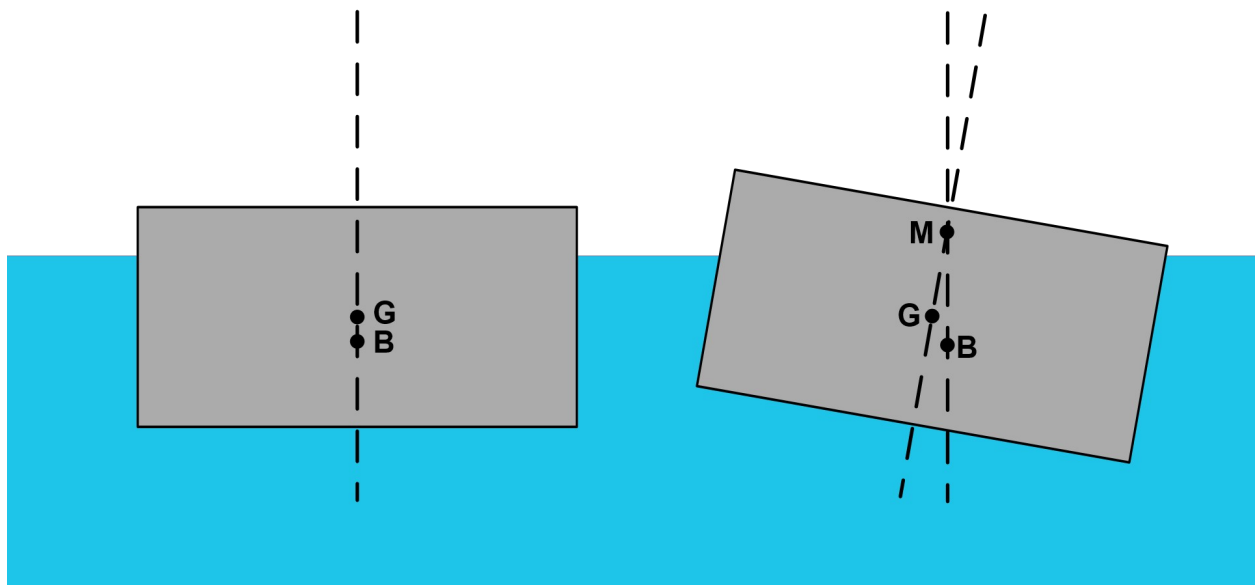


Stabilität

Der Begriff **Stabilität** bezeichnet im [Schiffbau](#) und der [Nautik](#) die Eigenschaft eines [schwimmenden Körpers](#), beispielsweise eines Schiffes, eine aufrechte Schwimmelage beizubehalten oder sich als Reaktion auf ein [krägendes](#) Drehmoment selbständig wieder aufzurichten

Physikalische Grundlagen



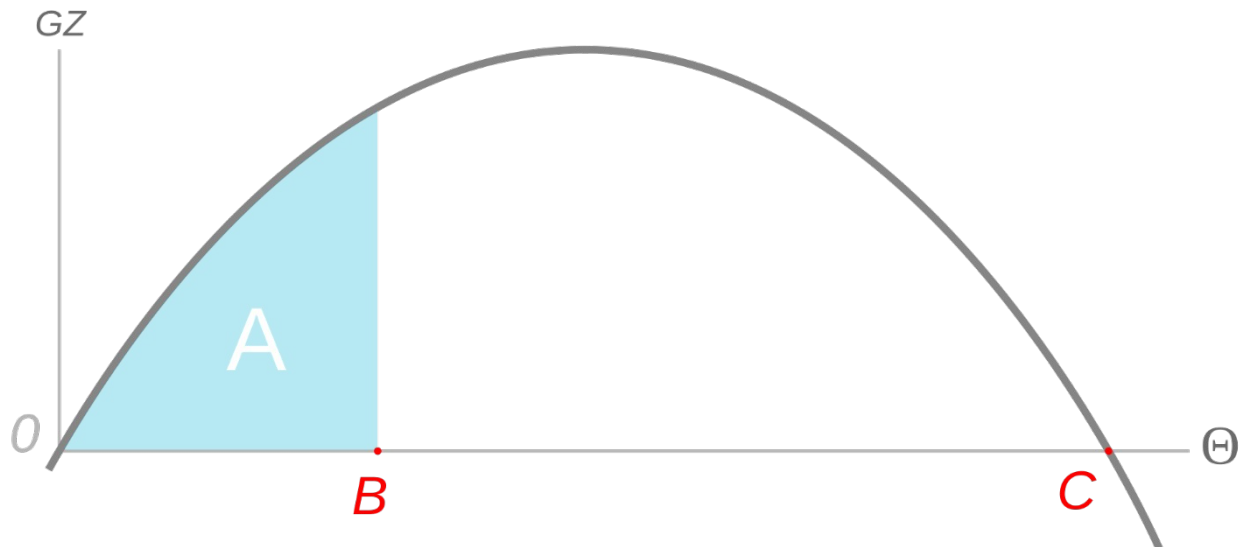
Lage des Gewichtsschwerpunkt (G), Auftriebsschwerpunkt (B) und Metazentrum (M) bei aufrechtem, sowie gekrängtem Schiff

Die grundsätzlichen Parameter der Stabilität eines Schiffes sind der **Gewichtsschwerpunkt** und der **Auftriebsschwerpunkt** (auch Form- oder Verdrängungsschwerpunkt), sowie die sich aus ihnen ergebende **metazentrische Höhe**. Im Gewichtsschwerpunkt kann man sich die gesamte nach unten wirkende Gewichtskraft des Schiffes auf einen Punkt konzentriert vorstellen. Bei einer Krängung des Schiffes behält der Gewichtsschwerpunkt seine Lage innerhalb des Schiffes bei, solange alle Massen im Schiff an ihrem Ort bleiben (wenn zum Beispiel Ladung übergeht, ändert dies auch den Gewichtsschwerpunkt). Im Auftriebsschwerpunkt kann man sich die gesamte nach oben wirkende Gewichtskraft des verdrängten Wassers denken. Er ändert seine Lage bei einer Krängung, weil sich die „Form“ des verdrängten Wassers ändert.

Bei aufrechter Schwimmelage des Schiffes liegen Gewichtsschwerpunkt und Auftriebsschwerpunkt senkrecht übereinander. Wird das Schiff durch einen äußeren Einfluss gekrängt, bleibt der Gewichtsschwerpunkt auf das Schiff bezogen zwar an seinem Platz, wandert aber insgesamt gesehen zur Seite der Krängung aus. Der Auftriebsschwerpunkt wandert zur selben Seite aus, und zwar ins Zentrum des jetzt verdrängten Wassers. Wenn Gewichtsschwerpunkt und Auftriebsschwerpunkt jetzt nicht mehr senkrecht übereinanderstehen und der Gewichtsschwerpunkt unterhalb des **Anfangsmetazentrums** des Schiffes liegt, entsteht ein sogenannter „aufrichtender Hebelarm“, der das Schiff bei Wegnahme des krägenden Einflusses in seine Ausgangslage zurückführt.

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 6

Ermittlung und Bewertung



Hebelarmkurve. GZ entspricht dem *aufrichtenden Hebelarm*

Die maßgeblichen Kennwerte zur Bewertung der Stabilität eines Schiffes sind die metazentrische Anfangshöhe, der Stabilitätsumfang und die Fläche unter der Hebelarmkurve. Die metazentrische Höhe ist eine Kenngröße für den aufrichtenden Hebelarm. Der Stabilitätsumfang bezeichnet die rechnerische Krängung des Schiffes in Winkelgraden bis zum Kenterpunkt und die Hebelarmkurve ist eine grafische Darstellung des jeweiligen aufrichtenden Hebelarms über den vollen Krängungsbereich bis zum Kenterpunkt. Der Hebelarm wächst bei zunehmender Krängung erst leicht, dann stärker an und wird bei noch stärkerer Krängung wieder geringer, bis er schließlich den Kenterpunkt erreicht, wenn der Gewichtsschwerpunkt über den Auftriebsschwerpunkt hinauswandert. Mit der Fläche unter der Hebelarmkurve lässt sich nicht nur die Erfüllung der Mindeststabilität belegen, sondern auch eine ungewollt große Stabilität nachweisen.

Das Rollverhalten von Schiffen mit einem großen *aufrichtenden Hebelarm* nennt man *steif*, das von Schiffen mit einem geringen *aufrichtenden Hebelarm* bezeichnet man als *weich* und ein Schiff mit nur noch sehr geringem *aufrichtenden Hebelarm* nennt man *rank*.

Segelschiffe

Eine spezielle Betrachtung wert sind Segelboote und -schiffe. Da sie durch ihre Segel eine sehr große Angriffsfläche für den Wind bieten, würden sie ohne geeignete Gegenmaßnahmen schon bei geringen Windstärken einfach umkippen.

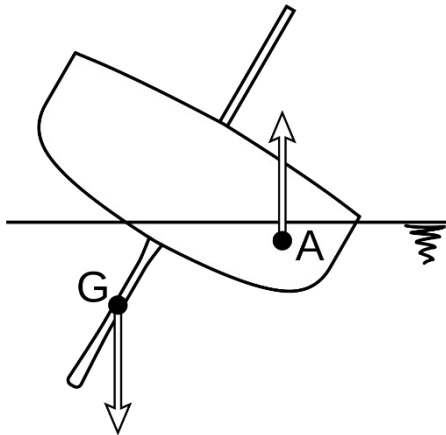
Die Stabilität eines Segelbootes hängt wesentlich von der Rumpfform und Gewichtsverteilung des Bootes (inklusive der Besatzung) ab. Es gibt zwei Komponenten, durch die eine Krängung wieder ausgeglichen werden kann. Außer in wenigen Sonderfällen (rein formstabile Boote) setzt sich die Stabilität immer aus beiden aufrichtenden Komponenten zusammen:

- Gewichtsstabilität – ein tief liegender **Ballastkiel** zwingt das Boot wieder in die aufrechte Lage (**Stehaufmännchen**-Prinzip).

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 6

- Formstabilität – die Form des [Rumpfes](#) begünstigt eine Rückkehr in die Ausgangslage.

Gewichtsstabilität



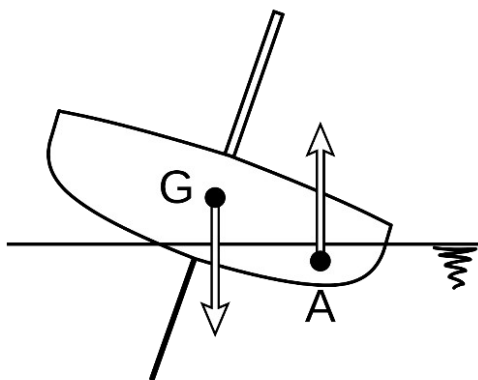
Bei [Segelschiffen](#) und [Segelyachten](#) wirkt der [Kiel](#) als Gegengewicht der [Krängung](#) entgegen. Dieser enthält bis zu 50 % der Masse des Schiffes und bewirkt so ein aufrichtendes Moment. Eine gewisse Krängung – je nach Bauart des Schiffes und Windstärke von 20 bis 45° – ist bei diesen Schiffen völlig normal und stellt keinerlei Gefahr für das Schiff dar. Da bei starker Krängung in der Regel auch mit hohen gegenanlaufenden Wellen zu rechnen ist – die größte Krängung entsteht beim Segeln auf Am-Wind-Kurs – sollte die Ausrüstung gut gesichert werden und die Crew [Lifebelts](#) tragen, um nicht bei einer Bö oder einer Welle über Bord gespült zu werden, sowie [Rettungswesten](#) für den Fall, dass dies doch geschieht.

Im Bild ist G der **Gewichtsschwerpunkt** (Schwerpunkt des Bootes) und A der **Formschwerpunkt** (Schwerpunkt der verdrängten Wassermasse). In diesen Punkten kann man sich die Gewichts- bzw. Auftriebskräfte vereinigt denken. Für die Gewichtsstabilität ist die Lage von G ausschlaggebend: Bei zunehmender Krängung wandert der Gewichtsschwerpunkt nach außen und erhöht damit das **aufrichtende Drehmoment**.

Je stärker die Krängung, desto stärker wird aufgrund des [Hebelgesetzes](#) auch das aufrichtende Moment des Kiels (Prinzip des [Stehaufmännchens](#)). Einrumpf-Segelschiffe richten sich bis zu einer Krängung von 120° oder mehr wieder selbstständig auf^[1], können also faktisch nur bei sehr hohem [Wellengang](#) kentern, also mit dem Kiel nach oben liegen bleiben. Kielboote gelten daher als kentersicher. Schlagen allerdings Wellen ins Schiffsinnere, laufen sie voll und können sinken. Im sehr unglücklichen und seltenen Fall, dass eine Kielyacht ihren Kiel auf See verliert, ist sie faktisch verloren.

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 6

Formstabilität



Im Unterschied zu Kielyachten sind die meisten [Jollen](#) überwiegend formstabil. Das (meist ausklappbare) leichte Schwert einer Jolle hat keinen nennenswerten aufrichtenden Effekt. Auch [Katamarane](#) oder [Trimarane](#) haben aufgrund ihrer Breite eine hohe Formstabilität.

Im nebenstehenden Bild ist G der *Gewichtsschwerpunkt* (Schwerpunkt des Bootes) und A der *Formschwerpunkt* (Schwerpunkt der verdrängten Wassermasse). In diesen Punkten kann man sich die Gewichts- bzw. Auftriebskräfte vereintigt denken. Für die Formstabilität ist die Lage von A ausschlaggebend.

Bei aufrechter Lage des Bootes wird auf beiden Seiten des Rumpfes gleich viel Wasser verdrängt. A befindet sich dann mittig im Rumpfquerschnitt, es entsteht kein Drehmoment. Mit zunehmender Krängung (siehe Bild) wird Wasser vor allem auf einer Seite des Rumpfes verdrängt. Dadurch wandert A nach außen, es entsteht ein Drehmoment. Je breiter das Boot ist, desto weiter wandert A nach außen und desto stärker ist das aufrichtende Drehmoment. Wenn die Krängung zu groß wird, nimmt das Drehmoment allerdings wieder ab, weil dann der breite Rumpf gekippt ist und A wieder näher zur Mitte liegt. Eine leichte Krängung wird daher durch das kräftige aufrichtende Drehmoment kompensiert („Wasserwiderstand“), während eine zu starke Krängung zum Kentern des Bootes führt. Katamarane kentern, wenn die Krängung 90° erreicht.^[1]

Es gibt sogar Beispiele für komplett formstabile Bootstypen mit negativer Anfangsstabilität. Diese besitzen im Ruhezustand keine aufrechte Schwimmage.

Gegenmaßnahmen bei großer Krängung

Sowohl bei Kielbooten als auch bei Katamaranen oder Jollen kann die Krängung reduziert werden, indem sich die Crew „auf die hohe Kante setzt“, das heißt sich im [Luv](#) an die Reling setzt, oder die Segelfläche reduziert wird ([Reffen](#)). Bei sportlich gesegelten [Jollen](#) hängt sich die Crew in ein [Trapez](#), um weiter nach Luv ausreiten zu können. Beim sportlichen Segeln

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 6

LF 7 Rumpfkonstruktion auswählen

03 Stabilität & Schwimmfähigkeit

Stabilität

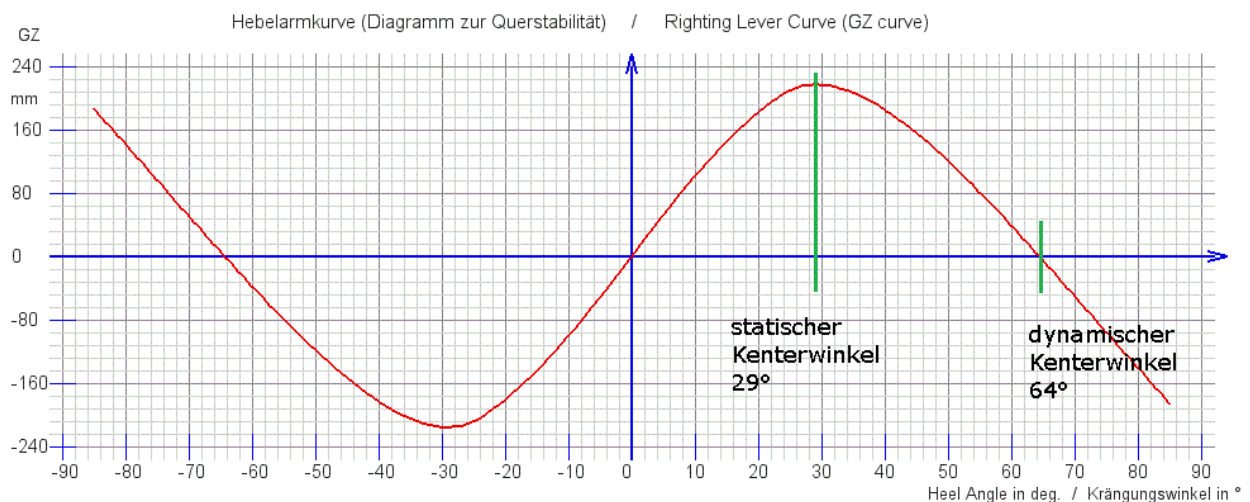
von Jollen kann eine Kenterung schon mal vorkommen. Sie sind im Gegenzug mit Schwimmkörpern ausgerüstet, so dass sie trotz Kenterung nicht sinken. Jollen sind dennoch nicht für die Hochsee geeignet und selbst gute Jollensegler werden bei angekündigten [Windstärken](#) von mehr als 6 nicht mehr ablegen.

Durch die Krängung wird automatisch die wirksame Segelfläche reduziert, auch die Form des Rumpfes bevorzugt einen bestimmten Krängungswinkel, bei dem das Schiff die höchste Geschwindigkeit erreichen kann. Daher wird durch starke Krängung das Schiff langsamer,

zudem wird der Aufenthalt an Bord ungemütlicher. Auch steigt die Gefahr, dass es durch zu starke Krängung zu einem sogenannten [Sonnenschuss](#) kommt und das Schiff „aus dem Ruder läuft“ und „in den Wind schießt“. Noch schlimmer ist es, wenn die Nock des [Großbaums](#) ins Wasser eintaucht, was zu schweren Schäden am [Rigg](#) führen kann. Daher kann durch rechtzeitiges Reffen – trotz verkleinerter Segelfläche – die Geschwindigkeit zunehmen.

Motorboote

Motorboote für die Freizeitschifffahrt sind fast ausschließlich formstabile Boote, sie haben einen breiten und flachen Rumpf mit einem relativ tiefen Schwerpunkt. Motorboote können kentern, wenn mit hoher Geschwindigkeit enge Kurven gefahren werden. Bei starken seitlichen Winden bieten sie typischerweise eine größere Angriffsfläche als eine Segelyacht ohne Segel, da sie mehrere Decks aufweisen. Kommen dann noch entsprechende Wellen hinzu, wird es für eine Motoryacht ebenfalls gefährlich.



Stabilitätskurve: Aufrichtender Hebelarm (GZ) in Abhängigkeit von der Krängung.

Der **Kenterwinkel** ist der [Krängungswinkel](#), bei dem ein Wasserfahrzeug umkippt, [kentert](#). Dieser Winkel ist vom Verlauf der [Stabilitätskurve](#) des Schiffes abhängig und vom Verlauf des einwirkenden [Drehmoments](#).

Zwei Punkte dienen der Charakterisierung der Stabilitätskurve:

Beim statischen Kenterwinkel, der Maximumstelle der Stabilitätskurve, würde das Fahrzeug kentern, wenn das einwirkende Moment dort winkelunabhängig wäre. Das ist selten. Unter Segeln nimmt der Winddruck mit der Krängung ab, bei einem [Schwimmkran](#) mit gehobener Last nimmt der Hebelarm mit der Krängung zu.

Beim dynamischen Kenterwinkel, der darauf folgenden Nullstelle, würde das Fahrzeug ohne äußeres Moment kentern. Man stellt sich vor, dass dieser Winkel dynamisch erreicht wurde,

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 6

LF 7 Rumpfkonstruktion auswählen

03 Stabilität & Schwimmfähigkeit

Stabilität

etwa durch einen [Brecher](#), daher der Name. Bei kleinen Booten und Jollen liegt dieser Winkel typischerweise um 90° , bei Yachten mit [Ballastkiel](#) bei 120° bis 150° .

Die Stabilitätskurve ändert sich empfindlich bei Wassereinbruch oder flüssiger, schüttfähiger oder verrutschender Ladung, siehe [Schlagseite](#).

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 6