

Der Traum vom völlig kursstabilen Segelboot

Spätestens nachdem in meiner Anfängerzeit ein mit viel Liebe gebautes Bootsmo-
dell – zum ersten Mal an den Teich getra-
gen – mit kläglich killenden Segeln ziellos
vor dem Wind hergetrieben war, begann ich
die Bedeutung der in Seglerkreisen immer
wieder diskutierten Begriffe „Trimmung“
und „Kursstabilität“ zu erahnen. Doch
durch Schaden wird man klug. Die einfa-
chen Kenntnisse, welche ich mir inzwischen
angeeignet habe, sind für jeden Modellseg-
ler wichtig, lassen sie ihn doch zum Beispiel
Reaktionen des Bootes auf sich ändernde
Windverhältnisse voraussehen, bevor es zu
größeren Kursabweichungen gekommen
ist. Für denjenigen aber, welcher sich in
Eigenkonstruktionen versuchen möchte,
sind sie geradezu unabdingbar, will er nicht
(wie ich) aus bitteren Erfahrungen lernen
müssen.

Segeln ist immer das Ergebnis des ausgewo-
genen Zusammenwirkens aller an den
Segeln auftretenden Windkräfte mit dem
Widerstand des Rumpfes im Wasser. Dabei
handelt es sich nicht um ein stabiles, son-
dern um ein dynamisches Gleichgewicht, da
sich die verschiedenen Größen mit wech-
selnden Fahrzuständen dauernd ändern. Im
folgenden möchte ich die hauptsächlichen
äußeren Einflüsse und konstruktionsbe-
dingten Eigenschaften, welche sich auf die
Kursstabilität eines Segelbootes auswirken,
darstellen.

1. Der Wind

Es ist klar, daß Wechsel der Windrichtung
zu Kursänderungen führen, sofern nicht
eine entsprechende Anpassung der Segel-
stellung erfolgt. Darin liegt auch eine der
Ursachen des von jedem Segler auf Am-
Wind-Kursen beobachteten Anlufs in
Böen. Ohne daß sich dabei die Richtung
des wahren Windes ändern würde, fällt in
einer Böe der scheinbare Wind (wahrer
Wind und Fahrtwind) mehr von achtern
ein, da der Anteil des Fahrtwindes wegen
der Trägheit des Bootes nicht entsprechend
schnell zunimmt (siehe Abb. 1).

Ein plötzliches Abflauen des Windes hat
die gegenteilige Wirkung, d.h. der schein-
bare Wind bläst mehr von vorne, da die

Stärke des Fahrtwindes erst mit dem all-
mählichen Auslaufen des Bootes langsam
abnimmt: Das Boot fällt ab nach Lee (siehe
Abb. 2).

2. Die Krängung

Mit zunehmendem Krängungswinkel wan-
dert der Segelschwerpunkt (= CE, siehe
unter 5.) aus der Mittschiffsebene heraus
(Abb. 3). Aus der nach vorne gerichteten,
Vortrieb erzeugenden Komponente der
Windkraft und dem nach rückwärts gerich-
teten Fahrtwiderstand ergibt sich dadurch
ein Drehmoment nach Luv (Abb. 4). Dies
ist eine weitere Ursache des bekannten
Anlufs in Böen. Maßnahmen, welche die
Krängung verringern (siehe unter 3., 4. und
6.) oder die Höhe des Segelschwerpunktes
herabsetzen (siehe unter 3.), wirken dem
entgegen.

3. Die Segel

Die Bermuda- oder Hochtakelung mit
ihren großen Vorlieklängen erlaubt zwar,
härter am Wind zu segeln, verstärkt aber
durch den hoch liegenden Segelschwer-
punkt alle krängungsabhängigen Kursab-
weichungen. Günstiger ist diesbezüglich
das Gaffelrigg mit meist niedrigerem Segel-
schwerpunkt, welches den Nachteil
schlechterer Am-Wind-Eigenschaften (ca.
10 % weniger Vortriebskraft am Wind)
durch überlegene Effizienz auf allen Kur-
sen mit rauhem Wind weitgehend wieder
wettmacht. Schließlich führt auch eine Ver-
ringerung der spezifischen Segelfläche
(Segelfläche/ Verdrängung) zu einer Ab-
nahme der Krängung, ohne daß dadurch
die Segelleistungen unbedingt zurückgehen
müßten. Im Original geschieht dies meist
durch Reffen, Bergen einzelner Segel oder
Setzen kleinerer Sturmsegel; Verfahren,
von welchen im Modellbau leider zuwenig
Gebrauch gemacht wird. Auch die Mög-
lichkeit, je nach Fahrzustand auftretende
Luv- oder Leegierigkeit durch Verändern
des Winddrucks an Vor- und Hauptsegel(n)
mittels zweier unabhängiger Schotwinden
zu beeinflussen, wird nur selten genutzt.

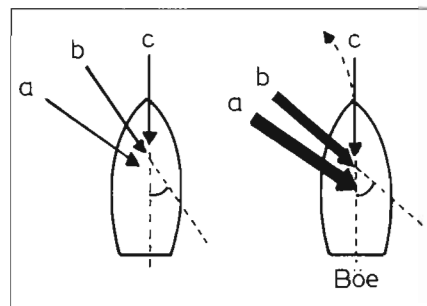


Abb. 1 a = wahrer Wind, b = scheinbarer Wind, c = Fahrtwind

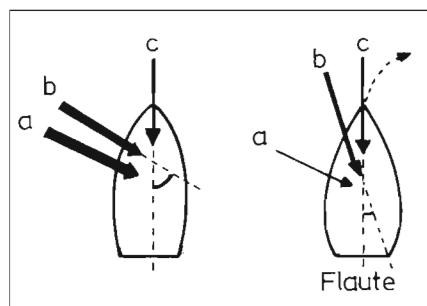


Abb. 2 a = wahrer Wind, b = scheinbarer Wind, c = Fahrtwind

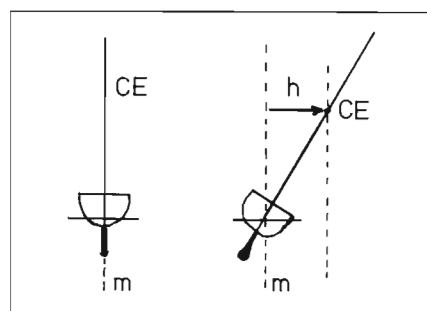


Abb. 3 CE = Segelschwerpunkt, m = Mittschiffsebene, h = seitliche Verschiebung/Hebelarm, V = Vortriebskraft, W = Widerstand.

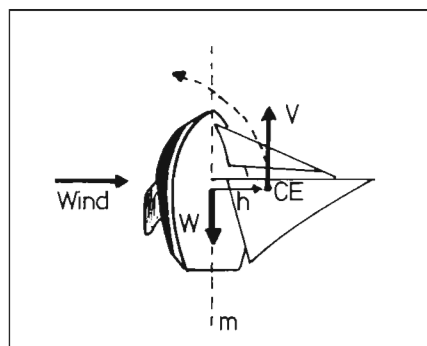


Abb. 4

4. Der Rumpf

Durch große Breite erhöhte Formstabilität sowie eine tiefe Ballastflosse wirken der Krängung und damit den dadurch bedingten Kursinstabilitäten entgegen. Sie bewähren sich besonders bei starkem Wind. Wegen der dabei unvermeidlich größeren benetzten Oberfläche ist der Reibungswiderstand jedoch erhöht, was sich vor allem bei schwacher Brise und geringer Fahrt nachteilig auswirken könnte.

Ein langer Rumpf mit langgestrecktem Lateralplan verbessert die Kursstabilität und vermindert die Abdrift, beeinträchtigt aber die Wendigkeit. Ein großer Lateralplan erhöht ebenfalls den Reibungswiderstand und vergrößert die Krängungsbereitschaft.

Nebst diesen trivialen Zusammenhängen übt auch die Form der Spanten einen Einfluß auf die Kursstabilität aus. Bei vielen Konstruktionen ändert sich bei Krängung die Verteilung des eingetauchten Rumpfvolumens im Vergleich zur ebenen Schwimm- lage. Meist nimmt dabei der Auftrieb des Heckteils gegenüber demjenigen des Vorschiffs zu, was einen geringeren achterlichen Tiefgang und damit eine Abnahme des Lateralwiderstandes hinten mit entsprechender Luvgerigkeit zur Folge hat (Abb. 5).

Geschickten Konstrukteuren gelingt es jedoch – selbst bei Berücksichtigung anderer Anforderungen –, Bootsrumpfe zu entwerfen, die eine von der Krängung nicht beeinflusste Schwimm- lage aufweisen (sogenannte metazentroidale Schiffskörper). Ein einfaches Beispiel zeigt Abb. 6.

Auch die an der Takelage angreifende Vortriebskraft des Windes erzeugt eine mit ihrer Stärke zunehmende Luv- tendenz durch Veränderung des Lateralplans (Eintauchen des Bugs/Austauschen des Hecks; Abb. 7), welcher durch Vergrößerung des Völligkeitsgrades des Vorschiffs begegnet werden kann.

Bei Segelschiffen mit starker Asymmetrie der dem Wind ausgesetzten Silhouette des Überwasserrumpfs (/Aufbauten) wie z.B. bei mittelalterlichen Galeonen müssen diese Flächen gegebenenfalls bei der Abstimmung von Segeln und Rumpfform berücksichtigt werden (siehe unter 5.).

5. Die gegenseitige Abstimmung von Rigg und Rumpf

In der Ausgewogenheit von Segel- und Liniennriß liegt wohl das wesentliche Geheimnis guter Segeleigenschaften. Es lassen sich dadurch die meisten der aufgeführten Störfaktoren mildern oder völlig ausgleichen.

Übertakelung sollte vermieden werden, weil dadurch die Krängung (und Abdrift)

und all die erwähnten, damit zusammenhängenden Mechanismen der Kursinstabilität verstärkt werden. Zudem ist eine über- große Segelfläche nutzlos, da ein als Verdränger entworfener Segler die potentiell höhere Leistung wegen der durch die Wasserlinienlänge begrenzten Höchstgeschwindigkeit (Rumpfgeschwindigkeit) nicht in Fahrt umzusetzen vermag.

Von den Vorteilen eines niedrig gelegenen Segelschwerpunktes ist schon gesprochen worden. Zentrale Bedeutung kommt dem gegenseitigen Lageverhältnis von Segelschwerpunkt (gedachter Punkt, in welchem die Summe der an den Segeln auftretenden Kräfte angreift, sog. centre of effort = CE) und Lateralschwerpunkt (gedachter Angriffspunkt des seitlichen Abdriftwiderstandes des Unterwasserschiffs, sog. centre of lateral resistance = CLR) zu. Diese beiden Punkte lassen sich durch sehr einfache geometrische Verfahren finden.

Zuerst zum **Segelschwerpunkt (CE)**: Der Schwerpunkt einer Dreiecksfläche liegt im Schnittpunkt der sogenannten Seitenhalbierenden (Geraden vom Mittelpunkt der Dreiecksseiten nach dem gegenüberliegenden Winkel). Zum Festlegen des Schwerpunktes genügen 2 Seitenhalbierende (Abb. 8).

Auf diese Weise lassen sich z.B. die Schwerpunkte von Vor- und Hauptsegel finden. Der gemeinsame Schwerpunkt beider Segel muß irgendwo auf der Verbindungslinie dieser Punkte liegen (Abb. 9). Um seine genaue Lage zu ermitteln, werden – ausgehend von den einzelnen Schwerpunkten – 2 entgegengesetzt gerichtete Geraden senkrecht zur Verbindungslinie gezogen (Abb. 10). Auf diesen Linien müssen nun Strecken (a, b) proportional zur Fläche (A, B) des gegenüberliegenden Segels abgetragen werden (z.B. 35 qdm 3,5 cm, 19 qdm 1,9 cm; Abb. 10).

Die Fläche eines Dreiecks berechnet sich bekanntlich aus

$$\text{Grundlinie (g) x Höhe (h)}$$

$$2$$

Dort, wo die durch die so gefundenen Punkte c und d gezogene Gerade die Verbindungslinie zwischen den Einzelschwerpunkten schneidet, liegt der Gesamtschwerpunkt CE dieses einfachen Riggs (Abb. 12).

Bei mehreren Segeln werden die gemeinsamen Schwerpunkte je zweier Segel schrittweise mit den anderen Schwerpunkten verbunden (dabei ist darauf zu achten, daß die zusammengezogenen Flächen jeweils addiert werden). Viereckige Segel, wie z.B. bei Gaffeltakelung, unterteilt man am besten in 2 Dreiecke.

Jetzt zum **Lateralschwerpunkt (CLR)**: Bei einfachen Formen des Unterwasserschiffs läßt sich dieser auch mit Hilfe der oben

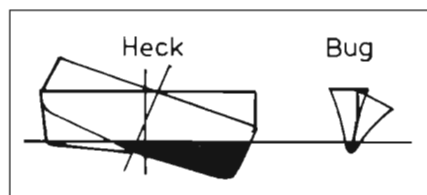


Abb. 5: Auftrieb des Hecks nimmt bei Krängung zu, während Auftrieb des Bugs praktisch unverändert bleibt.

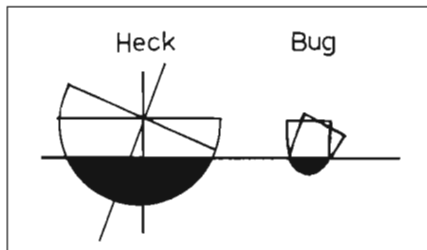


Abb. 6: Einfache Spantbeispiele eines metazentroidalen Bootsrumpfes: verdrängte Volumina bei allen Schwimm- lagen identisch.

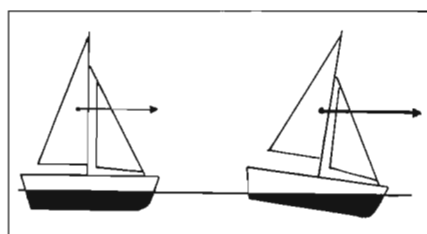


Abb. 7: Veränderung des Lateralplans und damit des seitlichen Abdriftwiderstandes durch stärkere Vortriebskraft.

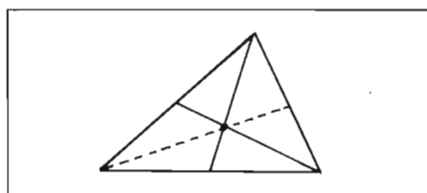


Abb. 8

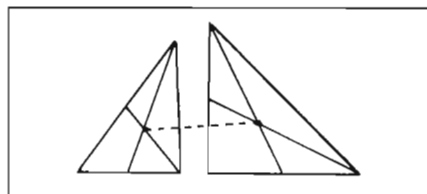


Abb. 9

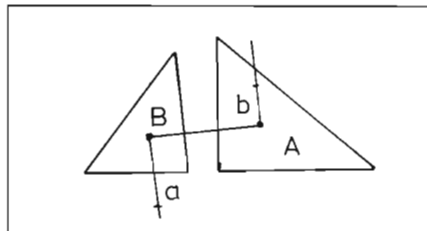


Abb. 10

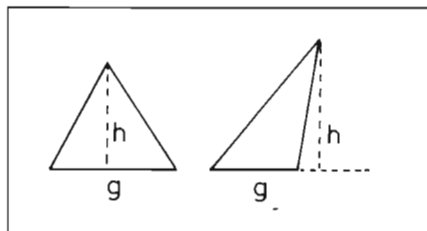


Abb. 11

beschriebenen Methode ermitteln. Dazu wird der Lateralplan in formlich angenäherte Dreiecke zerlegt (Abb. 13).

Bei komplizierten Formen empfiehlt es sich, eine maßstäbliche Schablone des Lateralplans aus Pappe zu schneiden und durch Balancieren auf einer senkrecht zur Konstruktionswasserlinie gehaltenen Messerklinge die Linie zu finden, auf welcher CLR liegen muß (Abb. 14).

Meist wird die Ruderfläche dabei nicht zum Lateralplan gezählt, da beim geradeaus am Wind segelnden, gut getrimmten Boot kein Druck auf dem Ruder lasten sollte.

Wie schon erwähnt, liegt eines der Geheimnisse des ausgeglichenen Schiffs in der ausgewogenen Beziehung von CE zu CLR. Theoretisch sollte CE genau über CLR liegen, da ein CE hinter CLR zu Luvgerigkeit, ein CE vor CLR zu Leegierigkeit führen müßte (Abb. 15).

Nun haben wir aber gesehen, daß eine ganze Reihe von Faktoren eine Luv Tendenz zur Folge hat. Um dieser entgegenzuwirken, liegt bei einer gut ausgetrimmten Konstruktion CE um 4 bis 12 % der Wasserlinienlänge vor CLR. Das genaue Maß läßt sich leider nicht berechnen und ist auch heute noch Ergebnis von Erfahrung und Gefühl eines guten Bootsbauers. Immerhin läßt sich sagen, daß die Distanz zwischen den Loten von CE und CLR um so größer sein muß, je höher die spezifische Segelfläche oder der Völligkeitsgrad des Rumpfes ist. Die Angleichungen erfolgen durch ein Verschieben des Mastes, Veränderungen der Flächen einzelner Segel oder Modifikationen am Unterwasserschiff (Kielflosse, Schwert). Es sollte dem Boot eine geringe Neigung zum Anluven belassen werden, da es sich sonst bei stärkerem Wind nicht mehr wenden oder in den Wind drehen läßt, was auch einem Modellschiff einmal zum Verhängnis geraten könnte.

6. Ballastverteilung

Tief gelegener Ballast vermindert die Krängung und die damit zusammenhängenden Kursabweichungen. Wird der Ballast möglichst über die Schiffslänge verteilt, fördert

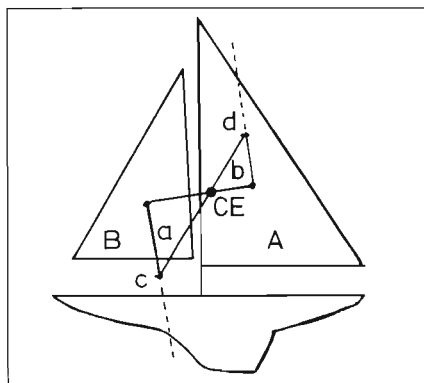


Abb. 12

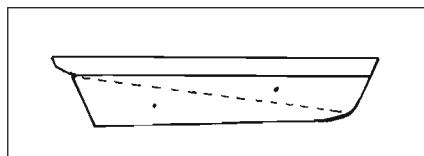


Abb. 13

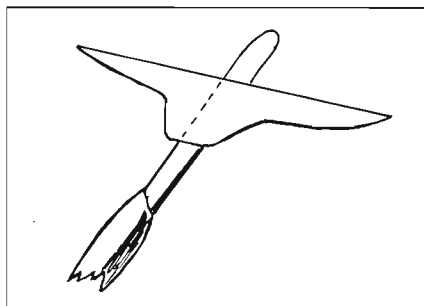


Abb. 14

dies den Geradeauslauf, beeinträchtigt aber – im Gegensatz zum in Schiffsmitte gelegenen Gewicht – die Wendigkeit.

Aus all diesen Ausführungen geht deutlich hervor, daß das völlig kursstabile Segelschiff wohl immer ein Traum bleiben muß. Jedes gut ausgeglichene Boot ist das Produkt einer Reihe von Kompromissen. In Kenntnis der beteiligten Faktoren ist es jedoch nicht nur möglich, grobe Fehlschläge zu vermeiden, sondern auch ein den gestellten Anforderungen nahekommendes Boot zu konstruieren. Es würde mich freuen, wenn ich beim einen oder anderen Leser Interesse und Verständnis für die vielfältigen Zusammenhänge geweckt hätte.

SchiffsModell BAUPLANDDIENST

Wie die MODELL-Fachbuchreihe laufend ergänzt und erweitert wird, so wächst auch ständig das Bauplan-Angebot von Schiffsmodell. Die Pläne sind jeweils im Maßstab 1 : 1 gezeichnet und mit Bauanleitung versehen. Ausführliche Berichte mit weiteren Abbildungen und verschiedenen Detailaufnahmen können Sie in den angegebenen Modellheften nachlesen.



Heckraddampfer BRESLAU

von F. Siebert, Länge: 940 mm

Dieses schöne Modell ist in Gemischtbauweise aufgebaut und bietet daher ausreichend Platz für diverse Einbauten.

Modell 11/73

15,- DM



Hochseeschlepper UTHA

von S. Kleinfeld, Länge: 1050 mm

In Spantbauweise zu erstellendes Modell eines Hochseeschleppers, der mit etlichen Sonderfunktionen ausgebaut werden kann. Durch die bei Schleppern übliche gedrungene Bauweise ist die UTHA auch bei Wellengang voll einsatzfähig.

Modell 1/74

15,- DM



Kernenergieforschungsschiff OTTO HAHN

von D. Lübbsmeyer, Länge: 860 mm

Die OTTO HAHN ist ein interessantes Modell in Spantbauweise. Die Aufbauten sind gänzlich abnehmbar gestaltet, und ein guter Zugang zu den Einbauten ist dadurch gewährleistet.

Schiffsmodell 1/78

18,- DM



Lenkwaffenkreuzer JOSEPHUS DANIELS

von D. Lübbsmeyer, Länge 835 mm

Lenkwaffenkreuzer der Belknap-Klasse im Maßstab 1 : 200. Das Modell ist durch die Gemischtbauweise vom Aufbau her nicht zu schwierig, so daß auch „Nichtprofis“ sich an die JOSEPHUS DANIELS wagen können.

Schiffsmodell 10/80

12,- DM

Erhältlich im Modellbau-Fachhandel oder direkt durch den Neckar-Verlag. Bitte fordern Sie den kostenlosen Bauplandienst-Sonderprospekt an.



NECKAR-VERLAG
Postfach 1820
7730 Villingen-Schwenningen

