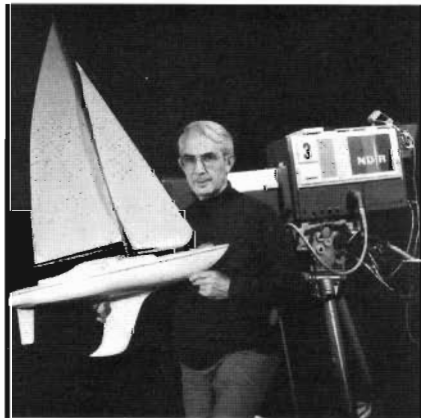


Überlegungen vor dem Bau einer Marblehead-Segeljacht

Eine schnelle „M“ entsteht



F. K. Ries hat's aufgeschrieben

Am Anfang stand dem Wunsch nach einem schnellen Marblehead-Boot. Das Boot aus dem Buch „Fernlenk-Segelboote“ war auch in der Hand eines Anfängers ein gutes Boot und schnell genug, um nach einiger Übung bei Regatten auf den ersten Plätzen zu liegen.

Die Manta-Boote aus „Jachtbau Praxis“ verlangten schon etwas mehr Erfahrung und müssen aufmerksam gesegelt werden.

Es ist mir klar, daß ein Regattaboot sehr einseitig nur auf Schnelligkeit ausgelegt werden muß und daß die Gutmütigkeit, oder besser gesagt, die Fähigkeit, Bedienungsfehler zu ignorieren, zu kurz kommt.

Also kein Boot für Anfänger aber auch keine nervöse Rennziege darf es werden. Es darf nicht sein, daß jeder kleine Segelfehler gleich zum verschenkten Sieg wird. Es sollen hier alle Möglichkeiten untersucht werden und positive Ergebnisse berücksichtigt werden. Beim Bau des Bootes wird man letzten Endes aber doch Kompromisse eingehen müssen, weil Arbeitsaufwand und manuelle Fähigkeit gewisse Grenzen setzen.

Am Anfang steht in jedem Fall die Theorie. Keine selbstgemachte Theorie, sondern wissenschaftlich untermauerte Erkenntnisse. Gefühlsmäßige Überlegungen haben dabei nichts zu suchen.

Dem polnischen Wissenschaftler C. A. Marchaj gebührt das Verdienst, segeln wissenschaftlich analysiert zu haben. Ich muß gestehen, daß sein Buch „Segeltheorie und Praxis“ mir viele Zusammenhänge erst deutlich vor Augen geführt hat.

Im folgenden will ich nun versuchen, möglichst viele Erkenntnisse zu verwerten und zu einem (fast) optimalen M-Boot-Entwurf zusammenzustellen. Fest steht bisher nur die Vermessungsvorschrift für M-Boote. Sie schreibt die Länge des Bootes und die Segelfläche vor: 1,27 m plus/minus 6 mm und 5000 cm².

Wir müssen jetzt versuchen, mit Hilfe des Segels von 1/2 m² möglichst viel Energie aus dem Wind zu schöpfen und auf einen 1,27 m langen Rumpf zu übertragen. Wenn der Rumpf dann vom Segel durch das Wasser geschoben wird, muß er Widerstände unterschiedlicher Art überwinden.

Als erstes muß das stillstehende Boot beschleunigt werden. Ein leichtes Boot wird natürlich schneller beschleunigt als ein schweres Boot. Uffa Fox, ein berühmter englischer Jacht-Konstrukteur sagte einmal: „Gewicht ist nur gut für Dampfwalzen.“ Er baute als erster leichte Kielboote, die in der Lage waren, zu gleiten. Hat ein Boot diesen Zustand erreicht, dann reduzieren sich alle Widerstände, weil das Boot auf seine eigene Bugwelle klettert und dabei weitgehend aus dem Wasser steigt. Doch wir wollen die Realitäten erkennen und nicht nach den Sternen greifen. Es kommt vor, daß M-Boote unter günstigen Umständen ins Gleiten kommen. Es ist zwar meistens nur das sogenannte Halbgleiten und von einigen Booten nur unter besonders günstigen Voraussetzungen zu erreichen.

Vorläufig beschleunigt unser Boot und pflügt dabei durchs Wasser. Dabei wird ein Teil der Windenergie auf das in unmittelbarer Nähe des Bootes befindliche Wasser übertragen. Das in Fahrt

befindliche Boot erzeugt Wellen. Eine Bugwelle und eine Heckwelle. Dadurch wird ein Teil der Energie vernichtet. Aber durch die Bewegung des Rumpfes werden auch andere, weniger auffallende Erscheinungen hervorgerufen.

Schon wenn das Boot geradeaus durchs Wasser bewegt wird, sind die Strömungen um das Unterwasserschiff und die sich daraus ergebenden Druckänderungen kompliziert. Ein Segelboot bewegt sich aber auch mit einem Driftwinkel durch das Wasser. Also etwas schräge zum zurückgelegten Weg. Außerdem bewegt sich die Grenze zwischen Luft und Wasser durch die Wellen und die veränderliche Schräglage des Bootes auf und ab. Dadurch entstehen verschiedene Widerstände:

1. Der Wellenwiderstand
2. Der Reibungswiderstand
3. Der Widerstand durch Abdrift
4. Der Widerstand durch Krängung.

Den Wellenwiderstand versuchen wir herabzusetzen, indem wir eine entsprechende Bootsform wählen. Ein langes schlankes Vorschiff ist günstiger als ein breites, plumpes Vorschiff. Außerdem muß am Heck für einen sauberen Wasserablauf gesorgt werden. Es müssen also starke Krümmungen und ansteigende Linien vermieden werden. Das Wasser soll, nachdem es an der breitesten Stelle des Schiffes die größte Verdrängung erfahren hat, ohne Wirbel wieder zurückströmen können. Es darf sich aber auch nicht am Spiegel festsaugen können. Also dürfen am Heck keine abgerundeten Kanten sein, sondern scharfe Ecken. Besonders gut geeignet ist ein negatives Heck mit scharfer Abreißkante.

Ich springe jetzt zu Punkt 4, dem Widerstand durch Krängung. Auch hier müssen wir schon bei der Konstruktion aufpassen. Die Auftriebsverteilung soll im gekrängten Zustand des Bootes nicht wesentlich von der in normaler Schwimmelage abweichen. Außerdem muß darauf geachtet werden, daß der Lateralschwerpunkt sich auch bei starker Krängung nicht verschiebt. Was bei Jollen durchaus erwünscht ist, nämlich daß das Boot bei starker Schräglage von alleine anluvt, ist bei Modelljachten unerwünscht. Wir können ja das Verhalten und die Bewegung des Bootes nicht mit dem Gefühl erfassen, sondern sehen die Reaktion des Bootes immer einen Augenblick zu spät. Also ist zu Punkt 4 ein ausgewogener Lateralplan und dazu eine gleichmäßige Verdrängungskurve erforderlich.

Der wichtigste Punkt ist Nr. 2, der aber mit Punkt 3 zusammen gesehen werden muß.

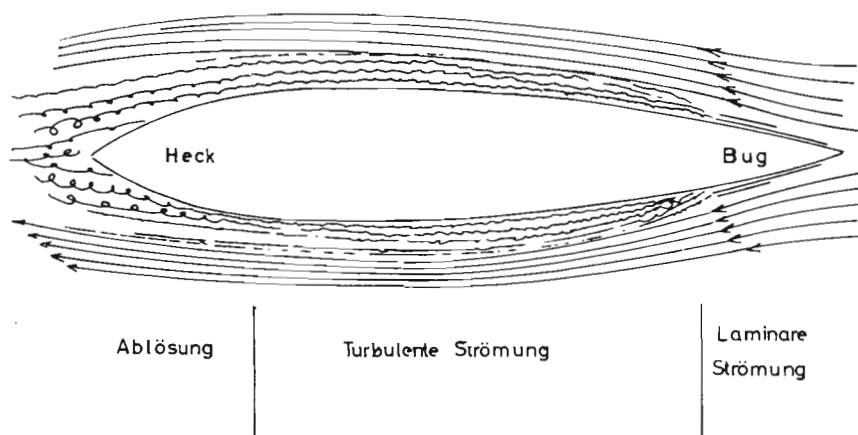
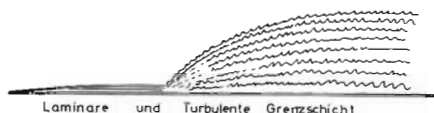


Abb. 2 Theoretisches Strömungsbild eines Bootsrumpfes.

Die Dichte des Wassers ist 835mal so groß wie die der Luft. Das sei erwähnt, weil manchem die Aerodynamik vertrauter ist als die Hydrodynamik. In fast allen Punkten sind sie sich aber sehr ähnlich.

Wenn wir eine ebene Platte in fließendes Wasser halten, dann fließt das Wasser im ersten Teil der Platte völlig laminar an der Platte vorbei, bis zu dem Punkt, an dem sich fast schlagartig dieser Zustand ändert. Die Laminarströmung in unmittelbarer Nähe der Platte wird plötzlich turbulent. Es entsteht eine turbulente Grenzschicht, die rasch an Stärke zunimmt (Abb. 1).

Abb. 1



Was ist geschehen? Unabhängig von einem ganz minimalen Stirnwiderstand der Platte, es könnte eine Rasierklinge sein, reibt sich das Wasser im Vorbeiströmen an der Platte. Es fließt aber weiterhin laminar an der Platte, wird dabei jedoch gebremst. Wir können das leicht feststellen, wenn wir das Wasser in einer Schüssel durch Rühren in Bewegung versetzen. Die Bewegung wird nach einiger Zeit aufhören, weil sie durch den Reibungswiderstand gebremst wird. Auch an der Platte wird das Wasser gebremst, bis der Punkt erreicht ist, an dem die laminare Grenzschicht in eine turbulente Grenzschicht umschlägt. Das geschieht bei etwa 20 Prozent der Länge der ebenen Platte. Von hier ab baut sich eine turbulente Grenzschicht auf, die an Stärke bis zum Ende der Platte immer mehr zunimmt. Während der Bremsseffekt durch Reibung in der Laminarschicht gering ist,

steigt die Reibung in der Turbulenzschicht sprunghaft um das Fünf- bis Sechsfache an.

Das gilt natürlich alles genau so für eine Platte, die durch stillstehendes Wasser bewegt wird. Das gilt aber auch für einen Bootskörper, der sich im Wasser bewegt. Auf einem fahrenden Boot in ruhigem Wasser kann man diesen Vorgang sogar sichtbar machen, wenn man das Wasser pudert oder wenn es mit einer Staubschicht verunreinigt ist.

Die direkt am Rumpf befindlichen Wasserteilchen haften an ihm fest. Ihre Geschwindigkeit stimmt mit der des Bootes überein. Auf Grund der Zähigkeit des Wassers wird die Bewegung der am Rumpf haftenden Wasserteilchen auf die weiter entfernten Teilchen übertragen. Der Rumpf ist von einer Wasserschleppe, die als Grenzschicht bezeichnet wird, umgeben. Diese Grenzschicht wird zum Heck hin dicker und erreicht ein bis zwei Prozent der Wasserlinienlänge. Die Grenzschicht eines kurzen Bootes ist im Verhältnis zu seiner Länge dicker als die eines längeren Bootes. Je dicker die Grenzschicht ist, um so größer ist auch der Reibungswiderstand (Abb. 2). Die Abbildung zeigt das vermutliche Strömungsbild eines Bootsrumpfes. Bis etwa 20 Prozent der Bootslänge ist die Strömung laminar. Danach erfolgt der Umschlag von laminarer zu turbulenter Strömung.

Das alles gilt aber nur für eine ganz glatte Oberfläche. Schon geringste Beschädigungen oder Rauigkeit der Lackierung begünstigen die Bildung von turbulenter Strömung. Es ist daher besonders wichtig, daß die vordere Rumpfpartie glatt und fehlerfrei gehalten wird. Auch ein langsam ansteigendes Rumpfpotential trägt zur Erhaltung der laminaren Strömung bei. In

der Praxis bedeutet das ein langes schlankes Vorschiff.

Natürlich unterliegt der Kiel den gleichen hydrodynamischen Bedingungen. Nur wirkt sich hier die Abdrift beim Segeln am Wind stärker aus. Am Wind kommt die Strömung nicht genau von vorne, sondern etwas seitlich von vorn. Dadurch sind die Seiten des Kiels unterschiedlich angeströmt. Auf der einen Seite liegt die Strömung gut an, während die andere Seite große Turbulenz aufweist. Bei falscher Profilierung des Kiels kann sogar einseitig ein totaler Strömungsabrisß erfolgen.

Durch eine entsprechende Profilierung des Kiels versucht man diesen Nachteil weitgehend auszuschalten. Man muß das Laminarhalten der Strömung unterstützen und damit den Reibungswiderstand vermindern. Ein Kiel, der vorne messerscharf ist, hat zwar einen geringen Stirnwiderstand, aber schon bei kleinen Driftwinkeln entsteht einseitig sehr starke Turbulenz, weil die Strömung an der scharfen Kielnase abreißt. Sobald die Nase aber abgerundet ist, tritt dieser Zustand erst bei viel größerem Driftwinkel oder überhaupt nicht ein. Auch hier ist es besonders wichtig, daß die Nase keinerlei Fehler aufweist.

Eine ebene Platte als Kiel ist bautechnisch gesehen sicher sehr einfach. Genaue Untersuchungen haben jedoch ergeben, daß ein Kiel mit laminarem Profil der ebenen Platte vorzuziehen ist.

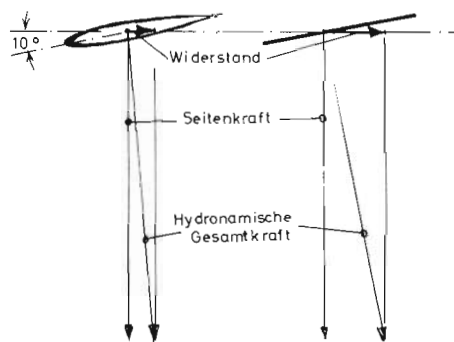


Abb. 3

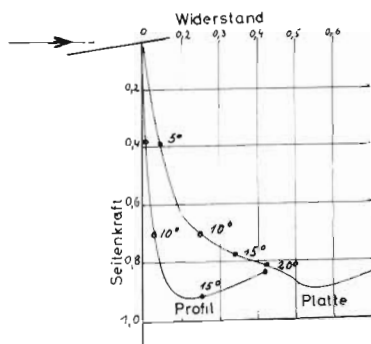
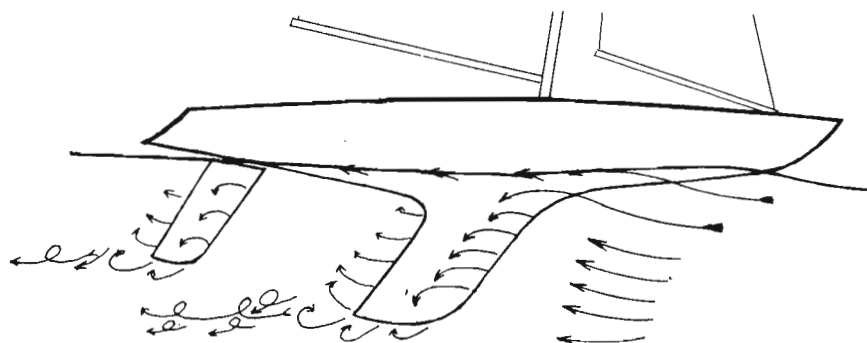


Abb. 4: Polarkurven für symmetrisches Profil und ebene Platte, beide mit gleichem Seitenverhältnis, siehe Text.

Aus den Abbildungen 3 und 4 ersieht man, daß bei gleichem Anstellwinkel die Wirkungsrichtung der hydrodynamischen Kräfte verschieden ist. Zerlegt man die Kräfte in Seitenkraft und Widerstand, so zeigt sich bei der ebenen Platte ein höherer Widerstand. Demnach erzeugt ein stromlinienförmiger Kiel dieselbe Seitenkraft mit einem kleineren Gleitwinkel. In der Abbildung steht die eine Polarkurve für ein symmetrisches Profil und die zweite für die ebene Platte. Beide haben das gleiche Seitenverhältnis. Wie die Abbildung zeigt, sind die Werte der ebenen Platte eindeutig schlechter als die des profilierten Kiels.

Auch bei der Gestaltung des Ruderblattes sind die gleichen Überlegungen anzustellen. Beim Ruder wird aber sehr häufig der Anstellwinkel so groß, daß trotz guter Profilierung die Strömung abreißt oder zumindest turbulent wird. Es ist deshalb völlig unnötig, die Hinterkante von Kiel und Ruderblatt auszuschärfen, weil diese Zonen sowieso im turbulenten Bereich liegen (Abb. 5).



Auch die Größe der Kielfläche ist von Bedeutung. Daß weniger Fläche auch mit weniger Widerstand gleichzusetzen ist, dürfte einleuchtend sein.

Die Zeiten der langen Kiele sind endgültig vorbei. Im Modell sind die Kiele häufig extrem kurz, dafür aber sehr tief. Auch ein Kurzkieler kann sehr richtungsstabil sein, wenn der Entwurf ausgewogen ist. Einen extrem tief reichenden Kiel kann man aber keinesfalls als ausgewogen bezeichnen.

Ohne Zweifel ist das Seitenverhältnis für die Wirksamkeit des Kiels von Bedeutung. Es ist aus der Aerodynamik und auch im Schiffbau bekannt, daß Randverluste um so geringer sind, je größer das Seitenverhältnis ist. Durch Vergrößerung des Seitenverhältnisses läßt sich die notwendige Seitenkraft mit einer kleineren Lateralfäche erzeugen. Das bedeutet weniger benetzte Oberfläche und somit weniger Widerstand. Wer jetzt aber glaubt, daß ein Boot um so stabiler wird, je tiefer das Ballastgewicht gehängt wird, hat in den seltensten Fällen die Sache bis zum Ende durchdacht. Mit dem tiefreichenden Kiel wird gleichzeitig der Lateraldruckpunkt nach unten verschoben. Damit wird aber die dynamische Querstabilität eines Bootes verschlechtert. In extremen Fällen wird das Boot bei gleichem Segeldruck sogar stärker krängen. Gerade das wollen wir aber verhindern.

Eine Vergrößerung des Seitenverhältnisses wird nur Erfolg haben, wenn es sich um ein leichtes Boot mit großer Formstabilität handelt. Ich würde aber

über ein Verhältnis von 1:3 nicht hinausgehen. Noch nicht abgeschlossene Versuche lassen darauf schließen, daß das günstigste Seitenverhältnis etwa hier liegt. Versuche zeigten außerdem, daß eine Flossenneigung nach hinten den Widerstand herabsetzt. Erwiesen ist, daß ein parabolisch geformtes Profil an der Vorderkante des Kiels und des Ruders am wirksamsten ist. Die größte Dicke des Profils sollte bei 50 Prozent oder sogar darüber liegen. Die

... und dazu das richtige Modell-Fachbuch



9,80 DM

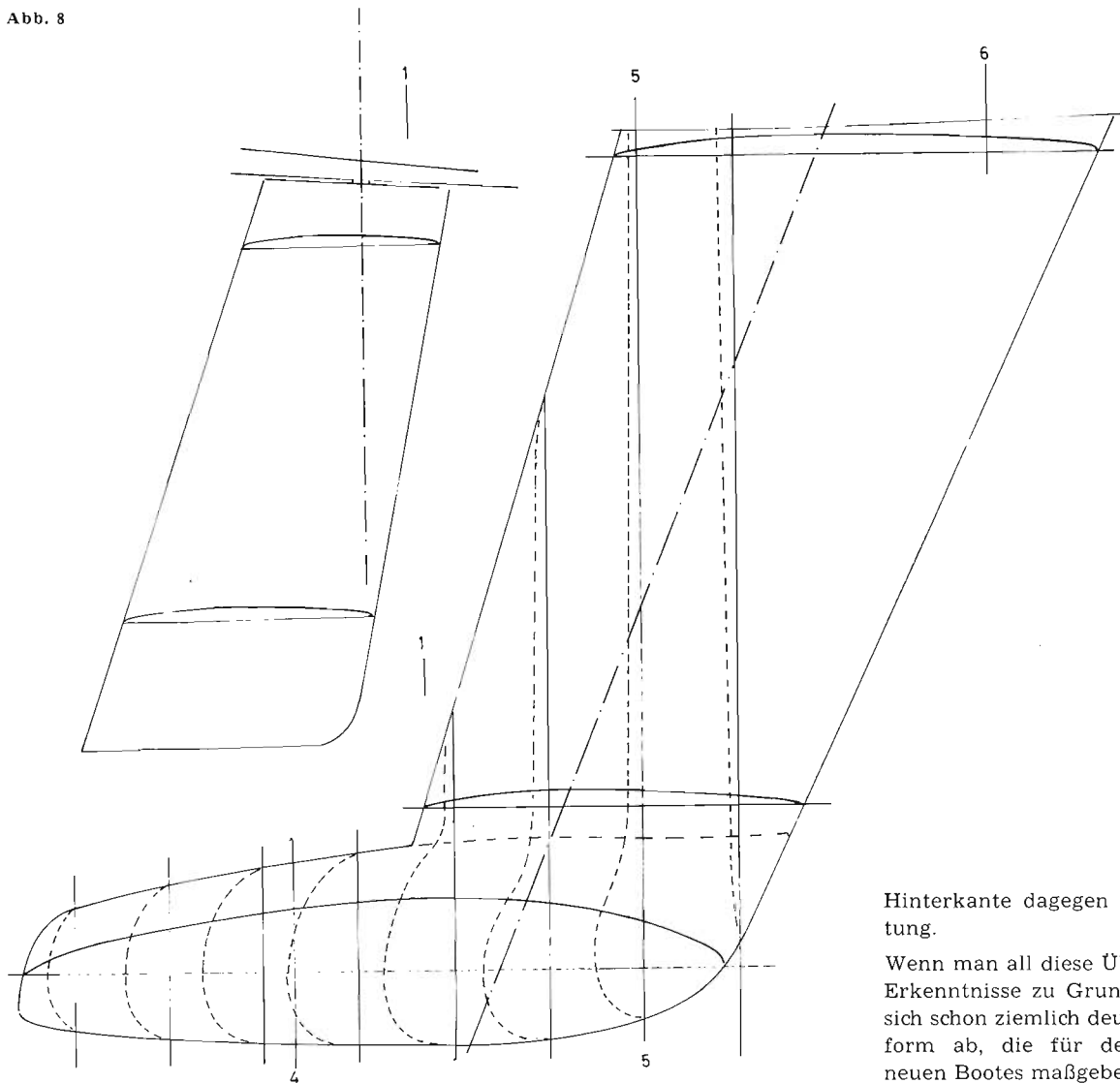


9,80 DM



12,80 DM

Neckar-Verlag
773 Villingen, Postfach 1820



Hinterkante dagegen ist ohne Bedeutung.

Wenn man all diese Überlegungen und Erkenntnisse zu Grunde legt, zeichnet sich schon ziemlich deutlich eine Bootsform ab, die für den Entwurf des neuen Bootes maßgebend sein soll.

Am Anfang wurde ein Beispiel von einem Boot, das durchs Wasser pflügt, angeführt. Eine Bugwelle läßt sich nicht ganz verhindern. Aber bei einem entsprechend geformten Bug und einem sehr flachen Vorschiffsanlauf wird sie in Grenzen bleiben. Außerdem vermeidet diese Vorschiffsform unwillkommene Luvmomente (Abb. 6). Genau so flach wie der Vorschiffsanlauf muß aber auch der Heckablauf gestaltet sein. Die sich in jedem Fall bildenden Turbulenzen sollen nicht verstärkt, sondern möglichst noch gemildert werden. Dazu muß der Spiegel breit und flach sein, um bei entsprechenden Voraussetzungen das Surfen zu ermöglichen. Der Wasserabriß muß auch bei eintauchendem Spiegel sicher erfolgen (Abb. 7).

Um möglichst lange laminare Grenzschichten zu erhalten, ist die Bootsform und das Profil der Flossen so zu gestalten, daß die größte Verdrängung etwa bei 55 bis 60 Prozent liegt. Die Kielflosse ist nach hinten zu neigen und sollte wie die Ruderflosse ein Seitenverhältnis von etwa 1:2,5 haben (Abbildung 8).

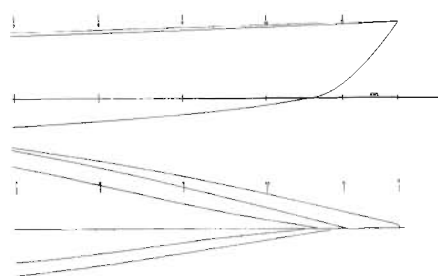


Abb. 6: Die Bugwelle läßt sich durch einen entsprechenden flachen Vorschiffsverlauf und den gezeichneten Bug in Grenzen halten.

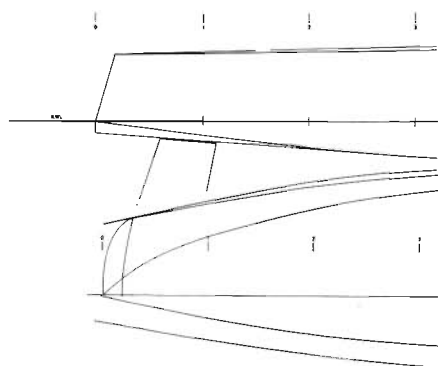


Abb. 7: Der Heckablauf soll so gestaltet sein, daß die ohnehin vorhandenen Turbulenzen nicht noch verstärkt werden.

Abb. 9

Jetzt fehlt eigentlich nur noch ein wichtiger Punkt, um den Spantenriß zeichnen zu können: das Gesamtgewicht des fertigen Bootes. Da es ein leichtes Boot werden soll, schauen wir uns Erfolgsboote der letzten Jahre an. Dabei habe ich festgestellt, daß leichte Boote ein Kielgewicht zwischen 3 und 4 Kilogramm hatten. Zum Beispiel hat die „Windy“ 3 kg. Sie kann mit guten Segeln sehr schnell sein (aber nicht mit Segeln aus dem Stoff, der dem Baukasten beigegeben ist). Ein weiteres Beispiel ist das wohl am weitesten verbreitete Boot, der „Flipper“, mit einem Kielgewicht von 4 kg. Da der Flipper-Rumpf nicht sehr leicht ist, die Betonung liegt auf sehr, kann man hier sparen und ich habe mich für 3 kg Ballastgewicht entschieden. Das Boot habe ich mit 1,2 kg veranschlagt und die RC-Anlage mit 450 g. Dazu kommt noch etwas Reserve, falls das Boot schwerer wird oder ich mich für einen Mast aus Alu entscheide, der allein schon 300 g wiegt. Also muß das Boot eine Wasserverdrängung von etwa 5,5 kg erhalten.

Es gilt jetzt also einen Spantenriß zu zeichnen, der unseren Forderungen entspricht. Das Ergebnis einer Woche Berechnungen, Überlegungen und verworfener Entwürfe, war dann das vorliegende Boot (Abb. 9).

Ein flacher Radialspant als Hauptspant mit einem scharfen Vorschiff und breitem Heck. Wenn meine Berechnungen stimmen, muß eine Verdrängung von 5,5 kg bei 5 mm Plankenstärke vorhanden sein. Natürlich ist das jetzt nur der Entwurf für den Rumpf. Das Rigg ist in die bisherigen Überlegungen noch nicht eingeschlossen und muß gesondert betrachtet werden.

Einwände, daß die theoretischen Überlegungen für große Yachten gelten und nicht für Modellboote anwendbar seien, treffen nicht zu. Solange es sich um die Gesetze der Aerodynamik und der Hydrodynamik handelt, gelten sie für groß und klein gleichermaßen. Berechnungsformeln, die speziell für den Yachtbau zugeschnitten sind, kann man natürlich nicht übertragen.

In den vorliegenden Ausführungen setze ich schon einige Grundkenntnisse oder die Lektüre meiner ersten beiden Bücher voraus, habe mich aber bemüht, allgemeinverständlich zu bleiben und streng wissenschaftliche Formulierungen und Berechnungen zu vermeiden.

Der Bau des Rumpfes soll in einem späteren Bericht als Baubeschreibung behandelt werden.

