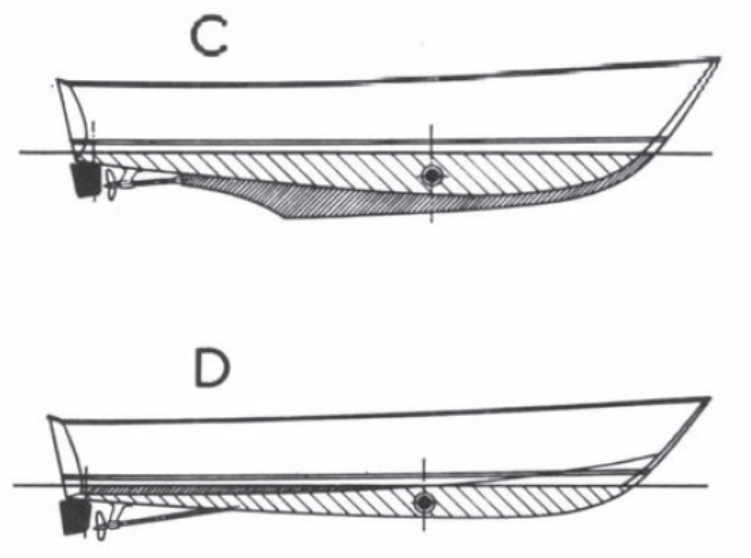


Abb. 184 Die Anordnung nach C vereinigt ausreichende Kursstabilität mit hervorragender Eignung zum Manövrieren, Unter D das typische schnelle Boot in V-Spantform mit unbestimmten Eigenschaften. Bei der kleinsten Unaufmerksamkeit am Ruder läuft es aus dem Kurs, aber auch das Manövrieren geht erschwert Vonstatten.

Diese ungefähre Einteilung wurde in den vier Lateralplänen *A, B, C, D* durch die Schattierung angedeutet. Die Ruderblätter selbst wurden in Schwarz hervorgehoben. Um den Widerstand gegen das Drehen zahlenmäßig auszudrücken, sei folgende Überlegung angestellt. Der Drehpunkt eines Schiffes, also die vertikale Achse, um die es sich beim Manövrieren dreht, liegt meistens bei etwa 60 Prozent der WL-Länge vom Heck entfernt. Wurde das Vorschiff des Bootes besonders scharf und tiefgehend ausgebildet, kommt ferner ein flaches Heck ohne Totholz hinzu, so rückt der Drehpunkt weiter voraus und gelangt auf 70 bis 75 Prozent der WL-Länge von achtern. Jede in der Nähe des Drehpunktes befindliche Widerstandsfläche übt nur geringen Einfluss auf die Manövriereigenschaften aus. Liegt aber, wie beim Profil *A*, eine solche senkrechte Fläche weit vom Drehpunkt entfernt im Heck, so widersetzt sie sich dem Drehen mit Heftigkeit, da sie an einem langen Hebelarm wirkt. Es wäre durchaus möglich, den Drehwiderstand durch eine Momentenrechnung mit guter Näherung zu bestimmen, wobei die Drehachse als Bezugspunkt zu wählen ist. Auf solche Weise lassen sich Kursstabilität und Manövriereigenschaften verschiedener Boote zahlenmässig miteinander vergleichen. Im vorliegenden Falle würde das Profil *A* den größten Drehwiderstand aufweisen.

Bei der Ausführung nach *B* wurde dieselbe Kiellänge und -tiefe wie unter *A* beibehalten, ebenso dieselbe Ruderblattgröße und Schraubenanordnung. Vor dem Ruder wurde aus dem Totholz eine große Aussparung herausgeschnitten, wodurch der Widerstand gegen seitliches Versetzen bedeutend verringert wird. Die Kursstabilität erleidet kaum irgendwelche Einbuße, die Manövriereigenschaften werden jedoch merklich verbessert. Trotzdem gilt sie für die meisten Fälle noch als unzureichend, weil die beiden Propellerströme nicht auf das Ruderblatt treffen. Für wirkliche Langfahrt wäre eine solche Anordnung durchaus annehmbar, nicht jedoch für den Fahrtbereich der Mehrzahl der Boote. In der Abb. 184 wird unter *C* die optimale Profilform und Ruder-Propeller-Anordnung gezeigt, um vorzügliche Manövriereigenschaften zu erreichen, ohne dafür die Kursstabilität zu sehr zu schädigen. Beginnend am Vorsteven geht der Kiel kurvenförmig immer tiefer hinunter bis kurz hinter der halben WL-Länge. Er bietet dadurch der Wasserströmung ständig eine Anschnittkante, die gut zur Kursstabilität beiträgt. Weit vor
Ruder und Propeller wird das Totholz stark beschnitten. Selbst wenn ein Boot mit Profil *C* nur von einem einzigen Propeller angetrieben wird, erzielt man mit ihm eine bedeu-

tend bessere Manövrierfähigkeit als mit Zweischraubenbooten nach den Profilen *A* und *B*. Erhält Profil *C* ebenfalls Zweischraubenantrieb, so gewinnt man geradezu unübertreffliche Manövriereigenschaften. Diese können nur noch von Sonderantrieben übertroffen werden, wie etwa vom Schöttel-Ruderpropeller oder vom Voith-Schneider-Propeller. Für den geübten Rudergänger bedeutet es ein wahres Vergnügen, mit einer Anordnung nach *C* selbst schwierige Manöver unter dem Einfluss von Wind und Strom auszuführen. Ein Unterwasserprofil nach *D* findet sich häufig bei schnellen Booten in V-Spantform, und zwar vom kleinsten offenen Runabout bis zu Kreuzern von beachtlicher Größe. Es ist leicht einzusehen, dass sich mit dieser Anordnung so genannte *unbestimmte* Kurs- und Manövriereigenschaten einstellen. Ruder und Propeller-kombination sorgen zwar für einen guten Steuereffekt, doch der flache Lateralplan produziert keinen wirksamen Drehpunkt. *Das Vorschiff weiß nicht, was das Achterschiff will*. In flotter Fahrt zeigen solche Boote gewöhnlich, aber nicht immer, eine ausreichende Kursstabilität; beim Manövrieren dagegen sind sie unzuverlässig und benehmen sich ungebärdet. Herrscht auch nur ein mittelstarker Wind, so stört dieser jedes Manöver mehr als bei allen anderen Ausführungen. Ganz besonders schlecht fallt der Versuch einer Rückwärtsfahrt aus, die mir einem Boot nach *D* einfach nicht begonnen werden kann.
Wenn auch in vielen Fällen ausreichende Kursstabilität allein schon aus Fahrtstrom und Kielung des Bodens gewonnen wird, so enthält die Anordnung nach *D* stets die Gefahr einer chronischen Kurs-Unstabilität. Besonders bei kopflastiger Gewichtsverteilung entsteht ein Mangel an Kurshaltefähigkeit. Dabei ist das Boot ständig bestrebt, aus dem Kurs zu laufen, und nur durch rastlose Arbeit und pausenlose Aufmerksamkeit am Steuer kann ein einigermaßen gerader Kurs eingehalten werden. Wird das Verhalten des Bootes als sehr störend empfunden, so braucht meistens nur ein Totholz nach *C* untergebolzt zu werden, um die Mängel zu beseitigen.

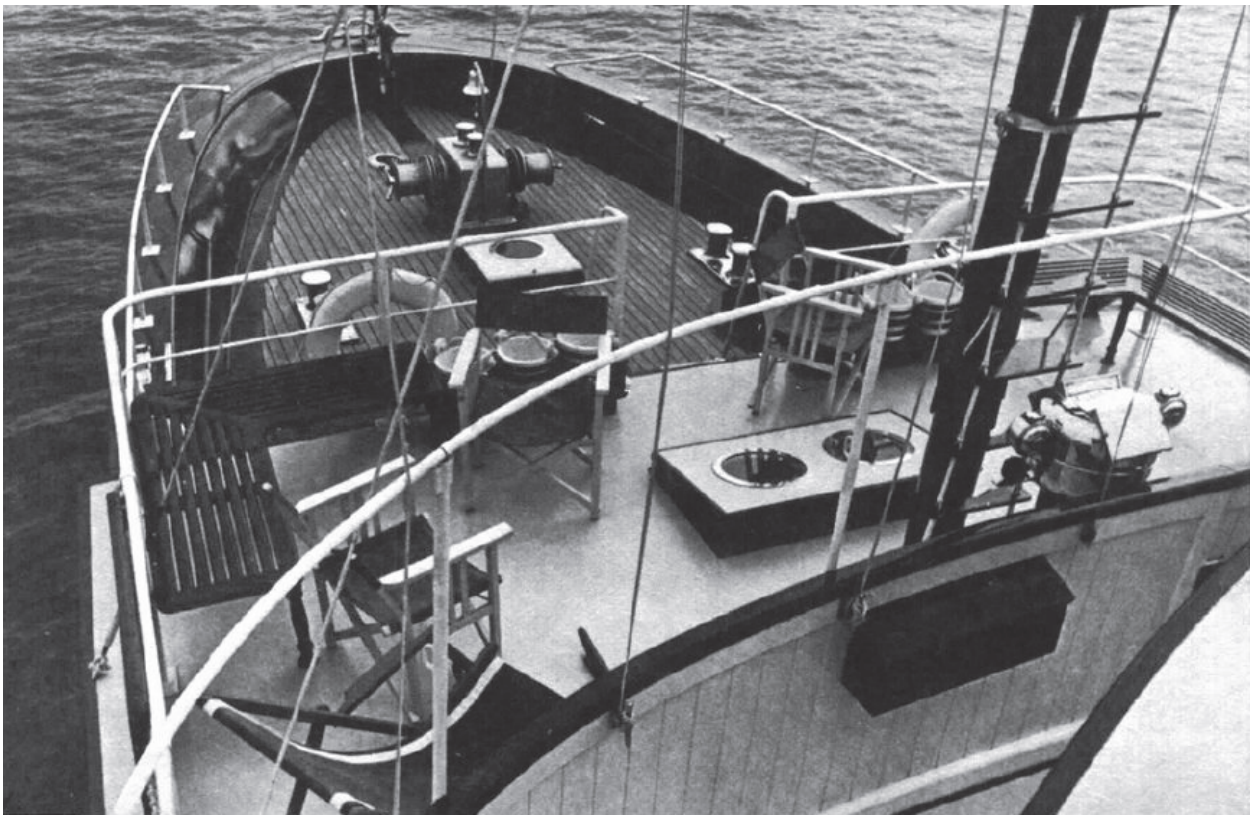
Drehkreisdurchmesser

Der Grad der Manövrierfähigkeit kann nicht besser ausgedrückt werden als durch die Angabe des Drehkreisdurchmessers. Diesen gibt man im Verhältnis zur Bootslänge in der WL an. Als Kreisdurchmesser gilt dasjenige Maß, das vom Drehpunkt des Bootes beschrieben wird, also nicht etwa der die Spiegelkante und vordere Bootsseite umschreibende Kreis, vgl. Abb. 185. Dieser fällt bei kurzen und breiten Booten beträchtlich größer aus, was man aber nicht der Manövrierfähigkeit in die Schuhe schieben darf; es ist nur eine natürliche Konsequenz des äußeren Bootsumrisses bzw. der großen Breite.
Besitzt ein Boot ein gut aufs Manövrieren eingestelltes Profil, wie in der Darstellung *C* der vorhergehenden Abb. 184 gezeigt wurde, so lässt sich selbst beim Einschraubenschiff ein überraschend kleiner Drehkreis erreichen. Dieser liegt meistens bei 2 WL-Längen, reicht jedoch bei kurzen, breiten Booten mit passendem Profil bis auf $1^1/_2$ WL- Längen herunter. Eine Gesamtanordnung mit dem verlängerten Lateralplan nach *B* ergibt einen Drehkreisdurchmesser von $2^1/_2$ bis 3 WL-Längen. Die zum Manövrieren besonders unglückliche Anordnung nach *A* erzielt im besten Falle einen Drehkreisdurchmesser von 4 WL-Längen, in extremen Fällen sind schon 5 und mehr solcher Längen vorgekommen. Vorgesagtes gilt für ständig vorauslaufende Propeller. Bei solchen Unglückskandidaten wie Profil *A* kann man einen kleineren Drehkreis erzwingen, wenn der Innenpropeller in Rückwärtslauf gebracht wird, und der Außenpropeller allein den Vorwärtsgang besorgt.



Foto 96 Steuerstand der Motoryacht „Betalba", deren Generalplan unter Abb. 79 wiedergegeben wird. Bauwerft Astillero Baader, Buenos Aires. Werftfoto Baader

Foto 97 Vorschiff der Motoryacht "Betalba". Man erkennt rechts den Haupt- Kompass, ganz vorn das elektrische Ankerspill. Werftfoto Baader



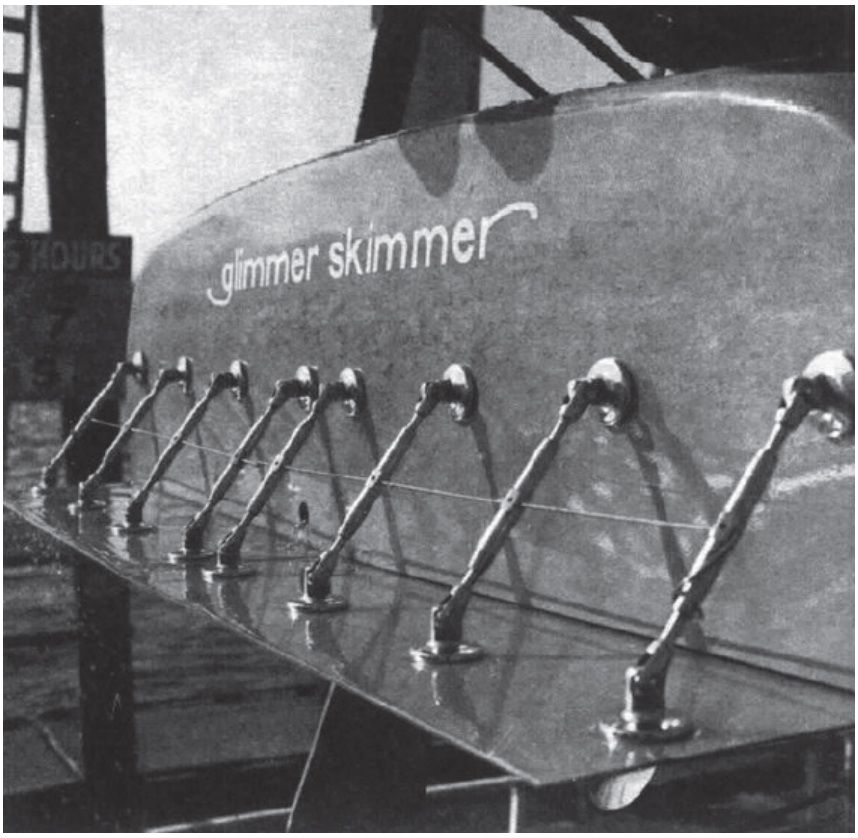
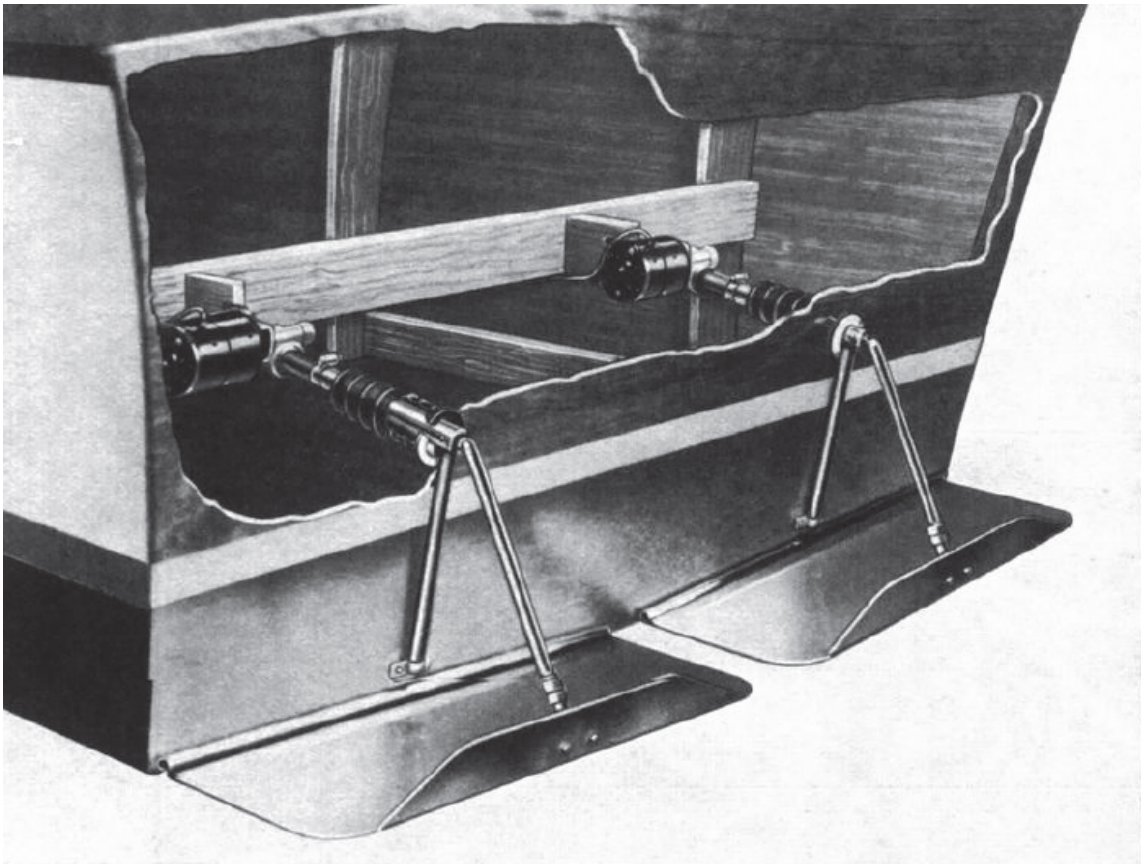


Foto 98 Nachstellbare Trimmklappen am Spiegel eines Dragrennbootes; man nennt sie dort auch Kavitationsplatten. Mit Verstellen während der Fahrt ist bei dieser Ausführung nicht möglich, jedoch kann man durch Probefahrten den geeignetsten Anstellwinkel für Rennen herausfinden.

Foto: Armco Steel Corp, Ohio

Foto 99 Regulierbare Trimmklappen Modell "Trimatic" der Bennett Marine, Inc, Detroit. Diese Art von Trimmklappen wurde an vielen Offshorerennbooten verwandt, ebenso an offenee Sportbooten und Motorkreuzern. Der Anstellwinkel wird durch kleine Elektromotoren verändert, deren Schalter am Steuerstand liegen. An deren Stelle kann auch ein automatisch vom Bootstrimm gesteuerter Schalter verwandt werden. *Foto: Beneett Marine, Detroit*



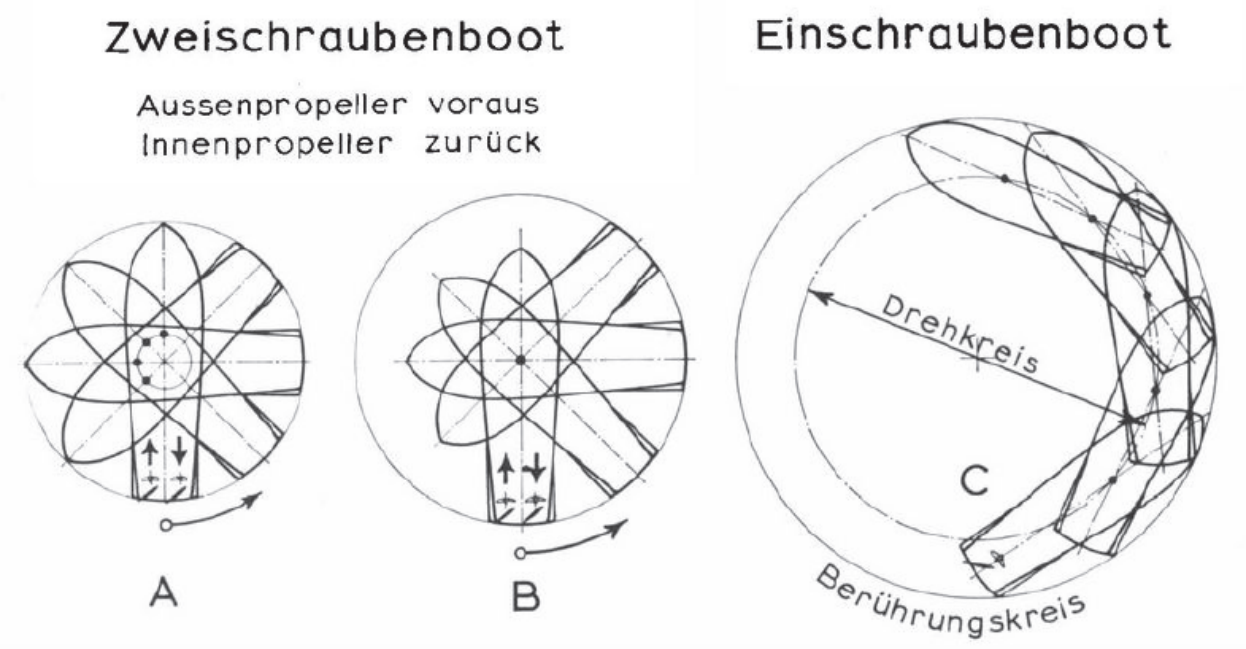


Abb. 185 Drehkreise beim Ein- und Zweischraubenboot. Ein Zweischraubenboot mit günstigem Profil kann auf der Stelle drehen, siehe B. Bei geschickter Regulierung der Drehzahlen von Innen- und Außenpropeller erzielt man sogar einen negativen Drehkreis, siehe A. Aber auch Einschraubenboote erzielen sehr kleine Drehkreisdurchmesser, wie unter C gezeigt wird. Er betrugt hier 1 1/2 WL- Längen. je nach Bootsbreite entsteht dabei ein Berührungskreis von etwa 2 WL- Längen.

Der ganze Vorgang vollzieht sich jedoch mit ermüdender Langsamkeit, währenddessen das Schiff von Wind und Strömung ungebührlich versetzt wird.
Ein Zweischraubenschiff mit dem günstigen Lateralplan nach *C* mit 2 Rudern erreicht ganz hervorragende Manövriereigenschaften. Den Drehkreis vollbringt es auf der Stelle, seine Drehachse bewegt sich nicht vom Fleck, wenn man den Vorwärtsgang des äußeren Propellers und den Rückwärtsgang des inneren entsprechend reguliert. Beide Ruderblätter liegen dabei im Sinne des Drehkreises, doch nur das äußere wird vom Schraubenstrom getroffen und ist wirksam. Das innere läuft leer mit, weil dessen Propeller den Wasserstrahl vorausschickt.

Einfuß des Schraubendrehsinns aufs Manövrieren

Es wurde absichtlich gesagt: aufs Manövrieren! Vielfach wird nämlich behauptet, der Schraubendrehsinn hätte einen störenden Einfluss aufs Steuern im allgemeinen. Dieser Meinung muss widersprochen werden, und falls solche Beobachtungen auf geradem Kurs doch auftreten, so besteht gewöhnlich ein Mangel an Symmetrie im Ruderblatt oder gar in der Kielrichtung.
Ein für sich allein genügend tief in ungestörtem Wasser arbeitender Propeller erzeugt keinerlei quergerichtete Kraftkomponente. Solche Querkräfte entstehen dagegen ganz von

selbst, sobald der Propeller unter dem Boden eines Bootes arbeitet. Jeder einzelne Propellerflügel durchschreitet bei einer Umdrehung nicht mehr ungestörtes Wasser, sondern Zonen unterschiedlichster Störungen. Dicht am Boden des Bootes herrscht ein starker Mitstrom. Hinter dem Wellenbockarm, der Propellerwelle, dem Kiel folgt dem Boot eine Wirbelschicht, die ein Bild wechselnder Störströmungen erzeugt. Schließlich gelangt der Propeller im tiefsten Bereich in nahezu ungestörtes Wasser. Im Vergleich zu den oberen durchwirbelten Wasserschichten, nicht selten mit Kavitationsdampf oder sogar angesaugter Luft gemischt, trifft er unten in der Tat auf schweres Wasser, das seiner Drehung größeren Widerstand entgegensetzt.
Die Wirkung des schweren Wassers im unteren Bereich äußert sich durch eine Kraft, die das Heck seitlich zu versetzen trachtet. Die Richtung der unvermeidlichen Querkraft kann man am leichtesten im Gedächtnis behalten, wenn man sich vorstellt, dass die unteren Flügelspitzen des Propellers den Grund berühren und deshalb seitlich wegzuwandern versuchen. Für den Rudergänger lautet die einfachste Regel wie folgt:

Ein rechtsdrehender Propeller drängt in Vorwärtsfahrt das Vorschiff nach links, nach Backbord. Derselbe Rechtspropeller drängt in Rückwärtsfahrt das Heck nach links, nach Backbord.

Eben genannte Regel wird in Abb. 186 bildlich erläutert, und zwar wurden die Vorgänge so dargestellt, wie sie der aufmerksame Rudergänger tatsächlich erlebt, gültig für das Einschraubenboot.
Auf der linken Bildhälfte erkennt man gut die Kursbeeinflussung, wie sie ein rechts laufender Propeller zu Beginn der Fahrt erzeugt. Auf der rechten Seite findet sich das entspre-

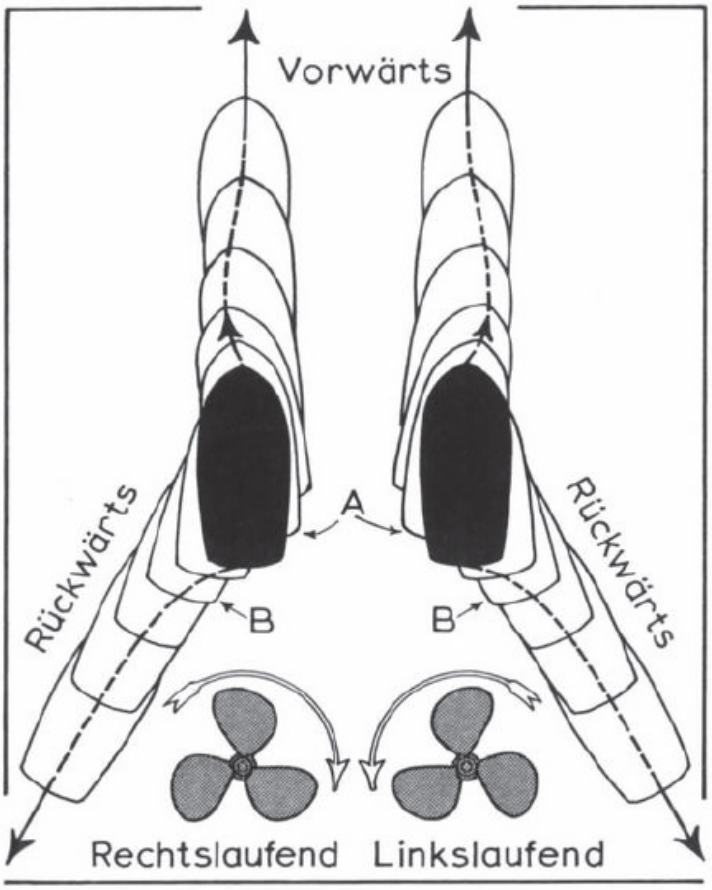


Abb. 186 Einfluß des Schraubendrehsinns. Er macht sich fast nur beim Anfahren bemerkbar. In Fahrt voraus wird das stets auftretende kleine Ausscheren bei A nur selten bemerkt, weil die spontane Ruderkorrektur eine sofortige Wirkung erzielt. Zu Beginn der Rückwärtsfahrt tritt beim Einschraubenschiff eine starke Querversetzung auf, siehe B. Die linke Bildhälfte gilt für rechts laufende Propeller, die rechte entsprechend für links laufende.

chende Verhalten eines linkslaufenden Propellers. Dazu sei ausdrücklich erwähnt, dass ein rechts- oder linksdrehender Propeller diese Benennung für immer beibehält, auch wenn er im Rückwärtsgang tatsächlich in die entgegengesetzte Drehrichtung versetzt wird. Selbst wenn ein Propeller irrtümlicherweise von der falschen Seite her auf die Propellerachse montiert wurde, ändert sich nicht sein Drehsinn. Nur Druck- und Saugseite werden gegeneinander vertauscht, wodurch die Vorwärtsfahrt bedeutend geschädigt wird. Schaltet man bei stillstehendem Einschraubenboot den Vorwärtsgang ein, so muss man sehr aufmerksam beobachten, um die geringe Versetzung des Hecks nach der Seite überhaupt festzustellen. Vielen Bootsführern ist dieses Verhalten unbekannt, und zwar nur deshalb, weil sie instinktiv sofort mit dem Ruder entgegenwirken, und weil dieses auch unverzögert anspricht. Das Ruder liegt nämlich bei Fahrtbeginn voraus sofort im wirksamen Propellerstrom. Die Versetzung des Hecks ist in der Abbildung sowohl bei *A* erkennbar, wie auch

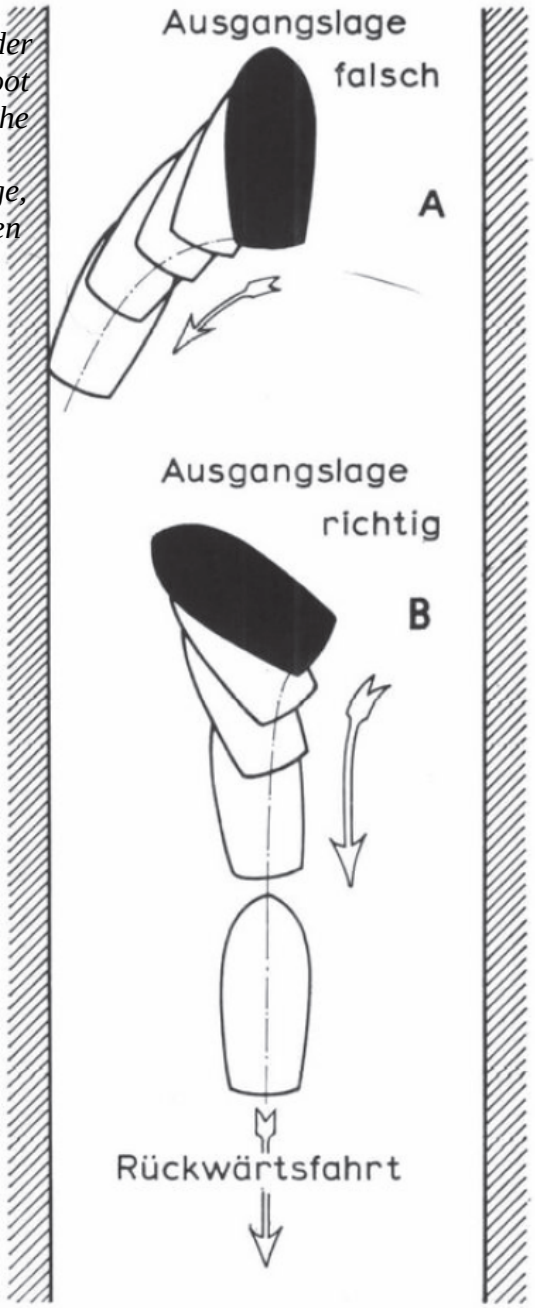


Abb. 187 Im engen Fahrwasser wird der Beginn der Rückwärtsfahrt leicht problematisch, weil das Boot gegen Fahrthindernisse trifft, ehe eine merkliche Ruderwirkung erreicht wird.
Wählt man jedoch eine vor gedachte Ausgangslage, so kann man meist das anfängliche Querversetzen übertrumpfen,

am geringfügigen Ausweichen des Bugs zu bemerken. Wie gesagt, sie ist in Vorwärtsfahrt unbedeutend und wird deshalb nur selten überhaupt bemerkt.
Beim Beginn der Rückwärtsfahrt dagegen tritt ein starker Seiteneffekt auf, der das ganze Manöver beherrscht. Hier erreicht das Ruderblatt anfangs überhaupt keine ausgleichende Wirkung, weil der Propellerstrahl jetzt nach vorn gerichtet wird. Hinzu kommt, dass der Propeller nun mit vertauschter Saug- und Druckseite ungünstiger arbeitet. Er erzeugt weniger Schub, wogegen seine jetzt ungünstig arbeitenden Flügelschnitte eine noch etwas verstärkte Querkraft ausbilden. Dadurch entsteht sofort beim Einkuppeln ein markantes seitliches Versetzen des Hecks, in der Abbildung unter *B* ersichtlich. Erst nach Aufnahme von genügend Fahrt reagiert das Boot auf die Ruderlage, und zwar in einigen Fällen in ausreichender Weise, in vielen anderen jedoch in ungenügender.
Ist man gezwungen, im engen Fahrwasser Rückwärtsfahrt aufzunehmen, so kann man durch geschicktes Eingehen auf die unvermeidliche Querwirkung trotzdem auf Kurs kommen (sofern das Boot in Rückwärtsfahrt überhaupt steuerbar ist). Zu diesem Zweck wird das Boot vor Beginn der Rückwärtsfahrt nicht in die beabsichtigte Richtung gelegt, wie unter *A* in Abb. 187, sondern man macht die nötige Zugabe für das erwartete seitliche Versetzen des Hecks und beginnt die Rückwärtsfahrt von einer Lage nach *B.* Sind Boote in Rückwärtsfahrt überhaupt nicht steuerbar, so kann man oft auch dann noch zum rückwärtigen Ziel gelangen. Dazu allerdings muss das zu kleine Ruderblatt vom Propellerstrahl getroffen werden. Man wird also versuchen, einige Meter Rückwärtsfahrt so gut wie möglich zurückzulegen, um dann die Lage des Bootes durch kurzes Einkuppeln des Vorwärtsganges und rasches Ruderlegen zu korrigieren. Noch ehe das Boot wirklich Fahrt voraus aufnimmt, kann man das Heck genügend weit seitlich versetzen, um erneut Rückwärtsfahrt aufzunehmen.
So wie der Segler ohne nachzudenken ganz instinktiv die Schoten seiner Segel der Windrichtung anpasst, so soll sich auch der Steuermann eines Motorbootes mit dem Einfluss des Schraubendrehsinns bis zur instinktiven Beherrschung vertraut machen. Dieser Effekt des seitlichen Ausscherens trägt nämlich ebenso oft zum Gelingen eines riskanten Manövers bei, wie seine Unkenntnis das Misslingen eines normalen Manövers verursacht. Jedes Einschraubenschiff hat zwei ungleiche Drehkreisdurchmesser. Mit einem rechtsdrehenden *Propeller* unter dem Boden ist in Vorwärtsfahrt die Wendung nach Backbord die vorteilhaftere. Der Durchmesser des Backbord-Drehkreises fällt dabei wesentlich kleiner aus als derjenige nach Steuerbord. Diese Eigenschaft soll man sich sowohl bei Anlegemanövern zunutze machen wie auch beim Wenden in engem Fahrwasser.

Abstoppen der Fahrt mittels Rückwärtsganges

In den Anfangszeiten des Bootsmotorenbaues wurden oft Wendegetriebe angewandt, die im Rückwärtsgang nur die Hälfte der Vorwärtsdrehzahl an den Propeller weitergaben. Dies gilt nicht für die in Europa üblichen damaligen Kegelrad-Wendegetriebe, jedoch besonders für die noch in den zwanziger Jahren in den Vereinigten Staaten hergestellten Planetengetriebe. Der Propeller selbst erzeugt im Rückwärtsgang bereits wegen seiner Flü-

gelschnitte weniger Schub, denn Druck- und Saugseite werden dabei vertauscht. Kommt dann noch eine bedeutend niedrigere Drehzahl hinzu, so versteht sich von selbst, dass nur eine außerordentlich schwache Bremswirkung erzielt wird. Mit den damaligen niedrigen Geschwindigkeiten der Boote konnte dies gerade noch hingehen, doch heute hat sich für den Rückwärtsgang allgemein dieselbe Drehzahl eingebürgert wie für den Vorwärtsgang. Dass gewisse Planetengetriebe nur 90 Prozent Rückwärtsgang hergeben, sei nur nebenbei erwähnt, ist jedoch leicht durch erhöhte Drehzahl des Motors auszugleichen. Der normale Vorgang des Abstoppens geht völlig problemlos vor sich. Dabei wird vorausgesetzt, dass man frühzeitig die Fahrt mindert, nahe dem, Ziel auf ein Minimum kommt und ganz zum Schluss mit ein wenig Rückwärtsgang den letzten Rest von Fahrt aus dem Boot nimmt.
Ist man durch die Umstände gezwungen, die Fahrt plötzlich und heftig abzustoppen, dann tritt der querversetzende Effekt der Schraube stark in Erscheinung. Dieser gilt ebenso für ein schnelles, offenes Sportboot wie für einen großen Motorkreuzer, besonders bei Einschrauben-antrieb. Er gilt aber in der gleichen Weise auch für Überseeschiffe jeder Größe, und mancher Kapitän eines Riesentankers kann darüber ein Lied singen.

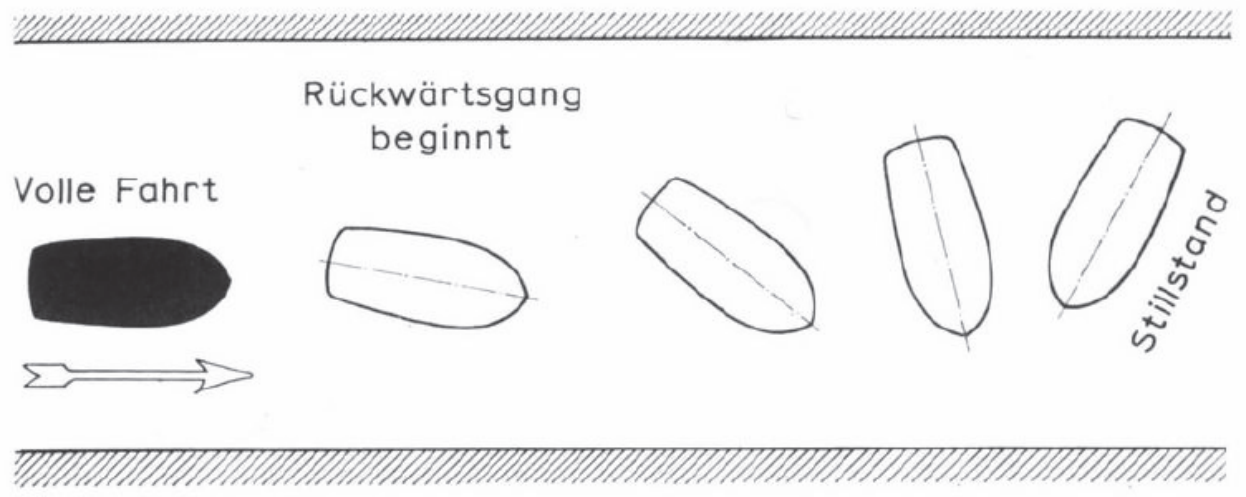


Abb. 188 Muss man aus schneller Fahrt plötzlich hart stoppen, so gehorcht das Heck nicht mehr der Ruderlage, sondern wird vom Propeller seitlich versetzt. Dabei kommt das Boot in einer geradezu unwahrscheinlichen Lage zum Stillstand, quer zur Fahrtrichtung oder sogar um 180 Grad gewendet.

Man muss sich stets vor Augen halten, dass das seitliche Versetzen des Hecks um so intensiver in Erscheinung tritt, je heftiger die Schraube zwecks Abstoppens rückwärts beschleunigt wird. Wie ein solches plötzliches Abstoppen aus zu rascher Fahrt beim Schiff aussieht, wird in Abb. 188 gezeigt. In demselben Augenblick, da der Propeller entgegengesetzt zu drehen beginnt, erkennt man den Effekt des seitlichen Ausscherens. Solange noch reichlich Fahrt im Boot ist, gehorcht es teilweise dem Ruder, doch wirkt sich das seitliche Ausscheren um so machtvoller aus, je mehr sich die Fahrt dem Stillstand nähert. An Bord hat man ein ärgerliches Gefühl der Unsicherheit, doch schließlich kommt das Boot in der gezeigten, fast unerklärlichen Endlage zum Stillstand. Diese entsteht aus dem Zusammenwirken von Bremswirkung des Rückwärts-ganges, Querversetzung der Schraube und Massenträgheit des Bootes.
Da es nicht in der Hand des Steuermanns liegt, diese Wirkungen auszuschalten, muss er

den Vorgang so hinnehmen, wie er zeichnerisch naturgetreu dargestellt wurde. Man kann ihm nur vorbeugen, indem man frühzeitig genug die Fahrt herabmindert, ehe ein hartes Abstoppen aus zuviel Fahrt überhaupt notwendig wird.
Hier liegt der wirklich einzige Fall vor, bei welchem ein Zweischraubenschiff mit gegenläufigen Propellern gegenüber dem Einschraubenschiff entschieden im Vorteil ist.

Größe und Form des Ruders

Jedes Ruderblatt, ob groß oder klein, freihängend oder hinter massivem Totholz, kann nur dann eine Querkraft erzeugen, wenn es vom Wasser angeströmt wird. Liegt ein Boot im Strom vor Anker, so gehorcht es einem Ruderausschlag in auffallender Weise. Solange jedoch keinerlei Strömung aufs Ruderblatt trifft, kann auch keinerlei Steuerwirkung erwartet werden.
Diese Erkenntnis macht man sich seit langem zunutze und legt das Ruderblatt hinter dem Propeller in den Schraubenstrom. Früher wurde häufig der Fehler gemacht, Zweischraubenboote mit nur einem mittschiffs angeordneten Ruder auszustatten. Man ging von der ungerechtfertigten Annahme aus, dass Zweischraubenanlagen bereits von Natur aus besser manövrieren und deshalb nur noch ein Ruder brauchten. Außerdem würde ein Mittelruder weniger Widerstand erzeugen, weil es nicht im Schraubenstrahl liegt. Wie fest sich solche Ansichten einwurzeln können, erlebten wir mit einer 20-m-Motoryacht, die auf einer namhaften europäischen Werft als Zweischraubenschiff mit Mittelruder erbaut worden war. Als der Eigner sich über schlechtes Manövrieren beklagte, schlugen wir vor, das große Mittelruder durch zwei kleinere Seitenruder zu ersetzen, die in die beiden Schraubenströme gelegt würden. Er zog vor, die europäische Bauwerft erst um ihre Zustimmung zu bitten, doch in völliger Verkennung der Tatsachen antwortete diese: Falls Sie diese Änderung ausführen sollten, müssten wir Sie bitten, unser Firmenschild aus der Yacht zu entfernen. Zum Glück ließ sich der Eigner nicht ins Bockshorn jagen, Die Anlage mit zwei Rudern wurde ausgeführt und schuf eine Verbesserung im Manövrieren, die, wie der Eigner erklärte, er selbst im Traum nicht erwartet hätte. Dieses Beispiel zeigt deutlich, dass man nicht versuchen soll, gute Manövriereigenschaften allein durch große Ruderflächen erzwingen zu wollen. Im Gegenteil, man sollte stets das kleinste Ruderblatt ausführen, mit dem gutes Manövrieren erzielt wird. Ein übertrieben großes Ruderblatt erschwert die Betätigung, bringt unnötigen Reibungswiderstand und Mehrgewicht ins Boot, außerdem wird es im Falle einer Grundberührung leichter beschädigt. Besonders bei Handelsschiffen, die in erster Linie auf wirtschaftliche Fahrt ausgerichtet werden, sieht man oft erstaunlich kleine Ruderblätter. Allerdings dienen sie nur zum Kurshalten; zum Manövrieren benötigen sie die Hilfe eines Schleppers. Noch winziger erscheint die Fläche des Ruderblattes bei den Segelschiffen des letzten Jahrhunderts, vor allem bei den schnellen Klippern. Bei diesen wurde das Ruderblatt extrem schmal ausgeführt, einmal, um die am Steuerrad auftretenden Kräfte noch von Hand beherrschen zu können, zum anderen aber, um das Ruder im Sturm weniger der Gefahr einer Havarie auszusetzen.

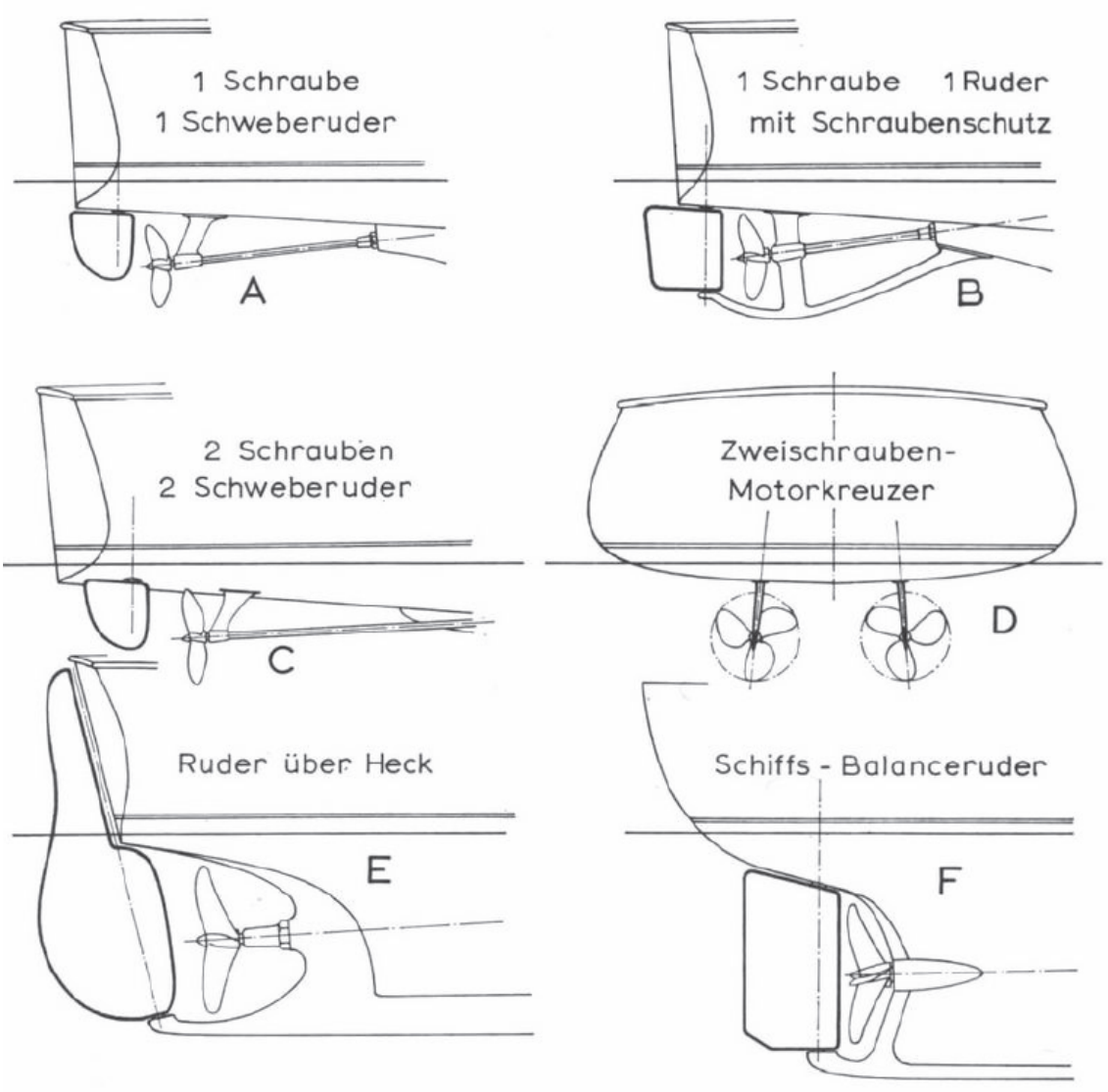


Abb. 189 Zusammenstellung erprobter Ruderanordnungen. Sämtliche hier gezeigten Ruder besitzen Balancefläche. Zwei Darstellungen zeigen die häufig verwandten Schweberuder, die drei übrigen verbinden ein unteres Ruderlager mit einem Schraubenschutz.

Nun tritt die Frage auf: Welches ist die geeignetste Größe des Ruderblattes, um bei einem sportlichen Motorboot oder einer großen Motoryacht gute Kurseigenschaften und besseres Manövrieren zu erzielen? Als Bezugsgröße wird die Lateralfläche des Bootes ohne Ruder gewählt, und zu dieser bestimmt man den prozentualen Anteil der Fläche des Ruderblattes. Bereits mit einer Rudergröße von nur 1 Prozent der Lateralfläche erreicht man bei normalen Schiffen ausreichende Kursstabilität. Bei großen Handelsschiffen findet man Rudergrößen zwischen 1,2 und 2 Prozent der Lateralfläche. Da Kriegsschiffe einen höheren Grad von Manövrierfähigkeit benötigen, werden bei ihnen Ruderflächen bis zu 3 Prozent der Lateralfläche des Unterwasserschiffes angewandt.
Zum eigentlichen Thema zurückkehrend, findet man in Abb. 189 einige der am häufigsten angewandten Ruderformen an mittelschnellen Motorbooten. Es handelt sich in jedem

Falle um erprobte Ausführungen mit guten bis sehr guten Steuereigenschaften. In der oberen und mittleren Reihe findet man Boote mit achtern stark beschnittenem Lateralplan. Bei diesen erreicht man trotz sehr kleiner Ruderflächen ausgezeichnete Manövriereigenschaften. In der unteren Reihe wurden relativ größere Ruder dargestellt, weil die Lateralfläche dort dem Ausscheren des Hecks größeren Widerstand entgegensetzt. In sämtlichen Fällen liegt das Ruder dicht am Propeller.
Es ist üblich, den Ruderschaft genau senkrecht anzulegen, sofern nicht spezielle Gründe, wie z.B. bei Segelyachten, dagegen sprechen. Besonders bei so unkomplizierten Anlagen, wie sie in der oberen Reihe erkennbar sind, macht man sich mit der Anfertigung des Ruderkokers oder den keilförmigen Unterlagen oft eine unnötige Mühe, denn Ruderblätter brauchen wirklich nicht von einer senkrechten Achse des Schaftes betätigt zu werden. Im Gegenteil, die Anlage rechtwinklig zur Außenhaut, obwohl einfacher, liegt auch richtiger im zuströmenden Wasser. Man beachte die Ansicht auf den Spiegel rechts in der Mitte. Nachstehend wird eine Zusammenstellung von Ruderblattgrößen im Verhältnis zum Lateralplan gebracht, deren Zahlenwerte sich an Hunderten von Booten und Yachten bewährt haben. In jedem Falle wird damit gerechnet: erstens, daß das Ruder im Propellerstrom liegt, und zweitens, dass nicht etwa ein ungewöhnlich ungünstiger Lateralplan vorliegt. Nur kleine, schnelle Gleitboote sind ausgenommen und werden nachfolgend gesondert behandelt.

Verhältnis von Ruderfläche zu Lateralfläche

Es braucht nicht besonders betont zu werden, dass man die Ruderfläche bei sehr ungünstigen

A. Boote mit einem Propeller und einem Ruder

Mindestfläche für ausreichendes Steuern…….	2 Prozent
Normale Ruderfläche für Kurs und Manövrieren……	2,5 Prozent
Empfohlene Fläche für besseres Manövrieren…….	3 Prozent
Größeres Ruderblatt für häufige Rückwärtsfahrt…….	4-5 Prozent
Größte Ruderfläche in Sonderfällen…….	bis zu 10 Prozent

B. Boote mit zwei Propellern und einem Ruder

Mindestfläche für ausreichendes Steuern…….	2,5 Prozent
Normales Ruder für Kurs und Manövrieren……	3 Prozent
Empfohlene Fläche für verbessertes Manövrieren……...	4-5 Prozent

C. Boote mit zwei Propellern und zwei Rudern (Summe beider Ruderblattflächen)

Mindestfläche für ausreichendes Steuern…….	2 Prozent
Normalfläche für Kurs und Manövrieren…….	2,5 Prozent
Empfohlene Ruderfläche fürs Manövrieren…….	3 Prozent
Vergrößerte Ruder für häufige Rückwärtsfahrt……...	4-5 Prozent

Lateralplänen passend vergrößern muss. Ferner wurde eine Zeile der Rückwärtsfahrt gewidmet. Wird bereits beim Bau damit gerechnet, dass ein Boot in engen Gewässern einige hundert Meter rückwärts zu fahren hat, so erreicht man mit einem vergrößerten Ruderblatt einen Ausgleich zum rückwärts nicht vorhandenen Schraubenstrahl. Es ist erstaunlich, wie gut ein Boot auf rückwärtiges Steuern reagiert, wenn die Ruderblattfläche auf 5 oder 6 Prozent des Lateralplans vergrößert wird.

Die Umrissform des Ruderblatts ist von untergeordneter Bedeutung. Es kann leicht nachgewiesen werden, dass ein schmales, hohes Blatt wirksamer ist als ein kurzes und breites. Da aber auch konstruktive Gesichtspunkte hinzukommen, wie Stärke des Ruderschaftes, sowie praktische, nämlich die größere Verletzbarkeit tiefgehender Ruder, wendet man gewöhnlich eine annähernd quadratische Proportion an. In jedem Fall ist darauf zu achten, dass der Propellerstrahl einen möglichst großen Bereich des Ruderblattes beaufschlagt.

Balance und Kontrapropeller am Ruder

Liegt ein Teil der Ruderfläche vor der Drehachse, so verringert sich die zum Ruderlegen aufzuwendende Kraft. Sämtliche bisher gezeigten Ruder besaßen eine Balancefläche; Ruder ohne Balance werden an motorgetriebenen Schiffen überhaupt nicht mehr angewandt, sind aber bei Segelyachten die Regel.
Der prozentuale Anteil der Balancefläche muss mit Sorgfalt und Überlegung bestimmt werden. Nichts ist störender als ein überbalanciertes Ruder, denn bei der kleinsten Unaufmerksamkeit läuft das Boot mit Heftigkeit aus dem Kurs. Außerdem muss man stets Kraft aufwenden, allein um auf geradem Kurs zu bleiben. Tritt ein überbalanciertes Ruder einmal auf, so sollte es sofort abgeändert werden.

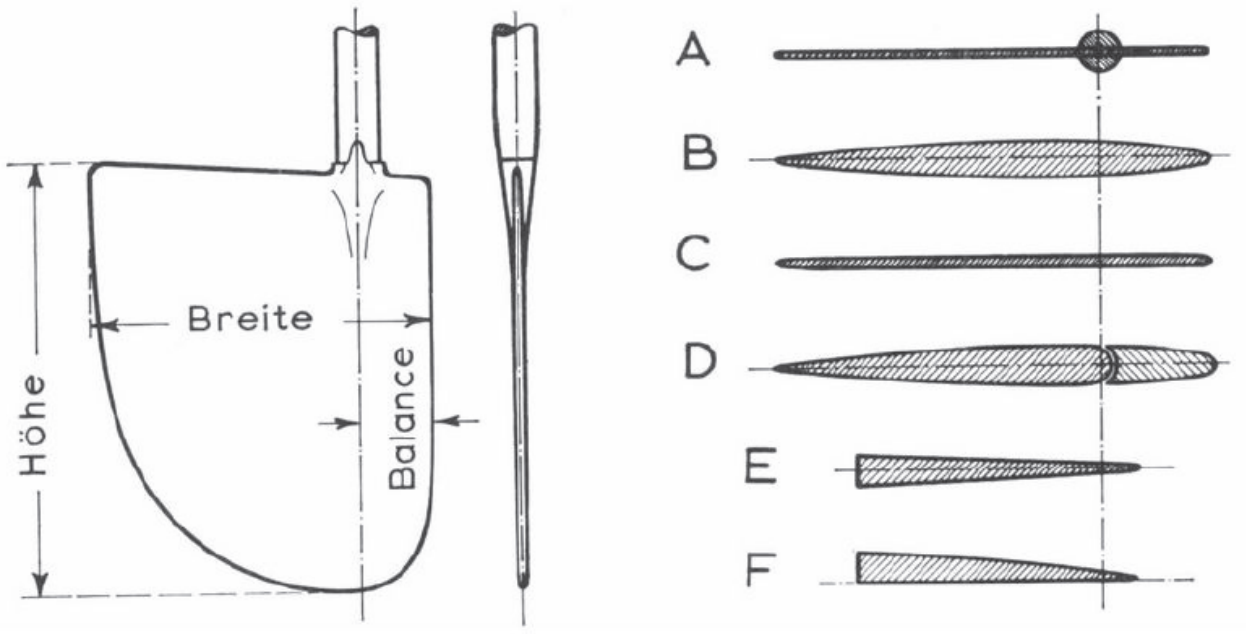


Abb. 190 Normales, freischwebendes Ruderblatt, wie es bei vielen Motorbooten und Motorkreuzern angewandt wird. Die rechts dargestellten Profile haben folgende Bedeutung:

A. Veraltetes Ruderblatt mit aufgesteckten Schaff.
B. Schlankes, wirksames Ruderprofil.
C. Oft ausgeführtes Ruderblatt in Bronzegut,.
D. Profilruder hinter feststehender Nase.
E. Überkavitierendes Profil für Rennboote.
F. Wie vor, doch als Kontrapropeller ausgeführt.

Die rechnerische Bestimmung der Größe der Balancefläche ist deshalb nicht einfach, weil der Druckmittelpunkt des Ruderblattes nicht an einer unveränderlichen Stelle liegt. Diese hängt stark vom Anstellwinkel ab und liegt besonders bei den am meisten angewandten sehr kleinen Ruderausschlägen nahe der Vorderkante.
Weitere bestimmende Faktoren sind die Geschwindigkeit des Bootes sowie die Art des angewandten Ruderprofils. Bei sehr hoher Geschwindigkeit entsteht oft Kavitation im Bereich des Ruderblattes. Dann liegt der hintere Teil in einem vom Wasser unberührten Hohlraum und kommt bei kleinen Ruderausschlägen überhaupt nicht zur Wirkung. Je höher die Geschwindigkeit des Bootes und je dicker der Querschnitt des Ruderblattes, desto kleiner muss die Balancefläche gewählt werden. Sie wird als Prozentsatz zur Gesamtfläche des Ruders ausgedrückt. Als Anleitung für die Wahl ihrer Größe verwende man nachstehende Tabelle:

Balanceanteil des Ruders, bezogen auf die Gesamtfläche

Balanceruder großer Handelsschiffe ..... bis zu 32 Prozent
Langsame Gebrauchsfahrzeuge, Balanceanteil .....25 Prozent
Empfohlen für Motorkreuzer u. ä..... 20 Prozent
Kleine, schnelle Sportboote, Balancefläche ..... 16 Prozent
Balancefläche von Rennbooten ..... nicht über 12 Prozent

Bei sehr schnellen Booten entsteht nicht selten eine Überbalancierung einfach durch eine zu dicke Vorderkante des Ruderblattes. Dadurch wird verfrühte Kavitation angeregt, die das Steuern des Bootes unsicher gestaltet, ja sogar gefährdet. Es kommt vor, dass das Boot in hoher Fahrt auf kleine Ruderausschläge gar nicht reagiert. Doch sobald ein größerer Ausschlag angewandt wird und das Blatt aus der Kavitationszone gelangt, reagiert das Boot mit erschreckender Heftigkeit. Es genügt, eine zu dicke Vorkante oder Führungsnase bedeutend anzuschärfen, um die nötige Abhilfe zu erreichen.
In Rückwärtsfahrt sind sämtliche Ruder überbalanciert. Daher ist es schwierig, das Ruder überhaupt von Hand zu betätigen, sobald das Boot effektive Rückwärtsfahrt aufgenommen hat. Im allgemeinen braucht man keine Sondermaßnahmen zu treffen, um diesem Nachteil zu begegnen, weil Rückwärtsfahrt gewöhnlich nur mit langsamer Geschwindigkeit absolviert wird.

Einiges zum Kontrapropeller

Jedes normale Ruderblatt von guter Wirkung liegt unmittelbar im Drall des Schraubenstrahls. Man hat versucht, die im Drall verlorengegangene Energie durch feststehende Leitflächen vor dem Ruder auszunutzen, eine Anordnung, die man *Kontrapropeller* nannte. Allerdings war der erzielte Gewinn an Vorschub so gering, dass diese Ausführung wieder aufgegeben wurde. Trotzdem soll man die Strömungsverhältnisse hinter dem Propeller bei der Ruderanlage nicht übersehen. Der Schraubendrall bedeutet nämlich eine unsymmetrische Zuströmung zum Ruderblatt, deren Anstellwinkel jedoch von oben nach unten erheblich wechselt.
Das Wesen des Kontrapropellers ist in Abb. 191 gut zu erkennen. Die obere Darstellung zeigt, wie die vom Propellerflügel hervorgerufene schräge Anströmung vom Ruderblatt

gestört wird. Es endsteht eine gut angeströmte Druckseite und eine von Kavitation bedrohte Saugseite. Wird nun die Vorkaute des Ruderblattes oder ein vor dem Ruder liegender Achtersteven derartig ausgebildet, dass er sich dem Schraubendrall anpaßt, so erhält man eine glattanliegende Wasserströmung und eine verbesserte Steuerwirkung. Für sehr hohe Geschwindigkeiten wird das Ruderprofil oft unsymmetrisch ausgebildet, um sich dem geringen Schraubendrall anzupassen. Gerade bei Rennbooten bildet sich stets Kavitation im Bereich des Ruderblattes, und jede Anpassung an den Schraubendrall trägt dazu bei, sie zu vermindern.

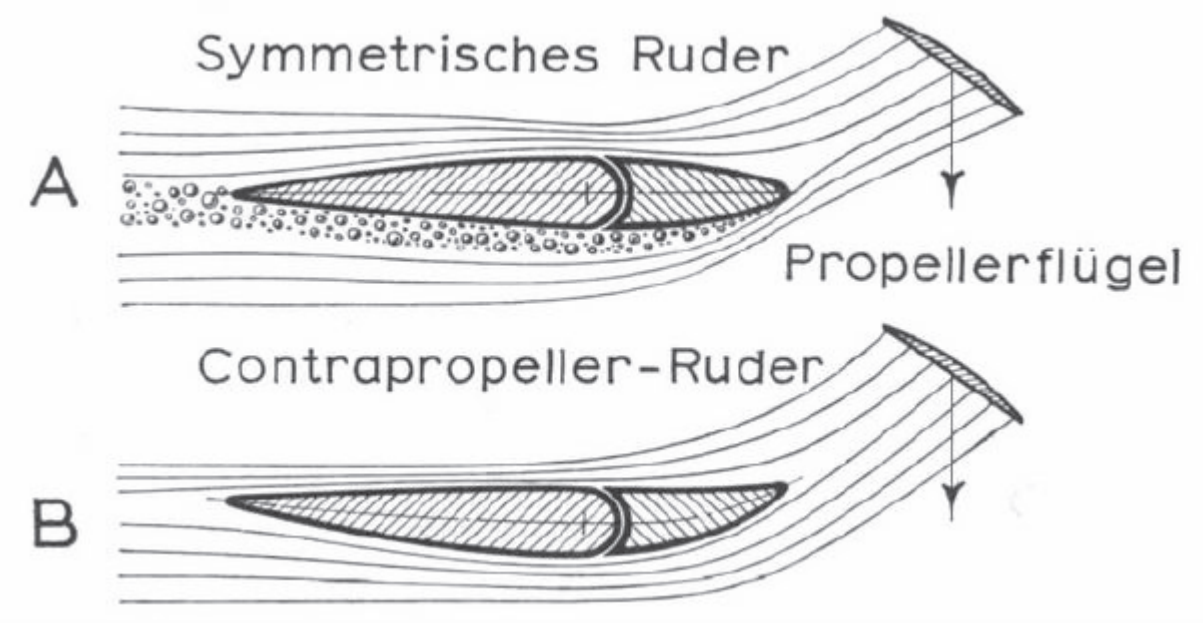


Abb. 191 Unter Kontrapropeller versteht man eine Leitflächenanordnung, die den Drall des Propellerstrahls geraderichtet, um die darin enthaltene Energie in Schub umzuwandeln. Hier wird gezeigt, wie mit derselben Idee die Zuströmung am Ruder verbessert wird. Während bei A die Unterdruckseite mit Kavitationsgefahr entsteht, liegen bei B die Stromfäden auf beiden Seiten gleichmäßig gegen das Ruderblatt.

Selbst an sehr langsamen Booten empfiehlt sich mitunter die Anwendung des Kontrapropellerprinzips. Einmal beklagte sich der Eigner eines schwerfälligen, langsamen Bootes darüber, dass er das Steuerrad niemals loslassen könnte, ohne daß das Boot sofort aus dem Kurs zu scheren beginne. Die Anlage entsprach fast genau dem sehr großen über Heck an-geordneten Ruder *E* aus Abb. 189, untere Reihe. Bei der Untersuchung an Land konnte keine Unsymmetrie festgestellt werden, auch kein einleuchtender Grund für das störende rasche Ausscheren. Allerdings besaß jenes Ruder keinerlei Balancefläche. Nach Beurteilung des Dralls im Propellerstrom wurde eine an sich geringfügige Balancefläche vorn ans Ruder angesetzt, denn der vorhandene Raum zum Propeller reichte nicht aus, das empfohlene Maß anzuwenden. Gleichzeitig wurde die Rudervorkante nach dem Kontrapropellerprinzip angeschärft. Dies erfordert ein seitliches Ausweichen oben nach der einen Seite und unten nach der entgegengesetzten. In der Mitte des Schraubenstrahls muss das Ruderblatt selbstverständlich symmetrisch ausgeführt werden.
Diese nur geringe Kosten verursachende Änderung wurde nicht auf dem Zeichentisch, sondern nur in natura bestimmt. Der Erfolg jedoch war geradezu verblüffend: Jeder seitliche Ruderdruck war verschwunden, das Boot lief seinen Kurs gerade und stetig weiter, auch wenn das Steuerrad losgelassen wurde. Außerdem wurde das Manövrieren erleichtert, weil ja etwas Balancefläche hinzugekommen war.

Der Eigner, ein sehr begabter Steuermann und Liebhaber der Wattenfahrt, machte daraufhin noch eine weitere höchst interessante Beobachtung (bei höherem Wasserstand sind die Fahrtrinnen im Wattengebiet des La-Plata-Stromes nicht direkt erkennbar, doch sind sie durch Bojen in weiteren Abständen markiert). Er entdeckte nun, dass sich das Boot bei völlig losgelassenem Steuerrad von selbst in der dahinschlängelnden Fahrtrinne hielt, ohne jemals eine Böschung unter Wasser zu berühren. Kam es der einen oder anderen Seitenböschung näher, so wendete es sich ganz von selbst wieder ab, ehe eine Berührung stattfand. Ein solches Verhalten kann auch mit normalen Booten in langsamer Fahrt gelegentlich beobachtet werden. Doch hier wurde es erst augenfällig, nachdem das Ruderblatt durch Anschärfen an den Schraubendrall angepasst worden war.

Ruder für schnelle Sportboote

Bei sehr schnellen Sportbooten mit flachem Boden reicht oft das bestgewählte Ruder nicht aus, um das Boot sicher in eine Kurve zu steuern. Beim echten Gleiten, das bei kleinen, leichten Booten schon unterhalb einer Fahrt von 50 km/h beginnt, fehlt dem Bootskörper jeder seitliche Stützwiderstand, um den sich das Boot drehen könnte. Zwar legt sich das Boot quer zur Fahrtrichtung, ändert oft aber nicht den Kurs, sondern rutscht einfach querliegend in der alten Richtung weiter.
In solchen Fällen muss ein Drehpunkt, ein lateraler Widerstand unter dem Boden künstlich geschaffen werden. Man verwendet zu diesem Zweck eine kleine Leitflosse, wie sie in Abb. 192 erkennbar ist. Durch ihre Lage wird die Drehachse bestimmt, weshalb sie bei etwa 60 Prozent der WL-Länge vor dem Spiegel angesetzt werden sollte. Ein Boot mit tiefer V-Spantform kommt eher ohne eine solche Leitflosse aus, jedoch ist dieses von der Geschwindigkeit und den im Rennen zu fahrenden Kurven abhängig. Bei den modernen Zweipunkt-Rennbooten, die ja nur noch einen sehr geringen Kontakt mit der Wasseroberfläche behalten, werden zwei kleine Leitflossen angewandt, und zwar je eine an der Innenseite der beiden Auflagepunkte.

Leitflosse bei Gleitbooten

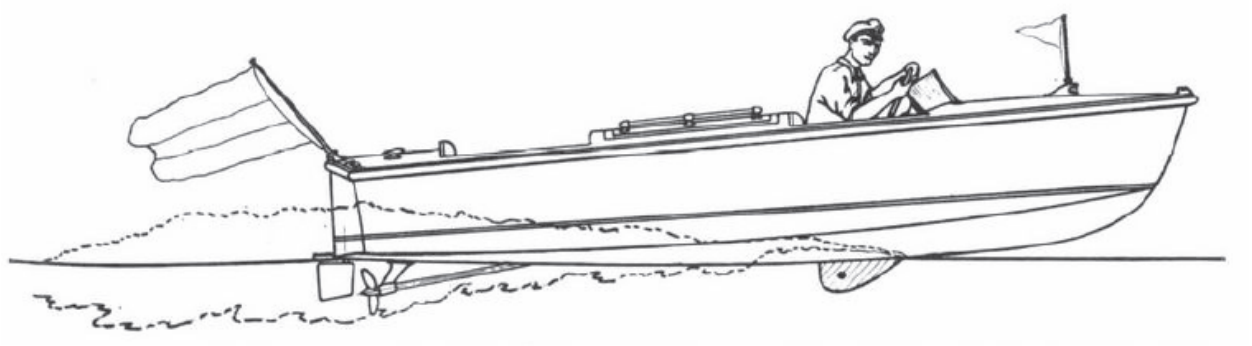


Abb. 192 Bei Gleitbooten wurde oft beobachtet, dass sie wegen ihres flachen Bodens in hoher Fahrt selbst bei starkem Ruderlegen nicht in die Kurve gehen. Durch Ansetzen einer Leitflosse unter dem Boden wird diese Störung rasch behoben.

An Runabouts und ähnlichen sehr schnellen Booten werden die Ruderflächen so klein wie möglich ausgeführt, um zusätzlichen Widerstand zu vermeiden. So kommt es nur zu oft vor, dass die Ruderfläche nicht ausreicht, um damit in langsamer Fahrt zu manövrieren.
Als praktische Lösung empfiehlt sich, die Tiefe des Ruders von der Lage der Schraubenwelle abhängig zu bestimmen. Reicht das Ruderblatt nur bis zur verlängerten Mittellinie der Welle hinunter, so erhält man zwar ausreichendes Steuern in Fahrt voraus, doch wird das Manövrieren erschwert. Geht man bis auf drei Viertel des Schraubendurchmessers hinunter, so gewinnt man ziemlich gute Manövriereigenschaften; dabei wird ein ungefähr quadratischer Blattumriss vorausgesetzt. Nur in Ausnahmefällen führt man das Ruderblatt bis zur vollen Tiefe der Propellerflügelspitzen hinunter, weil es sonst zu leicht durch Grundberührung beschädigt wird.
Hierdurch ist bereits eine Anleitung zur Bestimmung der Ruderblattgröße gegeben. Dagegen entbehrt es der Logik, eine Beziehung zur Größe der Lateralfläche festzulegen, da die Boote beim Gleiten nahezu ohne wirksamen Lateralplan an der Wasseroberfläche dahin schießen. Als Behelfslösung kann man folgende zwar unmathematische, aber durchaus bewährte Regel anwenden. Dabei erhalten kleine Gleitboote mit Geschwindigkeiten über 50 km/h eine Ruderfläche in m^2, deren Zahlenwert 1 Prozent der Gesamtlänge des Bootes beträgt. Ein 4-m-Boot benötigt demzufolge eine Ruderfläche von 0,04 m^2, ein 8-m- Boot eine solche von 0,08 m^2. Legt man Wert auf verbessertes Manövrieren, so wähle man zur Flächenbestimmung 1,5 Prozent der Bootslänge.
Bei wirklich hohen Geschwindigkeiten, d. h. oberhalb der Grenzzone von 65 bis 70 km/h, ist Kavitation am Ruder unvermeidlich. Der hintere Bereich des Ruderblattes würde dann im leeren Raum liegen, wodurch von selbst wieder ein überbalanciertes Ruder entsteht. Deshalb wird der hintere, nutzlose Teil des Blattes einfach weggeschnitten. Das Ruder ähnelt dann einem Messer, das mit der Schneide voran und dem dicken Rücken nachfolgend durchs Wasser geschleppt wird. Da hierbei die volle Blattgröße zur Wirkung kommt, können sehr kleine Ruderflächen gewählt werden. Deshalb wird das Blatt sehr schmal geschnitten. Als Breite wählt man gewöhnlich $^1/_3$ bis $^1/_4$ der Höhe. Im Querschnitt endet das Blatt an seiner Achterkante mit der größten Stärke, so dass der Wasserstrom dort einfach abreißt, siehe Abb. 190.
Auch bei diesen Ruderblättern kann der Drall des Propellerstromes berücksichtigt werden. Die vom Drall getroffene Seite wird dabei schnurgerade ausgeführt, ähnlich der Druckseite eines Schraubenpropellers. Die abgelegene Seite erhält eine leichte Rundung, die auch zur nötigen Festigkeit beiträgt, siehe Abb. 190 unter F.

Der richtige Ruder-Ausschlagwinkel

Aus dem Großschiffbau, aber auch aus der Aerodynamik hat sich ein häufig zu findender Fehler in den Yacht- und Kleinschiffbau eingeschlichen. Er bezieht sich auf den Ruderausschlag, den man als Winkel von der Mittellage nach jeder der beiden Seiten bestimmt. Grosse Schiffe mit lang gestrecktem Lateralplan gehorchen nur sehr langsam dem Ruder, weil ihr Unterwasserprofil hauptsächlich auf Kursstabilität und geringen Tiefgang aus.

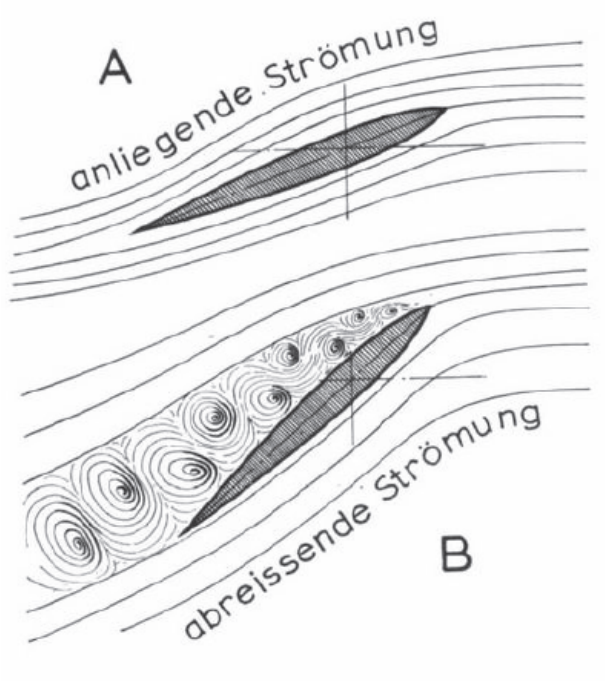


Abb. 193 Die Wirkung eines Ruderblattes ist nur so lange gut, wie die Strömung anliegt. Bei zu großem Anstellwinkel reißen die Strömungsfäden ab, auf der Leeseite entstehen Wirbel, der Effekt des Ruderlegens wird gestört.

gerichtet wird. Motorboote und Motoryachten sind im Gegensatz hierzu meist quicklebendig, besonders wenn sie die empfohlene Form des Lateralplans nach *C* besitzen, vergleiche Abb. 184.
Eine alte Schiffbauerregel besagt, dass der Anstellwinkel des Ruders nicht wesentlich über 30 Grad betragen soll, um eine gute quergerichtete Kraftkomponente zum Steuern zu erzielen. Untersucht man eine annähernd quadratische Platte in einem Versuchstank mit Wasserströmung oder auch in einem Luftkanal, so lässt sich durch Messung feststellen, dass die größte Querkraft bei Anstellwinkeln zwischen 32 und 36 Grad erreicht wird. Geht man nur einen kleinen Schritt zu weit, etwa auf 40 Grad, so entsteht eine störende Verwirbelung des Wassers, wie in der zugehörigen Abb. 193 gezeigt wird. Diese Wirbel unterbrechen den normalen Lauf der Wasserfäden, so dass nur eine bedeutend geringere Querkraft entsteht. Daher ist es nahe liegend, den Ruderausschlag auf ein Maximum von 32 bis 36 Grad nach jeder Seite zu beschränken; man findet in der Tat eine solche Begrenzung auf zahlreichen Motorbooten jeder Art.
Es handelt sich hier um einen typischen Fall falscher Anwendung von an sich richtigen Versuchswerten. Dies wird anhand der Darstellung in Abb. 194 nachgewiesen. Würde ein Boot seinen Kurs überhaupt nicht ändern oder nur sehr langsam dem Steuer gehorchen, so müsste man den Ruderausschlag tatsächlich auf ein Maximum von 36 Grad begrenzen. Bei normalen Motorbooten reagiert das Heck aber sehr rasch auf den Ruderausschlag, indem es seitlich ausweicht. Dadurch entsteht im Bereich des Ruders eine sogenannte Drift. Das Wasser strömt dem Ruder jetzt nicht mehr in Kielrichtung zu, sondern kommt seitlich herangeströmt, und zwar unter einem Winkel, der von der mehr oder weniger raschen Versetzung des Hecks abhängt. Dieser Zustromwinkel wurde in der Zeichnung ebenfalls angedeutet. Durch die Drift oder schräge Zuströmung wird der wahre Anstellwinkel zwischen Wasserströmung und Ruderblatt erheblich herabgesetzt. Es wäre überaus einfach, den Driftwinkel am Boot selbst zu messen, indem man am Heck eine kleine Kontrollfläche anbringt, die der ankommenden Strömung folgen kann. Bei

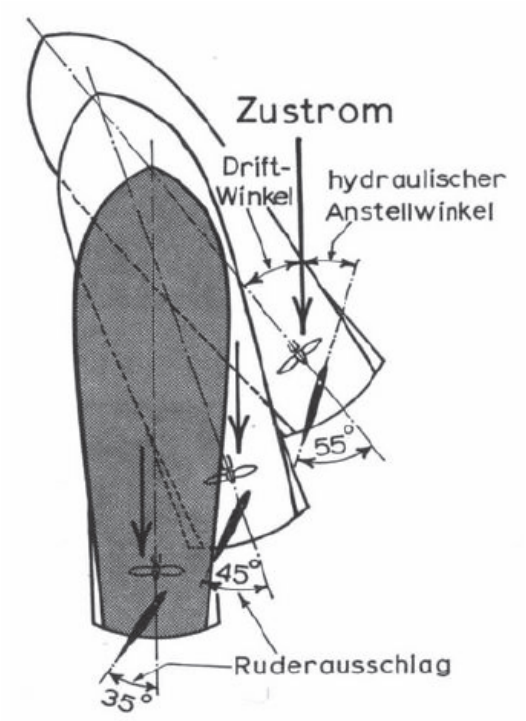


Abb. 194 Sobald ein Boot in die Kurve geht, entsteht am Heck ein Driftwinkel der Zuströmung. Dieser fällt umso größer aus, je wendiger das Boot ist. Deshalb soll der Ruderausschlag nicht zu eng begrenzt werden, sollen veraltete Regeln nicht befolgt werden, weil man sich dadurch um den Genuß verbesserten Manövrierens bringt.

wendigen Booten entsteht leicht ein Driftwinkel von 30 Grad und auch darüber. Erst dieser Driftwinkel, summiert zum normalen Ausschlagwinkel, gibt an, unter welchem Höchstwinkel der Ruderausschlag begrenzt werden sollte. Wie viele Boote erreichen allein deswegen nicht die ihnen mitgegebene Manövrierfähigkeit, weil der Ausschlag des Ruders unvernünftig eng begrenzt wurde! Rechnet man auch nur mit einem Normalausschlag von 32 Grad plus einem Driftwinkel von 20 Grad, so sollte die Begrenzung des mechanischen Ruderwegs innerhalb des Bootes auf 52 Grad verlegt werden, nicht aber auf 32 oder 36 Grad!
Auf eine praktische Formel gebracht, haben sich nachstehende Ausschlagwinkel bewährt:

	Ruderausschlag
Sehr langsam reagierende Schiffe	32 bis 36 Grad
normale Motorboote	45 bis 50 Grad
lebhaft reagierende Boote	55 bis 60 Grad

Mit dieser Richtigstellung allein ist aber noch kein perfektes Steuern garantiert. Es hängt vom Geschick, von der Einfühlung des Bootsführers ab, ein übersteuern zu vermeiden. Legt man das Ruder im falschen Moment zu hart über, so wird jedes Boot übersteuert und reagiert schlecht. Im Rückwärtsgang kann damit besonders leicht übertrieben werden, wodurch dann überhaupt keine Steuerwirkung mehr zustande kommt. Besonders Anfänger verfallen spontan in einen solchen Fehler.
Die richtige Anwendung erfordert, den Ruderwinkel nach und nach in demselben Maße zu vergrößern, wie die Drehbewegung zunimmt. Auch dieses wurde in der Zeichnung vermerkt, indem anfänglich ein Ruderausschlag von 35 Grad angegeben wurde. Sobald das Heck deutlich das seitliche Versetzen anzeigt, erhöht man den Ruderwinkel, hier mit 45 Grad angezeigt, mittleres Bild, und erst bei zunehmender Drehbewegung geht man

darüber hinaus auf 55 Grad Anstellwinkel. Lässt man sich dabei durch Gefühl und Beobachtung leiten, so wird in jedem Moment ein tatsächlicher Winkel zwischen Ruderblatt und Wasserströmung von rund 30 Grad bestehen. Kennt man diese Vorgänge, so wird es auch für den Anfänger ein leichtes, das nötige Gefühl für wirksames Steuern während des Manövrierens zu gewinnen. Zu wenig Ruder im Schiff ist störend, übersteuern dagegen ruiniert jeden Versuch eines Manövers.

Zwei Ruder sollen nicht parallel stehen

Auf Zweischraubenschiffen stehen beide Ruderblätter fast immer mechanisch parallel zu-einander. Dies ist Fehler Nummer zwei, nachdem vorher die zu kleinen Ruderausschläge kritisch untersucht wurden.
Wer bei einem Zweischraubenboot das Abströmen des Heckwassers verfolgt, wird alsbald feststellen, dass sich die beiden Schraubenströme in kurzem Abstand hinter dem Heck ver-einigen. Diese Erscheinung lässt sich leicht aus der Funktion des Antriebs erklären. Der Propeller erteilt nämlich dem zuströmenden Wasser eine Beschleunigung, wodurch der Strahl die bekannte Einschnürung erleidet. Dadurch wiederum entsteht ein Unterdruck im Bereich des Schraubenstrahls. Es ist nur natürlich, dass die von beiden Propellern erzeugten

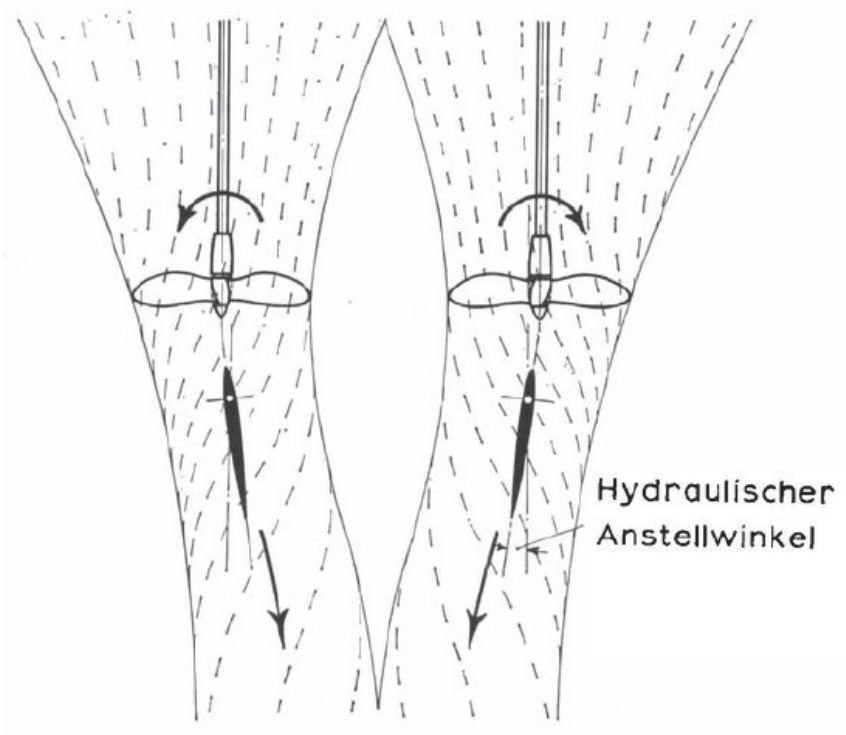


Abb. 195 Bei einem Zweischraubenboot vereinigen sich beide Propellerströme in Fahrt kurz hinter dem Boot. Deshalb sollen zwei Ruder nicht mechanisch, sondern hydraulisch parallel zueinander eingebaut werden.

Unterdruckzonen sich gegenseitig anziehen, denn jeder Unterdruck zieht ja das ihn umgebende Medium an. Den beiden Schraubenströmen bleibt daher nichts anderes übrig, als aufeinander zuzustreben, so wie es die zugehörige Abb. 195 deutlich anzeigt. Die beiden Ruderblätter sollen derart in die Strömung gelegt werden, dass sie hydraulisch parallel zueinander stehen, nicht mechanisch parallel. Zu diesem Zweck muss der im Ruderbereich herrschende Winkel der Propellerströmung bekannt sein. Diesen hydraulischen Winkel konnten wir häufig messen, und zwar wurden folgende Werte festgestellt. In einem einzigen extremen Fall forderte jedes Ruderblatt eine Verstellung um $7\,^1/_2$ Grad aus der mechanischen Parallelen. In der grossen Mehrzahl der Fälle lag der hydraulische Anströmwinkel zwischen 2 und 3 Grad, aber auch 4 Grad kamen vor. Leider muss hinzugefügt werden, dass diese Zahlen bei ein und demselben Boot nicht konstant bleiben, sondern sich mit der Fahrtgeschwindigkeit etwas verändern. In langsamer Fahrt ist der Winkel größer als in schneller.

Es ist gänzlich überflüssig, mittels theoretischer Spekulationen den wahrscheinlichen Anstellwinkel ermitteln zu wollen. Man löst dieses Problem am einfachsten und zugleich am sichersten von der praktischen Seite her. Zu diesem Zweck wird innen im Boot die Verbindung zwischen beiden Ruderpinnen oder Quadranten gelöst und eine Probefahrt mit nur einem Ruder steuernd unternommen. jetzt ist es Sache des Eigners, über die ihm wichtigste Geschwindigkeit zu entscheiden, höchste Fahrt, Dreiviertelfahrt oder langsame Kreuzfahrt. Man braucht während der Probefahrt nur dafür zu sorgen, dass sich das zweite, frei mitlaufende Ruder von selbst einspielt, also dass es nicht durch die Pressung der Stopfbuchse gehindert wird. Danach wird die Verbindung zwischen beiden Rudern mit dem gefundenen hydraulischen Winkel neu hergestellt und gesichert. Die Bauwerften täten gut daran, bereits von vornherein jedem Ruder einen Anstellwinkel von 2 Grad bei schnellen Booten und 3 Grad bei langsameren zu geben, und zwar derart, dass die Ruderblätter nach achtern zu konvergieren, wie die Zeichnung angibt. Mitunter entstehen reichlich mysteriöse Erscheinungen an der Steueranlage eines Bootes, wie folgendes Erlebnis schildern mag. Bei einem etwa 12 m langen Zweischraubenmotorkreuzer musste das Steuerrad stets mit ermüdender Kraft festgehalten werden, da andernfalls das Boot stark aus dem Kurs scherte. Der Eigner nahm an, dass der Kiel eine seitliche Durchbiegung haben müsste, da er, selbst Ingenieur, keine andere Erklärung für dieses störende Verhalten finden konnte. Wir slippten das Boot an Land, und durch Spannen von Schnüren wurde festgestellt, dass der Kiel keinerlei messbare seitliche Durchbiegung aufwies. Zugleich wurden die beiden Ruderblätter untersucht, und zwar waren sie untereinander gut parallel eingebaut worden und zeigten auch einzeln keine Verbiegung oder unsymmetrischen Querschnitte.

Um so erstaunter waren wir, bei der nachfolgenden Probefahrt ein ebenso heftiges Aus dem Kurs streben zu beobachten, wie der Eigner vorher geschildert hatte. Inzwischen hatten wir ja festgestellt, dass weder der Kiel noch die Ruderblätter eine messbare Fehlform aufwiesen. Erneut wurde das Boot aufgeslippt, um nun jedes Ruderblatt genau im Detail zu untersuchen. Beide waren nicht gerade als Präzisionsausführung zu bezeichnen, aber doch ausreichend symmetrisch und eben, wie es bei Ruderblättern üblich ist. Da durch Messen und Kontrollen kein Fehler entdeckt werden konnte, kam das Boot erneut zu Wasser, diesmal jedoch mit der Absicht, den hydraulischen Anströmwinkel zu untersuchen. Dies hatten wir deshalb nicht schon vorher getan, weil es eine große Zahl von Booten ähnlicher Abmessungen gibt, deren Ruder ebenso parallel zueinander stehen wie

die beiden hier vorliegenden, ohne jedoch aus dem Kurs zu scheren. Bei der nun folgenden Versuchsfahrt wurde sofort ein ziemlich großer Anstellwinkel festgestellt, und demzufolge wurde die Parallelstellung beider Ruder abgeändert. Was jedoch alle Beteiligten verblüffte: Der vorher so störende Druck am Steuerrad, der heftige Drang, aus dem Kurs zulaufen, verschwand vollständig!

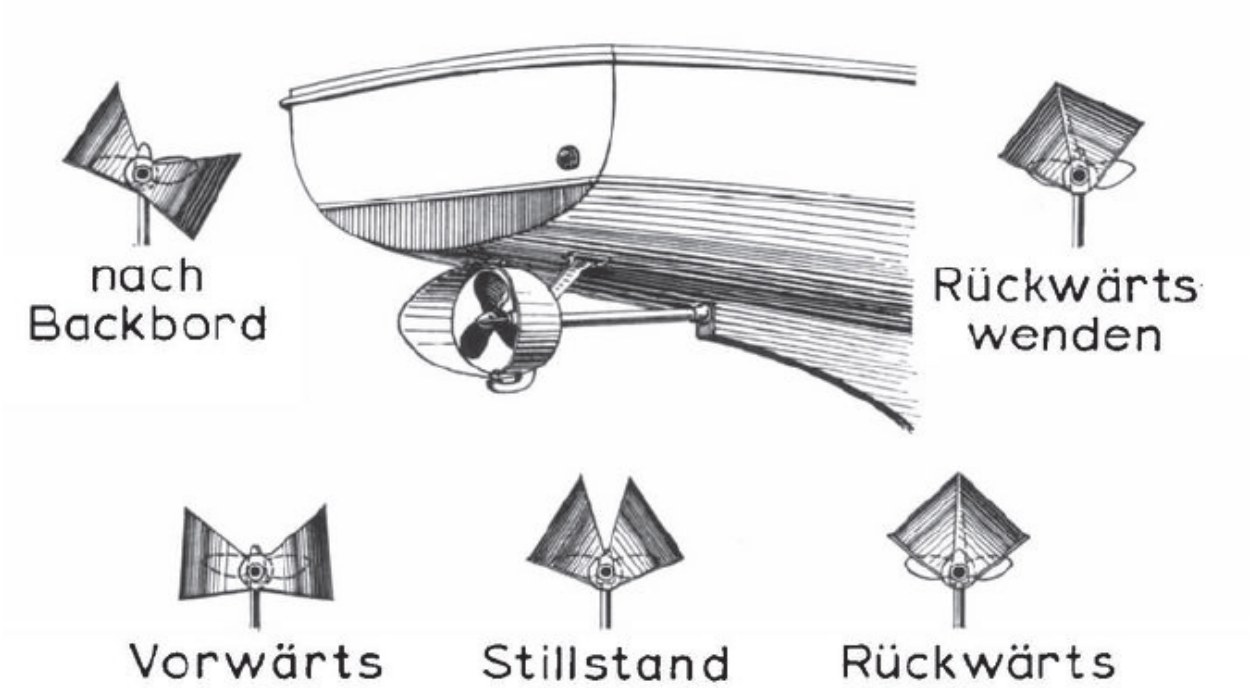


Abb.196 Das geschickt erdachte Kitchen-Umsteuerruder. Es wurde früher häufig verwandt, als Motoren ohne Kupplung und ohne Wendegetriebe eingebaut werden mussten. Das Kitchen-Ruder führt für sich allein drei Operationen aus: Steuern, Leerlauf und Rückwärtsgang. Zu seiner Betätigung wird jedoch ein doppeltes Gestänge benötigt.

Staukeile und Trimmklappen

Beginnt ein Boot seine Fahrt mit geringer Geschwindigkeit, um diese nach und nach zu erhöhen, so kann es keineswegs für jeden Fahrtzustand die optimale Unterwasserform besitzen. Der Boden muss umso flacher ausgebildet werden, je schneller ein Boot fährt, oder mit anderen Worten, je größer die Länge der erzeugten Welle im Verhältnis zur Bootslänge ausfällt.
Von Rechts wegen müsste es Vorrichtungen geben, mit deren Hilfe die Bodenform an den jeweiligen Fahrt- und Trimmzustand angepasst werden könnte. Natürlich denkt man dabei nicht an einen Bootskörper aus Gummi, auch nicht an eine elastisch veränderliche Konstruktion (obwohl derartiges bei Segeljollen innerhalb gewisser Grenzen schon ausgeführt wurde).
Bei den Hilfsmitteln zur Beeinflussung oder Veränderung der Bodenform muss man zwei verschiedene Absichten voneinander unterscheiden:

Staukeile: dienen dazu, die Bodenform eines Bootes für ständig zu verändern, z.B. um durch Abflachung des achteren Bodens höhere Geschwindigkeiten zu erreichen.

Trimmklappen: Selbst bei vorzüglich gelungener Bodenform bedeuten Trimmklappen eine Bereicherung. Mit ihnen erzielt man eine Feinanpassung an wechselnde Umstände: verschiedene Geschwindigkeiten, Einfluss des Seegangs, wechselnde Belastung des Bootes.

Staukeile

Seitdem es starke Motoren und höhere Geschwindigkeiten gibt, wurden Verbesserungen durch Anwendung von Staukeilen unter dem Boden oft versucht und erreicht. Viele Konstrukteure und Werften erlebten den Übergang vom fahrenden Schiff zum halbgleitenden mit kleineren oder größeren Enttäuschungen. Das langsamere Fahrzeug verlangt einen gerundeten Wasserablauf im Heck, das schnelle entwickelt nur dann günstige Fahrt, wenn die Heckform ohne jede Rundung vollkommen flach verläuft. In den beiden zugehörigen Abbildungen sieht man die Ausführung von Staukeilen unter dem Heck eines Rundspantbootes sowie eines V-Spantbootes. Beide Arten sind überall in der Welt häufig ausgeführt worden. Die Anpassung solcher Staukeile an den Boden eines Rundspantbootes ist etwas komplizierter und wirkt schon rein äußerlich wie das Schuldbekenntnis eines Formfehlers. Der Erfolg ist jedoch umso beachtlicher. In der Mehrzahl der Fälle wurden hölzerne Staukeile an die Bodenform angepasst und mit Schrauben befestigt. Deren Länge wechselte zwischen 0,30 m und 1,50 m und endete am Spiegel meistens in Höhen zwischen 20 und 80 mm, je nach der Größe des Bootes und der angestrebten Trimmänderung. Es sind jedoch Fälle vorgekommen, bei denen die wirksamsten Staukeile achtern mit einer Höhe von 200 mm endeten. Oft waren die Ergebnisse

überraschend! Das himmelhoch vertrimmende Vorschiff wurde durch Anheben des Achterschiffes in eine mehr normale Lage heruntergedrückt, stets verbunden mit einem beträchtlichen Gewinn an Geschwindigkeit.
Der mit dem Ansetzen von Staukeilen erreichte Erfolg, der Gewinn an Geschwindigkeit und verbessertem Trimm, stellt einen unleugbaren Beweis dafür dar, dass die ausgeführte Bodenform nicht zur erwarteten Geschwindigkeit passte. Das Verhalten des fahrenden

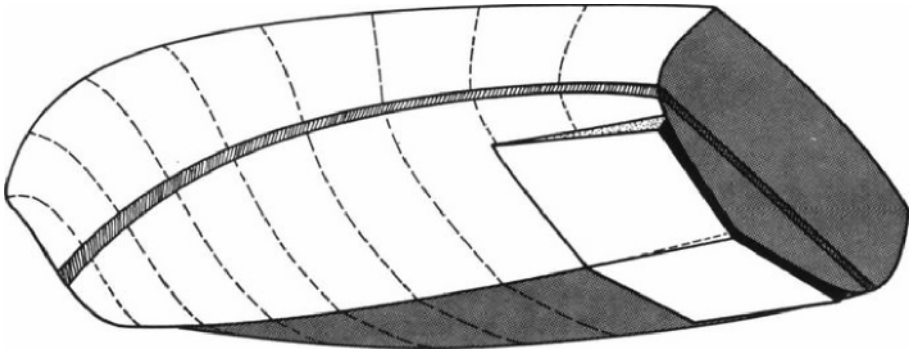


Abb. 197 Lange Staukeile unter dem Boden eines Rundspantbootes. Sie verfolgen den Zweck, dem Boden im Achterschiff mehr tragende Auflage zu geben, damit das Boot weniger vertrimmt.

Bootes schon im Entwurfzustand anhand des Linienrisses vorauszusehen, ist eine Kunst, die nicht gelehrt wird. Sie wird in langjähriger Erfahrung erworben, und das bereits im Anfang dieses Buches gebrachte Kapitel über das Anpassen der Schiffsform an die Eigenwelle verfolgt die Absicht, dem Konstrukteur und Erbauer kleinere oder größere Fehler zu ersparen. Mit seiner Hilfe kann man sich schneller in die Verhältnisse der Dynamik des schnellen Bootes versetzen.
Hat man durch Versuche mit Staukeilen verschiedener Höhen das günstigste Maß herausgefunden, so sollte der Linienriss des Bootes mit dieser Bodenkorrektur sofort neu ausgearbeitet werden. Eine zeichnerisch niedergelegte Erfahrung trägt wesentlich dazu bei,

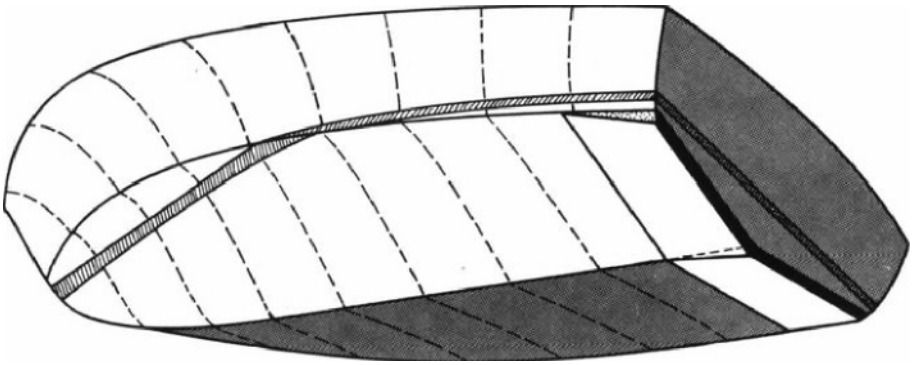


Abb. 198 Kurze Staukeile unter dem Boden eines V- Spantbootes. Auch hier dienen sie der Verbesserung einer nicht geglückten Form und sollen ein zu starkes Vertrimmen verhüten. Stets wird mit verbesserter Trimmlage auch eine höhere Geschwindigkeit erzielt.

dem nächsten Entwurf eine bessere Bodenform ohne Staukeile zu geben. Da der Anfangspunkt des Staukeils mit seinem Knick eine plötzliche Umlenkung der Strömung erzwingt, wird man mit einer verbesserten Bodenform stets einen noch größeren Gewinn erzielen.
Es ist ein mühseliges Unterfangen, ein Boot mehrere Male aufzuslippen, die Staukeile abzuändern und danach mittels Messfahrten den Effekt der Änderung festzustellen. Abgesehen von den Kosten empfindet der Fachmann einen gelinden Schrecken vor der Anzahl von Schraubenlöchern, die in den Boden des Bootes gebohrt werden müssen.

Trimmklappen

Erst in der Mitte der fünfziger Jahre kam die Idee zum Durchbruch, ähnliche Effekte mit hinten gegen den Spiegel gesetzten, veränderlichen Trimmflächen zu erreichen. In der anfänglichen Ausführung konnten sie nur bei stillstehendem Boot durch Schrauben nachgestellt werden. Als die Verstellung dann auch noch während der Fahrt mühelos vorgenommen werden konnte, hatte man das Ei des Kolumbus entdeckt. Die modernen Trimmklappen waren entstanden, deren vielfältige Möglichkeit bei weitem den Wert der Staukeile übertreffen.
In rascher Folge haben sich die Trimmklappen ein weites Anwendungsgebiet erobert. Auch in den Schiffbauversuchsanstalten befasste man sich bereits mit ihnen. Bei den Motorbooten für Küsten- und Seerennen tauchten sie zum ersten mal im Jahre 1961 auf; heute fährt keines dieser Boote mehr ohne Trimmklappen! Deren Wirkungskreis soll nachstehend kurz erklärt werden.

Nachstellbare Trimmklappen

Diese sind nichts weiter als eine verbesserte Art von Staukeilen, deren Winkel nachstellbar ist. Da man sie ohne viel Mühe den Umständen anpassen kann, sind sie den klassischen Staukeilen überlegen. Man verwechsle sie aber nicht mit den regulierbaren Trimmklappen, die weiter unten beschrieben werden. Nachstellbar bedeutet nur, dass man bei stillstehendem Boot durch Spanner oder eine anderweitige Schraubvorrichtung den Anstellwinkel der Trimmflächen verändern kann.
Der Eigner eines kleinen Sport-Rennbootes wird durch unkomplizierte, nachstellbare Klappen in die Lage versetzt, den besten Trimm je nach Brennstoffgewicht und eventuellem Wellengang herauszufinden. Unternimmt er statt dessen eine Ausfahrt mit seiner Familie, so wird er den Winkel reduzieren, um eine möglichst trockene Fahrt zu erreichen. Es gibt noch eine weitere Verfeinerung, die mittels einfacher, nachstellbarer Trimmklappen erreicht wird. Nicht wenige Boote nehmen in Fahrt etwas Krängung an, sei es als Folge des Schraubendrehmoments oder wegen ungünstiger Gewichtsverteilung an Bord. Wird die Trimmklappe auf der tauchenden Seite etwas mehr angestellt, so kann der krängende Effekt in Fahrt aufgehoben werden.
Kalifornien ist die Heimat der Dragrennboote. Diese beginnen ihre Rennen fast aus dem Stillstand, um mit größter Beschleunigung die kurze Viertelmeilenstrecke zu absolvieren. Alle diese Boote verwenden Trimmklappen am Spiegel, die von Seite zu Seite durchlaufen. Man nennt sie dort Kavitationsplatten, und zwar ähneln sie der Darstellung in Abb. 199. In einer häufig benutzten Ausführung werden sie über Spannschrauben gegen den Spiegel selbst abgestützt und schaffen damit eine vorzügliche Möglichkeit zur Feineinstellung.

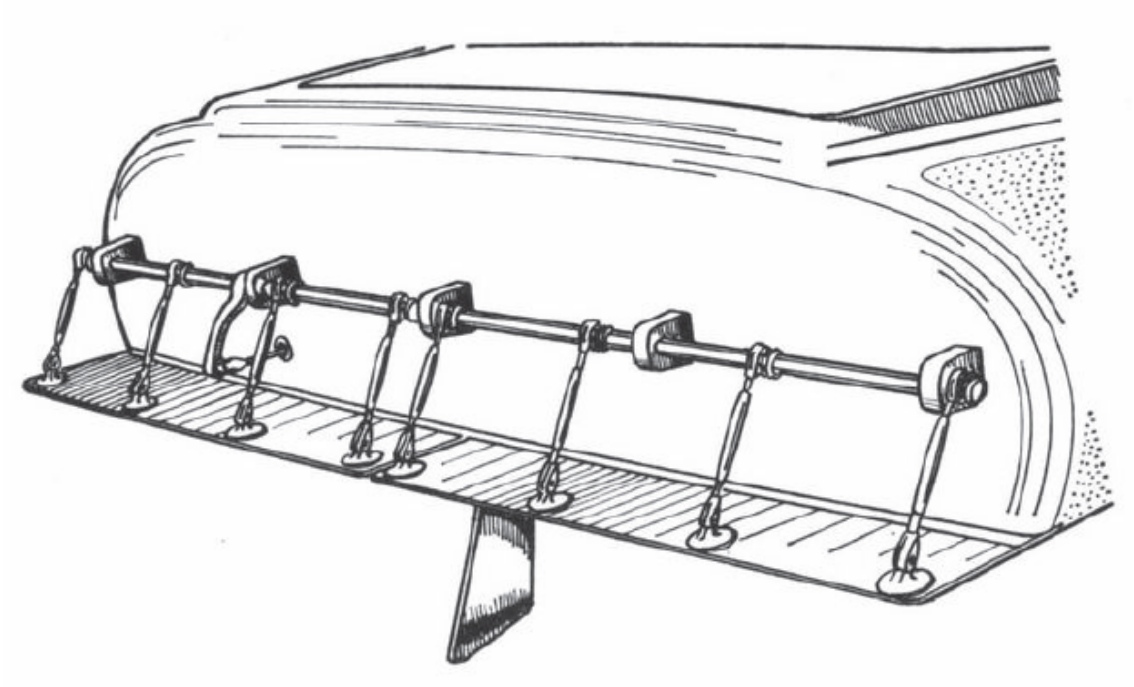


Abb.199 Durchlaufende Trimmklappe am Spiegel eines Dragrennbootes. Bei der einfacheren Ausführung wird der Endpunkt der Spanner oben fest gegen den Spiegel geschraubt. Hier dagegen enden die Spanner an kurzen Hebeln auf der Querwelle, damit der Fahrer während des Rennens die Einstellung der Klappe verändern kann. Vergleiche Foto 98.

Durch stufenweise und mühsame Versuche findet man denjenigen sehr kleinen Anstellwinkel heraus, der die Beschleunigung eines so schnellen Bootes noch um einen Bruchteil verbessert.
Auch hier wird durch eine minimale zunehmende Winkeländerung nach einer Seite hin dem Drehmoment des Propellers entgegengewirkt.

Regulierbare Trimmklappen

Werden die Spannschrauben nicht gegen den Spiegel selbst geschraubt, sondern an eine Art von Nockenwelle geführt, so entstehen die so genannten regulierbaren Trimmklappen. Die Nockenwelle mit ihren kurzen Hebebühne kann vom Steuermann durch einen Hand- oder Fußhebel verstellt werden. Als Folge der plötzlichen Beschleunigung beim Start zum Dragrennen neigen viele Boote dazu, vorn hoch herauszuschießen. Der Steuermann verhindert dies, indem er die breite Trimmklappe auf großen Anstellwinkel bringt. Sobald das Boot Geschwindigkeit aufnimmt und flach trimmt, legt der Fahrer einen Hebel um und der Anstellwinkel der Trimmfläche wird stark reduziert. Oft wird die Klappe sogar nach oben abgewinkelt, um die Berührung mit dem Wasser auszuschalten und dadurch den ihr eigenen Reibungswiderstand wegzunehmen.
Die an größeren Rennbooten für Küsten- und Seestrecken angewandten Trimmklappen laufen nicht in voller Breite von Seite zu Seite durch. Gewöhnlich werden zwei kurze Klappen verwandt, wie in Abb. 200 zu erkennen ist. Dieselbe Art von Klappen wird immer häufiger auch an Sportbooten verwandt. Die Einregulierung erfolgt oft durch einen simplen Hebelmechanismus. Ein weiteres, sogar noch wichtigeres Anwendungsgebiet stellen kleinere und größere Motorkreuzer dar, die wegen ihres Geschwindigkeitsbereichs stark vertrimmen.

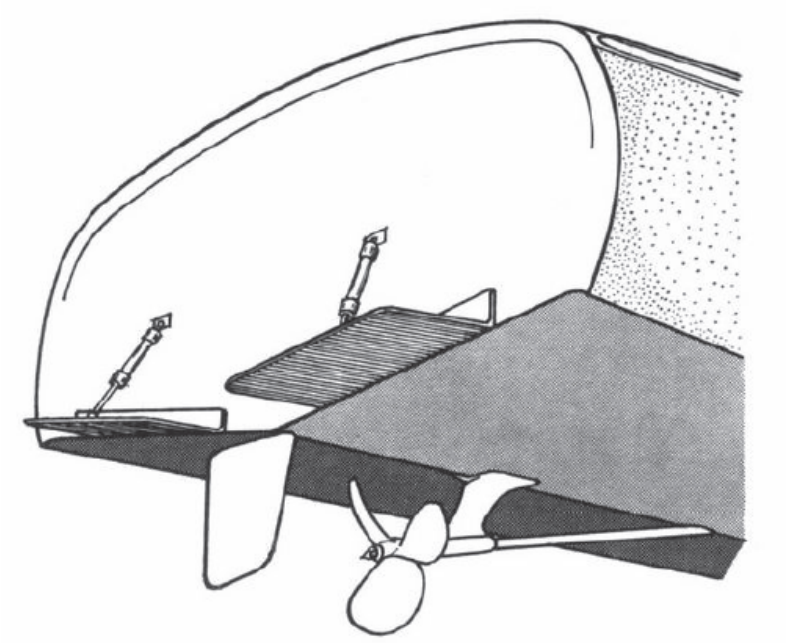


Abb. 200 Zwei unabhängige, regulierbare Trimmklappe,, wie sie an Offshore- Rennbooten angewandt werden, ebenso an Motorbooten und Motorkreuzern aller Größen. Bei kleineren Booten erfolgt die Regulierung durch Handhebel und Gestänge. Bei größeren Ausführungen geschieht sie meistens elektrohydraulisch oder elektromechanisch.

größeren Booten wird die Betätigung der Trimmklappen wegen der auftretenden Kräfte nicht mehr von Hand mit einfacher mechanischer Kraftübertragung vorgenommen. Oft wird die Stellung der Klappen mittels hydraulischer Zylinder verändert, die durch eine Elektropumpe betätigt werden oder auch durch eine Handpumpe. Ebenso werden elektromechanische Verstelleinrichtungen angewandt, bei denen ein kleiner Elektromotor auf eine Schraubenspindel oder Schnecke arbeitet.
Im Idealfall sollen Formen und Gewichtsverteilung eines Bootes derart ausbalanciert werden, dass bei höchster Fahrt keinerlei Trimmkorrektur benötigt wird. Dann werden die Klappen nach oben abgewinkelt, so dass sie nicht im Wasserstrom liegen. Benötigt man aber den Effekt ihres Auftriebs, so werden sie heruntergeholt. Jeder beliebige Anstellwinkel bis zu ungefähr 10 Grad kann gewählt werden; noch größere Winkel erzeugen nur unnötige Bremswirkung ohne zusätzlichen Gewinn.
In der Fahrtpraxis wählt man keinen vorbestimmten Anstellwinkel. Durch fortschreitende Veränderung wird nach dem besten Fahrttrimm oder der höchsten Geschwindigkeit gesucht. Während dieses tastenden Nachstellens beobachtet man den Anzeiger der Motordrehzahl, denn solange diese noch ein wenig zunimmt, ohne den Gashebel anzurühren, wirkt die Trimmklappeneinstellung verbessernd.

Automatische Trimmklappen

Eine geschickte Abwandlung erschien neuerdings auf dem Markt, nämlich die Trimmklappe mit automatischer Einstellung, Abb. 201. Ihre Wirkung beruht auf einem klug erdachten Hebelmechanismus, der die Trimmklappe stützt. Dabei wird der an der Vorderkante entstehende Wasserdruck ausgenutzt, damit sich der günstigste Anstellwinkel von selbst einstellt.
Ein derartiges System hat den Vorteil, keinerlei Mechanismus zur Fernbetätigung der Klappen zu benötigen, da sich ihre Anstellung von selbst der jeweiligen Geschwindigkeit und dem Vertrimmen anpasst.

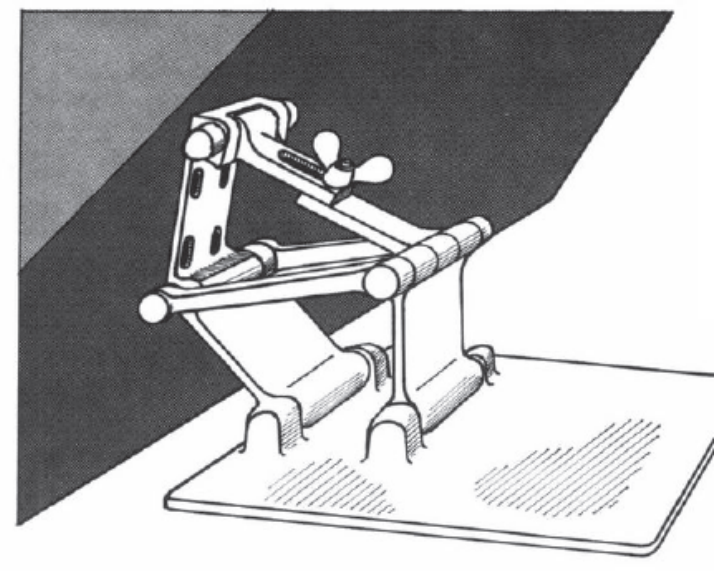


Abb. 201 Automatische Trimmklappe von „Trimm Selvs". Sie funktioniert ohne irgendwelchen vom Fahrer zu betätigenden Mechanismus und passt sich von selbst an Belastung und Geschwindigkeit an. Durch Veränderung der Hebellängen wird sie an die Eigenheiten des Bootes angepasst.

Man ist versucht, dieser Idee entgegenzuhalten, dass die einzelnen Boote bei gleichen Geschwindigkeiten durchaus nicht gleiche Trimmklappenwinkel verlangen. Doch wurde bei der Erfindung sogar dafür gesorgt, dass eine individuelle Anpassung an jedes beliebige Boot vorgenommen werden kann. Ein einfacher Schraubmechanismus gestattet eine Veränderung der Hebelarme, wodurch die automatischen Klappen den Sonderverhältnissen der einzelnen Boote angepasst werden.
Die Trimmflächen werden an ihren Drehpunkten derartig gelagert, dass sie bei stärkstem Vertrimmen des Bootes den größten Auftrieb liefern. Nimmt das Boot bei zunehmender Fahrt eine flachere Lage an, so verringert sich gleichzeitig die Abwinkelung der Trimmklappen. Die Automatik soll sich sogar der Kurvenfahrt von selbst anpassen, indem beide Klappen verschiedene Winkel einnehmen und für eine bessere Stabilität in der Kurve sorgen.

Eingelassene Trimmklappen

Die fahrttechnischen Vorzüge regulierbarer Trimmklappen wurden inzwischen auch von einigen Großwerften anerkannt. Firmen wie Chris Craft, Hatteras und andere gingen dazu über, dicht am Spiegel Aussparungen im Boden vorzusehen, in welche solche Trimmklappen versenkt eingebaut werden, siehe Abb. 202.
Eine derartige unsichtbare Anordnung von Trimmklappen muss als sehr elegante Lösung bezeichnet werden, auch von der praktischen Seite betrachtet. Nichts ragt mehr hinter dem Heck heraus, das beim Rückwärtsgang beschädigt werden könnte. Keine Trimmklappen liegen im Wege, wenn Leinen ausgebracht werden, wenn sich ein Beiboot nähert oder wenn sich jemand über Heck mit dem Angeln befasst.
Der durch Trimmklappen erzielbare Gewinn an Geschwindigkeit sollte nicht zahlenmäßig ausgedrückt werden. In einigen Fällen wurde ein geradezu unglaublicher Fahrtgewinn festgestellt. Dies beweist jedoch nichts anderes, als dass eine ungünstige Bootsform vorher nicht erlaubte, den bekannten großen Widerstandsbuckel zu überschreiten. Es wäre eine

geradezu vergnügliche Aufgabe, ein Boot so zu entwerfen, daß es durch Ansetzen von Trimmklappen eine Verbesserung von 50 oder gar 100 Prozent erzielt; doch ein solcher Erfolg entspricht nicht dem Sinn der Klappen.
Erreicht man bei einem schweren Boot eine Zunahme an Geschwindigkeit von 5 Prozent, bei einem leichten von 10 Prozent, so befindet man sich im technisch vertretbaren Bereich einer normalen Bootsform mit zusätzlicher guter Trimmklappenwirkung.

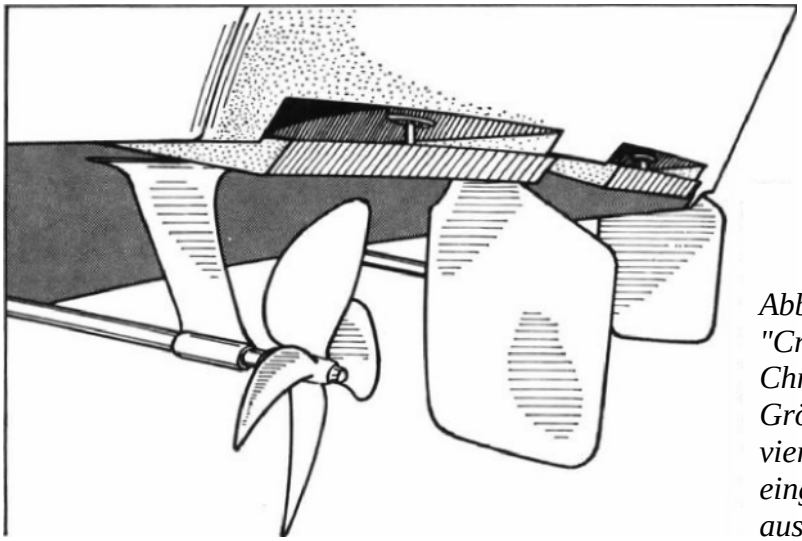


Abb. 202 Eingelassene Trimmklappen "CruiseControl" unter dem Boden eines Chris-Craft-Motorkreuzers. Wegen der Größe des Bootes wurden insgesamt vier sol-cher Klappen versenkt eingebaut, Sie sind vom Führerstand aus in Fahrt regulierbar. In der Zeichnung sind nur die beiden Backbord- Trimmklappen erkennbar.

Trimmklappen sollten überall dort verwandt werden, wo genau ihrem Namen entsprechend ein starkes Vertrimmen fahrt- und sichtbehindernd auftritt. Ebenso bei sehr schnellen Booten im Seegang, wobei die Trimmklappen dazu beitragen, das Verhalten der Boote in Fahrt zu verbessern.

Größe der Trimmklappen

Im allgemeinen soll man den Herstellern der Trimmklappen die Auswahl der jeweils ge-eignetsten Größe überlassen. Der Versuch einer genauen Berechnung ist mit einem Zeitaufwand verbunden, der in keinem Verhältnis zu dem stets unsicheren Ergebnis steht. Von der praktischen Seite her kann man sich an folgende Regeln zur näherungsweisen Bestimmung der Größen halten:

Längsausdehnung vom Spiegel zur Achterkante der Trimmklappe:

leichte, schnelle Boote, die wenig vertrimmen	2 Prozent der WL- Länge;
schwere Boote, die stärker vertrimmen	3 Prozent der WL- Länge;
Mittelwert, normale Boote	2,5 Prozent der WL- Länge.

Querausdehnung, d. h. Breite entlang des Spiegels:

leichte, schnelle Boote, die wenig vertrimmen: 2 Klappen mit je 1/5 der größten WL-Breite;
schwere, stärker vertrimmende Boote: 2 Klappen mit je 1/4 der größten WL- Breite;
bei sehr starkem Vertrimmen: Trimmklappen über die ganze Spiegelbreite, dazu Längsausdehnung von 3 Prozent WL- Länge.

In den Trimmklappen hat man ein ganz ausgezeichnetes Beispiel vor Augen, wie oft durch kleine Massnahmen große Erfolge erzielt werden. So nimmt es nicht wunder, dass sie selbst bei großen Patrouillenbooten von 30 m Länge und 4000 PS Antriebsleistung angewandt werden, obwohl deren Form durch eingehende Modellversuche bestimmt wird.

Trimmen durch Wasserballast

Wirft man einen Blick auf das Gesamtbild des Sports mit schnellen Motorbooten, so stellt das Verhalten der Rennkreuzer für Küsten- und Seerennen ein Extrem dar. Bei keiner anderen Gattung von Booten entstehen derartige wilde Sprünge, werden die Boote so heftig in die Höhe geschleudert wie gerade hier. So nimmt es nicht wunder, dass bei allen diesen Booten ausnahmslos regulierbare Trimmklappen am Heck gefahren werden. Es kommt jedoch vielfach noch eine weitere Trimmbeeinflussung hinzu, nämlich durch Wasserballast. Dies klingt zwar für leicht gebaute Rennboote etwas widersinnig, doch hat es sich ausgezeichnet bewährt.
Mit der Verwendung von Wasserballast werden gleichzeitig zwei Ziele verfolgt: erstens, das Vorschiff herunterzutrimmen, und zweitens, den Trägheitseinfluss des Ballastgewichtes auszunutzen, um die Vertikalbeschleunigung des Vorschiffes abzudämpfen. Ein weiterer Umstand kommt hinzu, der bei Langstreckenrennen zur Anwendung von Wasserballast rät. Die Boote sind beim Start mit einer großen Brennstoffmenge beladen, die aber genau berechnet wird, um mit beinahe leeren Tanks das Ziel zu erreichen. Allein dadurch schon ändert sich der Ladezustand des Bootes während des Rennens ganz wesentlich.
Das Auffüllen der Ballasttanks im Vorschiff geschieht meistens direkt durch Ausnutzen des Staudrucks des fahrenden Bootes. Ein gerade eben ins Wasser reichender Stutzen, der manchmal sogar am Ruderblatt sitzt, fängt das Fahrtwasser mit mehr als ausreichendem Druck auf, um die Tanks rasch mit Seewasser zu füllen, Die Einfachheit des Vorganges gestattet, je nach Kurs relativ zu Wind und See, die Tanks zu füllen oder wieder zu entleeren.

Außenbordmotor-Vertrimmen

In manchen Abhandlungen über die Bedienung von Außenbordmotoren wird behauptet, dass die Verstellung der Motoraufhängung dazu dient, die Trimmlage des Bootskörpers zu korrigieren. Es wird unterstellt, dass sich der Bug heraushebt, wenn die Propellerwelle achteraus nach oben gerichtet wird, oder dass der Bug niedergedrückt wird, buddelt, wenn der Propellerschub achteraus nach unten gerichtet ist.
Eine solche Darstellung entspricht nicht den Tatsachen! Der Trimmeffekt des Propellerschubes ist fast absolut Null!
Die Einstellvorrichtung für den Motor hat einen anderen Sinn, der für gute Fahrt sogar sehr wichtig ist. Die Abschlussplatte über dem Propeller, auch Kavirationsplatte genannt, soll möglichst genau in Richtung der Wasserströmung liegen, um keinen überflüssigen Widerstand zu erzeugen und dem Propeller keine störenden Wirbel zuzuführen. Außerdem darf sie nicht über Wasser liegen, sondern soll gerade eben vom Wasser überdeckt sein, damit der Propeller nicht durch angesaugte Luft an Wirksamkeit verliert. Es ist also die Stellung des Motors, die zu trimmen ist, nicht die Lage des Bootes.

Stabilität, die Voraussetzung für sichere Fahrt

Eine ganze Anzahl verschiedener Eigenschaften wird unter dem Sammelbegriff Stabilität verstanden. Nicht selten wird sie mit Seetüchtigkeit oder Sicherheit auf eine Stufe gestellt, und sogar bei Berufsseeleuten kommen Verwechslungen vor. Mancher Küstenschiffer, mancher Hochseefischer bezeichnet ein Schiff als stabil, wenn es im Seegang angenehme, langsame Bewegungen zeigt. Vollführt es dagegen heftige Schlingerbewegungen, so nennt er das Schiff gern unstabil. Es ist dies eine rein aus persönlicher Beobachtung entstandene Verwechslung der Begriffe, denn gerade die Heftigkeit der Bewegungen zeigt an, dass das Schiff eine zu große Anfangsstabilität besitzt.
Unter Stabilität versteht man die Eigenschaft eines Schiffes, wieder in die normale, aufrechte Lage zurückzukehren, falls es durch äußere Kräfte aus dieser herausgezwungen wurde. Solche äußeren Kräfte werden sowohl durch Wind und Seegang hervorgerufen, wie unter anderem auch durch die Zentrifugalkraft bei raschem Kurvenfahren.
Da ein Kentern über den Bug bei normalen Booten und Schiffen nicht vorkommt, braucht man sich nur in Ausnahmefällen mit der so genannten Längsstabilität zu befassen. Bei Segelkataramanen ist das Kentern über den Bug eine geradezu normale Erscheinung, weil der schräg von achtern einfallende Wind den scharfen Leebug unter Wasser zu drücken strebt. Die schmalen seitlichen Bootskörper der Katamarane besitzen im Vorschiff nur einen sehr geringen Reserveauftrieb. Daher wird bei diesen Booten leicht der kritische Moment erreicht, so dass eine Untersuchung der Längsstabilität hier durchaus angebracht ist.
Anders bei Motorbooten. Bei diesen wird die Längsstabilität niemals kritisch, und nur die Querstabilität wird untersucht. Dieses ist so selbstverständlich, dass man einfach von Stabilität als solcher spricht, wenn Querstabilität gemeint ist.
Bei der Betrachtung der Stabilität muss zwischen drei Eigenschaften unterschieden werden:

1. Das Maß der *Anfangsstabilität*. Aus diesem lässt sich erkennen, wie rasch oder wie langsam ein Boot wieder in die aufrechte Lage zurückkehrt.
2. Der *Stabilitätsumfang*. Dieser zeigt die aufrichtenden Momente bei den verschiedenen Krängungswinkeln an, ferner bei welcher Krängung diese zu Null werden und das Boot kentert.
3. Der stabilisierende dynamische *Einfluss der Fahrt* auf die Querstabilität. Dieser tritt besonders bei der tiefen V-Spantform maßgebend in Erscheinung.

Die genaue Ausführung einer Stabilitätsberechnung ist mühsam und zeitraubend. Sie wird deshalb beim Neubau von Motorkreuzern nur in den seltensten Fällen ausgeführt. Dasselbe gilt für Segelyachten sowie für die Mehrzahl der Berufsfahrzeuge.
Eine ausführliche Berechnung der Stabilität nur anhand von Plänen auszuführen, stellt eine Arbeit dar, die ein technisches Büro über Gebühr belastet. Hinzu kommt, dass nur selten ein wirklich vollständiger Satz von Bau- und Detailplänen vorhanden ist, bevor

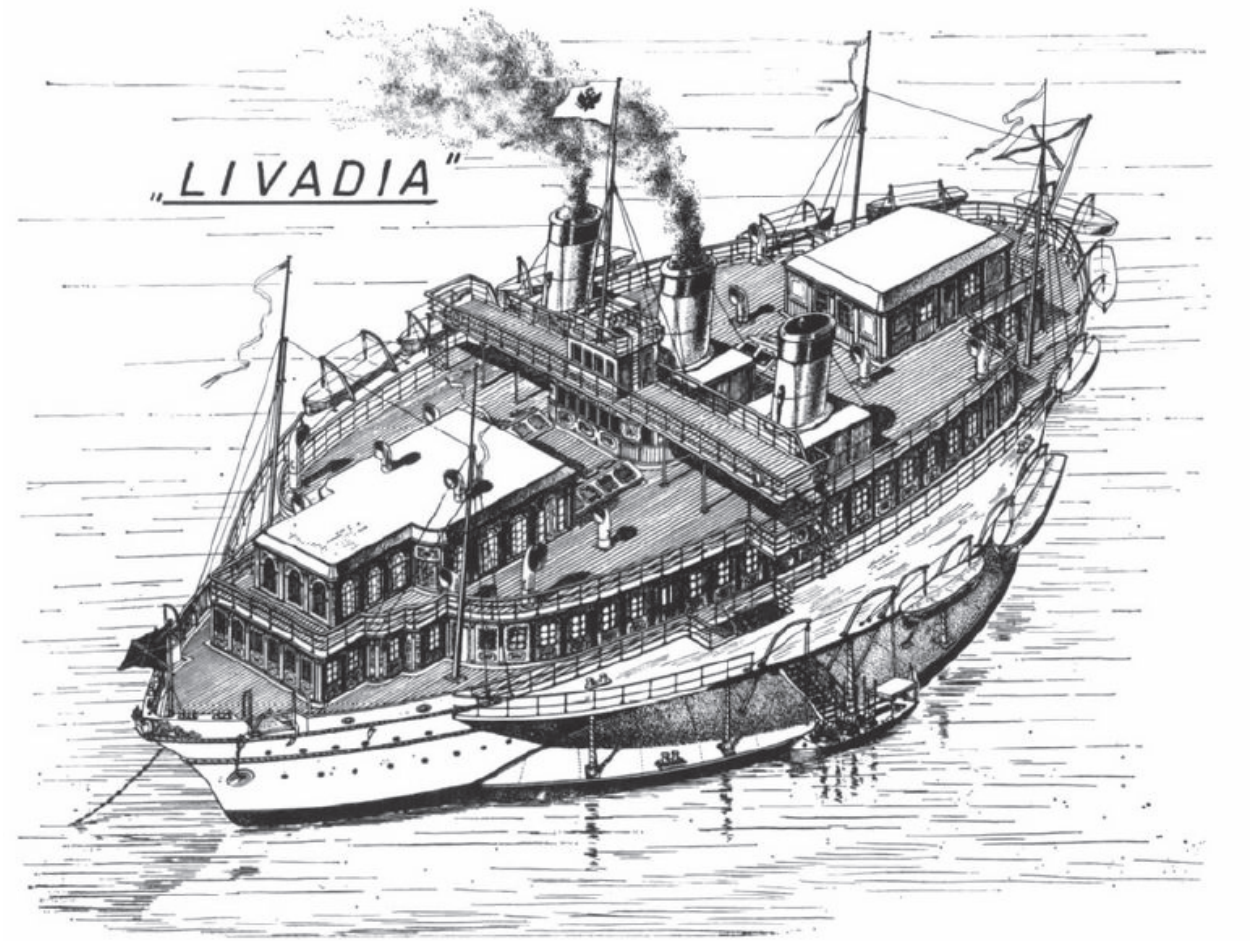


Abb.203 Diese ungewöhnliche Dampfyacht wurde im Jahre 1880 in Glasgow (Schottland) für den Zaren Alexander II. erbaut. Von der Seite gesehen ähnelte die „Livadia" dem Profil der damals üblichen Dampfyachten. Doch von vorn gesehen *oder aus der Vogelschau erkannte* man die *ungewöhnliche Breite in der Wasserlinie. Das Unterwasserschiff hatte linsenförmige Gestalt, mit der Absicht, das Rollen des Schiffes so gut wie möglich auszuschalten und seinem durchlauchten Eigner die Beschwerden der Seekrankheit zu ersparen. Die „Livadia" hatte folgende* Abmessungen:

Länge ü. *a*.....*19,00 m* *Breite* .....*46,60 m*
Länge WL .....71,50 m *Verdrängung* .....*4000 m*^{3}
Dem Zaren war es nicht vergönnt, dieses einmalige Schiff jemals zu benutzen.

Zeichnung: 0. Mikhno

mit dem Bau begonnen wird. Nur unter Benutzung sämtlicher Detailpläne und genauer Kenntnis der gesamten Ausrüstung kann eine einigermaßen getreue Stabilitätsrechnung überhaupt ausgeführt werden. Eine Unsumme von Zeit und Mühe muss aufgewandt werden, um durch Rechnung Gewicht und Schwerpunktslage jedes einzelnen zum fertigen Schiffe gehörenden Teiles zu ermitteln und schließlich mittels einer Momentenrechnung die Lage des Gewichtsschwerpunktes des vollständig betriebsbereiten Schiffes festzustellen.
Im Großschiffbau wird der Stapellauf so früh wie möglich vorgenommen, d.h. sobald der Schiffskörper schwimmfähig ist und noch ehe die Maschinenanlage und sonstige Ausrüstung an Bord gesetzt wird. Von Zeit zu Zeit kommt es vor, dass ein solcher oft riesengroßer Stahlrumpf sofort nach dem Stapellauf kentert, weil er eine negative Anfangsstabilität besaß und auch bei weiterem Krängen keine positive Stabilität erreichte. Dieses Beispiel soll nur zeigen, welche Schwierigkeiten mit der Berechnung der Stabilität verknüpft sind.

Sobald ein Schiff im Wasser schwimmt, vergehen alle Unsicherheiten und zeitraubenden Rechnungen zur Bestimmung der Stabilität von selbst. Neunzig Prozent der Mühen mussten vorher darauf verwandt werden, die genaue Schwerpunktslage des vollständigen Schiffes zu errechnen. Diese Arbeit kann nun durch eine einfache Messung ersetzt werden, den so genannten Krängungsversuch. Wird er mit der nötigen Sorgfalt ausgeführt, so findet man die Schwerpunktslage mit geradezu unfehlbarer Genauigkeit, doch soll an dieser Stelle nicht näher auf seine Durchführung eingegangen werden. Es sei hinzugefügt, dass die nachstehend zu findenden Schwerpunktslagen tatsächlichen Krängungsversuchen entstammen.
Gut organisierte Werften pflegen über eine größere Zahl ausgewerteter Krängungsversuche an Schiffen und Booten verschiedenster Grössen zu verfügen. Bei neuen Entwürfen ist man damit in der Lage, den zeitraubenden und zugleich unsicheren Rechnungsweg durch einen Ähnlichkeitsvergleich zu ersetzen. Anhand dessen lassen sich Anfangsstabilität und Stabilitätsumfang bereits im Entwurfstadium mit recht guter Genauigkeit vorausbestimmen. Der Eigner eines seegehenden Motorkreuzers, wie überhaupt jeden Motorbootes *mit ausreichendem Freibord*, mag unbesorgt sein. Die überragende Mehrzahl aller Motorkreuzer hat einen so großen Stabilitätsumfang, dass sie als unkenterbar bezeichnet werden können. Sorgt man für dichte Aufbauten, so dass kein Wasser ins Bootsinnere dringt, dann sind normale Motorkreuzer bestens zur Seefahrt geeignet. Es sei erwähnt, dass offene Schiffsrettungsboote durch eingebaute Lufttanks unsinkbar gemacht werden, Segeljollen durch aufgeblasene, schlauchartige Auftriebskörper, Kunstharzboote durch Unterbringen von Schaumstoff-Auftrieb in unzugänglichen Winkeln und große Handelsschiffe durch Unterteilung in wasserdicht abgeschottete Abteilungen. Eine echte Unsinkbarkeit wird bei Motorkreuzern fast nie angestrebt, ebensowenig wie bei Hochseesegelyachten.

Wie groß ist die Kentergefahr?

In normaler Fahrt gewinnt man einen Eindruck von der Anfangsstabilität eines Bootet, nicht aber vom Stabilitätsumfang. Der Unterschied zwischen diesen beiden Ausdrücken sei durch folgende Begebenheit erläutert:
Ein Filmunternehmen hatte von der Wasserpolizei ein Kajütboot zur Verfügung gestellt bekommen, um Szenen im Flussgebiet aufnehmen zu können. Natürlich verstanden die Filmleute nichts vom Wasser, und der Bootsführer hatte nur den Auftrag erhalten, auszuführen, was die Filmleute verlangten. Am Ziel angelangt, stieg der Kameramann nebst Helfer und Apparaten aufs Kajütdach des 10 m langen Bootes. Ihm stiegen weitere Filmleute nach, und wir hatten das Vergnügen, von unserem Motorkreuzer aus das ganze Geschehen aus nächster Nähe zu beobachten. Schon fiel uns die sehr langsam gewordene Rollbewegung des Bootes auf, als noch ein fünfter Mann aufs Kajütdach stieg. Das genügte, um den letzten Rest von Anfangsstabilität zu vernichten. Langsam neigte sich das Boot über, bis der Kameramann mit seiner Apparatur und zwei Helfern in elegantem Bogen ins Wasser abrutschten. Als Folge der Entlastung wurde die nötige Stabilität wieder zurückgewonnen, und das Boot richtete sich rasch wieder auf. Die Trocken-

gebliebenen hatten nun ihre Not, die bis zur Brust und jämmerlich nass im Wasser stehenden Filmleute samt der durchnässten Kameras an Bord zu holen. Im allgemeinem wird der auf See vorkommende Krängungswinkel überschätzt. Ein Schlingern von 10 Grad nach jeder Seite ist normal. Eine Krängung von 15 Grad ist auf sommerlicher Motorkreuzfahrt schon seltener, und es gehört das Zusammentreffen einer Reihe ungünstiger Umstände dazu, bis einmal eine Krängung von 20 Grad erreicht oder überschritten wird. Als die vorgenannten Filmleute ins Wasser abrutschten, waren höchstens 20 Grad Krängung erreicht worden.
Bedeutend stärkere Schlingerwinkel werden von Fischereifahrzeugen in schlechtem Wetter erreicht. Bei diesen kommen Krängungen während des Schlingerns von 30 Grad und noch darüber gar nicht so selten vor.
Vergleicht man die Stabilitätseigenschaften der Handelsschiffe mit denjenigen normaler Motorkreuzer, so kommt man zu folgenden Ergebnissen:

1. Nahezu alle großen Handelsschiffe sind kenterbar! Sie erreichen ihre größte Querstabilität bei einer Krängung von 40 bis 45 Grad, Darüber hinaus verringert sich das aufrichtende Moment. Gewöhnlich kommt es bis auf Null bei Krängungen zwischen 60 und 75 Grad, wobei das Schiff seinen Kenterpunkt erreicht.
2. Im Gegensatz hierzu sind nahezu alle Motorkreuzer unkenterbar! Sie erreichen das größte aufrichtende Moment oft bei einer Krängung von 60 Grad, mitunter auch erst bei 80 oder 90 Grad. Es gibt kaum einen Fall, bei dem der Nullpunkt, also die Kenterung, unterhalb einer Krängung von 90 Grad erreicht wird, sofern kein Wassereinbruch über Deck erfolgt.

Es hört sich gefährlich an, wenn man die großen Handelsschiffe als kenterbar bezeichnet. In der Seefahrt kommt es jedoch kaum vor, dass solche Schiffe, solange sie normal beladen sind, zum Kentern kommen. Früher, als noch keine strengen Freibordvorschriften galten, wurden Frachtschiffe oft bis an die Grenze ihrer Tragfähigkeit beladen, genauer gesagt überladen. Dann kam es häufig genug vor, dass sie als Folge des zu geringen Freibords voll liefen und sanken. Dieser Vorgang hat jedoch nichts mit Stabilität zu tun. Der in Abb. 204 dargestellte Vergleich eines normalen Frachtschiffes mit dem bewährten Motorkreuzer ARIELLE lässt die wesentlichen Unterschiede ihrer Proportionen gut erkennen. Bezieht man den Vergleich auf die Schiffslänge, so hat der Motorkreuzer einen dreimal so hohen Freibord und die doppelte Breite. Beide Faktoren vergrößern sowohl die Anfangsstabilität wie den Stabilitätsumfang. Zugunsten des Handelsschiffes spricht einzig und allein seine absolute Größe. Doch diese ist insofern ausschlaggebend, als beide Schiffsgattungen, groß oder klein, Yacht oder Handelsschiff, im gleichen Seegang fahren. So wird natürlich das große Schiff von der See weniger gestört als das kleine. Es besteht ein weitverbreiteter Irrtum über einige wesentliche Voraussetzungen der Stabilität als solcher. Nur zu oft wird angenommen, dass der Gesamtschwerpunkt aller Gewichte so tief gelegt werden muss, bis er sich unterhalb des Auftriebsschwerpunktes des verdrängten Wassers befindet. So, als hinge das Gesamtgewicht des Schiffes wie ein Pendel nach unten, aufgehängt im Verdrängungsschwerpunkt des Unterwasserschiffes. Eine solche Auffassung wird durch oberflächliche Kenntnis der Verhältnisse an Segelyachten bestärkt, die als Kielboote einen sehr schweren Bleiballast tief unter dem Schiffsboden fahren. Ein solcher Vergleich ist auf Motorboote nicht anwendbar, denn sie werden nicht von hoch über der Wasserfläche angeordneten Segeln angetrieben. Eine Segelyacht muss der stark krängenden Wirkung des Windes, ja auch des Sturms durch ein großes Maß an Stabilität

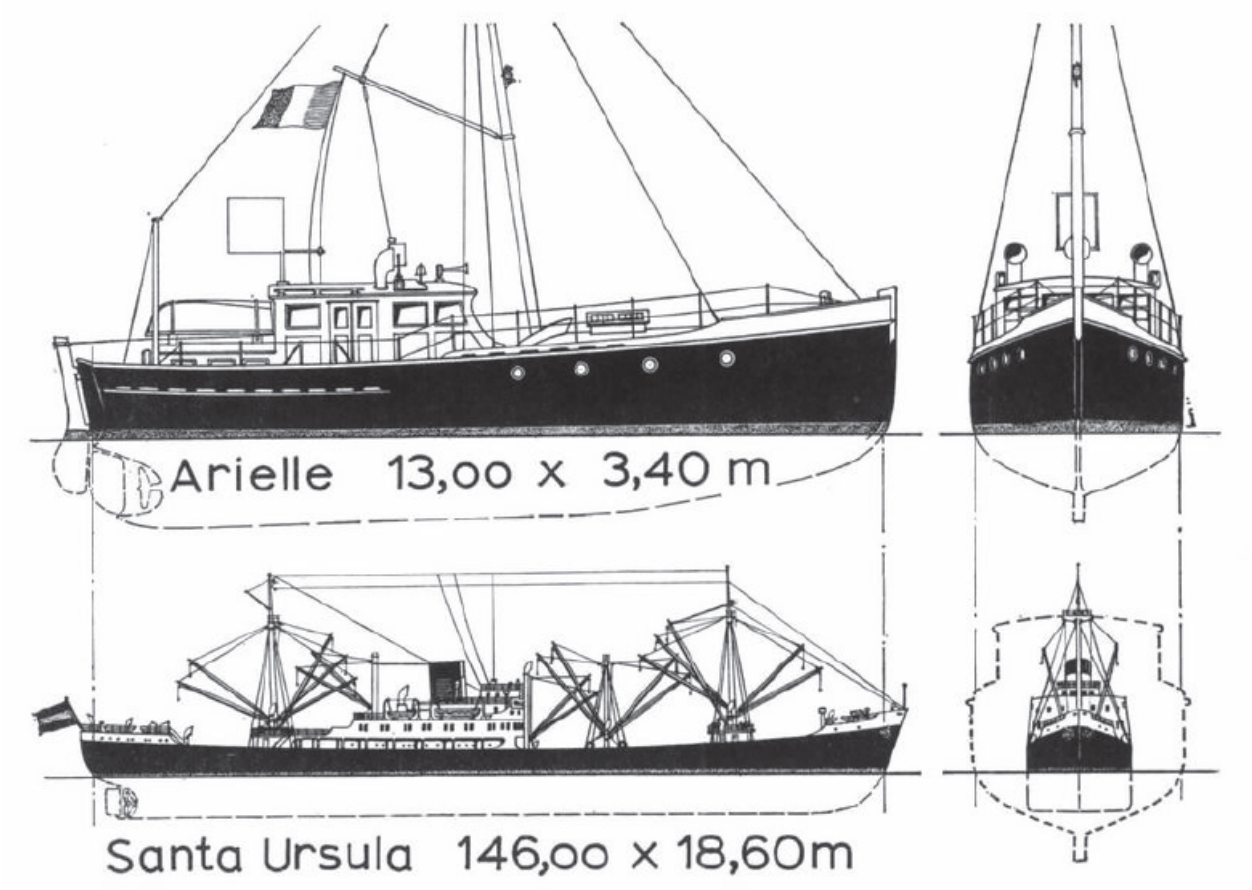


Abb. 204 Vergleich zwischen dem bewährten Seekreuzer „Arielle" und einem Frachtschiff. Bezieht man die Verhältniswerte auf die Schiffslänge, so fällt am Motorkreuzer die bedeutend größere Breite sowie der wesentlich höhere Freibord auf. Der Motorkreuzer "Arielle" bestand seine Erprobung auf einer Atlantiküberquerung.

widerstehen. Im Gegensatz hierzu wirken auf den Motorkreuzer fast keine krängenden Kräfte. Aus diesem Grunde ist ein tiefliegender Ballast bei Motorkreuzern unangebracht.
Die Stabilität einer Segelyacht wird maßgebend von der Größe und Lage des Ballastkiels beeinflusst. Sie besitzt daher vorwiegend Gewichtsstabilität. Im Gegensatz hierzu wird die Stabilität eines Motorkreuzers hauptsächlich durch die Breite und Form des Rumpfes bestimmt. Bei ihm überwiegt somit die Formstabilität. Eine scharfe Trennung zwischen Form- und Gewichtsstabilität ist jedoch nicht möglich, weil Stabilität immer aus dem Zusammenwirken von Form und Gewicht zustande kommt. Auch die Stabilität der breit ragenden Segelyacht besitzt einen Formeinfluss, ebenso wie selbst der ballastlose leichte Motorkreuzer einem bedeutenden Gewichtseinfluss unterliegt, der sich der Formstabilität überlagert.
Es ist nicht allgemein bekannt, dass der Schwerpunkt sämtlicher Gewichte eines Motorkreuzers gar nicht einmal unter der Wasserlinie liegt, sondern darüber! Dass er trotzdem einen sehr großen Stabilitätsumfang besitzt, erscheint bei oberflächlicher Betrachtung geradezu als unwahrscheinlich.
Das umfassende Gebiet der Stabilität von Motorkreuzern soll an dieser Stelle nicht näher untersucht werden. Als Kriterium für das normale Verhalten eines Motorbootes gilt die Anfangsstabilität. Sie beeinflusst am stärksten ein entweder angenehmes oder unliebsames Verhalten im Seegang. Ist sie wohl bemessen, so gibt sie dem Eigner und seinen Gästen ein Gefühl der Sicherheit.

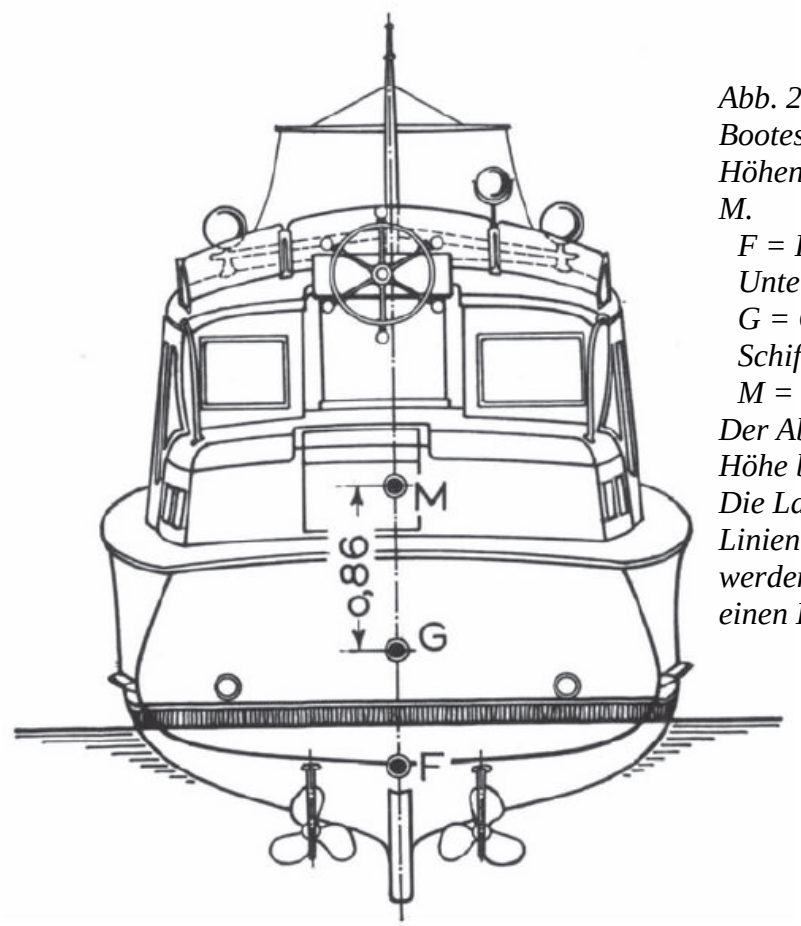


Abb. 205 Die Stabilitätsverhältnisse eines Bootes beurteilt man nach der gegenseitigen Höhenlage dreier Punkte, nämlich F, G und M.
F = Formschwerpunkt des Unterwasserschiffes.
G = Gewichtsschwerpunkt des fahrbereiten Schiffes.
M = Lage des Metazentrums.
Der Abstand M-G wird als metazentrische Höhe be-zeichnet, hier mit 0,86 m angegeben. Die Lage von F und M kann aus dem Linienriss ohne Schwierig-keit errechnet werden, G dagegen wird am besten durch einen Krängungsversuch ermittelt.

Als Maß für die Anfangsstabilität verwendet man den Ausdruck metazentrische Höhe. Das Maß der metazentrischen Höhe gibt an, um wie viel der Gewichtsschwerpunkt des vollständigen Schiffes einschließlich Personen unterhalb des so genannten Metazentrums liegt. Dieses ist eine Art scheinbaren Zentrums, wie sein Name besagt, und zwar liegt es im Schnittpunkt der Kraftlinie des Auftriebs mit der vertikalen Schiffsmittelebene. Hierzu muss man sich eine sehr kleine Krängung vorstellen, weil sich sonst die Auftriebslinie nicht mit der Mittelebene des Schiffes schneiden würde.
Glücklicherweise gibt es ein recht einfach zu bestimmendes Maß, aus welchem auch der technisch interessierte Eigner brauchbare Rückschlüsse auf die Anfangsstabilität ziehen kann. Das ist die Beobachtung der Rollperiode des Bootes. Jedes Boot hat im jeweiligen Ladezustand seine ganze eigene Rollperiode. Die Rollschwingungen werden zwar vom Spiel der Wellen ausgelöst, doch kann das Boot nur in seiner ihm eigenen Periode rollen. Als Rollperiode gilt die Zeit in Sekunden, bis eine doppelte Rollschwingung ausgeführt ist. Um sie zu bestimmen, setzt man eine Stoppuhr gerade in dem Moment in Gang, wenn die größte Krängung nach Backbord auftritt. Die Uhr wird gestoppt, sobald die nächste Krängung wieder nach Backbord ihren Höchstwert erreicht. Allerdings wird zum Zweck größerer Genauigkeit geraten, jedes mal mehrere Rollperioden folgen zu lassen, ehe die Zeit genommen wird, um abschließend mittels einfacher Division die Rollzeit einer einzigen Doppelschwingung niederzuschreiben. Rollschwingungsperiode und metazentrische Höhe stehen in einer festen Beziehung zueinander. Kennt man die Werte der günstigsten metazentrischen Höhen, so kann man die

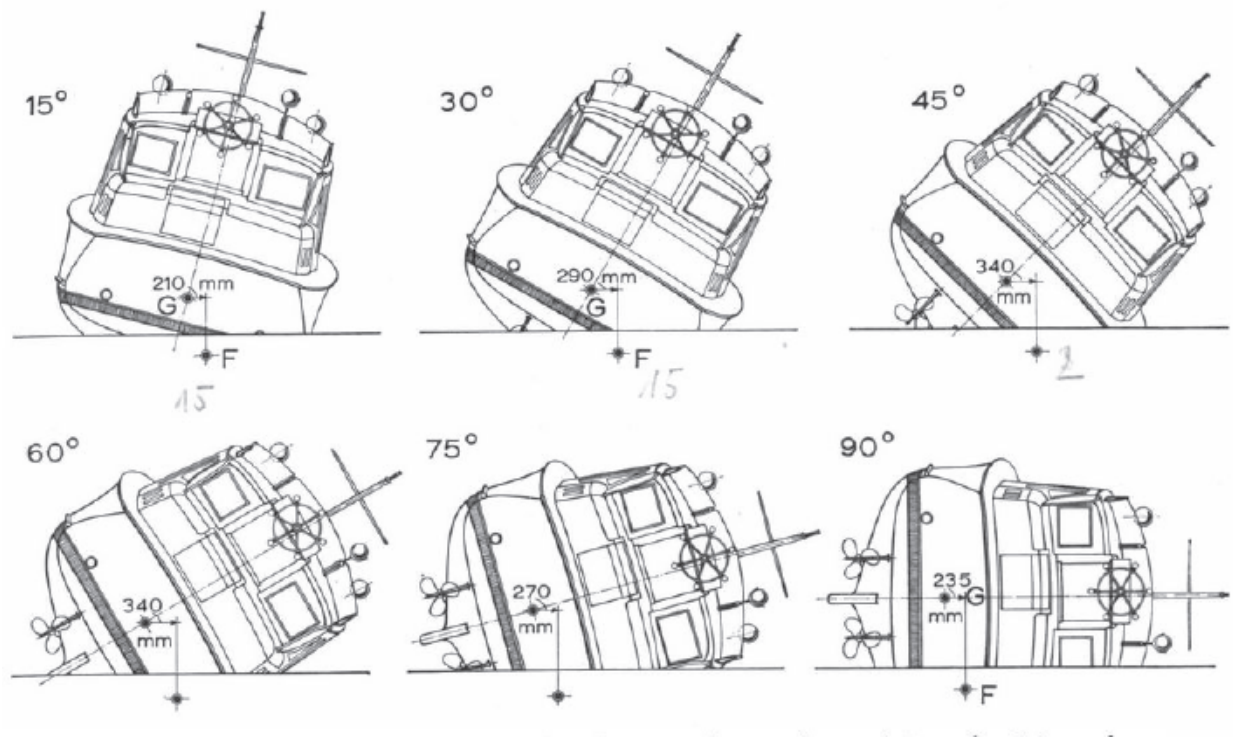


Abb. 206 Bei beginnender Krängung wandert der Formschwerpunkt zur krängenden Seite und sorgt für ein aufrichtendes Moment. Der Auftrieb wirkt hier bei 15 Grad Krängung an einem Hebelarm von 210 mm. Solange der Gewichtsschwerpunkt links von der Auftriebslinie liegt, besitzt das Boot positive Stabilität. Dies ist hier auch noch bei 90 Grad Krängung der Fall. Ein solches Stabilitätsverhalten bezeichnet man als unkenterbar.

zugehörigen Rollzeiten näherungsweise bestimmen und umgekehrt, Aus diesem Grunde werden nachstehend für die wichtigsten Größen von Motorkreuzern einige metazentrische Höhen MG aufgeführt, wie sie sich in der Praxis bewährt haben:

	Abstd. MG	$\sqrt{MG}$
10-m-Motorkreuzer	1,00m	1,00
15-m-Motorkreuzer	0,90m	0,95
20-m-Motorkreuzer	0,80m	0,89
30-m-Motoryacht	0,75m	0,87

Die zugehörige Rollperiode lässt sich dann mittels folgender Näherungsformel errechnen,
worin t = Zeit in Sekunden für eine volle Periode und B = Breite des Schiffes in der WL in Metern ist.

$$\text{Rollperiode } t = \frac{B}{\sqrt{MG}}$$

Als Beispiel sei die Rollperiode für einen 10-m-Motorkreuzer mit 2,80 m Breite in der WL errechnet sowie diejenige einer 30-m-Motoryacht mit einer Breite von 6,00 m in der WL.

Die Werte für $\sqrt{MG}$ finden sich oben in der letzten Spalte mit aufgeführt. Folglich rechnet man:

10- m- Motorkreuzer $t = \frac{2{,}80}{1{,}0} = 2{,}8 Sekunden$

30- m- Motoryacht $t = \frac{6{,}00}{0{,}87} = 6{,}9 Sekunden$

Fällt die Rollperiode wesentlich kürzer aus, so besitzt das Boot eine übertrieben hohe Anfangsstabilität. Diese ist in glattem Wasser ohne Bedeutung, auch bei kurzer Fahrt in mäßigem Seegang nicht besonders störend. Will man aber lange Strecken mit Häufigkeit über See zurücklegen, so wird man unter den heftigen Bewegungen des Schiffes leiden. Zeigt ein Schiff dagegen eine wesentlich längere Rollzeit, so ist seine Anfangsstabilität zu gering, ja vielleicht sogar gefährlich niedrig. Solche zweifelhaften Stabilitätsverhältnisse sollte man dann besser von einem Fachmann untersuchen lassen. Selbst bei normaler Binnenfahrt gibt es Boote mit gefährdeten Stabilitätsverhältnissen, nämlich wenn zu schmale Boote mit zu hohen Aufbauten versehen werden.
Oben genannte abgekürzte Rollzeitformel gilt nur mit Annäherung. Man darf sie keineswegs dazu verwenden, die genaue metazentrische Höhe danach bestimmen zu wollen. Es kommt noch der Einfluss der beim Rollen mitgerissenen Wassermenge hinzu, die wiederum von der Unterwasserform, dem Totholz und den Anhängen abhängt. Doch im so genannten Krängungsversuch wird ein sehr präzises Mittel geboten, die metazentrische Höhe sowie die Lage des Gesamt-Gewichtsschwerpunktes mit großer Genauigkeit festzustellen. Oft unternahmen wir Krängungsversuche, um bei größeren Booten die metazentrische Höhe und dadurch die Lage des Gewichtsschwerpunktes festzustellen. Stets wurde zugleich auch die Rollzeit gemessen. Dabei stellte sich heraus, dass der Korrekturfaktor zur Weißschen Rollzeitformel so nahe um 1 lag, dass auf die Korrektur einfach verzichtet werden konnte. Allein aus diesem Grunde konnte dem Leser die vereinfachte Berechnung der Rollperiode geboten werden.

Innenballast zur Vergrößerung der Stabilität?

In manchen an der Küste gelegenen Yachthäfen wurde die Sitte gepflegt, die Motorkreuzer durch nachträglich an Bord gestauten Innenballast seetüchtiger, d. h. stabiler machen zu wollen. Solche Maßnahmen werden gewöhnlich rein gefühlsmäßig verteidigt oder begründet, etwa folgender Art:

a) Wenn Segelyachten ein großes Ballastgewicht benötigen, dann sollte etwas Ballast auch einem Motorkreuzer gut tun.
b) Wahrscheinlich hat die Werft keinen Ballast eingebaut, um die Kosten zu sparen.
c) Ein ballastloses Boot kann sich im Seegang doch unmöglich als gut und sicher bewähren.
d) Fast alle Boote im Klub fahren Innenballast, folglich muss schon etwas Wahres daran sein.

Innenballast hat bei Motorbooten normaler Längen-Breiten-Tiefen-Verhältnisse keinen an-

deren Effekt, als das Boot im Gewicht schwerer zu machen. Dadurch wird es in jedem Falle langsamer.
Ob durch die etwas größer gewordene Massenträgheit ein angenehmeres Verhalten im Seegang erreicht wird, ist fraglich, wenn auch nicht unmöglich. Ebenso leicht kann sich das Verhalten im Seegang auch verschlechtern, denn ein schweres Boot nimmt mehr Spritzwasser über. Jedenfalls handelt es sich bei den Unterschieden im Seeverhalten nur um Nuancen, wogegen der Verlust an Geschwindigkeit positiv und messbar ist. Die erstrebte höhere Anfangsstabilität wird durch Innenballast in der Bilge nicht erreicht. Zwar rückt der Gesamtschwerpunkt des Bootes um einen Bruchteil nach unten. Zugleich vergrößert sich aber die Verdrängung. Dadurch wandert das Metazentrum ungefähr ebensoviel nach unten, wie sich der Gewichtsschwerpunkt nach unten verschob. Die Höhenlage des Metazentrums errechnet sich, indem das Breitenträgheitsmoment der Wasserlinie (was nahezu unverändert bleibt) durch das Maß der Verdrängung geteilt wird, die ja um den Betrag des Innenballasts größer wird. Im grossen Durchschnitt der Fälle ist die Wirkung des Innenballastes auf die Anfangsstabilität gleich Null! Nur wenn ein leichtes Boot wesentlich zu hoch schwimmt, so dass es erst durch Anwendung von Innenballast auf seine vorgesehene WL-Breite kommt, ist die Anwendung zu empfehlen. Einst ergab sich die Möglichkeit, eine Anzahl von Motorkreuzern und Motorseglern in starkem Seegang auf die Auswirkungen von Innenballast miteinander zu vergleichen. Einige der Boote besaßen von Anfang an normale Stabilitätsverhältnisse; andere zeigten unbedeutende Abweichungen, sei es, dass sie etwas zu rank oder etwas zu steif waren. Einige hatten nachträglich und ziemlich wahllos Innenballast erhalten, wieder andere aber nicht. In allen Fällen wurde das Schlingern im Seegang von den erfahrenen Eignern und Steuerleuten als normal und nicht besonders störend empfunden, von den Gästen aber als lästig bezeichnet, ohne Unterschied, ob Innenballast vorhanden war oder nicht. Der Einbau von Innenballast wurde bisher nur auf seine eventuelle Verbesserung der Anfangsstabilität untersucht, d. h. auf diejenige, die von den Personen an Bord als angenehm oder störend empfunden wird. Zieht man jedoch den Effekt bei größeren Krängun-gen heran, so lässt sich deutlich eine Verbesserung feststellen: Der Stabilitätsumfang nimmt zu. Ein Boot, das gerade eben kenterbar war, kann durch Innenballast gerade eben unkenterbar gemacht werden. Diese Aussage ist jedoch mehr eine theoretische Spekulation als ein praktischer Gewinn!
Es war bereits erklärt worden, dass Krängungen über 20 Grad selten vorkommen. Hierbei wird das Verhalten noch von der Anfangsstabilität bestimmt. Die Verbesserung im Stabilitätsumfang dagegen macht sich erst bei Krängungen um 60 oder 80 Grad bemerkbar. Sollten aber so große Krängungswinkel wirklich einmal entstehen, dann bedeutet Innenballast keineswegs einen Gewinn, ein Mehr an Sicherheit, sondern eine große Gefahr! Es gibt auf See kaum etwas Schlimmeres als losen Innenballast bei starker Krängung. Dann verschiebt sich dieser nämlich nur zu rasch nach der Leeseite, wodurch sein erstrebtes aufrichtendes Moment sich in das gefürchtete krängungsverstärkende Moment umwandelt. Außerdem richtet loser Ballast nicht selten Schaden im Bootsinnern an. Es soll schon vorgekommen sein, dass er sogar den Boden durchschlug! Das ist besonders dann zu befürchten, wenn ein Schiff auf Grund gerät und dabei von den Wellen immer wieder angehoben und erneut hart aufgesetzt wird.
Solange kein wirklich zwingender Grund vorliegt, sollte auf die Verwendung von losem Innenballast unbedingt verzichtet werden.

Motorboote im Seegang

Jedes im Seegang fahrende Schiff vollführt zwei verschiedene, gut sichtbare Arten von Bewegungen aus: das Auf- und Niedergehen von Vor- und Achterschiff, das man Stampfen nennt, ferner das abwechselnde Neigen nach der einen oder anderen Seite, das man Rollen oder Schlingern nennt. Beide Bewegungen verlaufen zwar voneinander unabhängig, überlagern sich aber in freiem oft unangenehmem Spiel.
Gleichzeitig findet noch eine dritte, weniger sichtbare Bewegung statt, und zwar das gesamte Heben und Senken des Schiffes, auch Tauchbewegung genannt. Ein Schiff könnte theoretisch stampfen und schlingern, ohne die Höhenlage seines Gewichtsschwerpunktes zu verändern. Beim Heben und Senken verändert sich auf jeden Fall diese Höhenlage, meistens verbunden mit gleichzeitigem Stampfen und Rollen. Alle diese Bewegungen werden von den Meereswellen oder der Dünung hervorgerufen.
Jedes Schiff besitzt seine eigene Rollperiode, ebenso auch seine eigene Stampfperiode. Treffen die Wellen seitlich oder schräg gegen das Schiff in einem solchen Zeitabstand, dass eine Übereinstimmung mit der Rollperiode des Schiffes entsteht, so werden die Schlingerausschläge von jeder neu auftreffenden Welle bis zu einem unerträglichen Masse gesteigert. Dasselbe gilt fürs Stampfen.

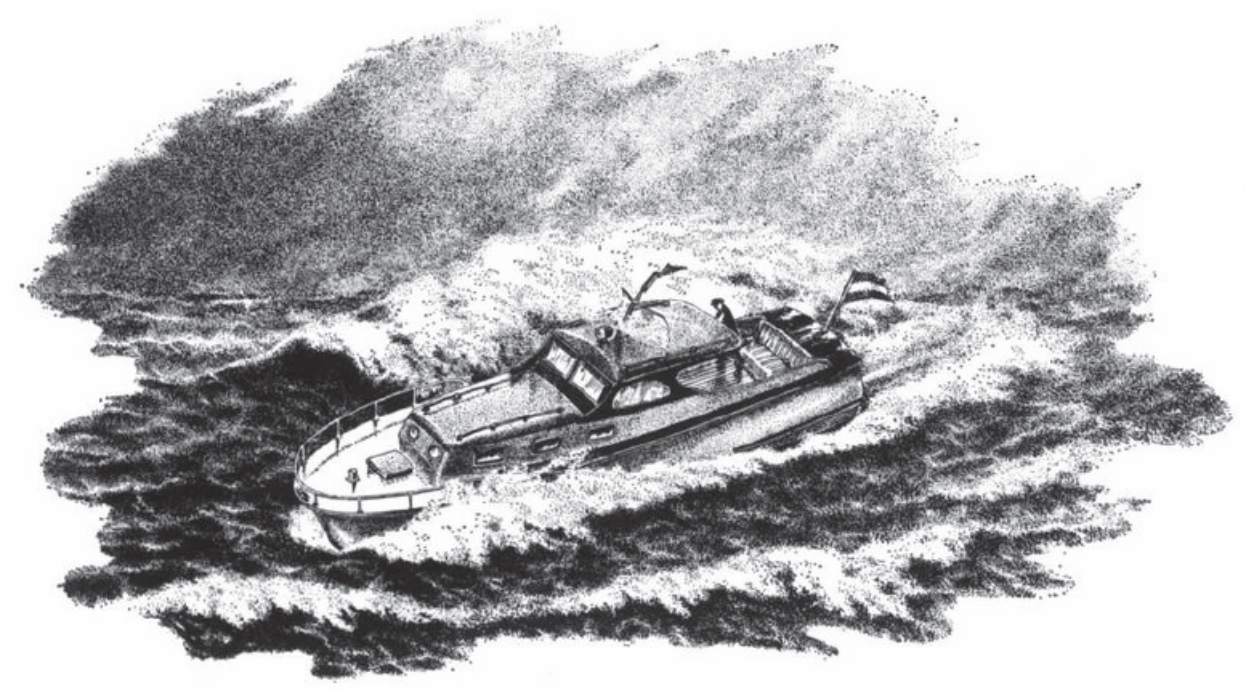


Abb. 207 Ein 10- m- Motorkreuzer vom Typ "Diana" bei der Fahrt durch die tosende Brandung vor der Einfahrt zu einem Hafen.
Zeichnung: 0. Mikhno

Besteht ein erheblicher Unterschied zwischen den Impaktzeiten der Wellen und den Roll- oder Stampfzeiten des Schiffes, so kann sich das Rollen und Stampfen nicht steigern. Kaum wurde durch einen Wellenimpakt die Eigenschwingung angeregt, so wird sie von der folgenden Welle bereits wieder abgebremst.
Diese kurze Schilderung könnte den Eindruck erwecken, als erfolge die Wellenbewegung im Meer mit großer Regelmässigkeit. Betrachtet man Seegemälde alter Meister, so ist man nur zu oft erstaunt über das unnatürliche Aussehen der Meereswellen. Sie streben in langen, aufeinanderfolgenden parallelen Reihen dem Ufer zu und sehen aus, als hätte sie ein Kind aus Plastilin geformt.
Wer einmal auf See versuchte, einen in nächster Nähe parallel zur Fahrt des Schiffes mit-rollenden Wellenberg mit dem Auge zu fixieren und seinem Lauf zu folgen, findet sich nach wenigen Sekunden verwirrt: Der Wellenberg ging verloren! Man kann diesen Versuch unendlich oft wiederholen; nie wird man einen Wellenberg beobachten können, der auch nur eine Minute lang am Leben bleibt, ohne sich zu verlieren, sich aufzulösen. Das Durcheinander der Wellen auf dem Meer erzeugt ein Bild von grosser Unregelmäßigkeit. Jede Einzelwelle hat nur eine begrenzte Ausdehnung der Länge sowie eine nur sehr kurze Lebensdauer. Doch kaum hat sie sich aufgelöst, so wird sie durch eine andere neugeborene Welle ersetzt, die jedoch nicht an derselben Stelle entsteht, sondern in kurzer Entfernung. Dieser scheinbar regellose Wechsel im Spiel der Wellen, dem das Auge nicht zu folgen vermag, enthält ein geradezu verblüffendes Maß von naturgesetzlicher Regelmäßigkeit. Mag ein Wellenkamm auch nur eine Ausdehnung von 10 oder 20 Metern haben, so folgt ihm doch ziemlich genau auf der Spur ein nächster. Der Abstand zwischen beiden ergibt die Wellenlänge, und diese folgt in ihren Bewegungen genau den gleichen physikalischen Gesetzen, die bereits zur Wellenbildung am fahrenden Schiff erklärt wurden. Die Länge der Welle ist stets $L_w = 0{,}64v^2$, mit v in m/sek, ferner ist die Fortschrittsgeschwindigkeit stets $v = 1{,}25\sqrt{L_w}$.
Auf See hat man oft die Möglichkeit, die Länge der Wellen mit guter Genauigkeit abzuschätzen, vor allem wenn die Fahrtrichtung des Bootes mit der Laufrichtung der See übereinstimmt. Als vergleichenden Massstab zur Längenschätzung wählt man die Größe des eigenen Bootes. So ist es nicht schwer, eine Wellenlänge von 20, 30 oder gar 40 m Länge zu schätzen, wenn man ein Boot von 8, 12 oder 20 m Länge unter den Füßen hat. Es genügt dann eine rasche Rechnung, um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle festzustellen und schließlich auch die Wellenperiode. Sie erlangt Bedeutung, wenn man vor Anker liegt, denn dann erleidet das Schiff den Wellenimpakt genau in den Zeitabständen der Wellenperiode. Sie ist in Sekunden: $t = 0{,}8\sqrt{L_w}$.

Seegang und Seekrankheit

Seefahrt bei leichten Winden und glattem Wasser oder mäßigem Seegang stellt einen groß-artigen Genuss dar. Herrscht jedoch schweres Wetter, so werden die Bewegungen eines Bootes so heftig, dass sich bei den meisten Menschen der Genuss in Unerträglichkeit verwandelt, besonders wenn sie für die Seekrankheit anfällig sind. Die Empfindlichkeit ist eine

ganz individuelle Eigenschaft, von Mensch zu Mensch verschieden, unbeeinflusst von Alter und Körperkonstitution.
Seekrankheit wird durch das ständige Auf und Nieder, präziser ausgedrückt durch die ständig wechselnden Beschleunigungen und Verzögerungen hervorgerufen. Zu dieser rein physikalischen Ursache tritt eine weitere, nämlich die psychologische, und schließlich eine dritte, die Ermüdung.
Angst und Erschöpfung sind durchaus ernst zu nehmen. Das Auge hingegen wird am stärksten vom Rollen des Schiffes beeindruckt, viel mehr als vom Stampfen. Sieht man durch ein Bullauge auf die See, so erweckt bereits ein geringes Schlingern von nur 5 Grad nach jeder Seite den Eindruck, als stiege der Horizont mächtig in die Höhe, um dann wieder tief abzusinken. Eine solche rein emotionelle Beeinflussung führt dazu, dass die Rollschwingungen mehr gefürchtet werden als das Stampfen.
Beim Stampfen treten die heftigsten Unterschiede von Beschleunigung und Verzögerung auf. Deren Ausmaß ist an den Schiffsenden am größten, und zwar am Vorschiff stärker als am Achterschiff, und im mittleren Teil am geringsten. Man kann ihnen also ausweichen und soll dies unbedingt tun, wenn man für Seekrankheit anfällig ist. Das ruhigste Gebiet liegt zwischen 1/4und 1/3 der Schiffslänge von achtern.

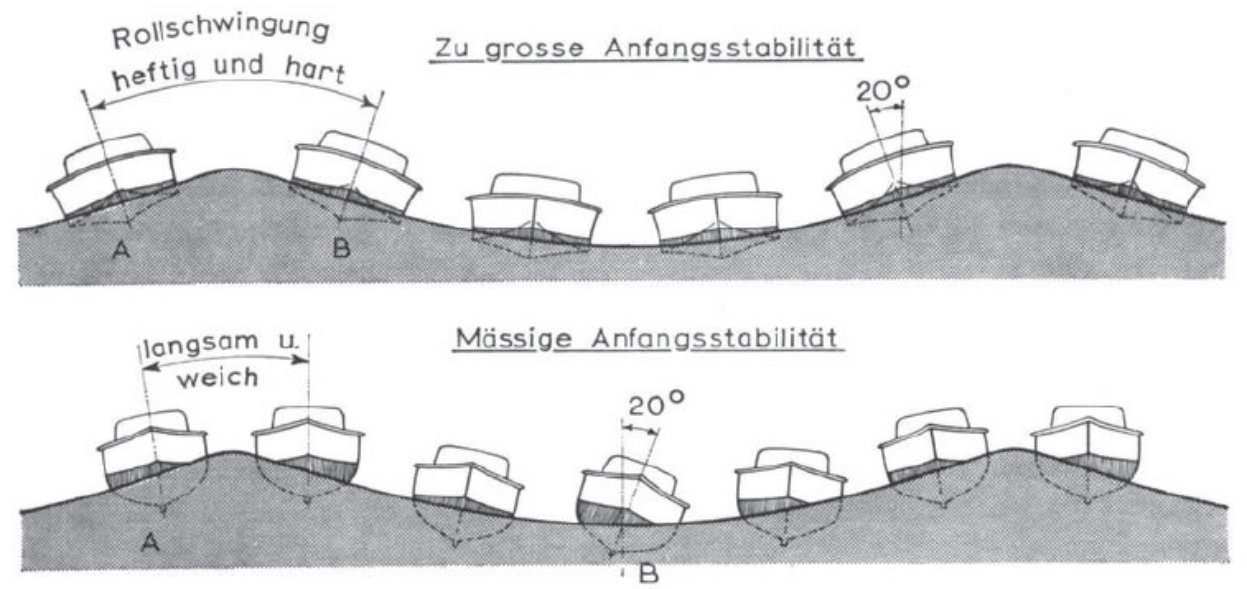


Abb. 208 Geringe und große Anfangsstabilität in querlaufender See. Große Anfangsstabilität, oben, erzeugt heftige und schnelle Rollschwingungen. Bei geringer Anfangsstabilität verläuft das Rollen langsam und weich, untere Bildfolge. In beiden Fällen zeigt der Abstand von A nach B die Zeit an, die zu einem vollen Ausschlag benötigt wird.

Anders verhält es sich mit dem Schlingern. Der Schlingerwinkel ist vorn, mittschiffs und achtern gleich, man kann ihm also nicht ausweichen. Die Wegstrecke, die bei der Rollschwingung entsteht, fällt umso größer aus, je höher im Schiff man sich aufhält. Leider ergibt sich hieraus nur ein schwacher Trost für die Anfälligen, denn gerade oben an Deck wird ihnen die so notwendige frische Luft am wirksamsten ins Gesicht geblasen. Empfindliche Personen werden sich am besten gerade dort aufhalten, wo sie den störenden Bewegungen des Schiffes am wenigsten ausgesetzt sind, nämlich möglichst weit achtern auf

einem niedrig gelegenen Deck. Zum Liegen oder gar Schlafen bieten die Kojen im achteren Drittel die ruhigste Lage im Schiff.
Man nehme eine Schlechtwetterperiode nicht mit einer Art von fatalistischer Haltung auf sich! Dies gilt besonders für Menschen, die leicht der Seekrankheit verfallen. Die beiden wichtigsten Momente zur Bekämpfung der Anwandlungen von Seekrankheit sind frische Luft und Ablenkung durch eine nützliche Tätigkeit.

Fahrt in schwerer See

In Fahrt hat man gewöhnlich die Möglichkeit, die Periode des Wellenimpaktes durch Ändern des Kurses zu beeinflussen. Die unangenehmsten Rollschwingungen entstehen, wenn die See seitlich auf das Schiff zurollt. Weicht man vom Kurs in eine um vier Strich (45 Grad) geänderte Richtung, so ändert sich einerseits die Periode des lmpakts der Wellen, andererseits wird das Auftreffen abgeschwächt.
Ähnlich, wenn auch anders, liegen die Verhältnisse beim Stampfen. Fährt man gegen die See an, so treffen die Wellen in rascher Folge von vorn aufs Schiff. Zugleich jagt der Wind eine Menge Schaum und Spritzer über das ganze Boot hinweg. Es kann ein sehr unangenehmes Fahren werden, denn selbst bei genau von vorn anlaufender See entsteht niemals reines Stampfen! Stets wird es vom Schlingern begleitet.
Geht man nun auf entgegen gesetzten Kurs und läuft vor der See, so erlebt man die erstaunlichste Beruhigung der Fahrt. Es erscheint geradezu unnatürlich, in welchem Maße sich ein normaler Motorkreuzer ins Wellental einfügt, in welchem Maße Stampfen und Rollen abnehmen. Selbst eine bedrohlich wirkende, von achtern auflaufende See geht einfach unter dem Kiel durch, ohne das Boot aus dem Kurs zu werfen, ohne den Bug ins Wasser zu drücken, ohne das Achterdeck zu überspülen. Das Gesagte gilt für die Mehrzahl der sommerlichen Fahrten auf See, für normale und vernünftig durchdachte Boote und für Seegangsverhältnisse bis zu Windstärke 7 oder 8.
Kommt man in wirklich schwere See, so wendet man am besten die Erfahrungen der Segler an und dreht bei. Dazu benutzt der Segler seine Segel, deren Fläche er durch Reffen verkleinert und mit denen er versucht, das Vorschiff so gut wie möglich gegen Wind und See zu halten, jedoch ohne Fahrt voraus aufzunehmen. Würde der Segler versuchen, genau gegen an zu halten, so würde sein Boot vom Sturm rückwärts abgetrieben werden; er erzielt bestenfalls einen Winkel von 45 Grad zur See.
Demgegenüber befindet sich der Motorkreuzer bedeutend im Vorteil. Lässt man die Maschine mit mäßiger Kraft mitlaufen, so behält man ausreichende Steuerwirkung im Schiff, ohne wirkliche Fahrt voraus zu machen. Man bleibt ungefähr an Ort und Stelle und hält das Vorschiff gegen Wind und Seegang. Ein solches Beidrehen kann man viele Stunden lang in relativer Ruhe und Sicherheit ausüben.
Bei schlechtem Wetter sind viele Motorkreuzer den Segelyachten im Verhalten überlegen! Auch wenn viele Segler diesem Satz widersprechen mögen.
Aber bereits ehe es zum Beidrehen kommt, also bei mittlerem Seegang, kann man einem Motorkreuzer Feinheiten abgewinnen, die sein Verhalten vom Unangenehmen zum Angenehmen verwandeln. Befinden sich beispielsweise vier Mann an Bord, von denen einer unter Seekrankheit leidet, so wird dieser aufs genauste unterscheiden können, welche Wirkung von den drei übrigen am Steuer auf die Schiffsbewegungen ausgeht. Normalerweise wird Steuermann *A* so gut wie möglich Kurs halten. Sobald das Boot auszubrechen sucht,

wird er heftig Gegenruder geben, um wieder auf Kurs zu kommen. Steuermann *B* wird dem Boot ein gemäßigtes Ausbrechen erlauben, um langsam und mit geringerem Gegenruder wieder auf Kurs zu kommen. Der dritte Mann, *C*, wird jeder See bereits im voraus ansehen, wie sich ihr Impakt aufs Boot auswirken wird. Er gibt dann schon im voraus einen leichten Ruderschlag gegenan, um der Impaktwirkung vorzubeugen. Für den Seekranken sieht das Verhalten des Bootes dann wie folgt aus: Zunächst wünscht er, dass die Wache von *A* doch bald vorüber sein möge, denn mit *B* lässt sich der Seegang besser ertragen. Doch wenn *C* an der Reihe ist, spürt er eine wahre Erholung. Wie man sieht, reicht der Vorsatz des korrekten Steuerns bei weitem nicht aus, einem Boot im Seegang angenehme Bewegungen zu geben. Ferner stellt man fest, dass die Bewegungen keineswegs allein von Kurs und Seegang abhängen, sondern in weitgehendem Maße vom Einfühlvermögen und gekonnten Steuern beeinflusst werden. Darüber hinaus hat die Technik eine Anzahl von Vorrichtungen geschaffen, um die Rollbewegungen eines Bootes im Seegang zu dämpfen. Vereinigen sich diese mit dem Steuermann *C*, so erzielt man selbst bei ausgesprochen schlechtem Wetter eine angenehme, vielleicht sogar genussreiche Seefahrt. Immer wieder hat man beobachtet, dass die Größe des Bootes nur wenig Einfluss auf das Wohlbefinden der Besatzung im Seegang hat. Wer auf einem 10-m-Boot unter Anwandlungen von Seekrankheit leidet, wird sich auf einem 20-m-Boot auch nicht wohler fühlen. Es gibt genügend Fälle von Sportsleuten, die auf kleinen Motorkreuzern weniger von Seekrankheit spüren als auf einem großen Fahrgastschiff. Erst bei riesengroßen Abmessungen macht sich ein Wandel bemerkbar. Betrachtet man eines der neuzeitlichen Mammut-Tankschiffe, so wird man mit Verwunderung den geringen Freibord zur Kenntnis nehmen. Da diese Schiffe durch ihr Deck oben vollkommen abgeschlossen sind, spielt es keine Rolle, ob es von Wasser überspült wird. Doch selbst bei Sturm in der Biskaya fahren diese Kolosse mit ihrer Riesenmasse unerschütterlich voraus, fast ohne zu Stampfen, fast ohne zu Rollen.

Die Größe der Meereswellen

Die Bildserie des 14-m-Motorkreuzers EXPLORADOR im Seegang, Abb. 209, wurde so getreu wie möglich auf Grund kritisch orientierter Beobachtung aufgezeichnet. Jede Übertreibung, jede emotionelle Verstärkung wurde vermieden. Länge und Höhe der Wellen wurden durch oft wiederholte Schätzung im Vergleich zur Schiffslänge und Freibordhöhe recht genau ermittelt. In gleicher Weise wurde das Wegtauchen des Bugs, das Austauschen der Schrauben, wie überhaupt das Bild der Schiffsbewegungen im Wellenbild gemessen und geschätzt. Pläne und Abmessungen des Motorkreuzers können im entsprechenden Kapitel zum Vergleich herangezogen werden, vgl. Abb. 75.

Die Fahrten wurden außerhalb des La-Plata-Stromes auf dem Südatlantik ausgeführt, und zwar bei dem dort häufigen Südostwind, der gerade vom Meer her in den La Plata hinein bläst und deshalb als besonders unangenehm gilt. Die Zeichnung entspricht Windstärke 6, und nur in einem einzigen Punkte ist sie nicht ganz getreu: Sie zeigt nur die Stampfbewegungen an, nicht aber das gleichzeitig auftretende Rollen.

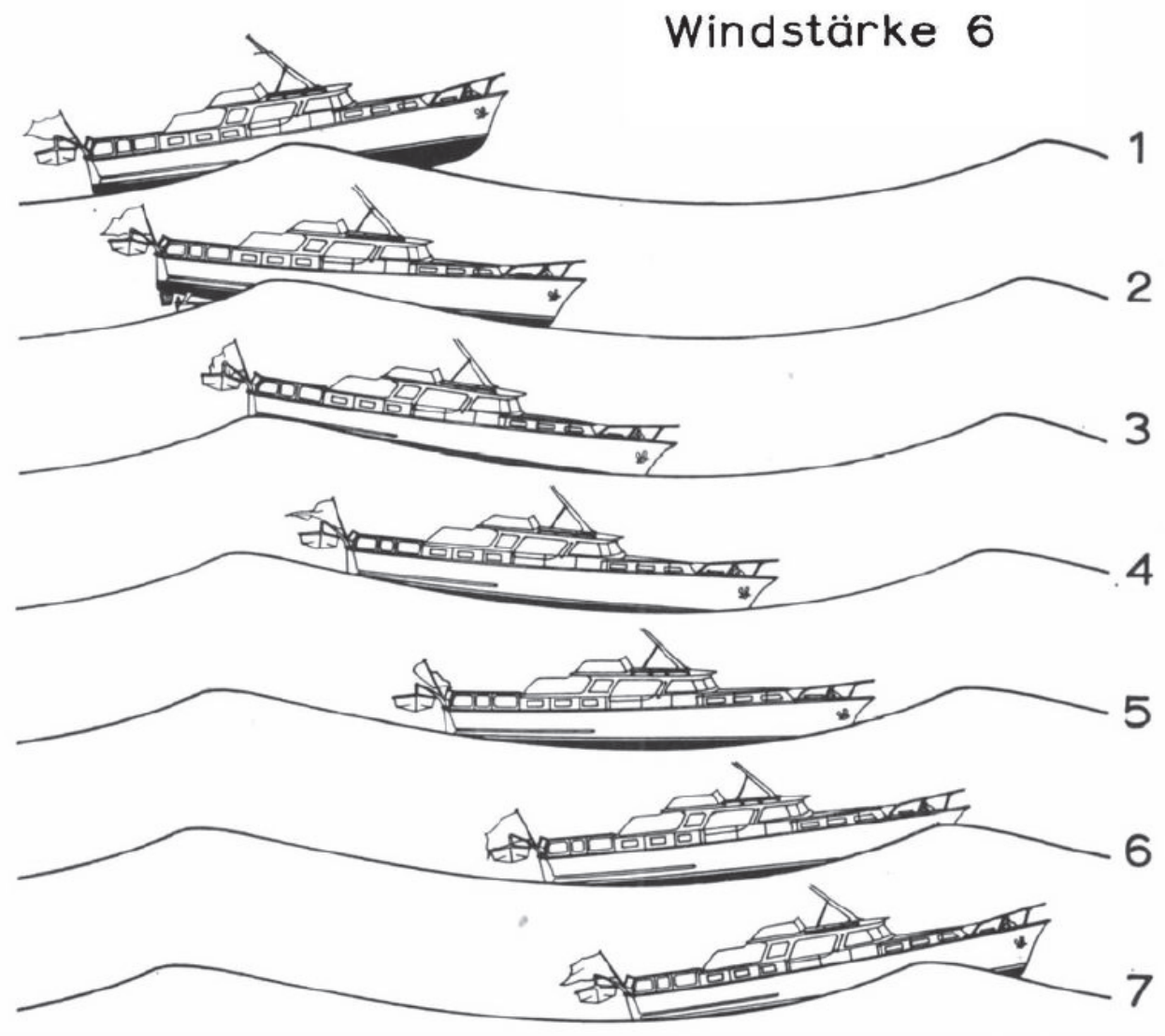


Abb. 209 Der 14-m-Motorkreuzer „Explorador" stampfend im Seegang von Windstärke 6. Man beachte, dass beim Kippen zwischen 1 und 2 die Schrauben mitunter freikommen und ins Leere schlagen. Dank guten Reserveauftriebs kommt das Vorschiff in keinem Moment unter Wasser. Eine solche Fahrt ist nicht gefährlich und bleibt in der Erinnerung als eins der schönsten Seefahrterlebnisse.

Im Sommer 1960 hatten wir Gelegenheit, die La-Plata-Fahrt mit dem Verhalten auf der Ostsee bei ähnlichen Wetterbedingungen zu vergleichen. Es war aus Anlass des Nordischen Motorkreuzer-Rallyes in Abo (Finnland), zu welchem Zweck unser Motorkreuzer per Fracht-schiff von Buenos Aires nach Rotterdam gesandt wurde. Auf der Wettbewerbsfahrt von Kiel nach Abo in Finnland gerieten wir mehrfach in ähnliches Wetter, kurzzeitig sogar in noch schlechteres. In einem dänischen Hafen erhielten wir von befreundeten Seglern den Rat, das Auslaufen doch zu verschieben, wie sie selbst es taten. Man warnte uns, es herrsche draußen schlechtes Wetter mit zuviel Seegang. Da wir aber eine seegangsfreudige Mannschaft waren, kaum von Anwandlungen der Seekrankheit beeinflusst, konnten wir gute Seegangsvergleiche anstellen. Unsere Erfahrung: Bei ähnlichen Windverhältnissen und ähnlicher Ausdehnung der offenen Meeresstrecke besteht keinerlei Unterschied im Seegang. Dabei ist es gleichgültig, ob es sich um die Ostsee, das äußere La-Plata-Gebiet oder irgendeine andere Region handelt.

Der La-Plata-Strom ist im Mündungsgebiet rund 100 km breit. Hinzu kommt, dass die Richtung der vorherrschenden Stürme vom offenen Südatlantik her stromaufwärts geht. Wer sich dort etwa Flussschifffahrt vorstellt, befindet sich erheblich im Irrtum. Zwischen der Fahrt bei mitlaufender See und dem Gegenankämpfen besteht ein großer Unterschied, der sich durch Zahlen belegen lässt. Zur Wellenlänge von 25 m gehört eine Wellenperiode von $0{,}8\sqrt{25} = 4 Sekunden$. Läge das Schiff vor Anker, so würde es alle 4 Sekunden von einer vorüberziehenden Welle getroffen werden. Fährt das Schiff mit halber Wellengeschwindigkeit voraus, d. h. mit einer Fahrt von 11 km/h, so wird es alle 2 Sekunden von einem Wellenberg getroffen.
Wendet das Schiff, um in mitlaufender See etwas ruhiger zu liegen, so entsteht eine radikale Änderung des Bildes. Folgt es der Wellenrichtung mit halber Geschwindigkeit von 11 km/h, so wird es achtern von einer Welle nur alle 8 Sekunden überholt. Allein dadurch schon wirkt die Fahrt überaus beruhigend. Im vorliegenden Falle wäre der Motorkreuzer aber gut imstande, genau mit der Wellengeschwindigkeit mitzuhalten, nämlich 22,5 km/h. Dann würde überhaupt kein Wellenimpakt von achtern erfolgen. Zwar würde das Schiff wegen der unregelmäßigen und wechselnden Oberfläche des Wassers schlingern, doch würde es im ganzen eine ruhige und erholsame Fahrt bieten.
Hierzu gilt nur eine Voraussetzung: genügend Raum nach Lee, um gefahrlos mit der See mitlaufen zu können.
So unregelmäßig das Wellenbild auf dem Meer auch aussieht, so hat man doch schon seit Jahren versucht, die durchschnittlichen Wellenhöhen und -längen in Abhängigkeit von den

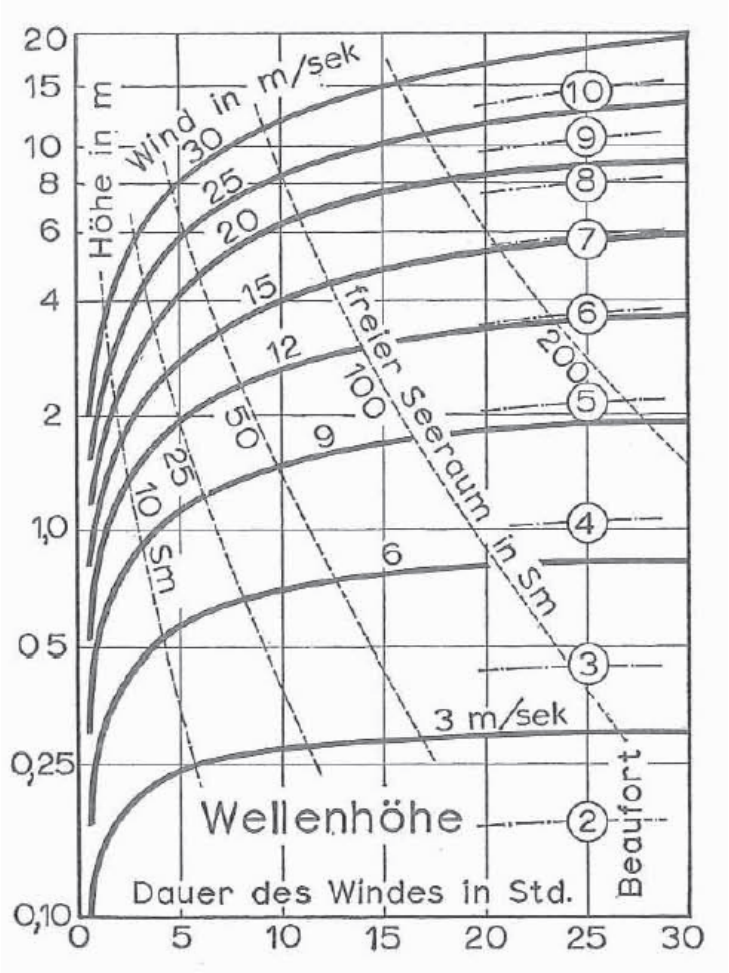


Abb. 210 Trotz scheinbarer Unregelmäßigkeit des Seegangs lassen sich mittlere Wellenabmessungen gut feststellen. Hier wird die Wellenhöhe abhängig von Windstärke und Dauer angegeben, doch beachte man, daß die Höhe sich mit der Zeit stabilisiert.

herrschenden Winden zu bestimmen. Dabei genügt es keinesfalls, die herrschende Windstärke allein als Parameter zu verwenden, denn die Abmessungen der Wellen, sowohl in Länge wie in Höhe, befinden sich in ständiger Zunahme und sind somit von der Dauer des Windes abhängig. Nicht minder wichtig ist die Kenntnis der freien, bestrichenen Meeresfläche. Auf einem großen Binnensee kann bei sehr leichten Winden derselbe Wellengang entstehen wie auf dem Meer. Sobald es aber etwas auffrischt, verhindert die kurze Ausdehnung des Binnensees, dass sich ein ähnlicher großer Seegang wie auf offener See ausbildet.
In den zugehörigen beiden Diagrammen, Abb. 210 und 211, wurden Höhe und Länge normaler Meereswellen in Abhängigkeit von den drei Einflüssen aufgetragen, nämlich Windstärke, Winddauer und freie Meeresstrecke. Sie entstammen einer Arbeit des norwegischen Ozeanographen Sverdrup, der eine große Menge von Forschungsmaterial durcharbeitete. Anhand dessen konnte er repräsentative Durchschnittsgrößen aufstellen, die mit guter Treue die tatsächlichen Verhältnisse wiedergeben. Allerdings enthielten seine graphischen Darstellungen nicht die Wellenlänge, sondern die Periode, weil diese mit einfachen Mitteln sicher gemessen werden kann. Sie wurde zwecks besserer praktischer Anwendung in Wellenlänge umgerechnet.
Betrachtet man die graphische Darstellung der Wellenhöhen, so fallen einige Beobachtungen auf. Zunächst muss mit einer Dauer des Windes von nicht weniger als 5 Stunden gerechnet werden, ehe der Seegang eine ungefähr zur Windstärke passende Höhe erreicht. Bei längerer Dauer nimmt die Wellenhöhe noch etwas zu, doch erreicht dieses seine Grenze

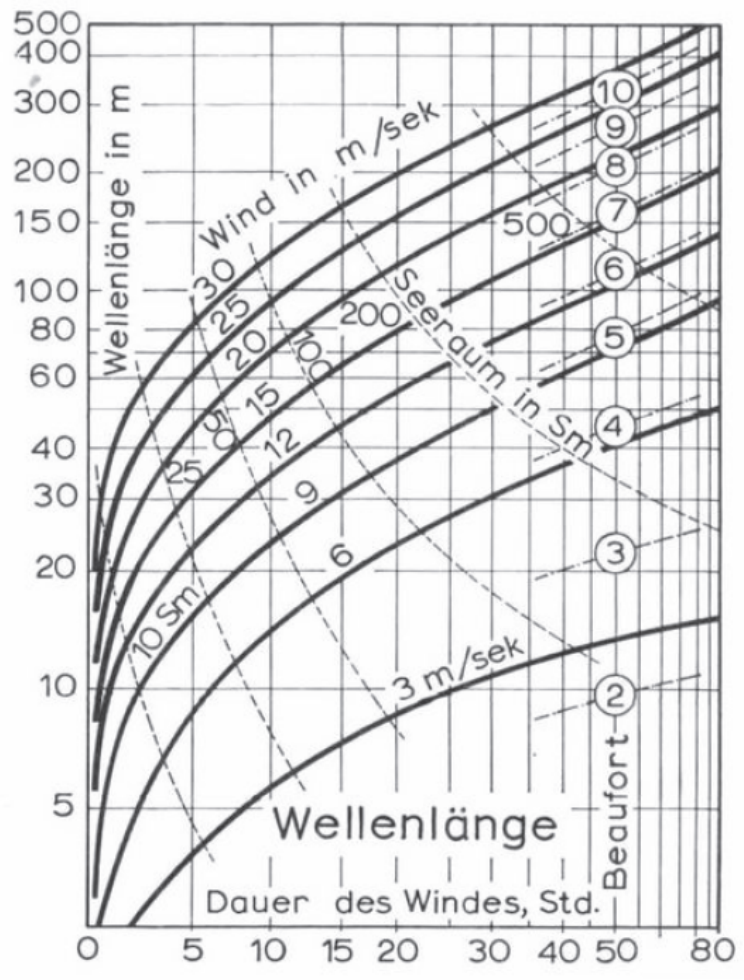


Abb. 211 Wellenlänge, abhängig von Windstärke und Dauer. Die eingekreisten Ziffern bezeichnen die Windstärke nach Beaufort, Querkurven kennzeichnen die Ausdehnung der freien Seestrecke. Im Gegensatz zur Wellenhöhe nimmt die Wellenlänge mit der Zeit ständig zu.

bei rund 30 Stunden Dauer, bei mäßigen Windstärken eher, bei großen später. Ist aber die Ausdehnung der offenen Seestrecke begrenzt, so werden keine so großen Wellenhöhen erreicht.
Außer der Windgeschwindigkeit in m/sek wurde die Windstärke in Beaufort eingetragen, und zwar innerhalb der Kreise nahe dem rechten Rande. Ein Beispiel möge den Gebrauch des Kurvenblattes erläutern:
Es herrsche Windstärke 6, und zwar bereits seit rund 5 Stunden. Dann muss man mit einer Wellenhöhe von durchschnittlich 2 m rechnen. Dabei wird allerdings eine offene Seestrecke von mindestens 25 Seemeilen vorausgesetzt, die vom Winde bestrichen wird, ehe er an die beobachtete Stelle gelangt. Herrscht dagegen nur Windstärke 4, so wird eine Wellenhöhe von einem Meter erst nach rund 20 Stunden Dauer erreicht und auch bei längerer Dauer kaum noch überschritten.
Die graphische Darstellung der Wellenlänge erklärt sich auf ganz ähnliche Weise. Hier fällt jedoch auf, dass die Wellenlänge unaufhörlich weiter anwächst, solange der Wind unverändert einwirkt. So entstehen bei Windstärke 6 folgende Wellenlängen; nach 5 Stunden Dauer 25 m, nach 10 Stunden Dauer 36 m, nach 25 Stunden Dauer 70 m und nach 80 Stunden Dauer 150 m. Auch hier wird die jeweils erforderliche offene Seestrecke vorausgesetzt, wie sie durch Querkurven angegeben ist.
Die Arbeit von Sverdrup bedeutet eine wertvolle Bereicherung des Wissens um die Seefahrt, erleichtert sie doch das Studium des Verhaltens von Booten und Schiffen im Seegang.

Schlingerdämpfung auf Motorbooten

Als die Schifffahrt mit zahlenden Fahrgästen noch mit Segelschiffen betrieben wurde, galten Schiffbruch, Ernährung und Trinkwasserversorgung als größtes Risiko. Mit dem Siegeszug der Maschine erreichten Sicherheit und Versorgung der Fahrgäste ein höheres Niveau, doch nun entfiel die schlingerdämpfende Wirkung der Segel. Mit der Dampfmaschine hatte man wirklich einen Antrieb gefunden, der zuverlässiger war als die Windkräfte. Zu schade, dass das störende Schlingern nunmehr verstärkt auftrat und das Wohlbefinden der Fahrgäste von einer ganz anderen Seite her beeinträchtigte.
So sann man schon von Anfang an auf Mittel und Wege, um das Schlingern abzudämpfen. Zahlreiche Großschiffe, sowohl Frachter wie Fahrgastschiffe, Kriegsschiffe wie Fischkutter, wurden mit so genannten Schlingerkielen ausgerüstet. Das *Stabilisieren* wurde mit riesengroßen Kreiseln versucht, so genannte Schlingertanks wurden eingebaut, und neuerdings verwendet man in zunehmendem Maße gesteuerte Schlingerdämpfungsflossen, die unter Wasser zu beiden Seiten aus dem Schiffsrumpf herausragen. Diese haben sich so gut bewährt, dass kaum noch ein Fahrgastschiff ohne solche Flossen gebaut wird, Schlingerkiele wurden auf Motorkreuzern und Motoryachten in großer Zahl angewandt, ja sogar Schlingerdämpfung durch Schiffskreisel kam bei einer sehr großen Dampfyacht zum Einbau. Über die Anwendung von Schlingertanks wurden oft Untersuchungen angestellt; obwohl eine brauchbare Wirkung zu erwarten war, sind praktische Ausführungen auf Motoryachten nicht bekanntgeworden. Darüber hinaus gibt es jedoch eine Anzahl neuerer Mittel, das Rollen zu dämpfen, die durch ihre Vielfältigkeit überraschen. Es lohnt, diesen Möglichkeiten nachzugehen, da sie wesentlich dazu beitragen, die sportliche Seefahrt angenehmer zu gestalten. Manche dieser Alternativen wurde nicht einmal für die Verwendung an Motorkreuzern erdacht, sondern stammt direkt aus den Kreisen der Berufsfischer, die ja während ihrer schweren Arbeit besonders stark unter dem Schlingern der Schiffe leiden.

Stützbesegelung

Um ein im Seegang schlingerndes Schiff in seinen Bewegungen zu bremsen, müssen irgendwelche Kräfte auf den Schiffskörper ausgeübt werden. Diese bestehen teils aus Massenkräften wie bei Schlingertanks, teils stützen sie sich aufs Wasser selbst wie bei Schlingerkielen und Dämpfungsflossen, doch mit der Stützbesegelung kehrt man zur altbewährten Schlingerdämpfung der Segelschiffe zurück.
Die Verwendung von Segeln zur Schlingerdämpfung zeichnet sich durch drei Merkmale aus; Erstens stützt sie sich nicht aufs Wasser, sondern auf ein anderes Element, den Wind, wodurch eine Resonanz nicht entstehen kann. Zweitens bildet sie keinerlei zusätzlichen Widerstand aus, sondern erzeugt im Gegenteil etwas nützlichen Vortrieb. Und drittens ihr Nachteil: Sie ist in Fahrtrichtung genau gegen den Wind nicht brauchbar.

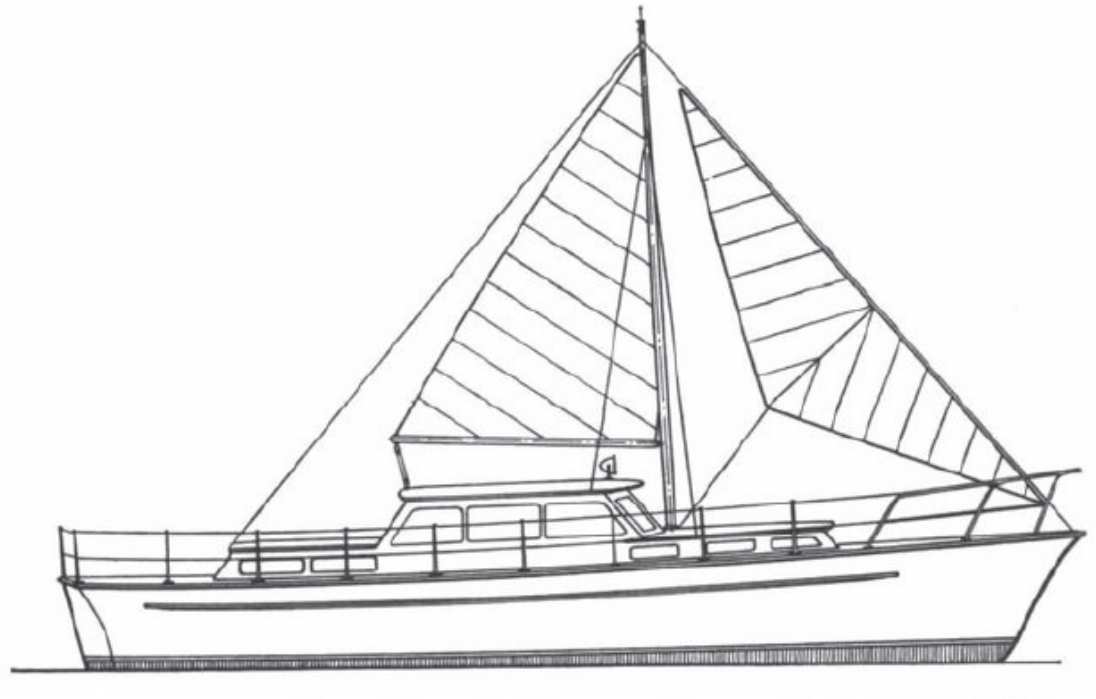


Abb. 212 Die Stützbesegelung gilt als gute und seemännische Art der Schlingerdämpfung. Zu diesem Zweck fährt der hier gezeigte 12,50-m-Motorkreuzer eine Segelfläche von 13 m^2. Sie besteht aus einem Großsegel von 7,3 m^2 Fläche und einer Fock von 5,7 m^2. Die Masthöhe über der Wasserlinie beträgt 7,60 m.

Das Vorhandensein einer Stützbesegelung begeistert vor allem den Seemann unter den Sportlern. Ein Motorkreuzer mit Stützbesegelung wird jedoch keineswegs zum Motorsegler, denn dazu fehlt ihm eine wesentliche Voraussetzung: ohne Motorhilfe kann man mit Stützbesegelung allein nicht am Winde segeln, sondern nur Raumschots, d. h. auf freien Kursen. Oft erreicht man unter Stützsegeln allein nicht einmal eine ausreichende Steuerwirkung.
Es gibt eine ganze Reihe von Arten, die Stützbesegelung auf einem Motorkreuzer zu setzen. Dabei ist vor allem zu unterscheiden, ob man nur das Schlingern bei laufendem Motor dämpfen will oder ob man die Stützbesegelung im Notfall als Ersatzantrieb verwenden will. Leider besitzen Motorkreuzer oft nur Ziermasten, an denen keine Stützbesegelung gesetzt werden kann.
Erlaubt die Anordnung des Schiffes, einen stabilen Mast vor der Schiffsmitte aufzustellen und gut zu verstagen, so lässt sich eine wirksame Anordnung nach Abt. 212 schaffen. Hier wurde sogar ein festes Achterstag vorgesehen, so dass auch nach vorn gerichtete Kräfte bestens vom Mast aufgenommen werden. Dies kommt besonders dem Vorsegel zugute, das mit dieser Hilfe steif durchgesetzt werden kann. Durch die Anwendung zweier Segel, Großsegel und Fock, kommt man mit einer geringeren Masthöhe aus.
Das in der Zeichnung erkennbare Großsegel wird mit Großbaum gefahren, und zwar fährt die bedienende Großschot zur Achterkante des Steuerhauses. Dadurch erzielt man einen guten Stand des Segels und zugleich eine vorteilhafte Ausnutzung der geringen Masthöhe. Solche Segel werden im übrigen auch gern ohne Baum gefahren, wobei ein anderer Segelschnitt angewandt werden muss, verbunden mit größerer Höhe des Mastes.
Dass eine Stützbesegelung auch anders angelegt werden kann, zeigt Abb. 213. Hierbei handelt es sich um einen Motorkreuzer ähnlicher Größe, der jedoch für Langstrecken-Seefahrt vorbestimmt wurde. Die Anordnung des oberen Steuerstandes ließ es ratsam er-

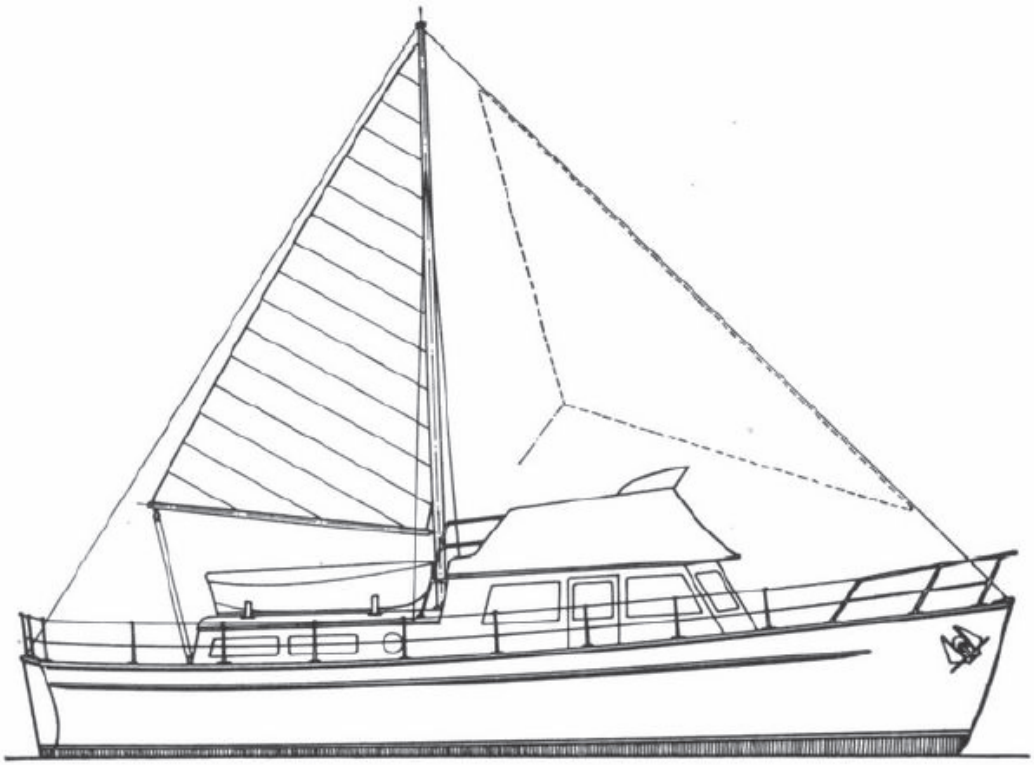


Abb. 213 Bei diesem ebenfalls 12,50 m langen Motorkreuzer wurde die ganze Stützbesegelung in nur einem Großsegel untergebracht, um das sehr lange Vorstag nicht zu belasten. Doch kann beim Dümpeln in leichter Brise dort eine Leichtwetterfock gesetzt werden. Großsegel = 10,2 m^2, leichte Fock = 7,5 m^2, Masthöhe über der Wasserlinie = 9,00 m.

scheinen, den Mast nach achtern zu versetzen, wo er gleichzeitig dazu dient, das Beiboot mittels Baumes auszusetzen oder wieder an Bord zu hieven.
Dieses Schiff verträgt einen höheren Mast und eine größere Segelfläche, die es wegen der größeren Breite zur Dämpfung des Schlingerns auch braucht.
Setzt nach einem anhaltenden Sturm auf See eine Flautenzeit ein, so dümpeln die Schiffe noch lange Zeit danach in sogenannter toter See. Für diesen Fall empfiehlt sich die Anwendung einer vergrößerten Segelfläche, um bei dem Mangel an Wind noch etwas Rolldämpfung zu erreichen. Eine Leichtwetterfock, am langen Vorstag gesetzt, wird sich dann als nützlich erweisen; sie wurde im Plan ebenfalls angedeutet. Bei zunehmendem Winde lässt man sie so lange stehen, bis von selbst der Moment auftritt, der zur Verkleinerung der Segel rät. Eine echte Schwerwetter-Stützfock sollte man dort aber nicht fahren, weil das sehr lange Vorstag die auftretenden Kräfte nicht gut überträgt.

Schlingerkiel

Hierunter versteht man kräftige, gegen den Schiffskörper gesetzte Leisten, die unter Wasser an der breitesten Stelle der Kimm von vorn nach achtern verlaufen, siehe Abb. 214. Vom größten Kriegsschiff bis zum kleinen Fischkutter findet man sie auf zahlreichen Arten von Schiffen, die in rauhen Gewässern verkehren. Auch an Motorkreuzern und selbst sehr großen Motoryachten wurden sie oft verwandt, weil sie eine unkomplizierte und wohlfeile Art der Schlingerdämpfung darstellen. Heute erfreuen sie sich keines guten Rufes, weil

ihr zusätzlicher Fahrtwiderstand bei den immer höher werdenden Geschwindigkeiten gefürchtet wird. Bei langsamen, schlanken Booten war die Zunahme an Widerstand belanglos, und gerade bei diesen Booten wird eine gute Dämpfung erzielt. An schnellen, breiten Halbgleitern fällt der zusätzliche Widerstand schon erheblich ins Gewicht; die Dämpfungswirkung dagegen wird unbedeutend, weil der Breiteneinfluss des Bootes im Seegang überwiegt.
Die Lage der Schlingerkiele wird dem geschätzten Verlauf der Stromfäden des Wassers so gut wie möglich angepasst. Natürlich kann man in der Versuchsanstalt den genauen Verlauf der Wasserströmung aufzeichnen. Abgesehen von den Versuchskosten kommt jedoch hinzu, dass die Strömung je nach Geschwindigkeit abweichend verläuft. Je langsamer die Fahrt eines Schiffes, desto geringer wird der zusätzliche Widerstand. Man kann dann

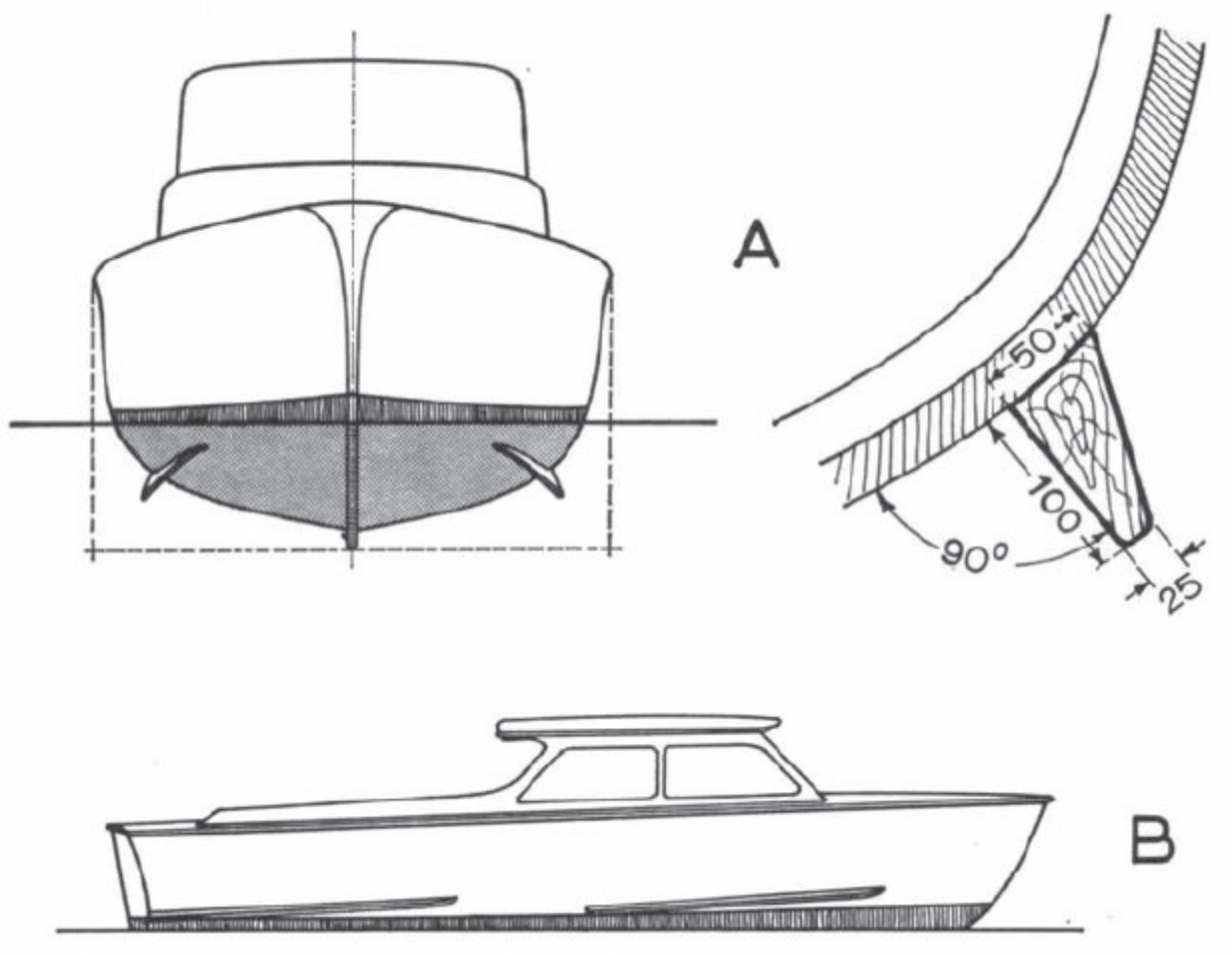


Abb. 214 Schlingerkiele nach A wurden in weitestem Maße angewandt, vom großen Handelsschiff über den Fischkutter bis zum kleinen Motorkreuzer. Sogar die neue „Queen Elizabeth 2“ erhielt noch Schlingerkiele. Unter B sieht man so genannte Überwasser-Schlingerleisten, wie sie bei flotten, kleinen Booten mitunter angewandt werden.

auch unbesorgt längere Schlingerkiele wählen, die über mehr als die halbe WL- Länge reichen. Bei verhältnismäßig schnellen Schiffen werden die Schlingerkiele entsprechend kürzer ausgeführt, wie leicht zu verstehen ist. Selbst das neue große Fahrgastschiff QUEEN ELIZABETH 2 bekam noch Schlingerkiele (außer den Stabilisierungsflossen), doch betrug deren Ausdehung nur noch 17 Prozent der WL-Länge, für eine Reisegeschwindigkeit von 28 $^{1}/_{2}$
Knoten = 53 km/h. Ähnlich geht man bei mittelschnellen Motorkreuzern vor, wo man kürzere, dafür aber etwas breitere Schlingerkiele gelegentlich noch anwendet.

Länge von Schlingerkielen

bei langsamen Booten .....50 bis 60 Prozent WL- Länge,
meistgebräuchliche Länge ..... 40 Prozent WL- Länge,
schnelle Boote ..... 15 bis 25 Prozent WL- Länge,
Motorkreuzer-Durchschnitt ..... 30 Prozent WL- Länge.

Die Breite der Schlingerkiele wird meistens zu $2^1/_2$ bis 3 Prozent der Schiffsbreite gewählt. Der in der Abbildung gezeigte Querschnitt eines hölzernen Schlingerkiels gilt für einen Motorkreuzer von etwa 12,50 m Länge und 3,80 m Breite, sehr ähnlich dem vorher dargestellten Boot mit Stützbesegelung. Bei schnelleren Booten wird man darauf halten, die Schlingerkiele möglichst weit nach achtern zu verlegen, weil sie dort besser in die Strömung gelegt werden können.
Schlingerleisten kann man aber auch oberhalb der Wasserlinie anbringen, wie unter *B* in derselben Abb. 214 gezeigt wird. Allerdings ist die Oberfläche des Wassers ein recht unruhiges Element, um zur Schlingerdämpfung verwandt zu werden; bei kleinen Booten hat man damit jedoch recht guten Erfolg erzielt, besonders wenn sie rank waren. Wird ein Boot nach der unter *B* gezeigten Art zum Übersetzen von Personen auf größeren Flüssen verwandt, so gerät es bei seitlichem Seegang in heftiges Schlingern. Dann zeigen die Überwasser-Schlingerleisten ihre Wirkung am besten, haben darüber hinaus den Vorteil, kaum irgendwelchen zusätzlichen Widerstand zu erzeugen. Für die Größe des gezeigten 7-m-Bootes wird empfohlen, das achtere Ende der Schlingerleisten etwa 10 cm oberhalb der Ruhewasserlinie auslaufen zu lassen, mit der Zeichnung entsprechendem Ansteigen nach vorn. Mit der Breite der Leisten braucht man nicht zu sparen, 12 cm haben sich hier bewährt.
Die vorderen beiden Dämpfungsleisten tragen dazu bei, Spritzwasser von der Bordwand abzuweisen.

Schlingertanks

Eine große Zahl von Handelsschiffen wurde mit so genannten Schlingertanks ausgerüstet, und moderne, verbesserte Formen werden auch heute noch eingebaut. Bei diesen Anlagen befindet sich an der breitesten Stelle des Schiffes je ein großer Wassertank an Backbord und Steuerbord. Diese Tanks sind durch Kanäle derart miteinander verbunden, dass das Wasser innerhalb kurzer Zeit von einer Seite zur anderen hinüber fließen kann. Krängt das Schiff nach einer Seite, so strömt das Wasser dorthin. Als Folge der Massenträgheit hält der Zustrom noch lange an, nachdem die stärkste Neigung erreicht wurde. Dadurch entsteht an der austauchenden Seite ein bedeutendes Übergewicht an Wasser, das dem Schlingern entgegenwirkt. Das Hinüberströmen zur anderen Seite beginnt ungefähr erst dann, wenn die größte Austauchung auf der einen Seite, größte Krängung auf der anderen Seite erreicht wurde. Dieses Zuströmen hält nun wiederum an, bis die Gegenseite das höchste Maß an Austauchen erreicht hat. Die Querschnitte der Verbindungsleitungen werden derart gewählt, dass sich eine Phasenverschiebung von möglichst 90 Grad einstellt. Es ist dies der Arbeitsvorgang bei den so genannten passiven Schlingertanks.
Bei den aktivierten Schlingertankanlagen fließt das Wasser nicht nur als Folge des Höhen-

unterschiedes und der Massenträgheit zur anderen Seite, sondern das Hin- und Zurückströmen wird durch mechanischen Antrieb beschleunigt. Die beste Phasenverschiebung lässt sich dadurch mit mehr Sicherheit erzielen. Dank mancher Verbesserungen in der Anlage der Strömungskanäle wurde jedoch das passive System derart vervollkommnet, dass es auch heute noch vielfach in moderne Frachtschiffe eingebaut wird, wo es wartungsfrei und wirtschaftlich zum guten Verhalten des Schiffes im Seegang beiträgt. Eigenartigerweise wurden solche Schlingertanks kaum jemals auf größeren Motorkreuzern eingebaut. Die benötigten Wassermengen sind keineswegs von entmutigender Größe, betragen sie doch nur 1 bis *2* Prozent des gesamten Schiffsgewichtes.

Sonder- Dämpfungssysteme

Es ist allgemein bekannt, dass auch der Kreisel zur Schlingerdämpfung großer Schiffe verwandt wurde. Ungefähr 40 Schiffe erhielten derartige kostspielige Kreisel-Stabilisierungsanlagen, darunter als größtes Fahrgastschiff die 250 m lange CONTE DI SAVOIA. Sie bekam drei solcher Kreisel, von denen jeder Rotor einen Durchmesser von fast 4 Metern hatte, 115 t wog und mit einer Drehzahl von 900 U/min lief. Kreiselstabilisierung wird seit langem nicht mehr angewandt, weil sich ein zu großes Missverhältnis zwischen Anlagekosten und Dämpfungseffekt herausstellte.
Vielleicht führt sich eines Tages auf Motorkreuzern eine unkomplizierte Laufgewichts-Dämpfungsanlage ein, wie sie von der Firma Vosper-Thornycroft vorgeschlagen wurde. Sie besteht aus einem querschiffs eingebauten Rohr, in welchem ein Bleigewicht frei von Seite zu Seite dahin schießen kann. Selbst mit einem Gewicht von nur 1 Prozent des Bootsgewichtes wird eine beachtliche Schlingerdämpfung erreicht. Der bereits zum Vergleich herangezogene Motorkreuzer von 12,50 m Länge und Stützbesegelung würde ein Laufgewicht von nur 80 bis 120 kg benötigen. Das Rohr besitzt an den Enden sorgfältig bemessene regulierbare Luftkanäle, um die nötige Phasenverschiebung einstellen zu können, die zu einer wirksamen Schlingerdämpfung gehört.

Aktive Schlingerdämpfungsflossen

Die beim Schlingern eines Motorkreuzers entstehenden unregelmäßigen Bewegungen lassen sich gut am Rolldiagramm der Abb. 215, obere Reihe, erkennen. Es zeigt die Rollschwingungen eines ungedämpften, mittelgroßen Motorkreuzers an, der bei Windstärke 4 von quer auf-treffender See zum Rollen gebracht wird.
Man erkennt sofort, dass die Eigenperiode des rollenden Schiffes über den ganzen Messbereich ziemlich genau eingehalten wird. Das Maß der Ausschläge verläuft jedoch sehr unregelmäßig und stimmt dadurch mit den Beobachtungen überein. Ausnahmsweise wird ein größter Krängungswinkel von 18 Grad erreicht, die durchschnittliche Krängung kommt jedoch kaum auf 15 Grad. Die bildliche Darstellung links oben zeigt einen solchen Krängungswinkel von 15 Grad in anschaulicher Form.
Von einer wirksamen Schlingerdämpfungsanlage erwartet man eine Verminderung des

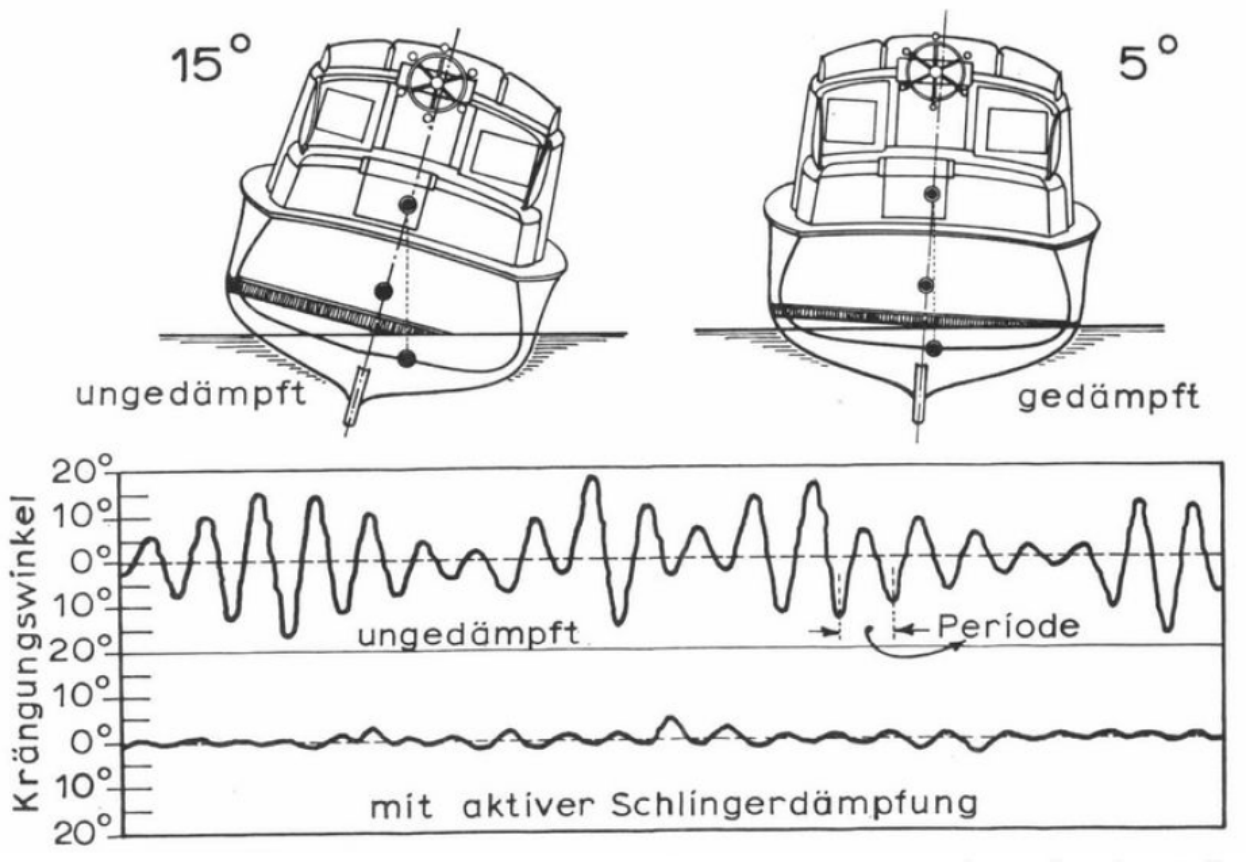


Abb. 215 Dieses Schlingerdiagramm zeigt in der oberen Reihe den Verlauf ungedämpfter Rollschlingungen, deren Ausschläge gelegentlich den Wert von 15 Grad überschreiten. Das untere Diagramm zeigt den Idealfall einer fast vollkommenen Schlingerdämpfung. Eine wirksame Dämpfungsanlage soll die Rollwinkel bei mittlerem Seegang auf rund ein Drittel reduzieren. Oben wurden die beiden wichtigsten Rollwinkel dargestellt: links 15 Grad als belästigend, rechts 5 Grad als nicht störend.

Rollens auf ein Drittel der ungedämpften Schwingungen, also in diesem Falle Ausschläge bis etwa 5 Grad, jedoch nicht über 6 Grad. Wie das wirksam gedämpfte Schlingern aussehen soll, zeigt die untere Rollkurve des nunmehr gedämpften Motorkreuzers. Nur an einer einzigen Stelle entsteht ein Ausschlag von 5 Grad, und damit beweist die Anlage eine besonders gelungene Dämpfungswirkung. Man soll nicht immer mit einem so günstigen Ergebnis rechnen, denn je stärker die verlangte Dämpfung, desto höher werden die Kosten der Anlage.
Die obere rechte Schiffsansicht zeigt eine Krängung von 5 Grad, die kaum von einem Sportler als störend empfunden wird. Eine Dämpfung bis auf Null hinunter kann nach heutiger Kenntnis nicht erreicht werden, weil die Steueranlage erst dann anspricht, wenn das Schiff bereits einen gewissen Krängungswinkel erreicht hat. Zur unteren Rollkurve findet sich eine Bemerkung: Mit aktiver Schlingerdämpfung. Dieser Ausdruck besagt, dass ein so hoher Grad von Dämpfung mit einer passiven Anlage nicht erwartet werden sollte, weder mit Schlingerkielen noch mit Schlingertanks, aber auch nicht mit einer Stützbesegelung, deren Energiequelle bereits in sich von ständig wechselnder Unregelmäßigkeit ist.

Rolldämpfungsflossen

Nach dem Kriege hat sich auf Fahrgastschiffen ein Dämpfungssystem eingeführt, das mit seitlich aus der Kimm herausragenden gesteuerten Flossen arbeitet. Diese haben sich so gut bewährt, dass zurzeit kein modernes, größeres Fahrgastschiff ohne derartige Dämpfungsflossen gebaut wird. Mit einem solchen System sind Wirkungen erreichbar, wie sie im vorhergehenden Rolldiagramm gezeigt wurden.

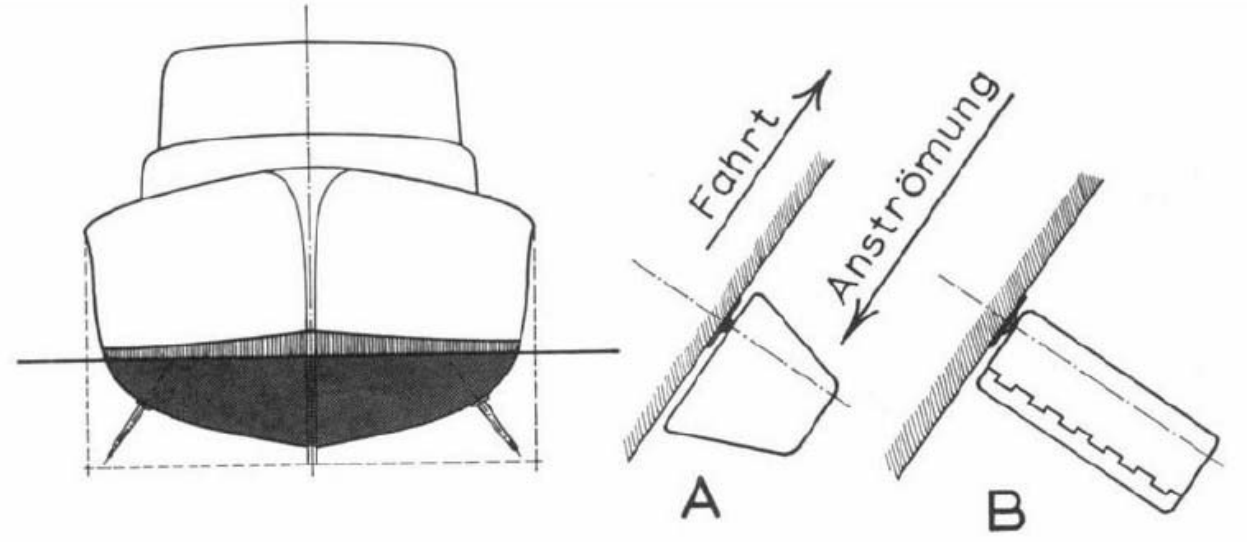


Abb.216 Aktivierte Rolldämpfungsflossen, auch Stabilisierungsflossen genannt. Unter A die Umrissform für Motorkreuzer, wobei die Flossen nicht über das Breiten- und Tiefenmaß des Bootes herausragen, linkes Bild. Die weit herausragenden Flossen nach B besitzen im Schiffsrumpf eine Art Schwertkasten, in den sie eingezogen werden können.

Im Jahre 1955 wurde eine verkleinerte Ausgabe solcher Stabilisierungsflossen zum erstenmal auf einer Motoryacht versuchsweise angewandt. In der Zwischenzeit erschien eine größere Zahl von Fabrikaten auf dem Markt, die speziell für den großen potentiellen Verbraucherkreis der mittleren Motorkreuzer bestimmt sind. Dabei wird an Abmessungen von 10 bis 12 m Länge ü, a. aufwärts gedacht.

Das Aussehen solcher aktiven Dämpfungsflossen wird in Abb. 216 gezeigt. Unter *A* und *B* erkennt man verschiedene Umrissformen der Flossen, und im linken Schiffsquerschnitt wird ihre Lage angegeben. Dort wird erkenntlich gemacht, dass die Flossen nicht über die größte Breite bzw. den Tiefgang hinausragen sollen. Der Querschnitt gilt besonders für Motor-kreuzer, denn bei Fahrgastschiffen ragen die Flossen erheblich über das Maß der größten Breite hinaus.

Die Ausführung der Dämpfungsflossen für Kleinanlagen auf Motorbooten unterscheidet sich wesentlich von derjenigen für Großanlagen auf Seeschiffen. Da sie bei letzteren in jedem Falle über die größte Breite hinausragen, werden sie zum Einziehen eingerichtet, damit das Schiff im Hafen an einer Kaimauer liegen kann. Ein derartig komplizierter Mechanismus würde die Kosten zur Verwendung auf Motorkreuzern unerschwinglich machen. So wendet man herausragende Flossen an, begünstigt durch die Form der Motorkreuzer, bei denen sie innerhalb der Breiten-Tiefen-Maße untergebracht werden können. Die breite Flosse unter *A* stellt eine solche Kleinausführung dar. Ihr annähernd quadrati-

sches Format ist zwar etwas weniger wirksam als das langgestreckte nach *B*, hat aber für Motorkreuzer den Vorteil, nicht so weit hervorzustehen. Man legt sie sehr nahe an die Stelle der größten Wirksamkeit, d. h. an den weitesten Abstand vom Schlingerzentrum. Die Umrissform *B* entspricht einer der üblichen Ausführungen an großen Fahrgastschiffen, ist also einziehbar oder auch einschwenkbar. Man erkennt die kleine Hilfsfläche an der Austrittskante; sie dient zum eigentlichen Steuern der Flosse und besorgt das Hin- und Herbewegen mit reduziertem Kraftaufwand.

Da die Stabilisierungsflossen den Schiffskörper mit voller Kraft daran hindern, große Rollausschläge zu vollbringen, wirken große Kräfte auf diese Flossen. Es ist deshalb sehr wichtig, die Bordwand des Schiffes im Bereich der Dämpfungsflossen durch Bodenwrangen, Rahmenspanten oder eine ähnlich geeignete innere Struktur zu verstärken. Bis jetzt wurde von der Annahme ausgegangen, dass eine Flossen-Stabilisierungsanlage natürlicherweise auf jeder Schiffsseite eine Flosse besitzen müsse. Dem ist aber keineswegs so. Bereits eine einzige Flosse auf nur einer Seite bewirkt etwa drei Viertel der Dämpfung einer Zweiflossenanlage. Nicht selten wurden auf jeder Seite zwei Flossen eingebaut, und zwar in der Absicht, kleinere Flossengrößen anwenden zu können, die entsprechend weniger hervorstehen. Auf einem Motorkreuzer namens PRUNELLA von 16 m Länge und 3,65 m Breite wurden zu Versuchszwecken sogar 4 Flossen auf jeder Seite eingebaut, d. h. eine Gesamtzahl von 8 Flossen.

Die Schlingerdämpfung durch Flossen, wie überhaupt der meisten Systeme, zeigt sich am wirksamsten bei mäßigem Seegang. Bei Windstärke 4 arbeiten diese Dämpfungen vorzüglich. Ungefähr ab Windstärke 6 wird der so genannte Sättigungsgrad erreicht, bei günstiger Fahrtrichtung etwas später. Die vom Seegang auf den Motorkreuzer wirkenden Kräfte werden dann so bedeutend, dass die normalen Dämpfungsanlagen davon gänzlich übertrumpft werden.

Es sei ausdrücklich erwähnt, dass nahezu sämtliche Arten von Schlingerdämpfung nur bei normalen Kreuzgeschwindigkeiten anwendbar sind. Aktive Dämpfungsflossen empfehlen sich für Geschwindigkeiten bis zu 12 Knoten (22 km/h) bei kleineren Anlagen und 15 Knoten (28 km/h) hei grösseren Motorkreuzern, In jedem Falle sind reine Verdrängungsboote gemeint. In ihrer derzeitigen Ausführung sind Rolldämpfungsflossen bei Halbgleitern und Gleitbooten nicht anwendbar.

Dämpfungsmethoden auf Fischkuttern (Flopper Stopper)

Die amerikanische Pazifikküste beheimatet eine besonders umfangreiche Flotte von Fischereifahrzeugen vieler Größen und Gattungen. Dort hat man sich zum ersten mal den Gedanken des Scherbrettes zunutze gemacht, um das Schlingern der Boote zu bekämpfen. In seiner althergebrachten Form handelt es sich um ein tischflächengroßes Brett, von dem je eines an den beiden Endpunkten eines Schleppnetzes angebracht wird. Durch den Zug stellt es sich nach Art eines Drachens unter einem Winkel ein. Beginnt das Schiff mit dem Schleppen, so streben beide Scherbretter in entgegen gesetzter Richtung auseinander und sorgen dafür, dass sich das Netz in seiner ganzen Ausdehnung öffnet.

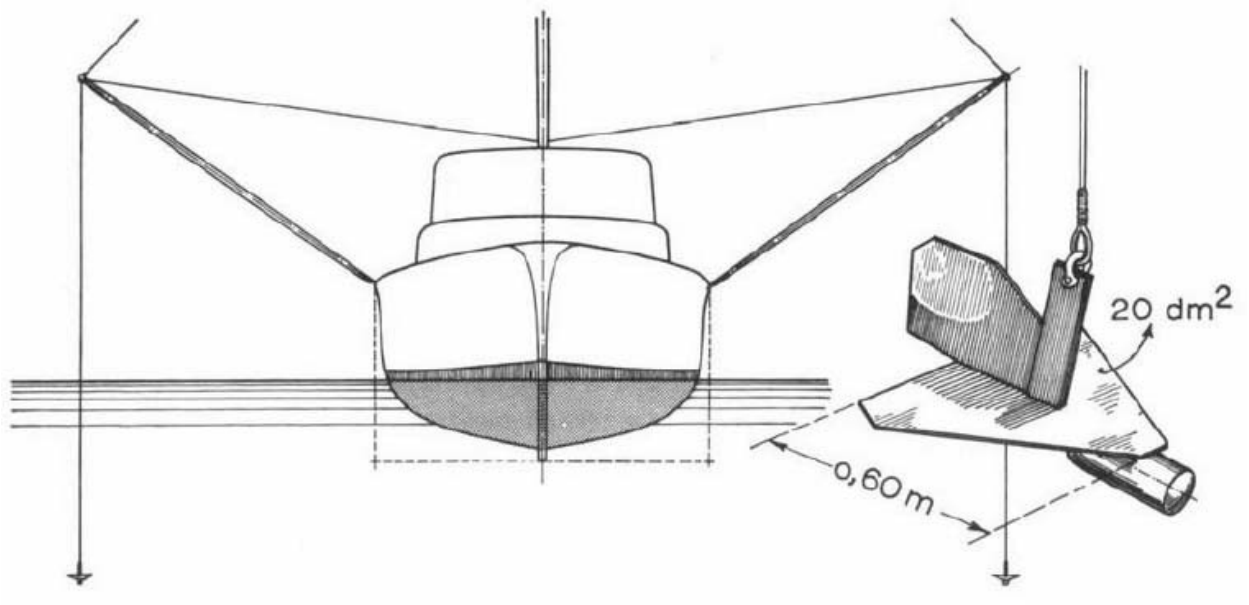


Abb. 217 Scherbrett-Schlingerdämpfung eines Motorkreuzers. Links die Anordnung des tragenden Riggs, -rechts die Form des BM-Stabilisators. Dieser wird von den Fischern der amerikanischen Westküste Flopper-Stopper genannt. Vergleiche auch Abb. 99, Motorkreuzer „Passagemaker".

Die Anwendung der Scherbrettidee zur Schlingerdämpfung ist in Abb. 217 erkennbar. Den besonderen Verhältnissen der Rolldämpfung entsprechend wurde eine Sonderform erdacht, die von den amerikanischen Fischern den spaßigen Namen *flopper-stopper* erhielt; was soviel bedeutet wie Schaukelbremse. Dieses kleine Gerät verrichtet keine andere Arbeit als in Fahrt ständig einen gewissen Zug nach unten auszuüben, wozu es an zwei Bäumen weit außerhalb des Schiffes gefahren wird. In Yachtkreisen wurde es zum ersten mal im Jahre 1964 bekannt, als Captain Robert Beebe über seine Erfahrungen mit Flopper-Stoppern auf ozeanischer Langfahrt berichtete, und zwar in der Oktober-Ausgabe von Yachting.
Diese Dämpfer werden aus verzinktem Stahlblech hergestellt. Wie sie aussehen und welche Proportionen das Rigg erhalten soll, wurde ziemlich getreu in der Zeichnung wiedergegeben. Die Länge der Bäume sowie deren Anstellwinkel entspricht etwa maßstäblich den Erfahrungen Beebes.
Die Motoryacht PASSAGEMAKER wurde für Captain Beebe in Singapore erbaut. So ergab sich die Gelegenheit, die neue Anlage auf einer langen Überführungsreise durch den Indischen Ozean bis nach Griechenland zu erproben, eine Seefahrt von 5000 Meilen. Nachstehend die

Länge ü. a. ……...15,25 m	größte Breite ..... 4,58 m
Länge in der WL .....14,10 m	Tiefgang ..... 1,62 m

Hauptabmessungen des Motorkreuzers PASSAGEMAKER.

Verdrängung .....24,60 *t*	Stützbesegelung .....32,50 m^2
Außenballast .....2270 kg	Trimmballast .....680 kg
Motor: Ford-Diesel 96 P5	Kreuzfahrt .....7 $^1/_2$ Knoten

Auf der vorerwähnten ozeanischen Langfahrt wurden die Dämpfer während 50 Prozent der Zeit gefahren. Ihre Wirkung wurde als derartig wohltuend empfunden, dass allein

von der Yacht PASSAGEMAKER weitere Tausende von Seemeilen in ozeanischer Langfahrt mit Flopper- Stoppern zurückgelegt wurden, einschließlich auf dem Nordatlantik.
Die Hauptmaße der beiden Flopper-Stopper sind in der Zeichnung erkennbar, und zwar hatte die tragende Fläche eine Größe von 20 Quadratdezimeter. Ihr offizieller Name ist *BM-Stabilizer*.
Da die dämpfende Wirkung auf ihrem Zug nach unten beruht, der außerdem etwas nach achtern gerichtet ist, entsteht notwendigerweise ein gewisser Fahrtverlust. Er wird von Captain Beebe wie folgt angegeben: Auf Messfahrten in glattem Wasser erzielte das Boot eine Geschwindigkeit von 8 Knoten. Nach Ausbringen der Rolldämpfer wurde ein Fahrtverlust von 0,7 Knoten festgestellt, das sind 9 Prozent der Geschwindigkeit.
Der Eigner der Yacht MIRAGE von ähnlicher Größe schätzte, dass die Rolldämpfer bei 8 Knoten Fahrt im Seegang einen Verlust von nur 0,2 Knoten einbrachten, bei 11 Knoten Fahrt einen solchen von 0,4 Knoten. Es handelte sich hier um ein neues, schwer gebautes Schiff nach Art der Nordsee-Fischkutter, mit einer Gesamtlänge von 16 m, einer Breite von 4,42 in und einem Tiefgang von 1,65 m. Beide Eigner schildern mit Begeisterung den Gewinn an Komfort und können sich eine ozeanische Langfahrt ohne Rolldämpfer dieser Art gar nicht mehr vorstellen. Der Smutje an Bord pflegte auszurufen: „Entweder Flopper-Stopper ausbringen oder es gibt kein warmes Essen!"
Diese auf Zug nach unten beruhenden Rolldämpfer sollen sich für Geschwindigkeiten bis zu 12 Knoten = 22 km/h eignen. Doch welche Motoryacht mit normalen Form- und Gewichts-verhältnissen ist wohl imstande, im Seegang diese Geschwindigkeit zu überschreiten?
Vor den übrigen Verfahren zur Schlingerdämpfung haben die BM-Stabilisatoren folgende Vorteile:

1. Keinerlei Anhänge werden an das Unterwasserschiff angesetzt, die bei Grundberührung Schaden erleiden könnten.
2. Die Anlagekosten sind verhältnismäßig gering, das Schiff braucht dazu nicht an Land gesetzt zu werden.
3. Kein Raum im Inneren des Schiffskörpers wird beansprucht, wie es bei aktiven Schlinger-flossen der Fall ist.
4. Weder elektrischer Strom noch irgendeine andere sekundäre Kraftquelle wird zum Betrieb benötigt.
5. Man muss zwar experimentieren, wahrscheinlich auch Änderungen vornehmen, doch sind diese nicht kostspielig.

Einziger Nachteil: Das ganze Rigg muss von Hand ausgelegt und nach Gebrauch wieder eingeholt werden (was man auf langer Seefahrt auch als Vorteil ansehen kann). Captain Robert Beebe faste seine Erfahrungen wie folgt zusammen: Mit rund 50 000 Seemeilen Kreuzfahrt über See hat sich die Brauchbarkeit der Flopper-Stopper bei jedem Seegang bewährt. Sie dämpfen $^2/_3$ der Rollschwingungen weg und machen dadurch die ozeanische Langfahrt erst zu einem Genuss. Eine ähnliche günstige Wirkung, sagt Beebe, kann man nur noch von aktivierten Dämpfungs-flossen erwarten, jedoch zu einem erheblich höheren Preis.
Es sei besonders darauf hingewiesen, dass die beiden ausladenden Bäume große Kräfte aufzu-nehmen haben. Deshalb sind nicht nur diese, sondern auch alle Beschläge und die

Verstagung besonders reichlich zu bemessen. Etwa $^3/_4$ aller Kräfte kommt auf den luvseitigen Dämpfer. Bei mittlerem Seegang kann man daher auch mit nur einem Rolldämpfer fahren, der bereits eine bedeutende Schlingerdämpfung erreicht. Hat man einen im Schwell liegenden Ankerplatz, so wirken diese Ausleger auch hier dämpfend, allerdings nicht der Wirkung in Fahrt vergleichbar.

Kielplatten

Wohl die einfachste aller Vorrichtungen zur Schlingerdämpfung wurde ebenfalls von den Fischern der amerikanischen Pazifikküste ausprobiert. Sie besteht aus einer Dämpfungsplatte unter dem Kiel an seiner tiefsten Stelle, wie in Abb. 218 erkennbar ist. In der Regel verwendet man zwei einander gegenüber angesetzte Stahlwinkes, aber auch eine von unten angeschraubte Stahlplatte hat sich bewährt.
Besitzt das Boot einen passenden, tiefliegenden Kiel, so können derartige Schlingerplatten fast ohne Risiko gut in Richtung der Wasserströmung gelegt werden, so dass kein merk-

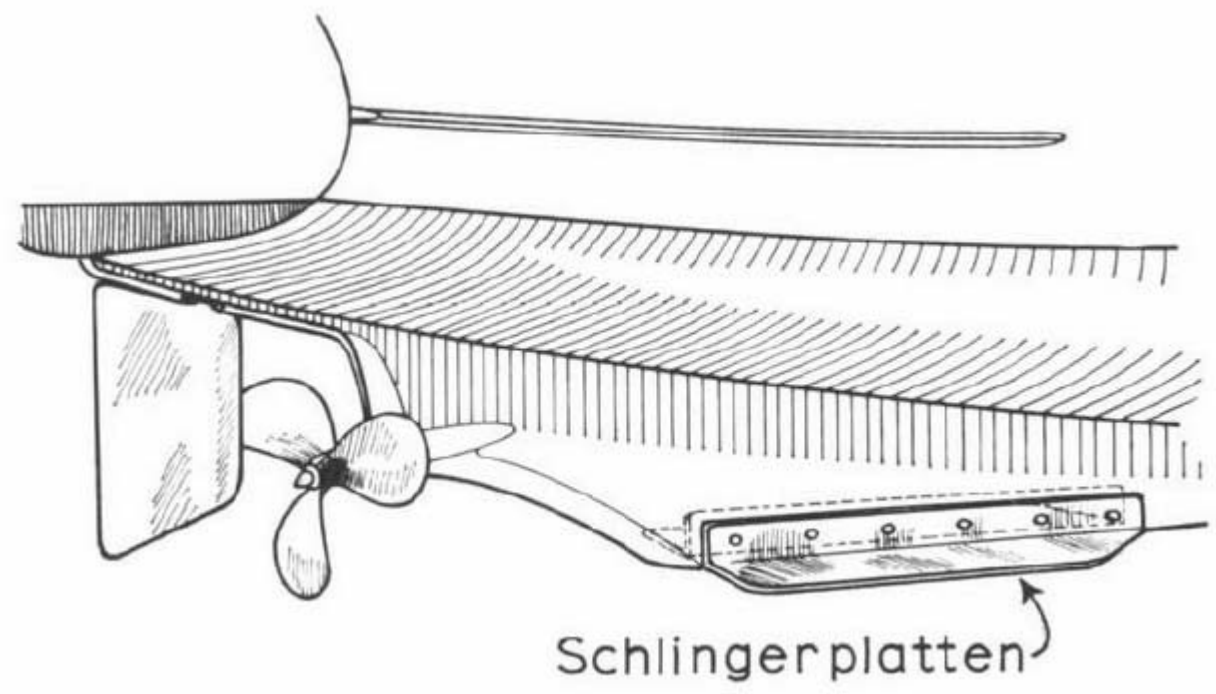


Abb. 718 Schlingerplatten unter dem Kiel. Auch diese einfache Art der Schlingerdämpfung wurde erstmalig von den Fischern der amerikanischen Westküste angewandt. Ragt der Kiel genügend tief unter der Bootsform heraus, so erzielt man mit solchen Platten eine Wirkung, die noch diejenige der seitlichen Schlingerkiele übertrifft. Legt man die Platten gut in die Wasserströmung, so wird fast kein zusätzlicher Widerstand gebildet.

licher Fahrtverlust entsteht. Das Maß ihrer Wirkung hängt vom Abstand zum Boden einerseits und von der Länge und Breite der Platte andererseits ab. Bei günstig liegendem Kiel erreicht man eine erstaunlich gute Wirksamkeit. Begeisterte Eigner behaupten sogar, dass sie fast an die Wirksamkeit der Flopper-Stopper heranreichen. Vorsichtshalber sollte man mit etwa der halben Dämpfung rechnen. Diese jedoch zeigt ihren wohltuenden Einfluss auch an einem unruhigen Liegeplatz vor Anker.

Weitere Möglichkeiten der Schlingerdämpfung

Trotz der großen Zahl von Vorrichtungen zur Dämpfung der Rollschwingungen bleibt der Erfindergabe noch ein weites Feld zum Experimentieren offen. Anstelle der althergebrachten Schlingerkiele in der Kimm hat man dort auch kurze, breite Flossen angesetzt, wie sie von einigen Segelyachten als Kimmkiele oder Seitenkiele bekannt sind. Der Zweck ihrer Anwendung ist dort allerdings ein anderer, nämlich die Verringerung des Tiefgangs. Sie verbinden damit die Tugend, die Yacht beim Trockenfallen gut abzustützen und ihr einen sicheren Stand auf dem Boden zu geben. Zum gleichen Zweck wurden sie auch schon bei Motorkreuzern mit Erfolg angewandt. Dabei konnte eine erfreuliche Dämpfung des Schlingerns als Gratisbeigabe festgestellt werden.
Auch das auf Segeljollen übliche Schwert wurde schon auf Motorkreuzern zur Dämpfung des Schlingerns angewandt. Dazu muss in den Schiffskörper ein schmaler Schwertkasten, wenn Steckschwert, oder ein langgestreckter Schwertkasten, wenn hochklappbares Schwert, eingebaut werden. Der eigentliche Nachteil des Schwertes liegt in seinem klappernden Geräusch, das es als Folge des Hin- und Herschlagens im Schwertkasten erzeugt. Es ist jedoch nicht schwierig, diesem Übel abzuhelfen, entweder durch eine mit breiter Fläche wirkende Schraubvorrichtung oder durch einen Klemmkeil.
Manche schnellen Boote besitzen am Spiegel zwei Trimmklappen, um die Trimmlage des Bootes seiner Geschwindigkeit und den sonstigen Fahrtbedingungen anpassen zu können. Richtet man die Betätigung der Trimmklappen für flinken Handgebrauch ein, so kann man auch mit diesen Klappen dem Schlingern entgegenwirken, sofern man gewillt ist, die Betätigung während längerer Zeit von Hand durchzuführen.
Selbst das normale Schiffsruder gibt die Möglichkeit, Rollschwingungen einzuschränken. Hat nicht fast jeder Steuermann einmal versucht, durch pendelndes Hin- und Rückdrehen des Rades seine Gäste mit dem auftretenden Rollen zu erschrecken. In umgekehrter Form kann man von Hand den Rollschwingungen am Ruder entgegenarbeiten. Es ist gerade diese feinfühlige Fähigkeit, die bei einem vorher geschilderten Beispiel den Steuermann *C* vor seinen anderen beiden Rudergängern im Seegang auszeichnete, so dass die Bewegungen des Schiffes bei letzterem am wenigsten störten.
Schließlich drängt sich der Gedanke auf, richtige Trimmflossen von Ruderblattform einzubauen und diese nur von Hand zu betätigen. Sie würden an der breitesten Stelle der Kimm ihren Platz finden, ungefähr bei einem Drittel der WL- Länge von achtern. Blockiert man diese Flossen in Strömungsrichtung, so erzielt man bereits eine gewisse Schlingerdämpfung. Verbindet man sie aber mit einer Handhebel-Betätigung, so kann man ohne zuviel Anstrengung dem Schlingern mit erstaunlicher Wirksamkeit entgegenarbeiten. Man darf nicht übersehen, dass ein Teil der hier genannten Verfahren zur Schlingerdämpfung beim Rückwärtsgang besonders angesprochen wird. Sowohl beim Einbau wie beim Manövrieren darf man diesen Umstand nicht aus dem Auge verlieren.

Geräuschbekämpfung auf Motorbooten

Als Abschluss einer sommerlichen Kreuzfahrt wählt man gern eine ruhige, wettergeschützte Bucht zum Ankern. In die Nähe kommend, findet man dort bereits mehrere andere Yachten liegend, teils Segler, teils Motorkreuzer. Man freut sich auf die reizvolle Umgebung, vor allem aber auf den Moment, da man die Motoren abstellen kann, um wirklich genussreiche Ruhe an Bord zu schaffen. Immer gegenwärtig, meistens sogar störend, wird die Fahrt vom Motorengeräusch begleitet, das man mit stoischer Ruhe ertragen lernt. Oder man rebelliert und sinnt darüber nach, wie man dem Störenfried Geräusch begegnen könnte. In der Bucht vor Anker liegend, erlebt man leider nur zu häufig, dass die paradiesische Ruhe von einer der Yachten gestört wird. Das Lichtaggregat muss laufen, denn die Batterien verlangen nach Ladung, oder es wird elektrisch gekocht. Schließlich kommt man sogar selbst in die peinliche Lage, das Aggregat in Gang setzen zu müssen, dessen Auspuff zwar nicht mehr wie früher nervenzerreibend in die Gegend knallt, aber noch immer viel zu viel Störung in die umgebende Ruhe bringt.
Ob wohl eines Tages der Idealzustand erreicht werden wird, nämlich dass Motorboote ebenso leise dahin gleiten wie Segelyachten? Wer sich wirkliche Mühe gibt und auch die Kosten zu tragen gewillt ist, kann diesem Traum schon heute nahe kommen. Nur die künstlich erzeugten Geräusche stören wirklich; die Zündungen im Motor, das Ventilklap-

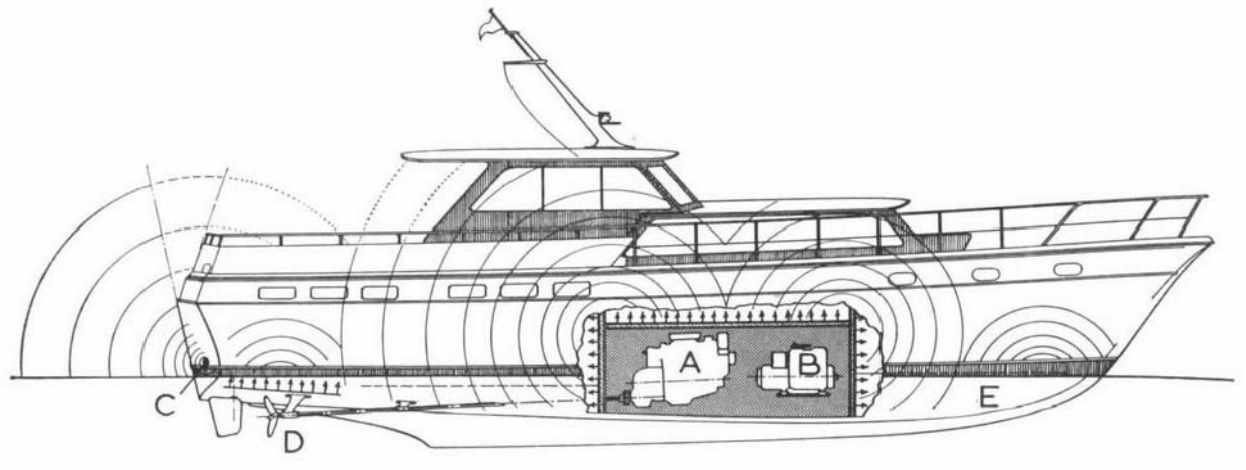


Abb. 219 Die wichtigsten Störquellen, dargestellt an einer 17- m- Motoryacht;

A. Haupt-Antriebsmotoren
B. Dieselgenerator
C. Auspuff am Neck
D. Propellergeräusch
E. Wasserrauschen am Bug

gern, der Auspuff, das Singen des Getriebes. Gegen sie alle kann man etwas unternehmen, sogar sehr viel.
Eine wirkliche Geräuschbekämpfung erfordert die Zusammenarbeit und den guten Willen aller, die am Bau der Boote, der Motoren, der Zubehörteile sowie am mechanischen Einbau teilhaben. Hinzu kommt, dass Geräuschbekämpfung ein Sondergebiet darstellt, dessen Feinheiten nur der Spezialist beherrscht, nicht aber der Maschinenbauer, der Bootsbauer oder der Motorenschlosser.
Die wichtigsten Geräuschquellen an Bord eines größeren Motorkreuzers wurden in der Abb. 219 zusammengefasst, und zwar ergibt sich nachstehende Reihenfolge:

A. Geräusch der Antriebsmotoren
B. Geräusch des Dieselgenerators
C. Auspuff ins Freie am Spiegel
D. Störgebiet im Propellerbereich
E. Wasserwirbelgeräusch der Bugwelle

Hinzu kommt noch eine sechste Geräuschquelle, der Wind. Doch auf ihn, als Naturerscheinung, ist der Mensch genügend eingestellt, und so wird kaum jemals die Notwendigkeit empfunden, Maßnahmen zu seiner Eindämmung zu treffen.
Geräusche und Vibrationen sind Schwingungen, die sich auf zweierlei Art fortpflanzen. Von den Motoren erzeugt, werden sie von den Motorfundamenten, den Schotten, der Schiffsaußenhaut, den Decks übernommen und weitergeleitet, was man Körperschallübertragung nennt. Ebenso findet ein Weiterleiten des Schalls durch die Luft statt, was man entsprechend Luftschallübertragung nennt. Ein drittes Gebiet braucht auf Yachten nicht besonders untersucht zu werden, nämlich die Raumakustik; dafür sind die Räume an Bord nicht groß genug.
Zur Zeichnung zurückkehrend, soll die Hauptstörquelle unter *A* kurz untersucht werden. Der oder die Motoren erzeugen einmal Schwingungen mit niedriger Frequenz, die sich als Vibrationen physisch über einen gewissen Bereich des Schiffes bemerkbar machen. Zum anderen erzeugen sie Schwingungen höherer Frequenz, nämlich Schallschwingungen. Diese werden über die Maschinenfundamente körperlich auf das Schiff übertragen, so dass auch Schotten, Decks, Außenhaut u. a. m. zum Mitschwingen, d. h. zur Schallausstrahlung angeregt werden.
Schallschwingungen werden im Maschinenraum auch durch die Luft auf die umgebenden Schotten übertragen, durchdringen diese festen Körper und strahlen einen Teil der Schallenergie in die jenseitige Umgebung aus, wie durch die vielen kleinen Pfeile angedeutet wird.
Vibrationen haben in neuerer Zeit an Bedeutung verloren. Im Motorenbau hat man gelernt, die hin- und hergehenden Massen immer besser gegeneinander auszugleichen. Die von Mehrzylindermotoren hervorgerufenen mechanischen Vibrationen werden daher nur noch als untergeordnete Störungen empfunden. Selbst Ein- und Zweizylindermotoren kleiner Leistungen erreichten einen bemerkenswert niedrigen Grad von Vibrationsstörungen. Es war jedoch nicht immer so. Noch in den dreißiger Jahren zeigten manche Vier-Zylinder-Dieselmotoren derartig starke Vibrationen, dass an Bord alle Fenster und Türen klapperten, ja dass man selbst das Gefühl des *Zähneklapperns* bekam. Diese Mängel wurden inzwischen überwunden, so dass im nachfolgenden nur die Geräuschbekämpfung be-

handelt wird. Da zu dieser auch die elastische Lagerung der Motoren gehört, ergibt sich ganz von selbst ein weiteres Abnehmen eventuell übriggebliebener Vibrationen.

Aktive Geräuschbekämpfung

Unter diesem Ausdruck werden alle diejenigen Maßnahmen zusammengefasst, die darauf hinzielen, dass weniger Geräusch an der Quelle erzeugt wird. Hier handelt es sich in erster Linie um konstruktive Maßnahmen von Seiten der Motorenfabriken, an deren Verbesserung ständig und intensiv gearbeitet wird. Große Erfolge wurden bereits erzielt! Man lausche bei offener Haube dem laufenden Motor eines Automobils und stelle sich vor, dass unaufhörlich heftige Explosionen in den Zylindern stattfinden. Sie sind fast unhörbar geworden. Nimmt man jedoch das Auspuffsammelrohr ab, so entsteht ein unerträgliches Maschinengewehrgeknalle. Auch an Dieselmotoren wurden Verbesserungen erzielt, und weitere sind im Kommen, um das Zündgeräusch auf das Niveau der Benzinmotoren herunterzudrücken.
Weitere konstruktive Maßnahmen umfassen die Milderung der Geräusche an Ventilen und deren Steuerung, an Kurbelwellen- und Lagergeräuschen sowie an Pumpen und weiterem mit-laufendem Zubehör. Das Geräusch der Ansaugluft wird bereits bestens gedämpft.
Darüber hinaus muss ein Teil der aktiven Geräuschbekämpfung von den Werften übernommen werden. Von diesen kann vor allem der Störbereich *C* beeinflusst werden. Propeller dürfen nicht zu dicht am Schiffsboden vorbei schlagen. Als Wellenlager vor dem Propeller soll stets das wassergeschmierte Gummilager verwandt werden, ebenso darf der Ruderschall im Koker kein Spiel haben, damit auch dort Klappergeräusche nicht erst erzeugt werden.
Es muss dafür gesorgt werden, dass die Kräfte am Wellenbock zuverlässig auf die Innenwände des Schiffes übertragen werden. Bei vielen Booten ist es nötig, den achteren Bodenbereich durch Doppelungen und zusätzliche Bodenwrangen zu verstärken. Die Welle selbst nebst Lagern erzeugt umso weniger Geräusch, je sorgfältiger sie eingebaut wird. Auf Mo-

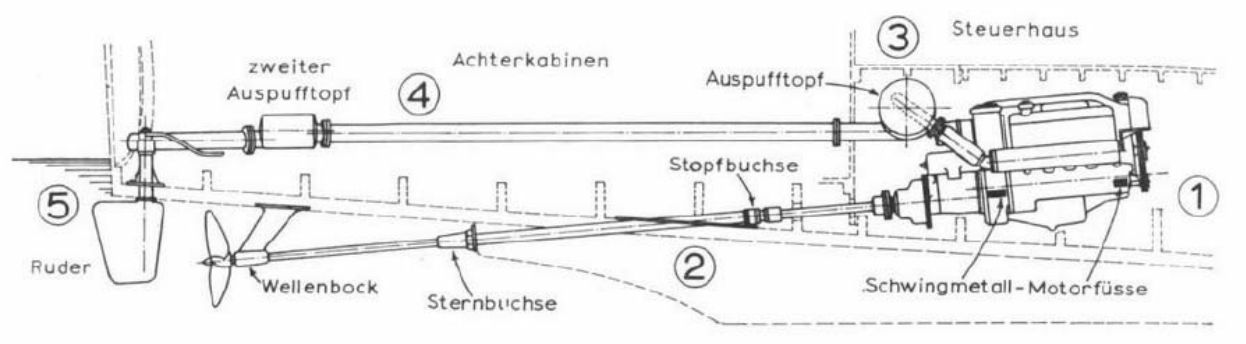


Abb.220 Aktive Geräuschbekämpfung beim Motoreinbau, wie sie von seiten der Bauwerft auszuführen ist:
1. Elastische Lagerung des Motors.
2. Elastische Lagerung der Wellenleitung.
3. Schalldämpfender Auspufftopf.
4. Wassergekühlte Auspuffleitung.
5. Gute Ruderlagerung, Klappern vermeiden.

toryachten haben sich Wellendurchmesser bewährt, die erheblich unterhalb denen nach Lloydvorschriften liegen. Auch die Anwendung hochwertigen Materials ist vorteilhaft. Hier haben nichtrostender Stahl und Monel-Metall alle Erwartungen erfüllt. Ein weiterer Anteil der aktiven Geräuschbekämpfung besteht in zuverlässiger Ausführung der Innenverbände des Schiffes. Darüber hinaus gibt es einzelne Störquellen, die gerade die Nachtruhe vor Anker oft unterbrechen: das Funktionieren eines WCs, einer Frischwasser- oder Lenzpumpe. Es gibt Ladeaggregate, die bei sinkender Spannung von selbst starten, ein Verfahren, das sowohl lästig wie gefährlich ist und unbedingt abgeändert werden sollte. Es gibt auch einige Geräuschquellen, für deren Beseitigung der Eigner selbst sorgen kann: das Klopfen der Ankerkette gegen den Vorsteven oder des Beibootes gegen das Heck. Manche Flaggenleine oder sonstiger Bestandteil eines Riggs pflegt im Winde überflüssigerweise zu schlagen.

Auspuff-Schalldämpfung

Motorboote und Motoryachten befinden sich anderen Fahrzeugen wie dem Automobil oder der Lokomotive gegenüber sehr im Vorteil. Diese anderen Fahrzeuge, ja sogar das große Handelsschiff, müssen ohne Ausnahme mit trockenem Auspuff fahren. Boote dagegen können sich den Luxus des nassen Auspuffs mühe- und kostenlos leisten, bietet er doch so große Vorzüge, dass man ohne zwingenden Grund niemals auf ihn verzichten sollte.
Zahlenmäßig befinden sich Motorboote gegenüber anderen Verkehrsmitteln in der Minderheit. Deshalb wurden kaum jemals Untersuchungen über die Schalldämpfung durch Wasser-einspritzung angestellt. Stattdessen gibt es eine umfangreiche Literatur über Auspuff-Schalldämpfung, über Schwingungen der Auspuffgase, über Schallschluckmaterial innerhalb der Auspufftöpfe, deren Ergebnisse mitunter ganz überflüssigerweise auf Boote übertragen werden.
Die radikalste Auspuff-Schalldämpfung wurde erzielt, als man bei Außenbordmotoren dazu überging, die Gase mitten durch die Propellernabe tief unter Wasser abzuleiten. Da der Wasserstrahl vom Propeller beschleunigt wird, da ferner von der Propellernabe bereits ein Hohlraum im Wasser geschaffen wird, entsteht nur ein geringer Leistungsverlust als Folge des nicht ganz freien Auspuffs. Die erzielte Schalldämpfung dagegen ist von derart überragender Wirksamkeit, dass nach der ursprünglichen Einführung durch Mercury nun auch die Firmen Johnson und Evinrude bei einigen Modellen diesen Propellernaben-Auspuff anwenden. Ebenso findet man ihn bei einigen Z-Antrieben in Verbindung mit Viertaktmotoren.
Wird in eine normale Auspuffleitung Wasser eingespritzt, so treffen zweierlei Wirkungen zusammen: der Wasserregen mit teilweiser Dampfbildung unterbricht in wirksamster Weise das ungehemmte Dahinschießen der Auspuffstöße. Darüber hinaus bewirkt das Wasser eine starke Abkühlung, wodurch das Gasvolumen mindestens in demselben Maße verringert wird, in dem sich Wasserdampf bildet. Zugleich wird auch die Rohrwandung ab-

gekühlt, so dass weniger Strahlungswärme in die Wohnräume dringt und die Brandgefahr bedeutend herabgesetzt wird.
Bei schnellen, offenen Sportbooten wird in der Praxis - leider - oft auf einen schalldämpfenden Auspufftopf verzichtet. Man achte beim Starten auf das knallende Geräusch, das nach aussen dringt, noch ehe die Wassereinspritzung in Gang kommt. Sobald das Wasser hinzukommt, verwandelt sich das heftige Knallen in ein mehr oder weniger starkes Brummen. Nicht wenige Fahrer empfinden das gedämpfte Dröhnen am Heck als Visitenkarte, die den bewundernden Mitmenschen die Stärke der eingebauten Motorleistung erahnen lässt.
Bei offenen Sportbooten besteht die Gefahr des Wasserrücklaufs zum Motor. Manche Motorenfabriken liefern zur Vorbeugung hochgeführte Auspuffkrümmer mit, denn es entstand schon viel Schaden durch in die Zylinder eingedrungenes Wasser. Leider verbietet oft die Anordnung des Motors und die Fußbodenhöhe in der Plicht, einen Schalldämpfer genügend hochliegend einzubauen.
Wassereinspritzung zur Schalldämpfung des Auspuffgeräusches hat sich so vorzüglich bewährt, dass verschiedene Variationen die Möglichkeit bieten, die Dämpfung an die jeweiligen Betriebsbedingungen anzupassen. Einige bewährte Ausführungen werden im folgenden kurz beschrieben.

Normale Schalldämpfung, nasser Auspufftopf

Bei fast allen großen Booten steht der Hauptmotor so tief im Rumpf, dass sein Auspuffanschluss unterhalb der Wasserlinie des Bootes liegt. Die Auspuffleitung muss deshalb zunächst nach oben geführt werden, um einen Rücklauf des Wassers vom Heck zum Motor zu verhindern, vergleiche Abb. 220. Man verbindet diese Notwendigkeit am besten gleich mit der Anlage eines so genannten nassen Auspufftopfes, wie er in Abb. 221 gezeigt wird. Die vom Motor zum Schalldämpfer führende, kurze Auspuffleitung würde so heiß werden, dass sie nicht ungekühlt ausgeführt werden darf. Da sie nach oben geleitet werden muss, schafft man die Kühlung durch einen umgebenden Wassermantel. Dieses Steigrohr führt direkt zum Auspufftopf, und zwar muss es in dessen Inneren noch so gut wie möglich nach oben weitergeführt werden, damit auch beim stampfenden oder schlingernden Schiff

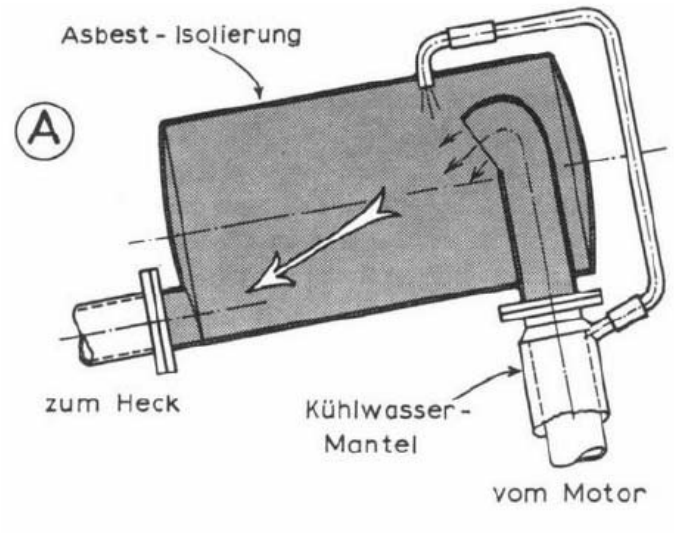


Abb. 221 Normaler, so genannter nasser Auspufftopf. In ihm vollzieht sich die wichtige Expansion der Auspuffgase, die sich gleichzeitig mit dem eingespritzten Kühlwasser vermischen. Es ist darauf zu achten, dass bei stillstehendem Motor kein Wasser zu den Auspuffventilen zurückströmen kann.

kein Wasserrücklauf zum Motor stattfindet. Der Rohranschluss kann selbstverständlich auch oben an der Außenseite des Schalldämpfers vorgenommen werden, je nach Lage der örtlichen Verhältnisse.
Kurz vor dem Auspufftopf wird das Kühlwasser des Rohrmantels abgeleitet und von oben in den Auspufftopf eingespritzt. Der Wassereintritt wird so angelegt, dass das Wasser unmittelbar in den vollen Strom der Auspuffgase gelangt, das es aber beim Abstellen des Motors nicht ins Auspuffsteigrohr hineinläuft. Im übrigen ist der Auspufftopf vollkommen leer, besitzt keinerlei Ablenkbleche, Lochbleche, geschlitzte Rohre oder schallschluckende Auskleidung. Die Verwirbelung von heißen Gasen und Wasser bei gleichzeitiger Expansion der Gase im Raum des Auspufftopfes sorgt für eine sehr wirksame Schalldämpfung, ohne das freie Abströmen der Gase zu hemmen. Gase und Wasser ziehen gemeinsam durch den niedrig liegenden Ablauf über das Hauptauspuffrohr nach achtern ab.

Auspufftopf mit Sprühregen-Schalldämpfung

Eine noch wirksamere Schalldämpfung erzielt man durch Anwendung eines Sprühregens anstelle der direkten Einspritzung von Wasser. Wie eine solche Variante aussieht, wird in Abb. 222 im Detail gezeigt. Diese Verbesserung empfiehlt sich vor allem bei den sehr lautstarken Auspuffgeräuschen einiger Zweitakt-Dieselmotoren, aber auch in allen denjenigen Fällen, wo man mit einem zu kleinen Expansionsvolumen des Auspufftopfes auskommen muss.
Die technische Ausführung ist gut zu erkennen. Ein aufgeschweißtes Halbrohr sorgt für die Verteilung des Wassers über den Bereich der Sprühbohrungen. Es sei jedoch hinzugefügt, dass die Querschnittsumme der Löcher für den Sprühregen um etwa 50 Prozent größer sein soll als der Querschnitt des zuführenden Wasserrohrs.
In beiden Fällen wird der Auspufftopf im Maschinenraum in der Nähe des Motors angebracht. Er erfüllt dort nämlich die nicht minder wichtige Aufgabe, für eine ständig nach achtern abfallende Auspuffleitung den nötigen hoch liegenden Anfang zu liefern. Da stets reichliche Wasserzuführung vorhanden ist, werden die Auspufftöpfe nicht besonders heiß. Im allgemeinen genügt es, sie durch eine 20 bis 30 mm dicke Asbestschicht zu isolieren.

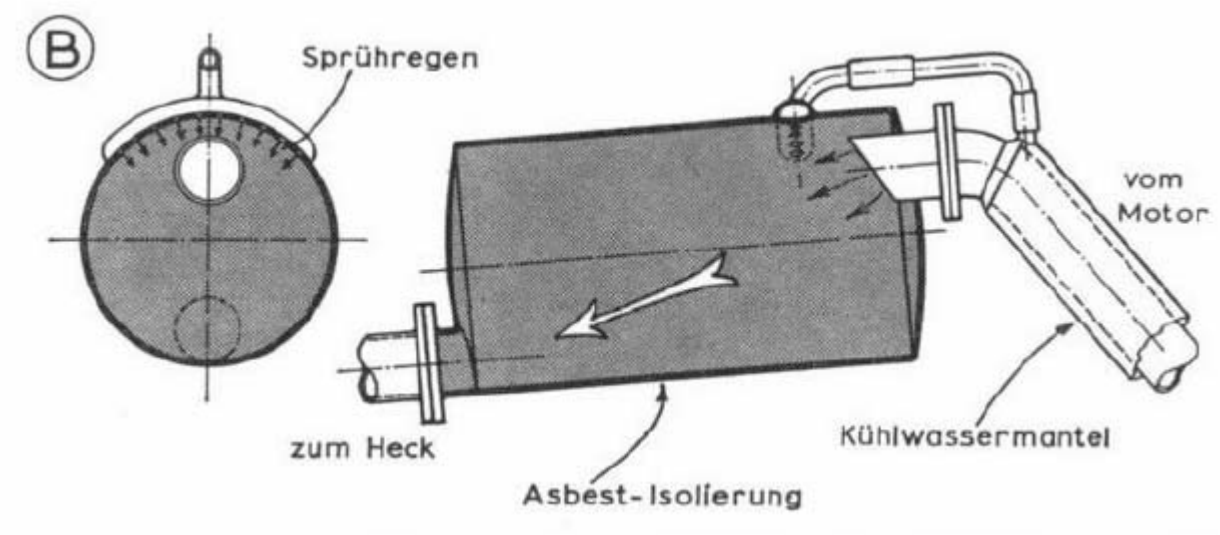


Abb. 222 Auspufftopf mit Sprühregen-Schalldämpfung. Die hervorragende Verwirbelung der Gase mit dem eingespritzten Kühlwasser erzeugt eine geradezu optimale Schalldämpfung.

Geht der Auspuff nicht nass und mit Gefälle nach achtern, sondern wird trocken nach oben geleitet, dann ist es schon schwieriger, eine gute Schalldämpfung zu erreichen. Auf jeden Fall muss dann der Auspufftopf durch einen gänzlich umschließenden Wassermantel gekühlt werden. In seinem Inneren bringt man dann alle jene Ablenkbleche, auch Schallschluckmaterial an, die bei trockenem Auspuff im Fahrzeugbau angewandt werden. Eines Tages legte vor unserer Werft eine fast neue 16 m lange Motoryacht an. Der Eigner, ein älterer, etwas nervöser Herr, erklärte, dass er mit seiner Yacht im ganzen zufrieden sei, nur sei es der Bauwerft nicht gelungen, das Auspuffgeräusch so weit herunterzudämpfen, dass es nicht mehr stört. Zwar sei auf seinen ausdrücklichen Wunsch nachträglich noch ein zweiter Schalldämpfer im Heck eingebaut worden, der Erfolg sei jedoch hinter den Erwartungen zurückgeblieben. Er hoffte, dass wir die Geräuschdämpfung der Anlage untersuchten und, falls möglich, gleich eine wirksame Ver-besserung ausführten. Es handelte sich hier um ein schwieriges Problem, da die Yacht mit einem starken Zweitakt-Dieselmotor ausgerüstet worden war, dessen Auspuffgeräusch allseitig ge-fürchtet wurde. In allen Fällen verlangte die Fabrik einen besonders großen Querschnitt der Auspuffleitung, um eventuellen Gegendruck so niedrig wie möglich zu halten. Es waren also gleich zwei negative Voraussetzungen zu bekämpfen.

Zunächst wurden die beiden vorhandenen Auspufftöpfe ausgebaut und untersucht. Sowohl der erste, dicht am Motor angebrachte, wie auch der zweite im Heck besaß im Inneren eine Anzahl von Umlenkblechen, ferner je ein durchlochtes Auspuff-Eintrittsrohr mit zu geschweißtem Enddeckel. Darüber hinaus war die übliche Einspritzung des Kühlwassers vorhanden, wie sie bei Motorkreuzern gewöhnlich ausgeführt wird. Das Auspuffgeräusch war dementsprechend auch nicht besonders störend, doch handelte es sich hier um den Sonderwunsch nach einem wirklich sehr leisen Auspuff.

Da die äußeren Abmessungen der vorhandenen Auspufftöpfe angemessen erschienen, wurden diese beibehalten. Sämtliche Dämmbleche und Lochrohre wurden ausgebaut, so dass jeder der beiden Auspufftöpfe nur noch als leere Expansionskammer wirkte. Nunmehr wurde statt der direkten Wassereinspritzung das System des Sprühregens angewandt. Dieses war am vorderen Auspufftopf sehr leicht ausführbar; doch woher sollte das Wasser für den zweiten Auspufftopf genommen werden, weit achtern am Spiegel gelegen? Um keine sehr lange Wasserrohrleitung einbauen zu müssen oder gar eine gesonderte Wasserpumpe achtern vorzusehen, wurde versuchsweise eine Ausführung nach Abb. 223 ein-

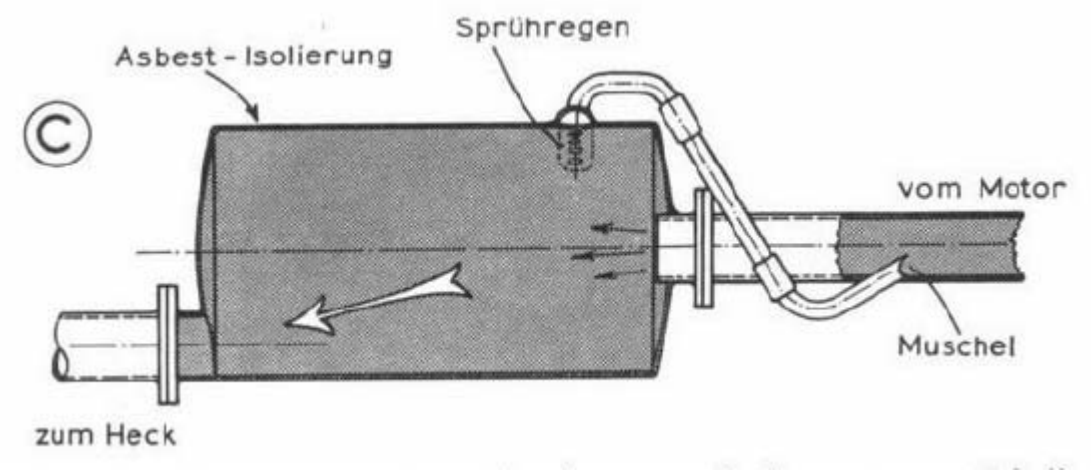


Abb. 223 Zusätzlicher Auspufftopf am Heck für extreme Schalldämpfung. hier wird erneut ein Sprühregen geschaffen, indem das nach achtern fließende Wasser durch eine Muschel im Auspuffrohr aufgefangen und wieder oben in den Auspufftopf geführt wird. Diese Anlage hat sich bereits bestem bewährt.

gebaut. In das vorhandene Auspuffrohr wurde unten eine kleine Auffangmuschel eingeschweißt, die zu einem außen angesetzten Wasserrohr führte, Dieses wurde dazu verwandt, einen zweiten Sprühregen im achteren Auspufftopf zu speisen. Dazu ließen wir uns von der Hoffnung leiten, dass das schnell am Boden des langen Auspufftopfes dahin schießende Wasser von selbst nach oben strömen würde, ferner, dass es dort auch noch ein Mindestmass von Druck habe, um den Sprühregen auszubilden.
Wir waren gespannt, ob diese technische Spekulation Erfolg haben würde. Sie hatte! Als das Schiff wieder zu Wasser kam und der Motor in Gang gesetzt wurde, stellte sich ein geradezu verblüffender Erfolg ein. Das Auspuffgeräusch hatte sich so stark verringert, dass nicht einmal mehr ein f-f-f-f-f-f zu hören war, sondern vielleicht eben noch ein gehauchtes h-h-h-h-h-h.
Man hörte eigentlich nur das Plätschern des heraus fallenden Kühlwassers. Keine Art von Schalldämpfung verbindet eine so grosse Wirksamkeit mit einem so geringen Gegendruck wie die Vermischung der Auspuffgase mit dem Kühlwasser des Motors. Dass der Gegendruck auch in diesem Falle nachgelassen hatte, nachdem die Lochrohre und Dämmbleche ausgebaut worden waren, konnte deutlich an einer kleinen Erhöhung der Drehzahl des Motors abgelesen werden. Das heißt, außer optimaler Schalldämpfung ergab sich noch ein kleiner Gewinn an Geschwindigkeit.
Es gibt aber noch eine vereinfachte Ausführung, die wir oft anwandten, wenn eine so weitgehende Schalldämpfung nicht angestrebt wurde. Wirft man einen Blick auf die bereits vorher gebrachte Abb. 220, so erkennt man, dass kurz vor dem Heck ein zweiter, kleinerer Auspufftopf eingebaut wurde. Hier wurde gänzlich auf die etwas kostspielige Auffang-vorrichtung und Wasserumleitung verzichtet. Stattdessen wird das vom Motor kommende Rohr innerhalb des Schalldämpfers zu einer ovalen Austrittsöffnung abgeflacht. Dadurch ähnelt es den Auspuff-Endstücken, wie man sie an Motorrädern findet. Innerhalb des kleinen Auspufftopfes wurde die untere flache Austrittskante etwas nach oben abgebogen, man könnte sagen löffelartig, um eine erneute Verwirbelung des unten strömenden Kühlwassers mit den Gasen zu erreichen. Auch diese Schalldämpfung hat sich bewährt, sie reicht jedoch nicht an den Effekt des zweiten Sprühregen-Schalldämpfers heran.

Wasserfalle zur Schalldämpfung

Es gibt eine noch einfachere Möglichkeit, die schalldämpfende Wirkung des Kühlwassers weit achtern im Auspuffrohr erneut anzuregen. Dabei wird auf jede Expansionskammer verzichtet, weshalb sie den Namen Wasserfalle bekam. Wie immer wird vorausgesetzt, dass nach Verlauf einer gewissen Rohrlänge der größte Teil des eingespritzten Kühlwassers glatt am Boden des Rohres dahinströmt. Ziemlich weit achtern wird unten in das Auspuffrohr ein Schnitt hineingesägt, und zwar unter einem Winkel von 45 Grad nach achtern zeigend und nur ¼ der Höhe bzw. des Durchmessers des Rohres erfassend. Dort wird ein passendes Blechstück eingeschweißt, die eigentliche Wasserfalle. Sie erzeugt zwar eine Querschnittsverengung von knapp 20 Prozent, doch erfasst sie die gesamte unten fließende Wassermasse. Diese wird in die Höhe geschleudert und vermischt sich erneut mit den Auspuffgasen.
Auch hier reicht der Effekt nicht an denjenigen eines wohlproportionierten Schalldämpfers heran. Er ist jedoch beträchtlich, wenn man ihn mit dem Geräusch eines glatten Rohres vergleicht. Man kann die Querschnittsverengung vollkommen vermeiden, indem das Rohr

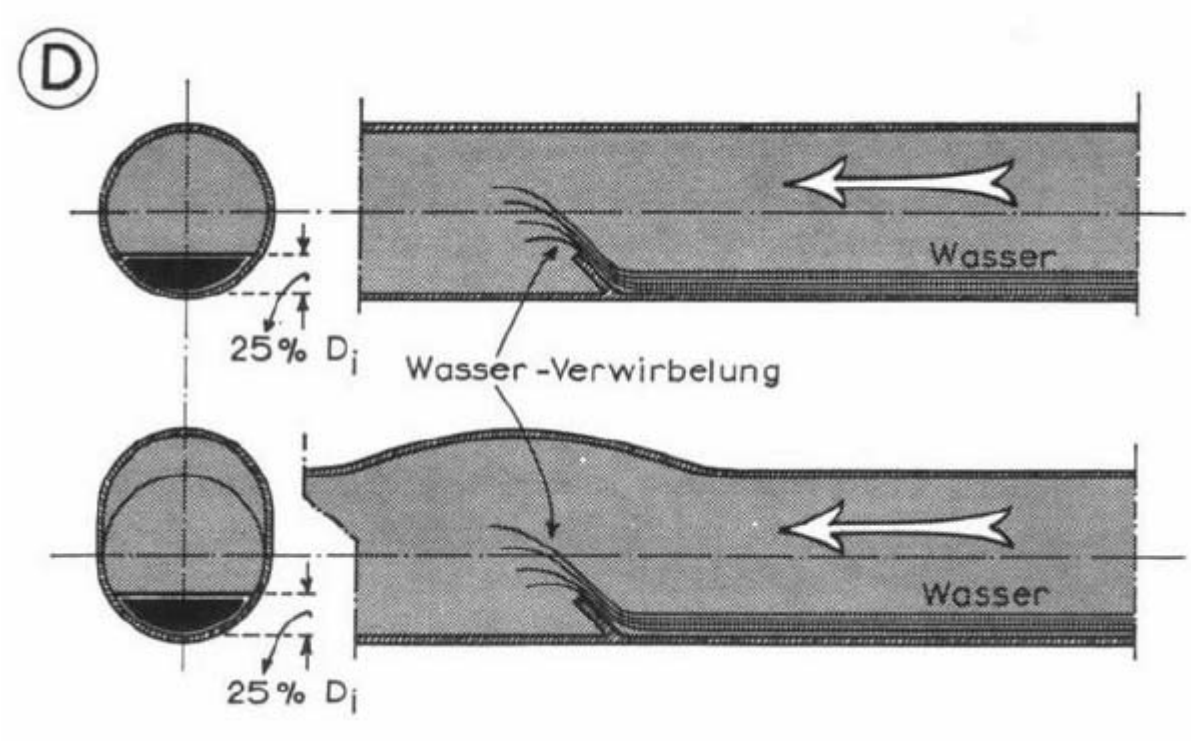


Abb. 224 Schalldämpfende Verwirbelung durch eine so genannte Wasserfalle. Das am Boden des Rohres fließende Wasser wird durch die schräge Artstellfläche erneut unter die Gase gemischt, wodurch auf einfachste Art eine zusätzliche .Schalldämpfung nahe des Hecks erreicht wird.

oben aufgeschnitten und mit einer gewölbten Schale überdeckt wird, siehe untere Ausführung in derselben Zeichnung.

Der Unterwasser-Auspuff

Zur Zeit der *Bootleggers*, Alkoholschmuggler an der Ostküste der Vereinigten Staaten, wurde oft eine sinnreiche und zugleich sehr einfache Auspuffkombination ausgeführt. In normaler Fahrt ging der Auspuff wie üblich ins Freie. Kam man in gefährliche Gewässer, so wurde außen am Spiegel ein Rohrstück mit Krümmer angehängt, das den Auspuff übernahm und unter Wasser leitete, wo die Gase geräuschlos abgingen.
Es gibt heute mehrere Arten von Rohransätzen, die gegen den Spiegel geschraubt den Auspuff unter Wasser leiten. Bei Schnellbooten der Marine, aber auch in vielen anderen Fällen wurde der Auspuff oft seitlich dicht über Wasser nach außenbords geführt, wo eine überdeckende Muschel ihn bis unter die Wasseroberfläche leitete. In allen Fällen muss das Verhalten in Rückwärtsfahrt untersucht werden. Zwar wird nur selten das Wasser gegen den Druck der Auspuffgase hineinströmen können. Es liegt aber stets im Bereich des Möglichen, dass ein Motor nach Aufnahme der Rückwärtsfahrt abgestellt wird oder von selbst stehen bleibt. Ob er dann voll Wasser gepumpt wird, hängt von den Details der Ausführung ab. Auspuffanlagen funktionieren am zuverlässigsten in der klassischen Ausführung mit wassergekühlter Rohrleitung zum Heck, hochliegendem Auspufftopf in der Nähe des Motors und Schalldämpfung durch Verwirbelung mit dem Kühlwasser.
Es ist allein Angelegenheit der Bauwerft, eine wirksame und betriebssichere Auspuffanlage einzubauen. Sie wurde hier etwas ausführlicher behandelt, weil es über dieses so wichtige Gebiet und seine spezifischen Anwendungen auf Booten offenbar keinerlei Literatur gibt. Die Wasserdämpfung des Auspuffgeräusches wirkt so vorzüglich, dass sie selbst bei luftgekühlten Motoren angewandt werden sollte. Zu diesem Zweck muss zwar eigens eine

kleine Wasserpumpe an den Motor angeschlossenen werden, doch ist der Gewinn an Schalldämpfung und Kühlung so groß, dass dies keineswegs als Nachteil ins Gewicht fällt. Dasselbe gilt für diejenigen Motoren mit indirekter Süßwasserkühlung, bei denen die Rückkühlung durch eine Rohrschlange außenbords erreicht wird. Da im letzten Falle kein Kühlwasser in den Auspuff eingespritzt werden kann, sollte man nicht die Mühe scheuen, eine kleine rotierende Pumpe eigens zu diesem Zweck anbauen.

Elastische Lagerung von Motor und Wellenleitung

Sind Geräusche erst einmal vorhanden, so bemüht man sich, ihre Ausbreitung und Übertragung so gut wie möglich zu verhindern. Dies wird unter dem Sammelbegriff der passiven Geräusch-bekämpfung verstanden. Sie umfasst zwei grundsätzlich verschiedene Bekämpfungstechniken, nämlich das Eindämmen des Körperschalls und die Abdämpfung des Luftschalls.
Die passive Geräuschbekämpfung bedient sich vor allem zweier Mittel, um die Ausbreitung der vorhandenen Geräusche weitgehend zu bekämpfen: elastische Lagerung der Geräuscherzeuger, damit so wenig wie möglich Körperschall übertragen wird, und Isolierung,

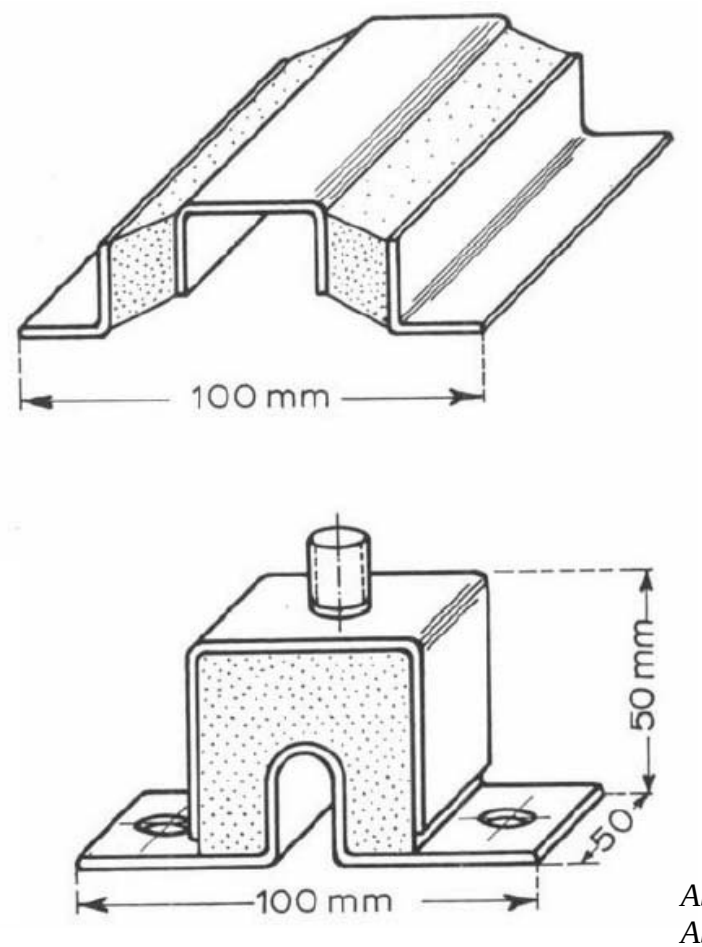


Abb. 22 Es gabt zahlreiche Formen und Abarten von Schwingmetall-Elementen. Die obere kommt in Stabform und wird je nach Belastung auf Länge zugeschnitten. Die untere zeigt einen Fahrzeug-Schwingmetallbock, der sich auch beim Einbau von Bootsmotoren bewährte.

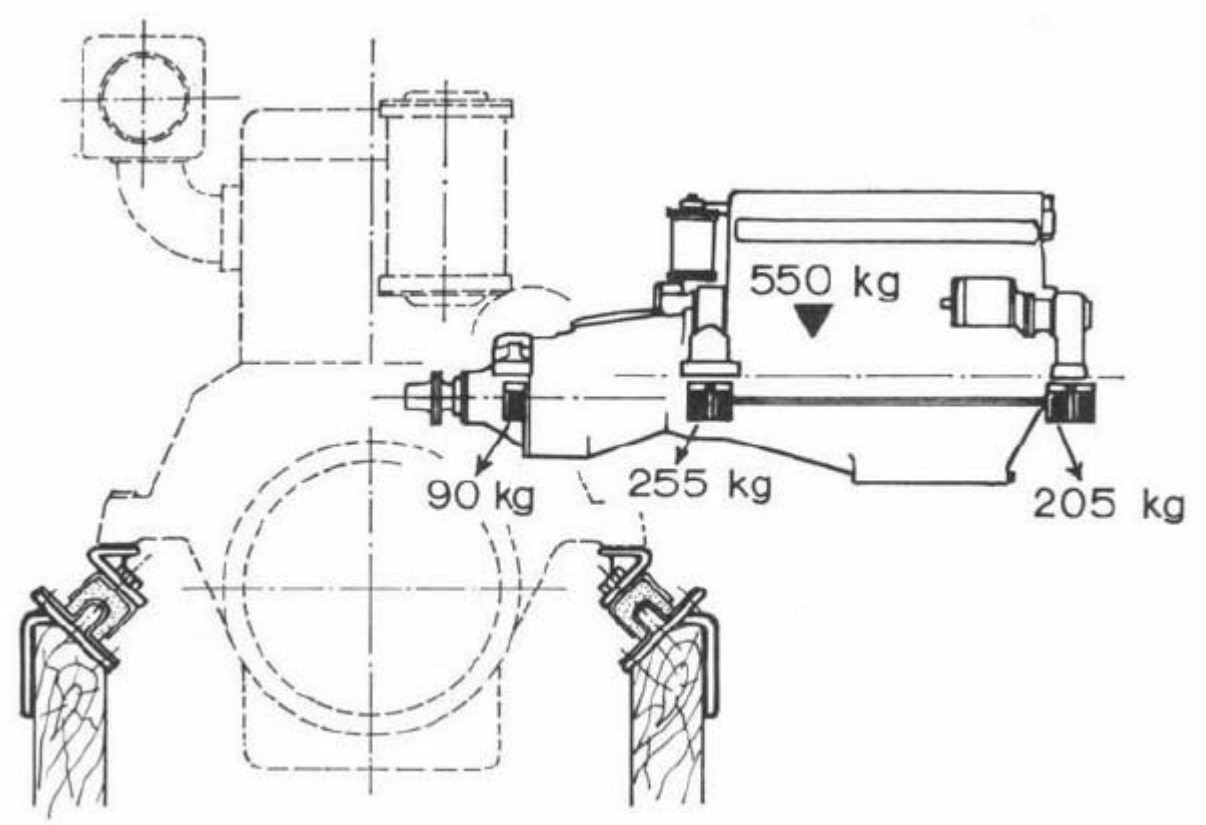


Abb. 226 Elastische Lagerung eines Bootsmotors mit Verwendung des Schwingmetallblocks aus der vorhergehenden Abbildung. Links: Motorquerschnitt mit schräger Lagerung, Rechts: Anordnung von je 5 Schwingmetallelementen auf jeder Motorseite mit Angabe der Belastung.

damit der Luftschall so gut wie möglich von den Umfassungswänden sowie von den Innenräumen des Schiffes ferngehalten wird.
Die richtige Auswahl der Bauelemente zur elastischen Lagerung eines Verbrennungsmotors geht von der Schwingungsfrequenz aus, die von der Drehzahl des Motors und den dabei stattfindenden Einzelgeräuschen abhängt. Die Eigenschwingung der elastischen Lagerung wird so abgestimmt, dass sie die Motorenschwingungen schluckt, ohne sie weiterzugeben. Viele Motorenfabriken liefern ihre Motoren bereits mit einer elastischen Lagerung. Dabei werden gelegentlich Bauelemente verwandt, die bei weitem zu starr sind und deshalb zuviel Geräusch und Vibrationen weiterleiten. Es gibt zahllose Abarten in der Ausführung solcher elastischen Lagerungen, Schwingmetall genannt, wie sie besonders im Fahrzeugbau angewandt werden. In der Zeichnung, Abb. 225, wurden zwei solche Bauelemente dargestellt. Das obere Bild zeigt einen Schwingmetallstab, der je nach Belastung des zu tragenden Motorfußes auf Länge abgeschnitten wird. Der darunter gezeigte Schwingmetallblock wurde zur Lagerung des Motors des in Argentinien hergestellten zivilen Jeeps verwandt. Der Vierzylindermotor des Jeeps nebst Wechselgetriebe hat ein Gesamtgewicht von 225 kg, das von vier gleichen Schwingmetallblöcken getragen wird. Wie dieselben Teile zur Lagerung eines Bootsmotors verwandt wurden, ist in Abb. 226 zu sehen. Das Gesamtgewicht des Bootsmotors betrug 550 kg, so dass rechnerisch 9,8 Schwingmetallblöcke benötigt würden, um dasselbe Verhältnis wie beim Motor des Jeeps herzustellen. Der Bootsmotor besaß auf jeder Seite drei Lagerpratzen. Eine Untersuchung der Einzelbelastung führte dazu, am vorderen und mittleren Motorenfuß je 2 Schwingmetallblöcke anzubringen, am hinteren dagegen nur einen auf jeder Seite, insgesamt also 10 solcher Lagerungen. Sie wurden unter einem Winkel von 45 Grad eingebaut, um sie in Richtung des Motorenschwerpunktes zu orientieren.

Diese elastische Lagerung eines Bootsmotors hat sich im Betrieb vorzüglich bewährt, insbesondere, da noch weitere Maßnahmen getroffen wurden, die weiter unten erklärt werden.
Beim Anbau von Fahrzeug-Schwingungsdämpfern braucht man sich im Boot nicht peinlich an eine Gleichheit der gewichtsmäßigen Belastung zu halten. Das Fahrzeug fährt auf holprigen Straßen, wodurch eine Stoßbelastung auf die Schwingelemente kommt, die im Boot niemals auftritt.
Es genügt jedoch nicht, den Antriebsmotor auf seinen Füßen elastisch zu lagern, denn die Schwingungen werden auch durch weitere Anschlüsse wie Auspuffrohr und Wellenleitung auf den Bootskörper übertragen. Ferner gehören auch die Kühlwasser- und Brennstoffleitungen dazu sowie eventuelles Gestänge zur Betätigung des Wendegetriebes u. a. m. Werden Sonderelemente vom Motor aus angetrieben, so sollten diese möglichst direkt auf den Motor montiert werden. Leider ist dieses nicht oft möglich, und so verwendet man einen Gummi-Keilriemenantrieb von genügender Länge, so dass die vorhandenen Schwingungen vom Keilriemen absorbiert werden.
Die elastische Lagerung der Welle wird aus übertriebener Vorsicht oft missverstanden. Es ist fast niemals nötig, eine elastische Kupplung zwischenzuschalten, die wiederum ein besonderes Drucklager erfordert. Dies dürfte nur bei sehr großen Wellendurchmessern und sehr kurzen Wellenleitungen nötig sein. Die meisten Bootsinstallationen dagegen erlauben eine erheblich einfachere, wirksamere und sicherere Anlage, bei der auch der Einbau eines gesonderten Drucklagers entfällt. Sie bietet trotzdem alle benötigte Elastizität, um die Übertragung von Motorschwingungen, zu unterbinden.
Eine solche Anlage wird in Abb. 227 gezeigt. Sie hat sich so gut bewährt, dass sie neuerdings sogar auf Fischkuttern zur Anwendung kommt, obwohl bei diesen schwere Wellenanlagen eingebaut werden. Um so mehr ist sie auf Motorbooten und Motoryachten angebracht, da deren längere Wellen von geringem Durchmesser und hochwertigem Material bereits in sich ein Maß von Elastizität mitbringen. Hinzu kommt, dass moderne Motoren einen so ausgeglichenen Lauf haben, dass die Ausschläge nicht sichtbar und kaum messbar sind. Nur beim Starten tritt sekundenweise ein größeres Ausschlagen auf. Das Prinzip der elastischen Wellenlagerung besteht darin, jeden metallischen Kontakt zwischen der Welle und dem Schiffskörper auszuschalten. Ebenso wie der Motor auf Gum-

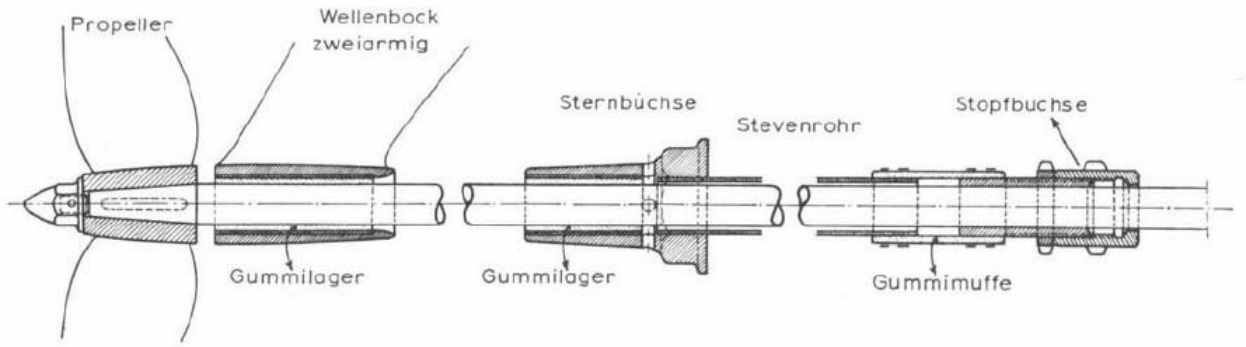


Abb. 227 Details einer elastischen Wellenlagerung. Rechts die schwebende Lagerung der Stopfbuchse durch eine Gummimuffe, so dass sie mit Motor und Welle mitschwingen kann. Mitte. Gummilager in der Sternbuchse. Links: Gummilager im zweiarmigen Wellenbock.

mifüßen ruht, wird auch das Gewicht der Welle durch Gummiteile auf den Bootskörper übertragen. Die Stopfbuchse wird dabei durch eine Gummimuffe getragen, die Sternbuchse bekommt ein Gummilager, und ein weiteres Gummilager befindet sich direkt vor dem Propeller im Wellenbock. Die Schwingungen des Motors, auf und nieder oder seitlich, werden einesteils von der Elastizität der Welle selbst aufgenommen, andernteils von der elastischen Lagerung der Welle.
Ein leicht übersehener Punkt liegt im elastischen Anschluss des Auspuffrohrs. Ein massives, metallisches Rohr des benötigten Durchmessers besitzt keine ausreichende Elastizität, um die Motorschwingungen zu schlucken. Anstelle dessen wird ein Stück verstärkten Gummirohres zwischengeschaltet, und zwar parallel zur Lage des Motors, damit dessen Schwingungen nicht in Längsrichtung am Gummirohr zerren.
Stets wird befürchtet, dass das Gummirohr von den heißen Auspuffgasen rasch zerstört wird. Wenn möglich, sollte das Gummistück hinter der Stelle eingesetzt werden, wo das Wasser in den Auspuff eingespritzt wird. Leider ist dieses nicht oft möglich, da man ja der Gefahr des Wasserrücklaufs zum Motor ausweichen muss. Doch selbst ein trockener, heißer Auspuff wird vom Gummirohr über lange Zeit vertragen, sofern man dafür sorgt, dass ein kurzes Kühlstück mit Wassermantel vorhanden ist, bevor die Gase in den Bereich des Gummirohres gelangen. Der lichte Durchmesser des Gummirohres ist außerdem um das Maß der Wandstärke des Auspuffrohres größer; so hat sich tatsächlich eine lange Lebensdauer des Gummi-Rohrstücks bestätigt.

Das Ladeaggregat

Zur Stromerzeugung an Bord größerer Motorkreuzer wird gewöhnlich ein Ladeaggregat verwandt, dessen Leistung nur $^1/_{20}$ bis $^1/_{50}$ derjenigen des Hauptmotors ausmacht. Daraus könnte man schließen, dass solche Aggregate nur unbedeutende Belästigungen durch Geräusch und Vibrationen erzeugen, doch in Wirklichkeit liegt es genau umgekehrt: Off erzeugt das kleine Ladeaggregat mehr Belästigung als der Hauptmotor. Die auftretenden Vibrationen fallen mitunter so stark aus, dass sie sogar sichtbar sind. Man beobachte außenbords am Schiffskörper die Stelle, an welcher innen das Lichtaggregat arbeitet. Die Erschütterungen werden dort augenfällig aufs Wasser übertragen, und Spritzer werden nicht selten 10 bis 20 cm weit geschleudert.
Als Ursache dieses bedauerlichen Verhaltens treffen mehrere Umstände zusammen:

a) Ein- oder Zweizylindermotoren, die nicht gut ausbalanciert sind,

b) Mangelhafte Fundamente, die mit der Bodenkonstruktion nicht zuverlässig und solide verbunden sind.

c) Nachlässige Behandlung beim Einbau dieses *kleinen Dings*, ohne elastische Lagerung, ohne wirksame Schalldämpfung.

Damit wurden auch bereits die Maßnahmen zur Minderung von Geräusch und Vibrationen genannt. Sollte der Generator durch einen luftgekühlten Motor angetrieben werden oder einen solchen mit Süßwasserkühlungs-Kreislauf, so empfiehlt sich, eine Wasserpumpe extra anzuschließen, nur um den Auspuff zu kühlen und seinen Schall zu dämpfen. Ein normaler Auspufftopf mit Wassereinspritzung und nicht allzu kurzer Auspuffleitung tut Wunder! Auf keinen Fall leite man den Auspuff des Ladeaggregats in die vorhandene Auspuffleitung eines Hauptmotors.

Bei der elastischen Lagerung ist darauf zu achten, dass die darunter angeordneten Fundamente zuverlässig mit der Bodenkonstruktion des Schiffes verbunden sind. Jede Verbindung zu einer vorderen oder achteten Motorraum-Schottwand soll unbedingt vermieden werden.

Geräuschbekämpfung durch Isolierung

Bis heute ist es den Maßnahmen zur aktiven Geräuschbekämpfung nicht gelungen, die Entstehung der Geräusche zu verhindern, die vorn laufenden Motor und von der Wellenleitung ausgehen, ganz zu schweigen vom Dieselaggregat. Da die Geräusche nun einmal vorhanden sind, muss man ihre Ausbreitung so gut wie möglich unterbinden. Zu diesem Zweck bedient man sich der Isoliermaterialien, und zwar fällt diesen die Aufgabe zu, den Luftschall zu schlucken. Aber auch der Körperschall wird bekämpft, indem man eine so genannte Entdröhnungsschicht auf den Schotten, den Decks über Motorräumen, ja sogar auf der Innenseite der Außenhaut anbringt.
Die Bekämpfung der Schallausbreitung lässt sich durch folgende Fragestellung einleiten: Wie muss eine Wand, also ein Schott oder eine Decke über der Geräuschquelle beschaffen sein, damit möglichst kein Schalldurchgang stattfindet? Leider erreicht man den besten Schallwiderstand nur durch Anwendung von schwerem Material, was an Bord schneller Boote unerwünscht ist. Neuerdings sind Isolierfolien aus Kunststoff entwickelt worden, die als so genannte biegeweiche Schwerschicht gute Schalldämmungseigenschaften aufweisen, obwohl ihre Stärke nur 3 mm beträgt.
Könnte man den oder die Hauptmotoren sowie das Ladeaggregat durch jeweils einen eigenen, schallisolierten Kasten umschließen, so wäre mit besonders guten Erfolgen zu rechnen. An Binnenfahrgastschiffen sind solche isolierten Einzelgehäuse tatsächlich ausgeführt worden, Auf Yachten sind die Maschinenräume gewöhnlich zu eng, um eine derartige Ausführung empfehlen zu können. Schließlich ist auch die rasche Zugänglichkeit zu den Motoren von großer Wichtigkeit.
So betrachtet man den gesamten Maschinenraum als Kasten, dessen Wände mit so genannten Schallschluckstoffen so gut wie möglich zu isolieren sind. Unter dieser Bezeichnung versteht man Faserstoffe, in welche die ankommende Luftwelle zwar eindringen kann, dabei jedoch durch Reibung innerhalb der Poren einen möglichst großen Anteil ihrer Schallenergie abgibt. Diese setzt sich in Wärme um, die quantitativ aber so gering ist, dass sie nicht merkbar in Erscheinung tritt.
Bei den Schallschluckstoffen unterscheidet man verschiedene Dichtegrade oder Pressungen. Als Ausgangsmaterial haben sich vor allem nichtbrennbare Stoffe wie Glaswolle und Steinwolle bewährt. Die Isolierschicht wird zum Schutz gegen äußere Beschädigung wiederum mit perforierten Platten abgedeckt, die einen möglichst großen Lochflächenanteil haben müssen. Dieser soll nicht weniger als 30 Prozent betragen. Wo die Gefahr der mechanischen Be-schädigung gering ist, kann man vorteilhaft den so genannten Fliegen- oder Moskitodraht verwenden.
Bei der Anwendung von Isolierplatten erzielt man eine bedeutende Verbesserung, wenn

zwischen diesen und der zu isolierenden Wand eine Luftschicht besteht. Im Idealfall sollten die Faserstoffplatten nicht einmal auf Leisten aufgeschraubt werden, um jede steife Verbindung zur dahinterliegenden Wand zu vermeiden. An deren Stelle werden freischwingende Gummihalterungen angewandt, die auch keine durchgehenden Schrauben erhalten dürfen. Solche Gummiverbindungen erkennt man im linken und rechten Querschnitt der Isolierungszeichnung, Abb. 228. Im übrigen erklären sich die Details der Isolierung von selbst. Nur zur so genannten Entdröhnungsschicht seien noch einige Worte gesagt. Stahlbootkörper und Stahlschotten übertragen den Körperschall in stärkerem Maße als Holzbootkörper oder Holzwände. Von Metallplatten werden die Schallwellen in einer Form weitergegeben, die man Dröhnen nennt, daher der Name Entdröhnungsschicht. Doch sind auch Holzbauelemente keineswegs frei von dieser Eigenschaft.

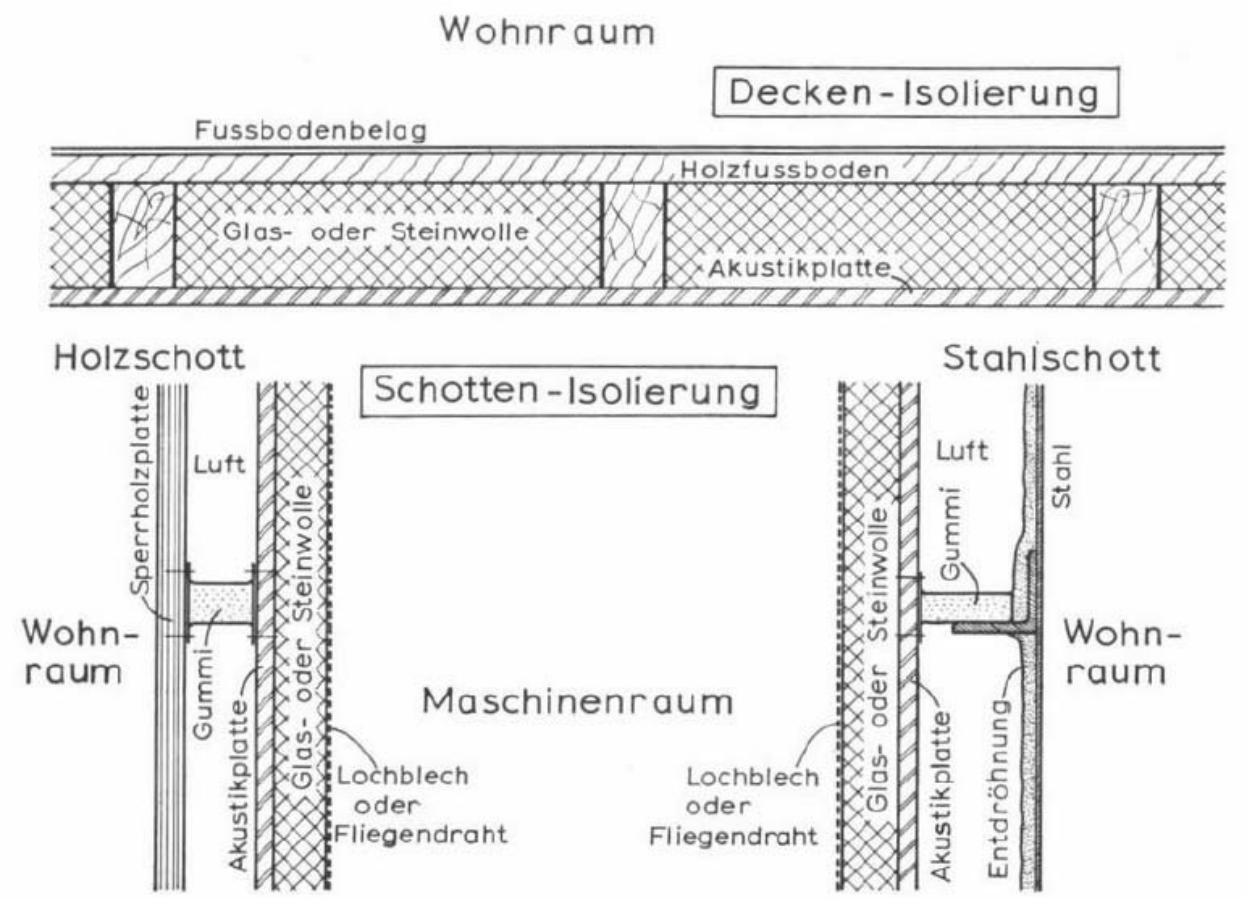


Abb. 228 Geräuschbekämpfung durch Isolierung. Links: Isolierung eines Holzschottes im Maschinenraum. Rechts: Isolierung eines Stahlschottes mit zusätzlicher Entdröhnungsschicht. Oben: Deckenisolierung über dem Motorraum, wie sie gewöhnlich auf Motorkreuzern ausgeführt wird.

Zur Bekämpfung der dröhnenden Geräusche wurde ein Belag entwickelt, der direkt auf die gefährdeten Wände aufgespritzt wird und dort die Entdröhnung bewirkt. Man verwendet dazu eine Kunststoffmasse, die mit Vermicoulit, einer Glimmerart, angereichert ist. Bei der Kunststoffmasse zielt man auf hohe innere Reibung, da diese als Schwingungsdämpfung wirkt. Der Vermicoulitzusatz erhöht den Elastizitätsmodul der Masse und sorgt für eine bessere Anpassung an das dröhnende Metall. Für eine wirtschaftliche Aus-

führung verwendet man eine solche Stärke der Entdröhnungsschicht, dass deren Gewicht rund 20 Prozent des Gewichts der zu bedeckenden Metallfläche ausmacht.
In derselben Zeichnung wurde die Deckenisolierung so dargestellt, wie sie in der Praxis im allgemeinen ausgeführt wird. Oft ruhen Holzfußböden auf hölzernen Querbalken. Dann wird der Zwischenraum mit Glas- oder Steinwolle ausgefüllt und unten mit einer Akustikplatte abgedeckt. Diese Art der Deckenisolierung ist zwar nicht so wirksam, als wenn sie frei von der direkten Verbindung zu den Balken durch Gummihalterungen schwebend getragen würde. Es sprechen jedoch viele Argumente von der praktischen Seite zugunsten der gezeigten Ausführung.
Bei jedem Versuch, auf normalen Motorkreuzern eine gute Schallisolierung einzubauen, stößt man auf bedeutende Schwierigkeiten. Man betrachte einmal das Achterschott im Motorenraum, gleich, ob ein kleineres Boot einen 50 PS leistenden Benzinmotor besitzt oder ob es sich um eine große Motoryacht handelt, die von zwei Dieselmotoren mit je 500 P5 Leistung angetrieben wird. Auf diesem Achterschott müssen zahlreiche Dinge montiert werden, die zum Betrieb der Anlage und zur Einrichtung des Maschinenraums gehören. Zunächst werden Auspuffrohre und Wellenleitungen durch dieses Schott geführt. Oft werden Auspuff-Schalldämpfer und Batteriekästen gegen dieses Schott abgestützt. Dann findet man dort ein ganzes Gewirr von elektrischen Kabeln, von Motorenkontrollgestänge, Instrumentenantrieben und dergleichen, einschließlich der Ruderleitung, die oft mit zwei Steuerständen zu kombinieren ist.
Es erscheint geradezu hoffnungslos, alle diese Betriebselemente mit einer schwebend angebrachten Isolierung vereinigen zu wollen. Weder kann man empfehlen, die Isolierschicht zuerst anzubringen und die Betriebselemente auf dieser zu montieren, noch kann man umgekehrt diese Elemente auf die Original-Schottwand schrauben und erst danach die Isolierung darüber anbringen. Gerade im letzten Falle sind gewöhnlich bis zu 50 Prozent und mehr des Schotts nicht mehr zugänglich. Außerdem wäre es peinlich und zeitraubend, bei jeder Inspektion oder Reparatur erst die Isolierschicht losschrauben zu müssen.
Ist der Maschinenraum nicht zu knapp bemessen, so sollte man zunächst die normale Schottwand gut isolieren. Dann wird in kurzem Abstand vor dieser nur ein Traggerüst oder ein teilweises Tragschott aufgestellt, auf dem die gesamten Betriebselemente montiert werden, ohne die Isolierung zu stören. Dort bleiben die Installationen für alle Zeiten gut zugänglich. Nur die Durchführung von Welle, Auspuffrohren und einigem Gestänge bereitet weitere Sorgen.
Was auch immer zur Schallisolierung unternommen wird, trägt zum Wohlbefinden an Bord bei. So sei abschließend eine kurze Angabe über Lautstärken gegeben, wie sie in technischen Abhandlungen vorkommen und in Testberichten erwähnt werden. Lautstärke wird in Dezibel oder Phon gemessen. Dabei versteht man unter 0 Debizel den Moment, bei dem ein Normalton von der Frequenz = 1000 Hertz gerade eben unhörbar wird. Er stellt also die untere Hörschwelle dar, Am lautstarken Ende steht die Bezeichnung 130 Dezibel. Sie entspricht einem so gewaltigen Geräusch, dass nur noch Schmerz empfunden wird, und wird deshalb die Schmerzschwelle genannt. Auf heutigen Teenager-Vergnügen findet man lautstarke Musik, die den Saal mit über 100 Dezibel anfüllt. Direkt vor der Kapelle wurden sogar schon 120 Dezibel gemessen. Ein normaler Besucher dagegen wird schon von einer Lautstärke um 90 Dezibel verärgert. Für die Beurteilung des Wohlbefindens an Bord sind folgende Angaben nützlich.

unter 65:	angenehm ruhige Räume (Schlafkabinen)
70:	Unterhaltung verläuft angenehm, geeignet für Tagesaufenthalt in Deckshaus und Steuerstand
bis 80:	ist Unterhaltung ohne Anstrengung möglich
70 bis 95:	Bereich normaler Verkehrsgeräusche
85 bis 95:	zulässig in Diesellok- Führerständen
95 bis 120:	bei langer Einwirkung kann Schwerhörigkeit entstehen
über 120:	treten beim Lufthammernieten und an Flugzeug-Düsentriebwerken auf und wirken immer schädigend

Es werden kaum noch Motorboote mit Kabine gebaut, bei denen nicht irgendeine Art von Geräuschisolierung angewandt wird. Eine wirksame Schallisolierung erfordert umfangreiche Maßnahmen, ist kostspielig und wirkt leider auch verzögernd auf die Bauzeit. Sie sollte deshalb bei der Bestellung nicht als kostenlose Zugabe erwartet werden, wozu man sich nur zu leicht verführen lässt, weil ja die Isoliermaterialien als solche nicht teuer sind. Die Baukomplikation ist jedoch beträchtlich und verursacht einen Mehraufwand an Ar-beitslohn, Überlegung und Überwachung. Wenn ein Bauherr bereit ist, diese Umstände anzuerkennen, so wird er an Bord auch *ruhig schlafen können*.

Literatur- Nachweis

In deutscher Sprache:

Curt W. Eichler	Vom Bug zum Heck
Curt W. Eichler	Yacht- und Bootsbau, Band 1 und 2
Flücht-Wilke-Strepp	Das Motorboot für Dich
Peter Freuchen	Knaurs Buch der Sieben Meere
Werner Henschke	Schiffbautechnisches Handbuch
Eric C. Hiscock	Atlantik-Kreuzfahrt mit Wanderer III
Elmar Lang	Besser fahren mit dem Motorboot
Karl Marconi	Wie konstruiert und baut man ein Boot?
Ulrich Mohr	Elektrizität auf Yachten
Ulrich Mohr	Sicherheit auf See
Overschmidt-Strepp	Motorbootführerschein Küste
Alfred Stahnke	Funknavigation auf kleinen Schiffen
Walter Stein	Astronomische Navigation
Juan Baader	Segelsport - Segeltechnik - Segelyachten

Altere Literatur:

v.Viebahn-Techow…….	Motorboorfahrers Handbuch 1920
Tiller-Haeder	Motorboot und Motoryacht 1931
Prandtl-Tietjens	Hydro- und Aeromechanik 1931

Ausländische Literatur:

Kenneth C. Barnaby	Basic Naval Architecture
Humphrey Barton	Atlantic Adventure
Peter Du Cane	High Speed Small Craft
Ben Carlin	Half Safe
Francis Chichester	Along the Clipper Way
Thomas Fleming Day	The Voyage of Detroit
Uffa Fox	Seamanlike Sense in Powercraft
Hollandia N.V	Watersport, Band 1, 2, 3
Jackson and Sutherland	Concrete Boatbuilding
Lindsay Lord	Naval Architecture of Planing Hulls
Marin-Marie	Wind Aloft, Wind Alow
Douglas Phillips-Birt	Motor Yacht and Boar Design
Harold E. Saunders	Hydrodynamics in Ship Design
Jan-Olaf Traurig	Mechanization of Small Fishing Craft
Juan Baader	Manual para la Motonautica

Zeitschriften:

Die Yacht, Yachting, Motor Boating, The Rudder, Boating, Motorboat and Yachting, Yachts and Yachting, Sea Spray

Technische Abhandlungen:

Jahrbücher der Schiffbautechnischen Gesellschaft, Hamburg
Transactions der Society of Naval Archirects & Marine Engineers
Veröffentlichungen der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt
Veröffentlichungen der Statens Skeppsprovningsanstalt, Göteborg
Veröffentlichungen des Naval Ship Research & Development Center, Washington
Veröffentlichungen des Netherlands Ship Model Basin, Wageningen
Veröffentlichungen des Stevens Institute of Technology, Hoboken

Abiel Abbot Low, Atlantikfahrt.....188
Abstoppen, rasches 376
Adria, 12,50-m-Motorsegler 182
Aktionsradius 167, 206, 209
Aktive Geräuschbekämpfung.....432
Alexandra, 7,80-m-Sportboot 131
Anfangsstabilität 399
Anhänge unter dem Boden.....34, 330
Antriebe, fünf verschiedene 289
Arielle, Einhand- Atlantikfahrt 193, 403
Astronavigation.....216
Atlantiküberquerungen 188, 219
Aufkimmwinkel am V-Spannboot..62, 71, 233
Aufschlagskräfte 72
Auftrieb, dynamischer.....31, 33
Auspuff-Schalldämpfer.....432, 438
Außenbord- Motorboote 108, 118
Außenbordmotoren 107, 294, 305, 398
Außenbordmotoren, zulässige Leistung.....109
Außenbord-Rennboot.....260
Außenbord-Rennklassen.....258
Außenbord-Weltrekord.....259
Autoboot, klassisches.....122
Automobilmotor im Boot.....297

Bahamas, 500-Meilen-Rennen.....230
Balanceruder 379, 382
Barkassenheck.....54
Barracuda, 8,60-m-Sportfischerboot.....133
Bartender, 6,90-m-Spitzgatboot.....43
Beaufort, Seegang, Windstärke.....224, 408
Beidrehen im Seegang 411
Belastungsgrad (Propeller).....363
Benzindampfboot, Naphtha Launch 15
Benzin- oder Dieselmotor 265, 270
Bermuda- Motorkreuzerrennen.....16, 196
Bermuda, Renukreuzer,12,20 m 196
Beschleunigungsrennen (Drag).....251
Betalba, 30,50-m-Motoryacht.....164
Bimini, 11,00-m-Motorkreuzer.....198
Birgit, 4.80-m-Außenbord-Motorboot.....117
Bluebird, Rekord-Rennboote 250, 255
Bootsform im Wellenbild 39
Bora Bora, 11,10-m-Langfahrtkreuzer 203
Bornholm, 9,60-m-Motorsegler 178
Boyero, 7,00-m-Mortorkreuzer.....139
Brandungsboot mit spitzem Heck.....14
Breite, größte (Kurvenblatt).....98
Breiteneinfluss- Diagramm 95
Bremsdiagramme 78, 274, 277
Brems- PS etc.....271
Brennstoffverbrauch, Mittelwerte.....268
Buckel größten Widerstandes 36, 51, 88

California, 9,50-m-Motorkreuzer.....142
Camalote, frühe Atlantikfahrt 190
Campbell, Donald 248, 255
Carioca, 8,75-m-Motorkreuzer 145
Catalina- Spantform 74
Christina, 10,50-m-Motorkreuzer 142
Claudia, 4,80-m-Außenbordboot 112
Clement, Eugene P.....94
Clipper, 17,70-m-Langfahrt-Seekreuzer..170
Cobb, Jolm 254
Columbia,11,70-m-Motorkreuzer 150
Cowes-Tarquay-Rennen (Offshore).....229
Cutty Sark 199

Daimler, Gottlieb, erstes Motorboot 13
Danilo, kleiner 430-m-Motorkreuzer.....139
Dauerfahrt, empfohlene 79
Dauerfahrt, höchste 79
Dauerleistung, Motor 276, 279
David Taylor Model Basin.....94, 233
de Groot, D.....105
Deltaform, Renato Levi 234
Detroit, frühe Atlantikfahrt 189
Dezibel, Lautstärke 445
Diana, 10,00-m-Motarkreuzer 145
Dieselbrennstoff- Vergleich.....266
Dieselmotoren 16, 265
Diesel-Rennboote.....231, 236
DIN-PS etc 271, 275

Donzi, 5,05-m-Runabout 122
Doppelkeilform (Tetraeder).....69, 71
Dorado, 8,50-m-Kabinenboot.....129
Dragrennen, Beschleunigungsrennen 250
Drehkreis- Durchmesser 370
Drehmomentformel.....314
Drehsinn, Motor und Propeller 314, 352
Dreikiel-Bootsform.....113
Dreipunkt-Rennboot 240
Dünnwand-Stahlbeton für Boote 205
Düsenantrieb 254
Dynamischer Auftrieb.....31

Eckerö, Atlantikfahrt.....193
Einbau-Bootsmotor.....290
Einbau-Wirkungsgrad.....92
Einmotorenantrieb.....283
Einstufenboote 240
Einstufige Axialpumpe 328
Elastische Motorlagerung 432, 440
Elastische Wellenlagerung.....432, 441
Elektrizität auf Langfahrt.....214
EPS = Effektive Schlepp-PS.....103, 275
Etmal (Tagesstrecke) 199
Explorador, 14,20-m.Motorkreuzer.....59, 152

Fahrtzustände, vier.....25, 33, 34
Fahrwassertiefe, kritische 51
Fernanda, 7,40-m-Kabinenboot 129
Flopper Stopper. Rolldämpfung.....425
Florida, 8,50-m-Motorkreuzer 142
Flügelumriss, Propeller.....346
Flügelzahl. Propeller.....361
Formwiderstand 35
Froudesche Zahl, William Froude 22
Funkortung, hyperbolische 216

Gasturbine zum Bootsantrieb.....311
Geschwindigkeit auf Langfahrt.....198
Geschwindigkeit, Preis für höhere.....87
Geschwindigkeits-Berechnung 80, 85, 90
Geschwindigkeitsgrad.....18, 22, 28, 33
Geräuschbekämpfung 430, 443
Gipsy Moth IV, Weltumsegler.....199
Glasharz-Bootskörper 205
Gleiten, teilweises.....23, 31
Gleiten, vollständiges.....32
Grunddiagramm des fahrenden Schiffes.....77
Grundkurve des Widerstandes.....88
.....

Hafenbarkasse in Fahrt 38
Hafenschlepper in Fahrt.....39
Half Safe, Atlantikfahrt.....219
Hamilton- Axialpumpe 325
Heidi, 3,20-m-Außenbordboot.....108
Highburton, Reibungsminderung.....36
Hilfsbesegelung.....286
Hilfsmotor.....285
Höchstleistung. Außenbordboote.....109
Höheneinfluss auf Bergseen 287
Holzbootskörper.....203
Hotchkiss-Cone-Propelle 337
Hunt, Raymond.....71, 233

Innenballast.....406
Instrumente für Langfahrt.....215
Irene, 5,50-m-Sportmotorboot 123
Isolierung gegen Geräusch.....444

Jacuzzi Halbaxialpumpe 327
Jeep Half Safe, Atlantikfahrt.....219

Kanuheck 54
Kathleen, 6,30-m-Kabinenboot.....129
Kentergefahr, wie groß?.....401
Ketschtakelung für Motorsegler 179
Kitchen-Umsteuerruder.....390
Kolbengeschwindigkeit, mittlere 270
Kontrapropeller am Ruder 382
Kort- Düse.....366
Krängungsversuch.....401
Kreisel, Stabilisierung.....422
Kreiskolbenmotor (Wankel) 267, 309
Kreuzerheck 22, 43, 54
Kühlschrank auf Langfahrt 214
Kursstabilität.....368
Kurz und breit, lang und schmal 92
Küstenrettungsboot Dreikielform 114
Kuttertakelung für Motorsegler 179

Lang und schmal, kurz und breit.....92
Längen-Breiten-Verhältnis 93, 95, 98
Langfahrt, ozeanische 194
Langfahrt, wirtschaftliche 79
Langfahrtgeschwindigkeit.....187, 198
Längstrimm, unwahrscheinlicher.....46

Las Palmas, 17,50-m-Motorsegler.....184
Laufstunden, jährliche.....302
Laufstunden, Motoren.....301
Lautstärke, störende Geräusche 445
Lebensdauer, Außenbordmotoren.....305
Lebensdauer, Einbaumotoren 301
Leerlauf unter Segel.....214
Leichtmetall- Bootskörper 205
Leistung für Außenbordantrieb.....109
Leistung und Widerstand.....39
Leistungsaufnahme des Propellers.....76, 78
Leistungsberechnung 85, 88, 90
Leistungsreserve 77, 279
Leitflosse an Gleitbooten.....384
Levi, Renato.....234, 245
Livadia, große Zarenyacht 400
Luftschraubenantrieb 338, 340
Luftwiderstand.....37
Luisa, 23,50-m-Motoryacht 162

Manövrieren.....367, 373
Margret 111**,** Rennboot 249
Maria Theresia, 17,25-m-Motoyacht 160
Marianne, 4,00-m-Außenbordboot 110
Maybach, Wilhelm.....14
Meereswellen 224, 409, 412
Mehrmotorenantrieb 283
Mehrstufenboote 240
Merry- Go- Round, Dieselrennboot.....236
Metazentrum (Stabilität) 404
Methylalkohol zum Rennbrennstoff 261
Miss America X, Rennboot.....249
Modellfamilie TMB-62.....94
Modellmaßstab.....104
Modelversuche.....99
Monica, 5,80-m-Außenbordkreuzer.....121
Motoreneinbau 213, 432
Motorleistung und Geschwindigkeit.....85
Motorsegler.....171
Möwe, 5,20-m-Dreikiel-Motorboot.....114
My Sweetie, Rennboot.....249

Nachstrom.....349, 351
Naphtha Launch.....15
Natürliche Dauerfahrt 187
Neckar, erstes Motorboot.....14
Nomogramm für Geschwindigkeiten.....81, 85
Normaldiagramm des fahrenden Bootes.....76
Notmotor.....285
Nova Scotia, 13,70-m-Langfahrtkreuzer .166

O.B.C.-PS für Außenbordmotoren.....276
Oberfläche, benetzte 35
Offshore- Rennboote.....235, 236
Offshore- Rennen.....226
Offshore- Rennerfahrungen 233
Orion, größte Motoryacht 17

Parallelstellung zweier Ruder 388
Passagemaker, Langfahrtkreuzer.....200, 426
Phon, Lautstärke 445
Plattgatheck.....56
Polymer zur Reibungsminderung 36
Probefahrten vor Langfahrt.....215
Propeller- Drehsinn.....314, 352, 373
Propeller- Durchmesser 355, 358, 364
Propeller-Spitzenabstand 351
Propeller-Steigung 343, 359, 360
Propeller- Wirkungsgrad.....362, 363, 365
Propellerlastkurve 77, 78, 277
Propellerstrom.....348
PS-Leistungen.....271, 275

Queen Mary 24, 104

R= Geschwindigkeitsgrad.....22
Raketenantrieb 257
Rapier 3100, 9,45-m-Motorkreuzer 284
Rarotonga, 9,10-m-Langfahrtkreuzer 218
Raumvolumen des Bootskörpers 93
Reibung des Wassers 26
Reibungswiderstand.....35
Reibungsminderung, chemische 36
Reichweite, Aktionsradius 167, 206, 209
Rekordgeschwindigkeiten.....238, 252, 258
Relative Geschwindigkeit 18, 22, 33
Rennbootsformen.....240
Rennklasse, unbeschränkte 247
Ressel, Josef.....342
Riomar, 11,20-m-Motorkreuzer.....147
Riviera, 18,25-m-Motoryacht 158
Rolldämpfungsflossen.....424
Rollperiode.....404
Round- Britain- Rennen.....231

Rückwärtsfahrt, rasches Stoppen.....375
Ruder, nicht parallel.....388
Ruderausschlagwinkel 386
Ruderblattgröße.....378, 381
Runabouts 122, 126
Runde Hecks 45
Rundspantform / V-Spantform 32, 58
Rundspantform / V-Spantform 105, 153
Rundspantformen.....67, 68, 69

SAE-PS etc.....273, 275
Schalldämpfer, Auspufftöpfe...432, 434, 438
Schiffsform und Wellenbildung.....39
Schiffswiderstand.....34, 88, 105
Schlepperheck.....54
Schlingerdämpfung.....417, 426
Schlingerkiel 419
Schmutzabscheider (Brennstoff).....231
Schnellläufer – Langsamläufer.....269
Schöttel- Ruderpropeller.....366
Schraubenpropeller, Geschichte 341
Schonertakelung für Motorsegler 439
Schweberuder.....379
Schwingmetall-Motorlagerung 439
Seegang und Windstärke.....224, 408
Seekreuzeryacht von 1912 16
Seerennen, Distanzen.....225
Seewasser.....23
SK-Klasse (Rennboot) 242, 250
Slip, Propellerslip.....343, 350
Slo-Mo-Shun IV, Rennboot.....244
Sluptakelung für Motorsegler 179
Spantenrisse 63
Spezialbrennstoffe für Rennen.....261
Spiegelheckformen 56, 68, 69
Spitzenleistung, Dauerleistung 276
Spitzes Heck.....67
Stabilität, Schwerpunktslagen.....404
Stabilitätsumfang 399, 405
Stahlbootskörper 204
Statische Verdrängung.....23
Staukeile zur Trimmverbesserung 391
Steigung des Propellers.....343, 359, 360
Steuern, Steuerfähigkeit.....368
Stevens Institute of Technology.....105
Stevens, Oberst Jahn S.....341
Stormont- Umbau zur Motoryacht 17
Sylvia, 6,00-m-Runabout.....125

Teilweises Gleiten.....31
Tetraeder-Form 69, 71
Tiefe V-Spantform 62, 73, 234
Treiben (Fahrtzustand).....26
Trimm in Fahrt.....28, 46
Trimmballast, Wasser 236, 398
Trimmklappen.....62, 393, 397
Troll, 5,50-m-Mororkreuzer.....139
Turucuta im Wellenbild.....45, 104

Übersetzungen an Rennbooten 324
Ungünstige Boote.....106
Untersetzungsgetriebe.....316, 321
Unterwasser-Auspuff 438

V-Spantform 32, 58, 61, 70, 105
Verdrängung (Kurvenblatt).....97
Veronica, 6,50-m-Runabout.....126
Vertrimmen in Fahrt 28, 46, 49, 391
Voith- Schneider- Propeller 366
Volllast- Bremskurve 76, 274, 277
Vortriebsorgane, Vergleich.....366

Walboot, 10-m-Brandungsboot.....14
Wankelmotor.....267, 309
Wasserstrahlantrieb.....293, 325, 330, 366
Wellenbildung.....18, 24, 28, 37, 41
Wellenbinder, V-Spantform.....70
Wellenform, Trochoide.....224
Wellenformeln 409
Wellenhöhen im Meer.....414
Wellenlänge am Boot.....25, 42
Wendegetriebe 304
Widerstand an Rund- und V-Spant.....105
Widerstandsberechnung.....88
Widerstandsbuckel.....28, 36, 38, 51, 88
Windstärken und Seegang.....255, 414
Wirtschaftliche Dauerfahrt.....77, 79
Wulstbug.....40

Yachtheck 54

Z- Antrieb.....267, 292, 304, 306
Zweipunkt- Rennboot 241