

Hinweise zur Durchführung eines Krängungstests

Inhalt

1. Allgemeines
2. Rollzeitversuch
3. Durchführungsbeschreibung nach Middendorf
4. Auswertung und Ergebnisse

1. Allgemeines

Wenn man sich Klarheit verschaffen will (oder muss) über die Stabilität (Vermögen zum Wiederaufrichten) seines Bootes oder Schiffes führt kein Weg am Krängungstest vorbei. Nach jedem Umbau, der größere Änderungen im Schiffs-, Ballast oder Takelagegewicht, der Gewichtsverteilung oder der Segelanordnung zur Folge hat, wird ein Krängungstest notwendig, um nachzuweisen, dass das Schiff die geforderten Stabilitätskriterien auch nach dem Umbau noch erfüllt.

Glücklicherweise kann aber jeder handwerklich halbwegs versierte Eigner diesen Versuch mit etwas Anleitung und gründlicher Vorbereitung selbst durchführen. Die Auswertung wird allerdings in den meisten Fällen einem Schiffbau-Ingenieur (o.ä.) obliegen, und weil dieser für die Richtigkeit der Ergebnisse gerade stehen muss, ist es zwingend erforderlich, dass er bei dem Krängungstest zugegen ist.

2. Rollzeitversuch

Eine einfachere und weitaus leichter und schneller durchzuführende Methode, die Anfangsstabilität GM eines Schiffes zu ermitteln ist der Rollzeitversuch. Leider ist er auch bedeutend ungenauer, kann aber als geeignetes Mittel zur ungefähren Feststellung der Anfangsstabilität benutzt werden.

Der Rollzeitversuch darf nicht dazu benutzt werden, die Stabilität in einer kritischen Situation, d.h. nahe an der Stabilitätsgrenze zu prüfen, es sei denn, es ist ein zuverlässiger Rollzeitbeiwert für den betreffenden Ladezustand bekannt.

Das Ergebnis einer Rollzeitmessung ist die metazentrische Höhe GM, die den Einfluss freier Flüssigkeitsoberflächen in Tanks berücksichtigt (und zwar unabhängig vom Schiffsgewicht):

$GM [m] = (\text{Rollzeitbeiwert } C * \text{Schiffsbreite } [m] / \text{Rolleigenperiode } T [s]) \text{ zum Quadrat}$

Die in der Formel benötigte Rollperiode T ist die Dauer einer vollständigen Schwingung des Schiffes mit Amplituden bis maximal 5°. Rollperioden werden von einem Umkehrpunkt der Rollbewegung bis zum nächsten gleichsinnigen Umkehrpunkt mit einer Stoppuhr gemessen. Wegen der Unsicherheit in der exakten Beobachtung der Umkehrpunkte ist es ratsam, mehrere vollständige Schwingungen mit einer übergreifenden Zeitmessung zu erfassen und die Rollperiode durch entsprechendes Teilen der Gesamtdauer zu berechnen.

Das Ergebnis des Rollzeitversuchs und ein Ergebnis des Krängungstests ist also die Anfangsstabilität GM. Das heißt, wenn man mit dem Schiff unter den gleichen Bedingungen (am gleichen Tag) beide Versuche durchführt, kann man einen eindeutigen Rückschluss auf den Rollzeitbeiwert C ziehen.

$C = \text{Wurzel aus } GM * \text{Rolleigenperiode } T / \text{Schiffsbreite}$

(Dabei wird GM später eine bekannte Größe sein, nämlich aus dem Krängungstest). Mit diesem präzisen Rollzeitbeiwert C kann man so jederzeit mit einfachsten Mitteln in 5 Minuten die Anfangsstabilität seines Schiffes „genau schätzen“. (C liegt in der Regel zwischen 0,75 und 1,0).

3. Durchführungsbeschreibung nach Middendorf

Im Folgenden sind die relevanten Seiten aus F.L. Middendorfs Buch „Die Bemastung und Takelung der Schiffe“ (1903) wiedergegeben:

d. Krängungsversuch.

Eine genaue Bestimmung des Systemschwerpunktes auf dem Wege der Rechnung ist eine höchst mühsame und zeitraubende Arbeit, auch wenn man nur die Höhenlage — worauf es hier namentlich ankommt — erhalten will. Um für den Entwurf eines Schiffes einen Anhalt zu haben, kann der betreffende Punkt annäherungsweise, wie dies unter „Eigengewicht und Schwerpunkt des Schiffes, Gewicht und Schwerpunkt der Ladung“ (s. Seite 51) angegeben werden soll, ermittelt werden.

Durch Vornahme eines sogenannten Krängungsversuches mit dem fertigen Schiff läßt sich die Höhenlage dieses Punktes aber auch mit genügender Genauigkeit ermitteln, und zwar unter Zuhilfenahme der Stabilität.

Wird an Bord eines Schiffes ein Gewicht P von der Schiffsmitte nach der einen Bordseite so weit verschoben, daß die Entfernung des Gewichtes von der Mitte g ist, dann verschiebt sich der Systemschwerpunkt von G nach G_1 , siehe Fig. 14, und es findet statt

$$D \cdot GG_1 = P \cdot g,$$

also

$$GG_1 = \frac{P \cdot g}{D}.$$

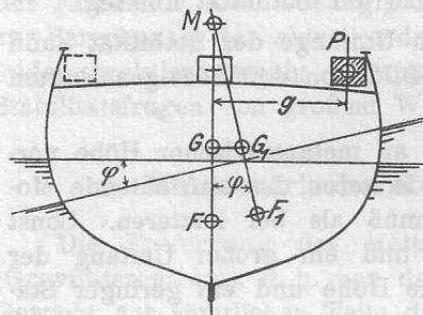


Fig. 14.

Durch die einseitige Belastung oder, was dasselbe ist, durch die seitliche Verschiebung des Systemschwerpunktes, wird sich das Schiff so weit überneigen, bis G_1 lotrecht über den Displacementschwerpunkt kommt. Das Metazentrum M liegt dann in dem Durchschnittspunkt der Verlängerung dieser Lotrechten mit der Mittellinie des Schiffes, und es ist, wenn φ der Neigungswinkel,

$$D \cdot GG_1 = D \cdot MG \operatorname{tg} \varphi = P \cdot g$$

also:

$$GG_1 = MG \operatorname{tg} \varphi = \frac{P \cdot g}{D},$$

mithin:

$$MG = \frac{P \cdot g}{D} \operatorname{cotg} \varphi.$$

Da nun bei einem Versuch der Winkel φ gemessen werden kann, außerdem P , g und D bekannte Größen sind, so läßt sich sehr leicht die metazentrische Höhe und damit auch die Lage des Systemschwerpunktes bestimmen.

Ist das zum Krängen benutzte Gewicht an Bord vorhanden und verbleibt dasselbe später in derselben Höhenlage, so ist der für MG gefundene Wert ohne weiteres richtig, wird dagegen das Gewicht nach dem Krängungsversuch vom Schiff entfernt, so ist eine Korrektur der gefundenen Höhenlage von G vorzunehmen. Bezeichnet h die Höhe des Gewichtes über dem Systemschwerpunkt G und x das Maß, um welches der Systemschwerpunkt infolge der Entfernung des Gewichtes P tiefer zu liegen kommt, dann ist

$$x \cdot (D - P) = P \cdot h,$$

also

$$x = \frac{P \cdot h}{(D - P)}$$

Um von der für die aufrechte Lage des Schiffes berechneten Höhe des Metazentrums ausgehen zu können und nicht die Kurve der statischen Stabilität für große Neigungen berücksichtigen zu brauchen, ist es wichtig, bei einem Krängungsversuch das Schiff nur um einen kleinen Winkel, etwa 2 bis 3 Grad, zu neigen.

Diese Bedingung bringt noch die große Annehmlichkeit mit sich, daß nur ein kleines Gewicht — etwa 1 % des Displacements — bei einem MG von 0,6 bis 0,7 m zum Krängen erforderlich ist.

Für die Ausführung eines Krängungsversuches mögen noch folgende praktische Winke hier Platz finden:

I. Der Versuch muß bei ruhigem Wetter und, wegen der geringen Neigung, mit großer Sorgfalt vorgenommen werden.

Das Schiff muß freiliegend vertäut sein und darf nicht gegen einen festen Gegenstand, Ufermauer u. s. w. oder quer zur Windrichtung oder einer etwa vorhandenen Strömung im Wasser liegen.

Die Bilge ist vollkommen leenz zu pumpen. Ist ein Doppelboden oder sind Räume für Wasserballast vorhanden, so ist jede einzelne Abteilung entweder vollständig mit Wasser zu füllen oder ganz leer zu pumpen. Es ist genau festzustellen, welche Abteilungen gefüllt und welche leer waren.

Das zum Krängen bestimmte Gewicht ist entweder ganz mittschiffs oder in zwei genau gleichen Teilen zu beiden Bordseiten — an jeder Seite gleich viel und gleich weit aus der Mitte entfernt — auf Deck, Zwischendeck oder auf dem Doppelboden unterzubringen und, falls das Gewicht in zwei Hälften geteilt ist, die Entfernung der Schwerpunkte der Gewichte von der Mitte des Schiffes sowie die Höhe über Wasser genau zu messen. (Als Gewicht können Anker, mit Wasser gefüllte Boote und dergleichen genommen werden.)

Es sind zwei bis drei Lote im Gewicht von ca. 2 kg. anzubringen, möglichst lang aufzuhängen und gegen Luftzug zu schützen. (Wenn die Lote in Wasser gehängt werden, so erleichtert dies das Messen des Ausschlagswinkels.) Die Länge einer jeden Lotschnur, vom Aufhängepunkt bis zu der Stelle, wo der Ausschlag gemessen werden soll, ist genau zu messen und zu notieren.

Das Schiff ist durch Verschiebung von Gegenständen genau in die aufrechte Lage zu bringen, die Mannschaft muß still stehen, und die Lotpunkte sind genau zu markieren.

Der Tiefgang vorne und hinten ist abzulesen und aufzuschreiben, die Oberfläche des Wassers zu beiden Seiten — etwa in der Mitte des Schiffes — genau am Schiff durch einen horizontalen Strich anzumerken, die Breite des Schiffes an dieser Stelle über Außenhaut zu messen und aufzuschreiben.

II. Liegt nun das Gewicht in der Mitte des Schiffes, so wird dasselbe nach der einen Seite, liegt dagegen an jeder Bordseite die Hälfte des Gewichtes, so wird das auf der einen Seite liegende Gewicht zu dem auf der anderen befindlichen hinübergebracht und hier so hingelegt, daß der Schwerpunkt desselben genau ebenso hoch und ebenso weit von der Schiffsmittle entfernt zu liegen kommt, wie zuvor.

Nachdem die Mannschaft, welche das Hinüberbringen des Gewichtes ausgeführt hat, wieder in ihre ursprünglich innegehabte Stellung zurückgekehrt ist, wird die Ein- und Austauchung an den Seiten des Schiffes durch Striche angemerkt und ebenso die Abweichung der Lote gemessen und notiert.

III. Das gesamte, jetzt auf der einen Bordseite befindliche Gewicht wird auf die andere Seite gebracht und dort so gelagert, daß der Schwerpunkt desselben hier ebenso weit von der Mitte des Schiffes entfernt ist und dieselbe Lage der Höhe und Länge nach hat, wie vorher. Nachdem die Mannschaft, welche den Transport des Gewichtes besorgt hat, wieder ihren alten Platz eingenommen, werden dieselben Markierungen am Schiff ausgeführt, die Ein- und Austauchung sowie der Ausschlag der Lote gemessen und aufgeschrieben, wie bei dem ersten Versuch.

IV. Das Gewicht wird jetzt wieder in die Lage gebracht, in welcher es vor dem ersten Versuch sich befand, und nun untersucht, ob das Schiff wieder, wie anfänglich, die genaue vertikale Lage einnimmt. Stellen sich Abweichungen heraus, so sind dieselben gleich zu untersuchen und aufzuklären.

V. In den Notizen über den Krängungsversuch ist, außer dem unter I angegebenen etwaigen Wasserballast, noch besonders hinzuzufügen:

a. Das Gewicht derjenigen Gegenstände, welche nicht zu dem komplett ausgerüsteten Schiffe gehören als: Gewicht und Art der Ladung, Gewicht der Decklast, des Stauholzes u. s. w., Angaben über die Stauung der Ladung. Gewicht vom Proviant, Trinkwasser und Brennmaterial nebst Angaben über die Höhenlage dieser Gewichte. Sonstige Gewichte und ihre Höhenlage.

b. Das Gewicht derjenigen Gegenstände, welche an dem kompletten Schiff fehlen als: Teile der Ausrüstung und Takelung, Segel, Reservesegel u. s. w.

Weiterhin müssen die Größe, Anordnung (Tankplan) und Füllung aller Tanks bekannt sein und notiert werden. Am besten sind die Tanks entweder ganz voll oder ganz leer zu halten, damit keine freien Flüssigkeitsoberflächen berücksichtigt werden müssen.

Die Pendel werden am Besten im Schiffsinernen aufgehängt, um Einflüsse durch Wind und dergleichen auszuschließen. Eine Pendellänge von 2 – 3m Länge ist wünschenswert.

4. Auswertung und Ergebnisse

Für die Auswertung des Krängungstests ist es zwingend erforderlich, das genaue Schiffsgewicht zu dem Zeitpunkt zu ermitteln. Dieses erfolgt in der Regel durch gleichzeitiges Messen von Tiefgängen (oder Freiborden) an verschiedenen Stellen des Rumpfes. Später kann aufgrund dieser Maße in einem vorhandenen Linienriss die Verdrängung und daraus das Displacement (Schiffsgewicht) ermittelt werden.

Das heißt, man braucht einen Linienriss! (es sei denn, das Schiffsgewicht kann anders genau bestimmt werden, z.B. bei Booten wenn sie im Kran hängen).

Nach der mathematischen Auswertung des Krängungstestes erhält man folgende Ergebnisse: die Leerschiffsmasse mit ihrem Längen- und Höhenschwerpunkt (l_{cg} & v_{cg}), sowie die Metazentrische Höhe $GM =$ Anfangsstabilität in m. Das GM muss über 0,60m sein. Sehr steife Schiffe können z.B. ein GM von 1,40m haben.

Die durch den Versuch ermittelten Werte sind eine Grundvoraussetzung für die weiteren Stabilitätsberechnungen, die in der Regel in einem Stabilitätshandbuch dargestellt werden.