

LF 7 Rumpfkonstruktion auswählen

03 Stabilität & Schwimmfähigkeit

Trimm, Ballast & Seetauglichkeit

Trimm, Ballast und Seetauglichkeit

Trimm und Rumpfformen (Fortsetzung)
auch eine etwas größere Windangriffsfläche. Offene Booteprofilieren auf See vor dem zusätzlichen Aubau am Bug, der ein ausgeprägter Decksprung bietet. Eingedeckte Boote sind durch den Decksprung vor Spritzwasser geschützt, ein Nachteil ist aber der größere Windfang.

Geschwindigkeit

Verdrängerboote haben eine Grenzgeschwindigkeit, die weitgehend von ihrer Wasserlinienlänge abhängt. Wenn das Boot durchs Wasser gleitet, verdrängt es die seinen Gewicht und dem Volumen der betretenen Oberfläche entsprechende Wassermenge. Das verdrängte Wasser bildet eine Bug- und Hecksee.

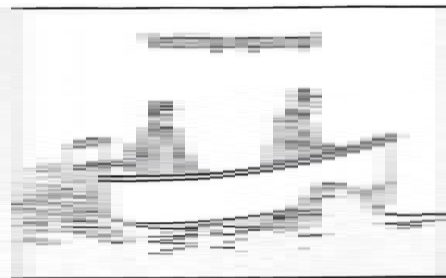
Bei langsamer Fahrt bilden sich dazwischen noch andere Wellen, aber mit zunehmender Geschwindigkeit wird die Bugsee steiler und die Hecksee flacher und dazwischen bildet sich ein durchgehendes Wellental. Wenn die Grenzgeschwindigkeit erreicht ist, ist die Welle etwas länger als die Wasserlinie des Bootes. Zusätzliche Antriebskraft führt nur noch zu einer geringfügigen Steigerung der Geschwindigkeit, aber zu wesentlich extremeren Turbulenzen.

Die Wasserlinienlänge bedingt bei Verdrängerbooten ein Geschwindigkeitslimit. Indem man das Gewicht reduziert, einen stärkeren Motor einbaut, das Rigg verbessert und den Rumpf poliert oder streicht, um den Reibungswiderstand zu reduzieren, kann man ein Boot so trimmen, daß es zum Erreichen seiner Grenzgeschwindigkeit weniger Energie braucht.

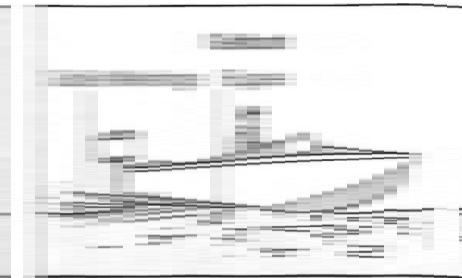
Die von der Wasserlinienlänge und Rumpferdrängung bestimmte Grenzgeschwindigkeit kann überschritten werden, wenn das Boot gleitet. Boote mit einer passend abgeflachten Bodenform können bei günstigen Wind- und Seegangsverhältnissen auf ihrer Bugwelle reiten. Die reduzierte Verdrängung und der geringere Reibungswiderstand ermöglicht dem Rumpf eine Beschleunigung, bis er auch die für ihn maximale Stützgeschwindigkeit erreicht hat (abhängig von Gewicht und Form des Rumpfes und den Seeverhältnissen).



Bei gelassenem Rumpfschwermetall (Bug- und Hecksee) kann verdrängtes



Ein schneller Gleitboot gleitet auf der Bug- und Hecksee auf, was die Geschwindigkeit erhöht.



Ein schneller Gleitboot gleitet auf der Bug- und Hecksee auf, was die Geschwindigkeit erhöht.

Bearbeitet durch:	Erstellt am:	Version:	Geprüft QMB:		Freigabe GF:		Seite
MTho	01.11.2019	1	BSR	01.11.2019	CI	01.11.2019	1 von 9

LF 7 Rumpfkonstruktion auswählen

03 Stabilität & Schwimmfähigkeit

Trimm, Ballast & Seetauglichkeit

Krängung

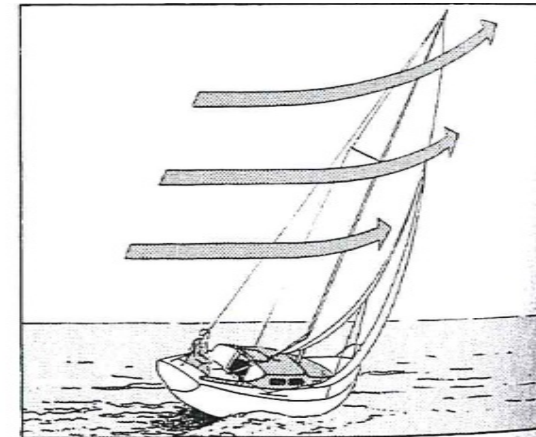
Allgemein wird ein Krängungswinkel von 22°, maximal 25° bei stürmischem Wetter für Segelboote als optimal angesehen. Wenn eine Yacht krängt, kommt es zu einer Reihe von Veränderungen, die ihre Geschwindigkeit und ihr Verhalten beeinflussen. Bei Halbwindkursen ist die sich dem Wind bietende Segelfläche am größten, wenn der Mast senkrecht steht, und nimmt rasch ab, wenn das Boot krängt.

Das Unterwasserprofil des Rumpfes wird asymmetrisch, während die Luvseite dem Wind eine größere Angriffsfläche bietet. Die Wirkung von Ruder und Kiel ist beeinträchtigt. Auch das Manövrierverhalten ändert sich bei Krängung. Moderne Yachten sind soweit ausgeglichen, daß sie steuerbar bleiben, aber größere Krängungswinkel als 25° führen gewöhnlich zu einem Verlust an Geschwindigkeit und Kursstabilität. Ein gleitender Rumpf erreicht seine Höchstgeschwindigkeit in aufrechter Position. Die meisten Verdrängeryachten erreichen ihre Grenzgeschwindigkeit bei einem Krängungswinkel von 22°, oder wenn sich ihre Leererling direkt über der Wasseroberfläche befindet, je nachdem welche Position zuerst erreicht wird. Über diesen Punkt hinaus vergrößert sich die Abdrift nach Lee und der Vortrieb nimmt ab, weil sich der Wirkungsgrad der Segel vermindert und der Reibungswiderstand durch den Ruderdruck erhöht wird.

Nimmt der Krängungswinkel weiter zu, kann sich der Segeldruck verringern, der sonst zu einer Kenterung führen würde. Allerdings nimmt ab einem bestimmten Grad der Kenterwiderstand des Rumpfes ebenfalls ab. Dieser Grad hängt von der Ballastverteilung und der Rumpfform ab. Bei einem Außenballastkiel verstärkt sich die aufrichtende Kraft ab einem Krängungswinkel von 90°. Aber bei einer Yacht mit flachem Boden, einem Schwertboot oder einem Motorboot fehlt dieser ausgleichende Außenballast, so daß die aufrichtende Hebelwirkung beim selben Krängungswinkel geringer ist.

Größe und Form des Kajütdecks, die Menge des eindringenden Wassers, ebenso wie die des beweglichen Ballastes (einschließlich des Bilgenwassers) spiegeln sich im Kenterwiderstand eines Bootes sowie seiner Fähigkeit, sich nach einer Kenterung wieder aufzurichten. Eine Stabilitätsgraphik zeigt die Länge des aufrichtenden Hebels für jeden gegebenen Krängungswinkel. Man erhält die Graphik für moderne Yachten vom Konstrukteur oder Hersteller. Mit einem Neigungsmesser, der am Kajütschott angebracht ist, kann bei Krängung die entsprechende aufrichtende Kraft anhand der Graphik abgelesen werden.

Auf Seite 165 sind drei Stabilitätskurven dargestellt. Die erste betrifft ein offenes Segelboot, die zweite einen Katamaran und die dritte eine Verdrängeryacht mit Flossenkiel.



Aus der Graphik kann man entnehmen, ein Boot ab einem bestimmten Krängungswinkel seine vertikale Stabilität verliert und in der kieloben Lage eine umgekehrte Stabilität entwickelt. Wie lange ein Boot kieloben liegen bleibt, hängt von der Rumpfform, den Wetterverhältnissen der Lage und Sicherheit des Ballasts und der Menge des im Rumpf schwappenden Bilgenwassers ab. Allgemein gilt, daß sich ein Boot umso wahrscheinlicher selbst wieder aufrichtet, je mehr Wasser im Rumpf ist.

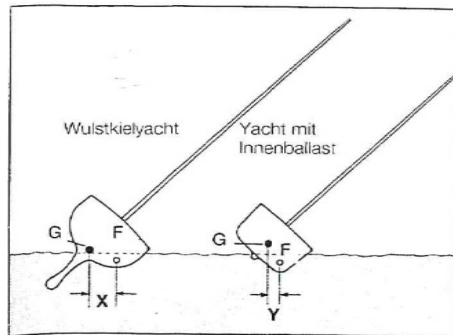
Mehrrumpffboote haben eine sehr hohe Anfangsstabilität, die noch zunimmt, wenn der Luvschwimmer vom Wasser abhebt.

Bearbeitet durch:	Erstellt am:	Version:	Geprüft QMB:		Freigabe GF:		Seite
MTho	01.11.2019	1	BSR	01.11.2019	CI	01.11.2019	2 von 9

LF 7 Rumpfkonstruktion auswählen

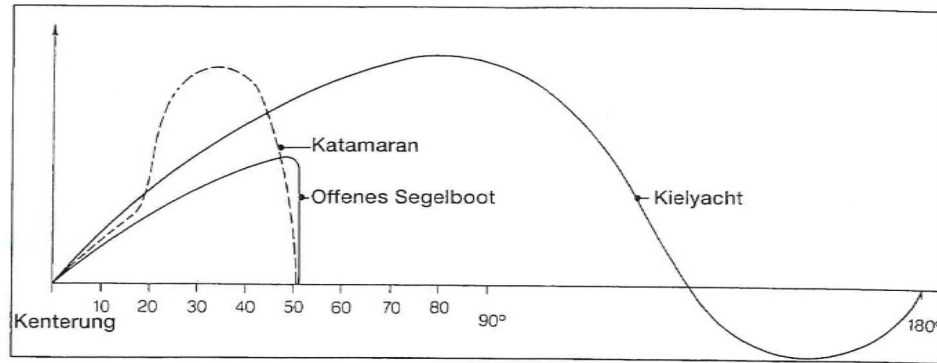
03 Stabilität & Schwimmfähigkeit

Trimm, Ballast & Seetauglichkeit



Die aufrichtende Hebelwirkung des Kiels steigt mit zunehmendem Krängungswinkel

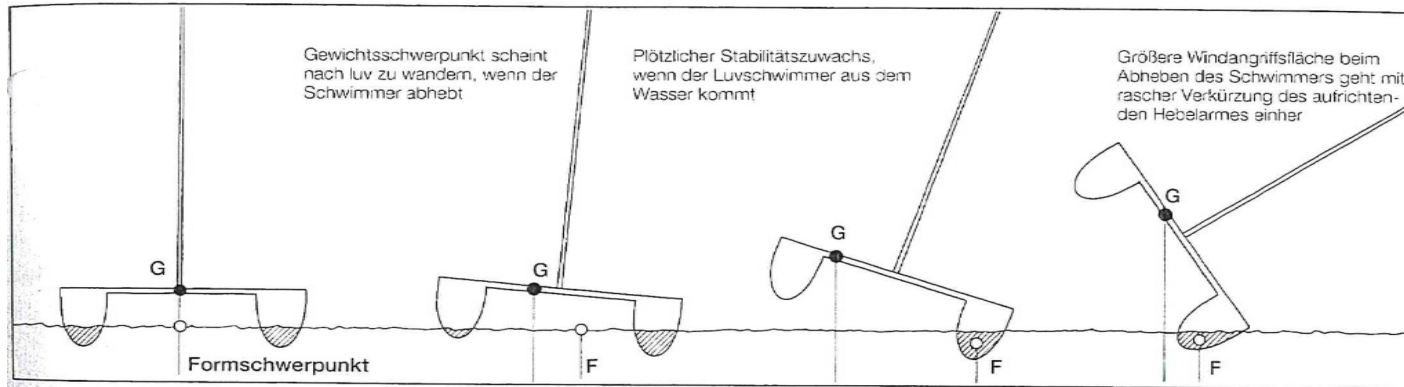
Obwohl theoretisch der Gewichtsschwerpunkt konstant bleibt, scheint er nach luv zu wandern, wenn der Schwimmer aus dem Wasser kommt, während sich der Formschwerpunkt nach lee verschiebt und so die



Stabilitätskurven für eine Yacht, einen Katamaran und ein offenes Boot

aufrichtende Kraft vergrößert. Bei starkem Wind sollten Mehrumpfboote äußerst vorsichtig gesegelt werden, da die Tendenz des Leeschwimmers zu unterschneiden, während der Luvschwimmer abhebt, die

Wahrscheinlichkeit für eine plötzliche Kenterung steigt.



Bearbeitet durch:	Erstellt am:	Version:	Geprüft QMB:	Freigabe GF:	Seite
MTho	01.11.2019	1	BSR 01.11.2019	CI 01.11.2019	3 von 9

LF 7 Rumpfkonstruktion auswählen

03 Stabilität & Schwimmfähigkeit

Trimm, Ballast & Seetauglichkeit

Bilgenwasser

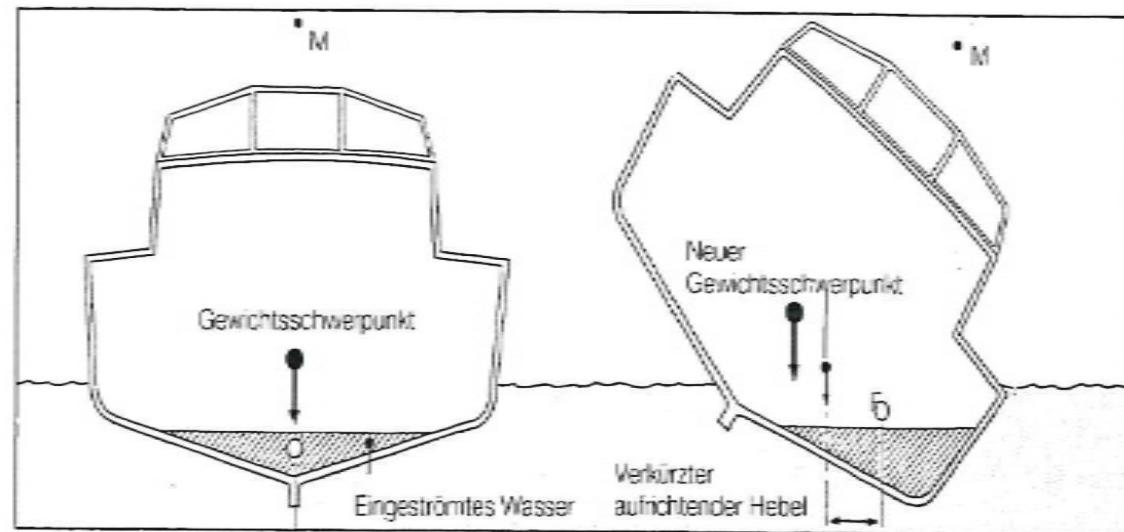
Größere Mengen herumschwappenden Bilgenwassers verringern die Stabilität eines Bootes. Der Schwerpunkt einer Flüssigkeit ändert seine Lage ständig, wenn diese in der Bilge und auf dem Kajütboden schwappet.

Wenn ein Boot krängt oder rollt, verlegt das Wasser auch den Gewichtsschwerpunkt des Rumpfes, weil es immer an der tiefsten Stelle des Rumpfes zusammenströmt. Je mehr Wasser auf eine Seite des Bootes fließt, umso kürzer wird der aufrichtende Hebel und umso labiler die Lage.

Kraftstoff- und Wassertanks enthalten Trennwände und Kammern, damit die Bewegung der Flüssigkeiten unter Kontrolle bleibt. Wenn sehr viel Wasser in die Kajüte eingedrungen ist, das man nicht einfach lenzen kann, sollte man alle Türen im Innenraum schließen und Trennwände über dem Kajütboden verkeilen, damit das Wasser nicht mehr ungehindert herumschwappen kann. Wenn Sie das Was-

ser in Ösfässern und Pützen etc. sammeln und zurückhalten können, ist die gefährliche Pendelwirkung eingeschränkt. Sonst müssen Sie versuchen, die Bilgen so schnell wie möglich zu lenzen oder auszuschöpfen.

Diese destabilisierende Wirkung wird zum Vorteil, wenn ein Boot einmal umgeschlagen ist. Eine Yacht mit einem Außenballastkiel wird nicht lange kieloben liegenbleiben, da sie von dem im Rumpf schwappenden Wasser zusammen mit der Hebelwirkung des Kiels wieder aufgerichtet wird.



Bearbeitet durch:	Erstellt am:	Version:	Geprüft QMB:		Freigabe GF:		Seite
MTho	01.11.2019	1	BSR	01.11.2019	CI	01.11.2019	4 von 9

LF 7 Rumpfkonstruktion auswählen

03 Stabilität & Schwimmfähigkeit

Trimm, Ballast & Seetauglichkeit

Die zwei Faktoren, von denen die Stabilität eines Bootes bestimmt werden, sind die Rumpfform (einschließlich der bei Krängung unter Wasser befindlichen Teile) und die Ballastverteilung. Veränderungen an einer fertigen Rumpfform werden selten vorgenommen, um die Stabilität zu verbessern, aber mit kleinen Veränderungen an der Verteilung der Hauptgewichte an Bord kann man die Stabilität und das Manövrierverhalten beeinflussen.

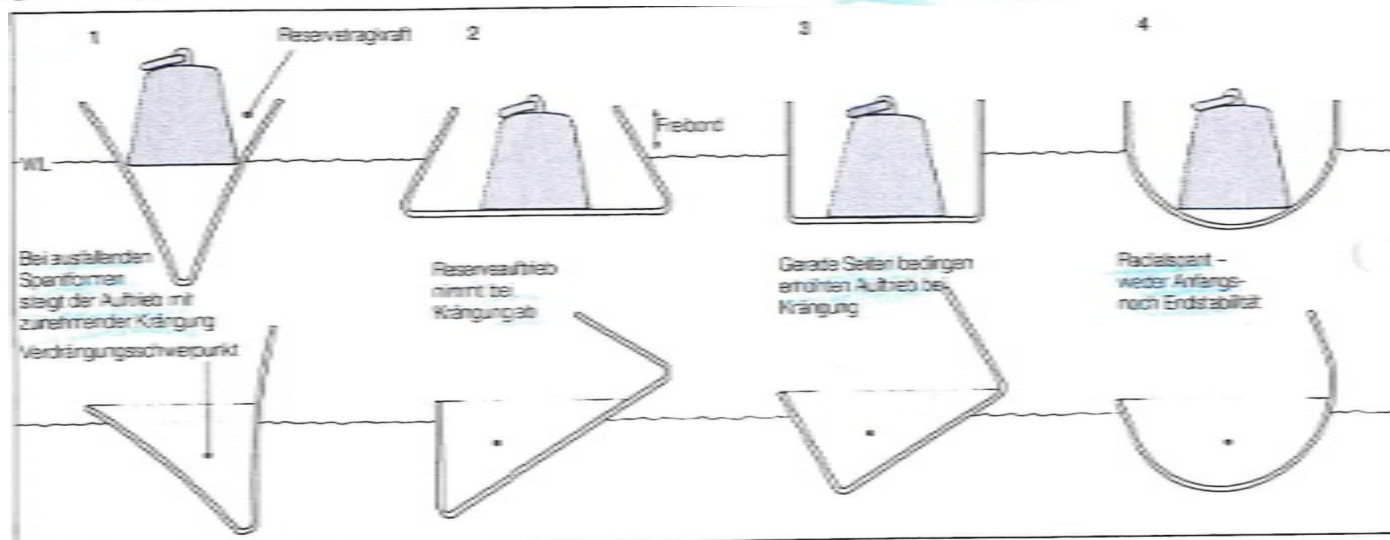
Die Tragfähigkeit eines Rumpfes hängt von seiner Größe, Form und seinem Gewicht ab. Die Größe und Anordnung der Reserveauftriebskörper (die wasserdichten Teile des Überwasserschiffs) bestimmen mit über die zulässige Zuladung, Endstabilität und das

Vermögen des Schiffes, sich aus der gekrängten Lage aufzurichten. Sehr scharf geschnittene Boote richten sich langsamer auf als völlige Spanformen, die eine hohe Anfangsstabilität besitzen. Die untenstehenden Zeichnungen illustrieren dieses Verhalten. Man kann feststellen, daß bei dem Boot in Beispiel A mit schräg ausfallenden Seitenwänden der Krängungswiderstand zunimmt, je weiter das Boot eintaucht, während bei dem Boot in Beispiel B, das einen ausgeprägten Seiteneinfall hat, ab einem bestimmten Krängungswinkel die aufrichtende Kraft fehlt.

Alle Boote tragen festen und beweglichen Ballast. Aus dem Zusammenspiel des festen

Ballasts – Rumpf, Maschine, Ballast, Beschläge, Deck, Kajütedeck u.s.w. – ergibt sich der Gewichtsschwerpunkt. Er bleibt konstant, solange an der Gewichtsverteilung keine größeren Veränderungen vorgenommen werden. Der bewegliche Ballast – Crew, Vorräte, tragbare Ausrüstung u.s.w. – variiert. Der feste Ballast ist so verteilt, daß der Gewichtsschwerpunkt des Rumpfes unterhalb der Achse liegt, um die sich der Rumpf bei einer Kenterung dreht, dem sog. Metazentrum. Liegt der Gewichtsschwerpunkt über dem Metazentrum, würde das Boot kentern.

Der Abstand zwischen dem Metazentrum M und dem Gewichtsschwerpunkt G bestimmt die Stabilitätsverhältnisse eines Bootes. Wenn



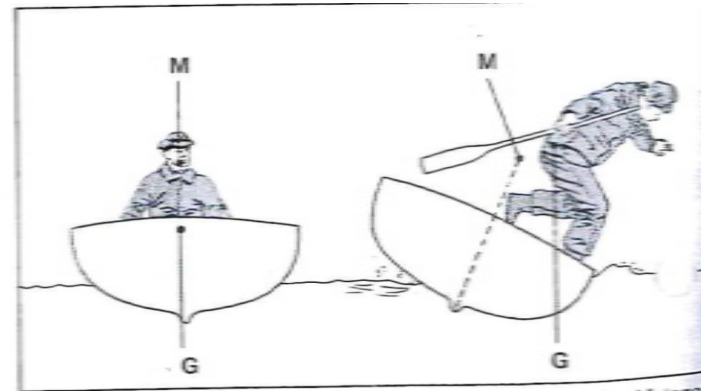
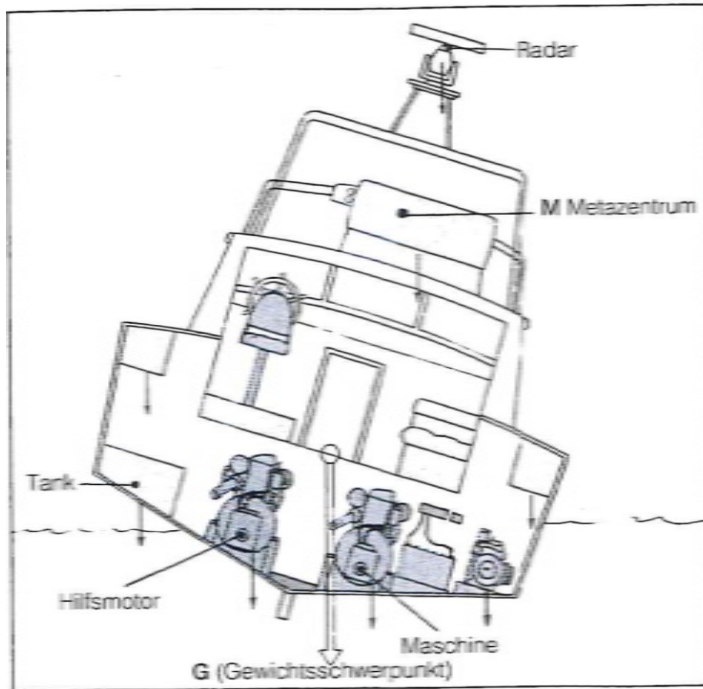
Diese übersichteten Spanformen haben unterschiedliche Freibord- und Stabilitätsmerkmale

Bearbeitet durch:	Erstellt am:	Version:	Geprüft QMB:	Freigabe GF:	Seite
MTho	01.11.2019	1	BSR 01.11.2019	CI 01.11.2019	5 von 9

LF 7 Rumpfkonstruktion auswählen

03 Stabilität & Schwimmfähigkeit

Trimm, Ballast & Seetauglichkeit



Der Gewichtsschwerpunkt befindet sich direkt unterhalb des Metazentrums. Wenn sich der Gewichtsschwerpunkt über M verlagert, wird das Boot instabil

Der gesamte Ballast wirkt nach unten, seine Kraft kann in einem einzigen Punkt zusammengefaßt werden, dem Gewichtsschwerpunkt

Bearbeitet durch:	Erstellt am:	Version:	Geprüft QMB:		Freigabe GF:		Seite
MTho	01.11.2019	1	BSR	01.11.2019	CI	01.11.2019	6 von 9

LF 7 Rumpfkonstruktion auswählen

03 Stabilität & Schwimmfähigkeit

Trimm, Ballast & Seetauglichkeit

das Boot krängt, verschiebt sich der Formschwerpunkt (dessen Lage davon abhängt, welche Teile des Rumpfes unter Wasser sind) zur Seite. Der horizontale Abstand zwischen dem neuen Formschwerpunkt F_1 zu einer vom Gewichtsschwerpunkt lotrecht nach unten gerichteten Linie bildet die aufrichtende Hebelkraft. Je größer dieser Abstand ist, umso mehr widersteht der Rumpf der Krängung und umso schneller richtet er sich wieder auf.

Die Länge des aufrichtenden Hebels hängt vom Krängungswinkel ab. Die aufrichtende Kraft ist groß, solange die Freibordhöhe noch ausreichend ist, aber sobald das Deck überspült wird, verschiebt sich der Verdrängungsschwerpunkt kaum mehr, während der Gewichtsschwerpunkt nach oben über das Metazentrum wandert.

Wenn man den Hebelarm des aufrichtenden Moments graphisch darstellt, läßt sich das Stabilitätsverhalten eines Rumpfes bei verschiedenen Krängungswinkeln vorausberechnen. Die Kurve, die sich daraus ergibt, wird als Stabilitätskurve bezeichnet.

Auf See gibt es aber noch andere Faktoren, wie die Windrichtung oder die Höhe und Länge der Wellen, die das tatsächliche Verhalten des Bootes entscheidend beeinflussen.

Extrem hohe Stabilität mag bei einem Bojenboot oder einer Fischereiflotte angestrebt werden, bei einem Freizeitboot ist sie unerwünscht. Wenn der Gewichtsschwerpunkt zu tief liegt, werden nämlich die Bootsbewegungen kurz und hart, besonders bei Querseen.

Andererseits ist ein Boot, das heftig schlingert weder bequem noch vertrauenerweckend (obwohl es relativ sicher sein kann). Bei der Ballastverteilung muß man daher einen Kompromiß eingehen zwischen der Notwendigkeit eines tief liegenden Gewichtsschwerpunktes, um genügend Stabilität und aufrichtende Kraft zu gewährleisten, und höher liegendem Ballast, damit das Boot weicher rollt. Ein langer aufrichtender Hebelarm führt zu einem steifen Seeverhalten, ein kurzer Hebelarm zu einem ranken Boot, das heftig schlingert.

Veränderungen an der Maschine und den Kraftstofftanks oder das zusätzliche Gewicht eines in Davits am Heck gefahrenen Beiboots

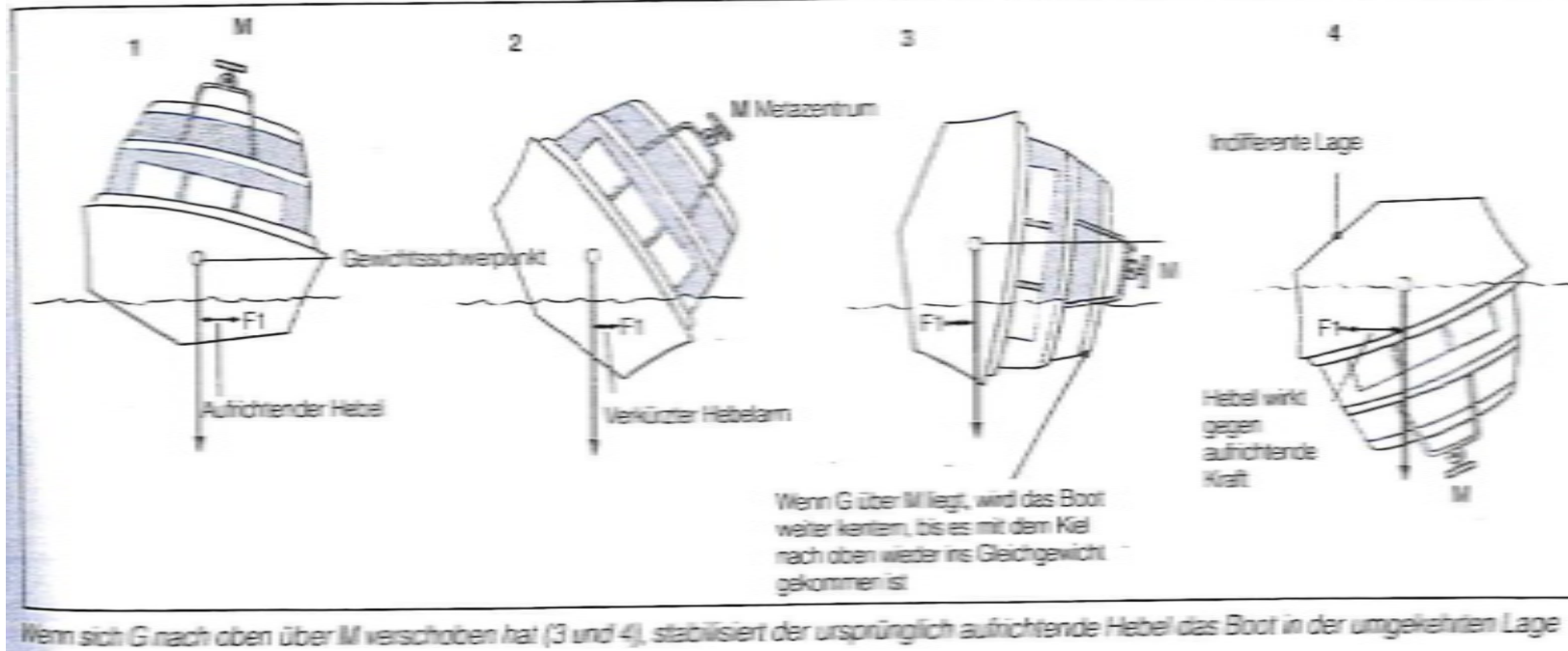
können sich nachteilig auf die Manövrierfähigkeit und die Seetüchtigkeit eines Bootes auswirken. Wenn man Veränderungen vornimmt, darf man die Konsequenzen für die Stabilität des Bootes nicht außerachtlassen. Gleichen Sie den Einbau einer schwereren Maschine aus, indem Sie anderen Ballast oder Tanks höher in den Rumpf verlegen. Der Topplastigkeit, die ein in Davits gefahrenes Dingi bewirkt, kann man mit zusätzlichem Ballast begegnen, oder indem man hochliegenden Ballast in tiefere Rumpfbereiche verlegt. Eine Neuverteilung des festen Ballasts wirkt sich besonders stark aus, wenn der Rumpf aus GFK, Aluminium oder formverleimtem Sperrholz gebaut ist. Daher sollte man die vermutliche Wirkung geplanter Veränderungen bei solchen Leichtbaurümpfen vorher genau bedenken.

Bearbeitet durch:	Erstellt am:	Version:	Geprüft QMB:		Freigabe GF:		Seite
MTho	01.11.2019	1	BSR	01.11.2019	CI	01.11.2019	7 von 9

LF 7 Rumpfkonstruktion auswählen

03 Stabilität & Schwimmfähigkeit

Trimm, Ballast & Seetauglichkeit



Bearbeitet durch:	Erstellt am:	Version:	Geprüft QMB:		Freigabe GF:		Seite
MTho	01.11.2019	1	BSR	01.11.2019	CI	01.11.2019	8 von 9

LF 7 Rumpfkonstruktion auswählen

03 Stabilität & Schwimmfähigkeit

Trimm, Ballast & Seetauglichkeit

im und Rumpfformen
Der Trimm kann durch die Neuverteilung des Innenballasts über die Schiffsängsachse und bei Segelbooten durch die Windrichtung und die Art und Größe der gesetzten Segel verändert werden.
Wieviel Ballast jeder Rumpfabschnitt tragen sollte, wird anhand der Linien berechnet, nach denen die Rumpferdrängung bestimmt wird. Boote mit spitz auslaufenden Enden neigen dazu, bei rauhem Seegang oder Gegenankurs viel Wasser überzunehmen, und daher wird ihr Ballastgewicht besser auf die Mitte der Schiffsängsachse konzentriert. Bei einem Boot mit vollspanigen Enden hat man eben-

falls den Effekt heftigen Stampfens, wenn das Ballastgewicht im Bug- oder Heckbereich zu hoch ist.

Die Rumpfform hat einen entscheidenden Einfluß auf Leistung und Verhalten eines Bootes. Die Vielfalt an Größen und Einsatzbereichen kleiner Boote resultiert in einer ebenso großen Vielfalt an Rumpfformen, je nachdem für welchen Zweck sie bestimmt sind.

Allgemein scheint es bei großen Verdrängerbooten von besonderem Vorteil in Bezug auf Geschwindigkeit und Tragfähigkeit zu sein, wenn die Rumpfabschnitte einheitlich und die Enden völlig gebaut sind. Kleinere Verdrängerboote werden vermutlich am besten mit

spitz auslaufenden Enden und einem breiten Mittelschiffsbereich konstruiert, damit der Bug sauber eintaucht und achtern möglichst wenig Turbulenzen erzeugt werden.

Bug- und Heckformen beeinflussen die Rumpfleistung und das Seeverhalten. Boote mit konkavem Achterschiff und platten oder ausfallendem Heck erzeugen Wirbel und erhöhten Widerstand, insbesondere bei höheren Geschwindigkeiten. Kanuheck und Spitzgattheck sind fest, besitzen aber weniger Antrieb und nutzbare Deckfläche als ein Plattgatt- oder Spiegelheck.

Glattecker und Boote mit negativem Sprung haben einen größeren Reserveauftrieb, aber

Bearbeitet durch:	Erstellt am:	Version:	Geprüft QMB:		Freigabe GF:		Seite
MTho	01.11.2019	1	BSR	01.11.2019	CI	01.11.2019	9 von 9